

І. М. Фик, аспірант

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ ШЕБЕЛИНСЬКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків, Україна*

Ключові слова: промислова газоносність родовища, пластовий тиск, обводнення родовища, відновлення запасів газу.

Вступ. Геолого-технологічні передумови відновлення запасів та стабілізації видобутку газу на прикладі Шебелинського ГКР

В роботі розглядаються та аналізуються основні результати розробки Шебелинського газоконденсатного родовища (ГКР) з точки зору можливого відновлення запасів газу в покладах, що розробляються, за рахунок перетоків газу з глибоких горизонтів. Обґрунтовано, що при зниженні річного видобутку газу до 1700–1900 млн. м³ видобуток буде компенсований перетоками. Відновлення запасів газу Шебелинського ГКР забезпечить довгострокову його розробку із щорічним видобутком не менше 1700–1800 млн м³ (50–90 років). Показано, що станом на 01.01.2023 р., спостерігається річний видобуток газу в об'ємі 1800 млн. м³, що підтверджує попередні теоретичні прогнози автора та обґрунтовує врівноваженість об'ємів видобутку газу та перетоків з глибоких горизонтів.

Аналіз публікацій. Останнім часом в опублікованих дослідженнях все частіше наводяться обґрунтування можливості відновлення запасів на старих виснажених газоконденсатних родовищах за рахунок перетоків газу з глибоких горизонтів [1,2,3,4,5]

В роботі Рудька О.І., Бондаря В.І., Ловинукова В.І. та інших [3] наведені матеріали сучасних концепцій формування вуглеводневих покладів в основу яких вкладено-ловний чинник – дегазація Землі.

В роботі [6] академік Лукін О.Ю. висловив думку, що глибокозалегаючі газоконденсатні родовища перебувають в процесі постійного формування, причому в такому темпі, який зіставляється з темпами інтенсивного видобутку газу.

Виходячи із вищенаведеного можна припустити, що ймовірними територіями дегазації Землі можуть бути нафтогазоконденсатні родовища, а їх виснаження зумовлює збільшення градієнтів тисків між покладами, з пониженими пластовими тисками та глибокими газонасиченими горизонтами з високими ми пластовими тисками та розвиненою глибинною тектонікою рис. 1.

Шебелинське газоконденсатне родовище (ГКР) відкрите в 1950 році, приурочене до крупної брахіантиклинальної складки, витягнутої з північного заходу на південний схід, і являє собою єдиний масивно-пластовий поклад зі спільним положенням газоводяного контакту на відмітці – 2270 м. Висота поверху газоносності покладу досягає 1160 м. Площа газоносності 232 км² [1, 2]. Промислова газоносність родовища приурочена до відкладів святогорської і картамиської світ нижньої пермі і араукаритової світи верхнього карбону. Характерними особливостями родовища є його багатопластовість, літологічна неоднорідність по площі і розрізу, низька (в основному) газонасиченість і

проникність, наявність тектонічних порушень, суттєве погіршення колекторських властивостей пластів у напрямку знизу вгору і від центральної до периферійної частини покладу. Піщано-алевролітові колектори характеризуються відносно низькою пористістю (11–15 %), проникністю (0,005–0,012 мкм²) і коефіцієнтом газонасиченості (0,4–0,8) [1, 2, 3].

На рис. 1 наведено структурну карту Шебелинського родовища по покрівлі світи мідиєвих пісковиків з нанесенням всіх експлуатаційних свердловин.

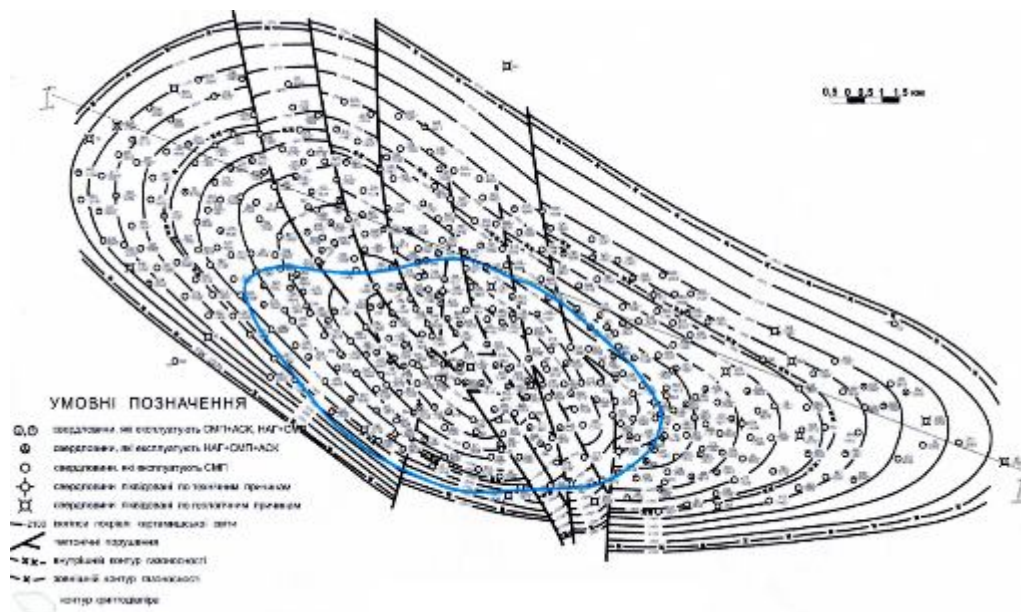


Рисунок 1 – Структурна карта горизонту СМП Шебелинського ГКР за матеріалами ГПУ «Шебелинкагазвидобування» [1]

Вперше в 1959 році на розгляд ДКЗ було представлено підраховані об’ємним методом запаси газу в об’ємі 550 млрд.м³, однак затверджені були в об’ємі 400 млрд.м³. Подальшому, враховуючи складну будову родовища, літологічну мінливість продуктивних пластів і незначний об’єм кернавого матеріалу, об’ємний метод підрахунку запасів на Шебелинському родовищі було признано неприйнятним. Підрахунок запасів газу по падінню пластового тиску було вперше виконано УкрНДІгазом в 1963 році та затверджено в об’ємі 466 млрд.м³.

В 1969 році на баланс Мінгазпрому було прийнято початкові запаси газу в об’ємі 500 млрд.м³. В таблиці 1 наведено основні віхи історії затвердження та автори підрахунків запасів Шебелинського родовища.

Починаючи з 2001 року, УкрНДІгазом запаси газу були прийняті для газодинамічних розрахунків – 712 млрд.м³. З родовища було доbito 588,123 млрд.м³ газу, що складало 90,5 % від початкових затверджених запасів. Пластовий тиск на той час знизився з 23,77 до 3,22 МПа.

Залишкові промислові запаси Шебелинського родовища станом 01.01.22 р. оцінюються в 107,8 млрд.м³ від проектних урахуванням приросту запасів.

Однак всі дослідження запасів газу Шебелинського ГКР на даний час враховують лише запаси колекторів діючих експлуатаційних об’єктів, враховуючи як обводнення, так і підключення в розробку низькопроникних периферійних зон і пропластків. Досліджень в напрямку перетоків газу з глибокозалегаючих горизонтів проводилось частково [2, 3,4,6].

Таблиця 1 – Історія нарощування, затвердження та основні результати підрахунків запасів Шебелинського родовища

Організація, що здійснювала підрахунок, рік підрахунку	Головні спеціалісти, які здійснювали підрахунок	Метод підрахунку	Запаси газу, млрд.м ³		Примітка
			Рекомендовані	Затверджені ДКЗ або прийнято на Держбаланс	
УкрНДГРІ, Львів, 1959 р.	Сініцин В.Я. Войцицький В.П.	Об'ємний	500	400	У зв'язку зі складністю будови і літології метод було визнано непридатним
УкрНДГаз, Харків, 1963 р.	Григор'єв В.С.	Об'ємний, падіння пластового тиску	529-466	466	Поклади були не повністю задреновані
УкрНДГаз, Харків, 1969 р.	Григор'єв В.С. Вороной Є.Є.	Об'ємний, падіння пластового тиску	600	500	Прийнято на баланс Мінгазпрому
УкрНДГаз, Харків, 1987 р.	Григор'єв В.С. Фик І.М. Бікман Є.С.	Падіння пластового тиску	705-744	650	Розрахунки проведено з урахуванням обводнення, затверджені ДКЗ
УкрНДГаз, Харків, 1990–2005 р.р.	Григор'єв В.С. Фик І.М. Руднева К.І.	Падіння пластового тиску	712	Не розглядалося	Розрахунки наведені в поточних аналізах розробки
УкрНДГаз, ГПУ «Шебелинкагазвидобування», Харків, 2006–2008 р.р.	Лизанець А.В. Лагутін А.А. Волосник Є.О.	Падіння пластового тиску	674–777	Прийнято на Держбаланс 688	Запаси розраховували з оцінкою приросту запасів газу
2010–2020	Запаси газу приймалися на рівні 712 млрд.м ³				

Результати та обговорення. Для того щоб дослідити наявність перетоків з глибоких горизонтів Шебелинського ГКР, перш за все, треба відокремити вплив інших факторів підтримування пластового тиску безпосередньо в покладах, що розробляються. До таких факторів слід віднести:

- обводнення покладів за контурними водами;
- внутрішній водонапірний режим;
- просідання поверхні над родовищем;
- об'ємна пружність залишкової води, газу та породи колектора.

На рис. 2 показано, що в 2020 році середній пластовий тиск практично стабілізувався з північного заходу на південний схід по лінії I-I на рівні 20 МПа.

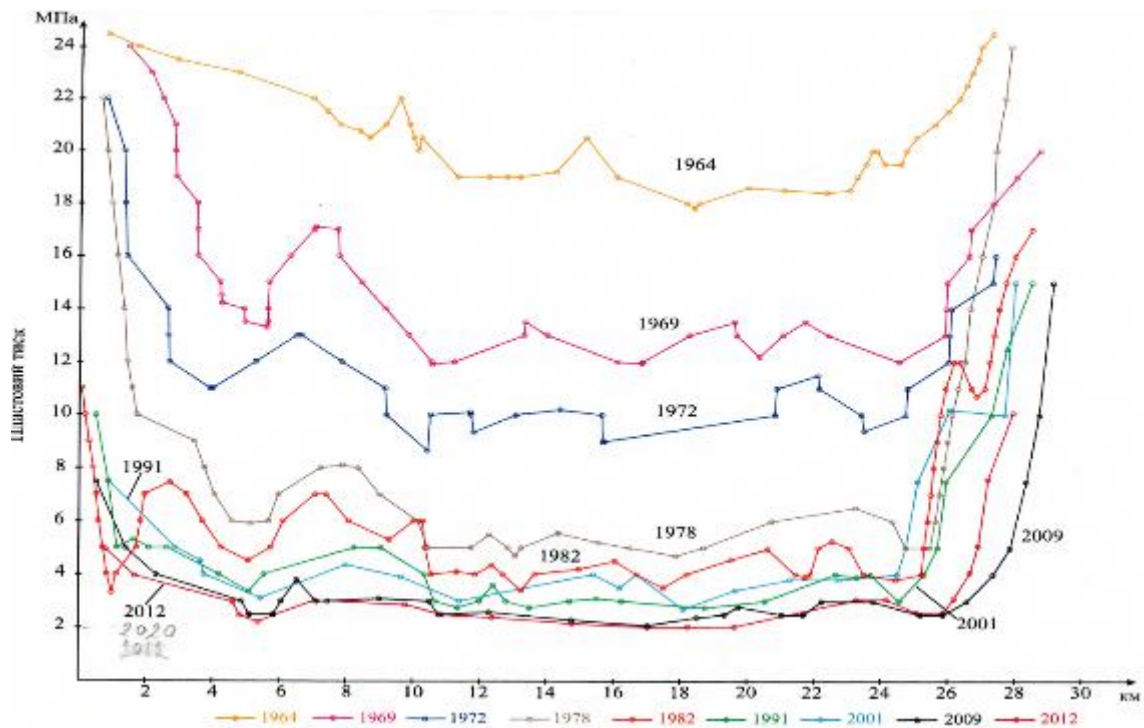


Рисунок 2 – Динаміка розподілу пластового тиску в часі Шебелинського ГКР по лінії I-I

На рис. 3 показано зони вибіркового обводнення родовища по всіх горизонтах, а в табл. 2 наведено об'єми пластової води, що увійшла в поклади за весь період розробки.

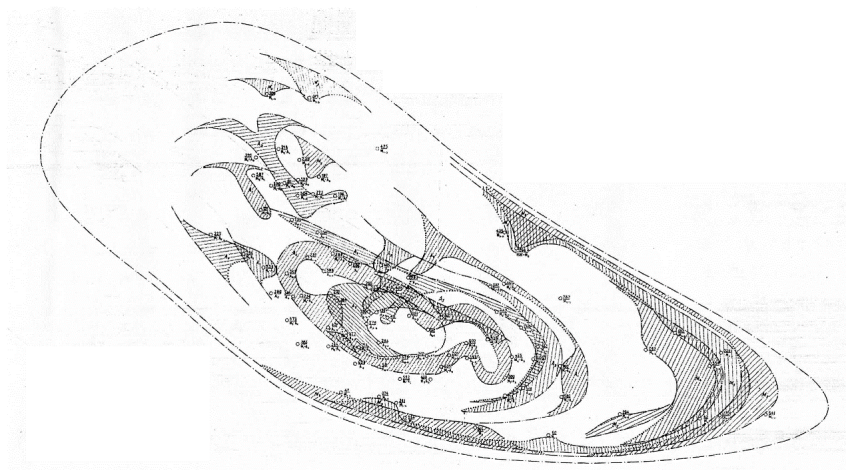


Рисунок 3 – Схема обводнення продуктивних горизонтів Шебелинського родовища

Таблиця 2 – Параметри обводнених зон газоносних горизонтів Шебелинського родовища

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

Аналіз обводнення Шебелинського родовища показав що:

– максимально обводнені горизонти M₃– 12,5 млн.м³, A₄ – 10,3 млн.м³ води, мінімальне обводнення спостерігається в горизонтах M₄, M₅, A₁, A₂, A₅ – 0,169 – 0,959 млн.м³ води. Хемогенні відклади взагалі не обводнюється в силу літологічної обмеженості. Якщо сумарний об'єм обводнення горизонтів в 1989 році складав 40,6 млн.м³ води, то станом на 2009 рік оцінюється в об'ємі 80 млн.м³. Тобто за 20 років в поклади додатково увійшло всього 40 млн.м³ води при пониженні середнього пластового тиску з 12,0 до 2,5 МПа. В даний час об'єм води складає 96 млн.м³ що вторгалась в продуктивні горизонти табл. 3 [6].

З таблиці 1 видно, що запаси газу продовжували нарощуватись і збільшилися офіційно з 400 млрд.м³ (1959 р.) до 688 млрд.м³ (2008 р.). Однак рядом вчених і спеціалістів Григор'єв В.С, Фик І.М., Бікман Є.С., Лизанець А.В., Лагутін А.А., Волосник Є.О. в своїх дослідженнях доводять, що запаси газу Шебелинського родовища можуть сягати до 777 млрд.м³ і більше.

В роботах [1,2,3] відмічалось, що характерною особливістю Шебелинського ГКР є поступове збільшення дренажного об'єму покладу внаслідок підключення в розробку периферійних зон покладу і низько проникних газонасичених пропластків, між пластових перетоків газу с ростом градієнтів пластових тисків.

В цілому на цей час для Шебелинського родовища характерно наступне:

- загального піднімання ГВК на родовищі не спостерігається, обводнення пластовими водами носить вибіркового характеру;
- пружно-водонапірний режим проявляє себе в окремих горизонтах з хорошими колекторськими властивостями та обмеженими водонапірними системами;
- коефіцієнт залишкової газонасиченості обводнених коливається в межах 0,11–0,54;
- сумарний об'єм обводнення пластовими водами не перевищує 96 млн.м³ (табл. 2).

В таблиці 3 наведено співставлення обсягів обводнення та середні пластові тиски в Шебелинському ГКР по роках:

Таблиця 3 – Співвставлення обсягів обводнення та середні пластові тиски в Шебелинському ГКР по роках

Рік	Q _{обв.} , МЛН.М ³	P _{пл} середнє, МПа
1964*	0	23,8
1989	40,6	12,0
2009	80,0	2,5
2016	90,0	2,08
2022	96,0	2,00

Примітка * – 1964 рік прийнято як початок зрушення водонапірної системи в газові поклади

Автором розраховані статистичні залежності об'ємів обводнення від часу (Q_{обв}(t), а також залежність об'ємів обводнення від пластового тиску (Q_{обв} (P_{пл})). Отриманні рівняння мають вигляд:

$$Q_{обв}(t) = 1.758 \cdot t - 3454 \quad r = 0,998; \quad (1)$$

$$Q_{обв} (P_{пл}) = -33,8 \cdot \ln(P_{пл}) + 114,4 \quad r = 0,967. \quad (2)$$

Із отриманих кореляційних рівнянь 1 і 2 слідує, 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 відносно незначним, але різким ростом об'ємів обводнення при падінні пластового тиску з 2,5 МПа до 2,08 МПа за період з 2009 до 2016 року.

Газонасичений об'єм пор Шебелинського ГКР складає 0,576 10⁹ м³, в той час, як об'єм обводнення станом на 2022 рік складає 96 млн.м³. Тобто об'єм обводнення на 3 порядки менший ніж об'єм газонасичених пор і не може серйозно впливати на режим розробки родовища і підтримання пластового тиску.

При цьому похибка підрахунку запасів по падінню пластового тиску за рахунок зовнішнього вторгнення пластових вод не перевищує 0,5 %. Об'єм газу, який защемлений в обводнених зонах, не перевищує 2 % від початкових запасів.

Щодо обводнення колекторів за рахунок внутрішнього водонапірного режиму просідання поверхні, то його кількісне визначення є більш складним, однак його наближену оцінку виконано нами наступним чином. В роботах [7, 8] авторами показано можливість просочення пластовий води в газонасичений поровий простір.

Відомо, що територія поверхні по площі Шебелинського родовища просіла в середньому на 0,5 м [1]. Цілком зрозуміло, що цей процес пов'язаний з розробкою газових покладів і пониженням пластового тиску з 23,8 МПа до 2,8МПа. Якщо площа родовища складає 246·10⁶ м², то в газові поклади увійшло 123·10⁶ м³ внутрішньої пластової води (перетоки, дифузія води із контактуючих водонасичених порід і глинистих пластів).

Виходячи із того, що об'єм пор газонасичених колекторів складає 2,945 ·10⁹ м³, обводнення за рахунок внутрішнього водонапірного режиму складе 4,2 % від початкового газонасиченого об'єму колекторів.

Таким чином, загальний об'єм пластових вод, що увійшли в поклади Шебелинського родовища за рахунок зовнішнього і внутрішнього водонапірного режимів станом на 01.01.2015 року складав 203·10⁶ м³.

Наступним фактором, що впливає як на підрахунок запасів по падінню пластового тиску, так і на розробку родовища, є об'ємна пружність залишкової води і породи

колектора. Так, при падінні пластового тиску на 20 МПа об'єм залишкової води збільшився (розширився) на 11 млн.м³. Об'єм же породи, яка розширилась у "свій" поровий простір, складе 60 млн.м³. Наведені фактори працюють аналогічно, як і внутрішній водонапірний режим.

В цілому, з урахуванням зовнішнього обводнення, внутрішнього водонапірного режиму, об'ємної пружності залишкової води та гірських порід, просідання поверхні, газонасичений поровий об'єм покладів зменшився на 274 млн.м³. Таким чином, сумарне зменшення газонасиченого порового об'єму колекторів і неколекторів (початкове значення якого становило $3,521 \cdot 10^9$ м³) складає до 8 % від початкового. Тобто, суттєвого впливу як на підрахунок запасів, так і на розробку родовища за рахунок наведених факторів не спостерігається.

Закачка газу в продуктивні горизонти Шебелинського ГКР не проводилась і цей фактор не може вплинути на підтримування пластового тиску [9].

Виходячи із вищенаведеного можна припустити, що на Шебелинському ГКР існує інший фактор впливу на підтримування пластового тиску і таким фактором можуть бути перетоки газу з глибоких горизонтів, тобто відновлення запасів газу [1,2,3].

Щодо Шебелинського ГКР, то найбільш вдало пояснює як формування, так і можливість перетоків газу з глибоких горизонтів в поклади, що розробляються, геологічний профіль Верповського та Гладченко О.О., наведені в роботах [1, 3]. Автори показали, що міграція вуглеводнів можлива тектонічними порушеннями, як на стадії формування покладу, так і на стадії розробки (рис 4).

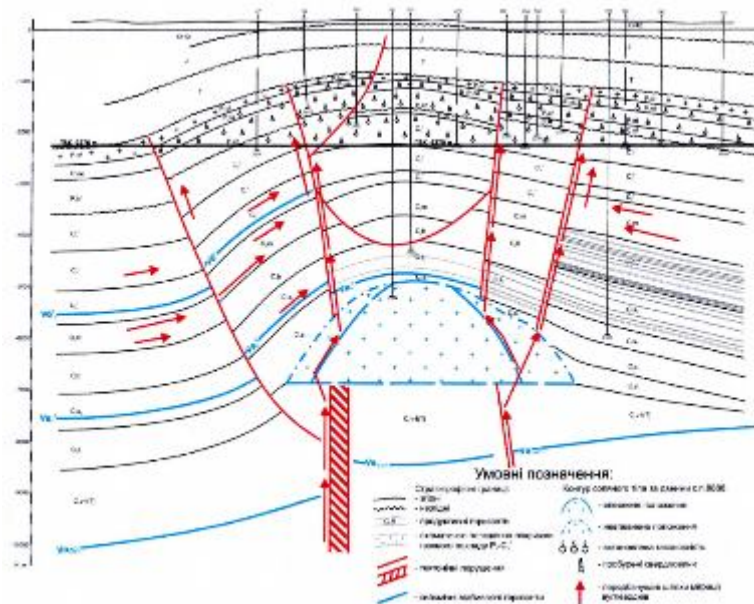


Рисунок 4 – Сейсмологічний розріз по лінії сеймопрофілю 02, 8884 Шебелинського ГКР [1]

Аналогічні дослідження були проведені Чепілем П.Н. в роботі «Друге життя родовищ нафти та газу, міф чи реальність» [12].

Буріння 12 глибоких свердловин (до 5 тис.м) на Шебелинському ГКР показало наявність газонасичених ущільнених колекторів, були навіть окремі викиди газу при бурінні, що свідчить про загазованість покладів карбону по всій глибині. Однак, промислових покладів, як і надійних покрівель (флюїдоупорів) виявлено не було. Остання глибока свердловина № 888 глибиною до 6000 м підтвердила загазованість, але покладів та флюїдоупорів виявлено не було.

Враховуючи широкую сітку диз'юнктивних дислокацій на Шебелинському родовищі, їх підтвердження глибоким бурінням, можна вважати, що тектонічні порушення можуть бути шляхами і сучасної міграції вуглеводнів до покладів світи мідистих пісковиків та араукаритової світи тим більше, що пластовий тиск в них знизився до 2,00 МПа, а тиск на великих глибинах досягає 40-50 МПа і вище, що і зумовило можливість перетоків газу в розроблений поклад виходячи із теорії дегазації землі.

В ході дослідження був проведений аналіз розробки родовища, в результаті якого виявлено, що річний об'єм перетоку газу в поклад, що розробляється, із глибоких покладів складає 1,7–1,9 млрд.м³ 5].

В роботі [11] автором показано що джерелом відновлення запасів газу може бути вся товща порід нижче ГВК – 2270 м; її приблизні запаси (неконденсійні) складають приблизно 400 млрд м³.

На рис. 5 показано періоди розробки Шебелинського ГКР з 1980 по 2023 р.р. Слід зауважити, що в період 1999 по 2003 рік, річні обсяги видобутку газу були знижені до 1800–1900 млн. м³, при цьому пластовий тиск стабілізувався на рівні 3,3 МПа. В таблиці 4 наведені окремо пластові тиски та річні об'єми видобутку газу з 2015 по 2023 рік із якої слідує, що наступила стабілізація як видобутку газу, так і пластових тисків.

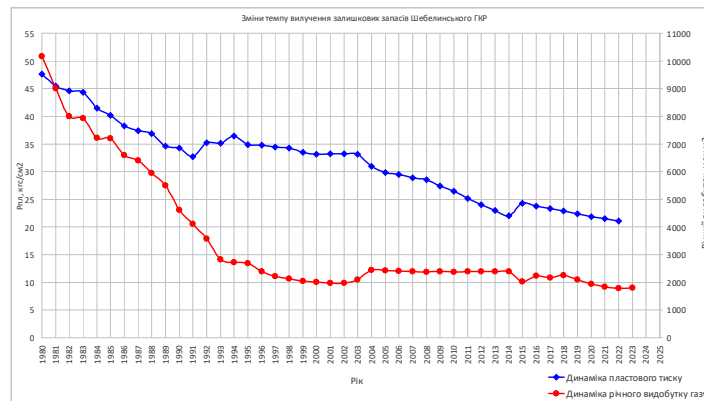


Рисунок 5 – Зміни темпу вилучення залишкових запасів газу та пластові тиски на пізній стадії розробки Шебелинського ГКР

Таблиця 4 – Стабілізація пластових тисків та об'ємів видобутку газу на пізній стадії розробки Шебелинського ГКР

Показник	Роки								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Видобуток газу, млн. м ³	20353	2237	2173	2253	2107	1951	1843	1790	1804
Поточний пластовий тиск, МПа	2,43	2,38	2,33	2,29	2,24	2,19	2,15	2,11	–

Слід зауважити, що в період з 2004 по 2016 рр., (що спостерігається на кривих рис. 6), річний видобуток газу знову збільшився до 2,4 млрд.м³, при цьому продовжилось падіння пластового тиску, тому що об'єм перетоків складав лише 1,8–1,9 млрд.м³ і не встигав за відбором газу за рахунок введення нових ДКС.

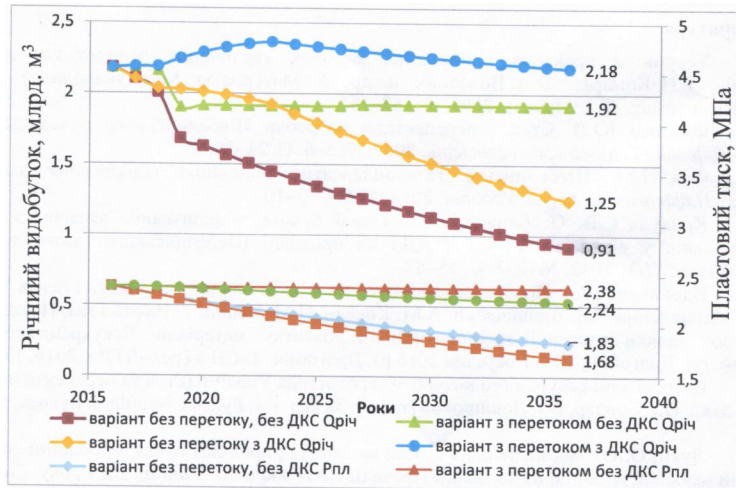


Рисунок 6 – Динаміка фактичного та прогнозного видобутку газу та пластових тисків по 4 варіантам розробки Шебелинського ГКР [3]

Це дає підстави зробити припущення, що на Шебелинському ГКР спостерігається підтримання пластового тиску за рахунок щорічного відновлення запасів газу в об'ємі 1,7–1,9 млрд.м³ за рахунок перетоків газу з глибоких горизонтів, так як всі інші фактори впливу на підтримування пластового тиску себе вичерпали.

Враховуючи вищенаведене, автором в 2018 році було розглянуто чотири варіанти подальшої розробки Шебелинського ГКР: розробка без введення в експлуатацію дотискуючої компресорної станції (ДКС) та з введенням ДКС без врахування перетоків (діючі проектні варіанти). А також врахування перетоків газу (відновлення запасів) для безкомпресорної та компресорної розробки (прогнозні авторські варіанти) [5].

Як бачимо, за виконаним прогнозом варіанти 1 і 2 і з врахуванням відновлення запасів природного газу вигідно відрізняються від діючих проектних варіантів без врахування перетоку, що забезпечує стабілізацію пластового тиску і, відповідно збільшення видобутку газу.

Однак ДКС на Шебелинському родовищі так і не була введена в експлуатацію станом на 01.01.2023, фактична розробка Шебелинського ГКР з 2016 року пішла по варіанту з урахуванням перетоку газу із глибоких горизонтів. На рис. 6 показано криві видобутку газу та пластові тиски, фактичні, в тому числі подовженні з 2016 по 2023 рік, які співпадають з прогнозом автора 2018 року.

Висновки. Таким чином, прогноз показників розробки, наведений в даній статті, є уточненням до останніх прийнятих документів розробки, і рекомендується для врахування в наступних розрахунках щодо прогнозу довгострокового видобутку газу із Шебелинського ГКР. За результатами підрахунків при безкомпресорній розробці з урахуванням перетоків газу починаючи з 2020 року спостерігається перехід в режим постійного

річного видобутку газу в об'ємах 1,7–1,9 млрд.м³. Останнє підтверджує відновлення запасів газу Шебелинського ГКР згідно теорії постійної дегазації Землі, перетоки газу і видобуток врівноважені і забезпечать довгострокову розробку Шебелинського ГКР понад 100 років.

Література

1. 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.
2. Григорьев В.С.История освоения и промышленной разработки Шебелинского газоконденсатного месторождения /В.С. Григорьев, В.И. Руднева//Питання розвитку газової промисловості України / зб. наук. праць. Вип. XXXIII, – Харків: УкрНДІгаз, 2000. – С. 24–29.
3. Кривуля С.В. Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у Нижньопермсько-Верхньокам'яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини : монографія / С.В. Кривуля. – Х. : Ексклюзив, 2014. – 174 с.
4. 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 імені Каразіна, 2018. – С. 27–31.
5. Фик І.М. Перспективи довгострокової розробки Шебелинського газоконденсатного родовища в умовах відновлення запасів/Фик І.М., Фик М.І., Фик І.М.// Вісник Харківського Національного університету ім. В.Н.Каразіна. – 2009. – №50. –С. 63–76.
6. Фик І.М., Фик І.М. Відновлення запасів газу Шебелинського газоконденсатного родовища – запорука довгострокової розробки//Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали Шостої міжнародної науково-практичної конференції (7–11 жовтня 2019 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – Т. 1. – К.: ДКЗ, 2019. – С. 395–400.
7. Фик І.М. Експериментальне вивчення процесу зворотного просочення при падінні тиску в покладі / С.Ф. Поверенний, І.М. Фик, О.П. Варавіна, М.Я. Бурова, О.О. Яцкевич // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Хімія, хімічна технологія та екологія = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Chemistry, Chemical Technology and Ecology : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – № 1 (7). – С. 68–77.
8. Метод полупроницаемой мембраны в режиме «дренирования-просочения» при дослідженні нафтогазових колекторів / С.Ф. Поверенний, І.М. Фик, О.П. Варавіна, М.Я. Бурова, О.О. Яцкевич//Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – 2020. (4). – С. 80–86.
9. Фик І.М. Щодо можливості сайклінг-процесу на пізній стадії розробки газоконденсатних родовищ / І.М. Фик, О.П. Варавіна, Я.О. Раєвський //Геологія нафти і газу: матеріали всеукраїнської наук.-практ. конф. студ. та аспірантів, 14–15 травня 2019 р. / ред. кол. В.А. Пересадько [та ін.] ; Харків. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна, Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", Укр. н.-д. ін-т природних газів. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. – С. 15–19.
10. Фик І.М. Геологічні критерії та методи підвищення конденсатовилучення на пізній стадії розробки газоконденсатних родовищ/ І.М. Фик, О.П. Варавіна, О.І. Хріпко

// Вісник Харківського національного університету серія «Геологія». Географія. Екологія. – 2021. – Вип. 54. – С. 117–132.

11. Фик І.М. Щодо джерела відновлення промислових запасів Шебелинського ГКР. // Геологія нафти і газу. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів. М. Харків 26-27 листопада 2020. 20–28.

12. Чепіль П.М. Друге життя родовищ нафти і газу України – міф чи реальність // Мінеральні ресурси України.– 2008, №2. – С. 37–38.

Bibliography (transliterated)

1. Fesenko Yu.L. Stan i perspektivi rozrobki Shebelinskogo gazokondensatnogo rodovischa/ Yu.L. Fesenko, E.O. Volosnik, I.M. Fik//Naftova i gazova promislovist. – 2009, #5–6, – P. 24–28.

2. Grigorev V.S. Istoriya osvoeniya i promyishlennoy rozrobotki Shebelinskogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya /V.S. Grigorev, V.I. Rudneva//Pitannya rozvitku gazovoyi promislovosti Ukrayini / zb. nauk. prats. Vip. HHIII, – Harkiv: UkrNDIgaz, 2000. – P. 24–29.

3. Krivulya S.V. Kriteriyi dorozvidki velikih rodovisch vuglevodniv u Nizhnopermsko-Verhnokam'yanovugilnih vidkladah Dniprovsko-Donetskoyi zapadini : monografiya / S.V. Krivulya. – H. : Eksklyuziv, 2014. – 174 p.

4. Fik I.M. Vidnovlennya zapasiv na Shebeliskomu gazokondensatnomu rodovischi // Geologiya nafti i gazu: materialy vseukrayinskoyi naukovoprastichnoyi konferentsiyi studentiv ta aspirantiv (m. Harkiv, 19-20 kvitnya 2018 r.) / Gol. Red. Kolegiyi V.A. Peresadko. – H.: HNU imeni Karazina, 2018. – P. 27–31.

5. Fik I.M. Perspektivi dovgostrokovoyi rozrobki Shebelinskogo gazokondensatnogo rodovischa v umovah vidnovlennya zapasiv/Fik I.M., Fik M.I., Fik I.M.// Visnik Harkivskogo Natsionalnogo universitetu im. V.N.Karazina. – 2009. – #50. –P. 63–76.

6. Fik I.M., Fik I.M. Vidnovlennya zapasiv gazu Shebelinskogo gazokondensatnogo rodovischa – zaporuka dovgostrokovoyi rozrobki//Nadrokoristuvannya v Ukrayini. Perspektivi investuvannya. Materiali Shostoyi mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi konferentsiyi (7–11 zhovtnya 2019 r., m. Truskavets). Derzhavna komisiya Ukrayini po zapasah korisnih kopalin (DKZ). – T. 1. – K.: DKZ, 2019. – P. 395–400.

7. Fik I.M. Eksperimentalne vivchennya protsesu zvorotnogo prosochennya pri padinni tisku v pokladi / S.F. PovErEnniy, I.M. Fik, O.P. Varavina, M.Ya. Burova, O.O. Yatskevich // Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu "HPI". Ser. : Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Chemistry, Chemical Technology and Ecology : zb. nauk. pr. – Harkiv : NTU "HPI", 2022. – # 1 (7). – P. 68–77.

8. Metod poluproniknenoyi membrani v rezhimi «drenuvannya-prosochennya» pri doslidzhenni naftogazovih kolektoriv / S.F. PovErEnniy, I.M. Fik, O.P. Varavina, M.Ya. Burova, O.O. Yatskevich//Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI» Seriya: Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya. – 2020. (4). – P. 80–86.

9. Fik I.M. Schodo mozhlivosti saykling-protsesu na pizniy stadiyi rozrobki gazokondensatnih rodovisch / I.M. Fik, O.P. Varavina, Ya.O. RaEvskiy //Geologiya nafti i gazu: materialy vseukrayinskoyi nauk.-prakt. konf. stud. ta aspirantiv, 14–15 travnya 2019 r. / red. kol. V.A. Peresadko [ta in.] ; Harkiv. nats. un-t im. V.N. Karazina, Nats. tehn. un-t "Harkiv. politehn. in-t", Ukr. n.-d. in-t prirodniy gaziv. – Harkiv : HNU im. V.N. Karazina, 2019. – P. 15–19.

10. Fik I.M. Geologichni kriteriyi ta metodi pidvischennya kondensatoviluchennya na pizniy stadiyi rozrobki gazokondensatnih rodovisch/ I.M. Fik, O.P. Varavina, O.I. Hripko // Visnik Harkivskogo natsionalnogo universitetu seriya «Geologiya». Geografiya. Ekologiya. – 2021. – Vip. 54. – P. 117–132.

11. Fik I.M. Schodo dzherela vidnovlennya promislovih zapasiv Shebelinskogo GKR. // Geologiya nafti i gazu. Materiali vseukrayinskoyi naukovo-praktichnoyi konferentsiyi studentiv ta aspirantiv. M. Harkiv 26–27 listopada 2020. 20–28.

12. Chepil P.M. Druge zhittya rodovisch nafti i gazu Ukrayini – mif chi realnist // Mineralni resursi Ukrayini.– 2008, #2. – P. 37–38.

УДК 622.276.64; 622.245.54

I. M. Фик

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБКИ ШЕБЕЛИНСЬКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА

У роботі наведено коротку геолого-промислову характеристику Шебелинського газоконденсатного родовища, зокрема: висоту газоносного покладу, площу газонасиченості, пористість, проникність колекторів, ефективну газонасичену товщину світи мідистих пісковиків та араукаритової світи. Особливістю покладів є низька проникність та газонасиченість, погіршення колекторських властивостей продуктивних носіїв пластів від нижньої частини до верхньої та від центральної до периферійної частини покладу.

Надано структурну карту покриву світи мідистих пісковиків та карту обводнення всіх продуктивних горизонтів. Показано динаміку запасів газу та пластових тисків родовища за роками, а також прогнози авторів щодо їхньої майбутньої динаміки.

Проведено підрахунок об'ємів обводнення горизонтів та загальний об'єм пластової води, що вторглася в газоносну частину родовища. Проведено аналіз обводнення та його подальших перспектив.

Виконано статистичні розрахунки залежності об'ємів обводнення від часу та від пластового тиску, що свідчать про зменшення темпів обводнення на пізній стадії розробки родовища.

Наведено геологічний розріз Шебелинського родовища, який свідчить про можливість перетоків газу через тектонічні порушення.

Проаналізовано всі фактори впливу на підтримання пластового тиску безпосередньо в межах родовища:

- обводнення законтурними водами;
- просідання поверхні;
- внутрішній водонапірний режим;
- пружність гірських порід, газу та води.

Показано, що буріння 12 глибоких свердловин в межах Шебелинського родовища не виявило нових покладів та покрівель, але підтвердило наявність газонасиченості до глибини 5,5 тисяч метрів.

Аналіз розробки родовища показав, що станом на 2023 рік спостерігається баланс між видобутком газу та його перетоками з глибоких горизонтів.

Наведено затверджені показники розробки та авторські варіанти, які підтверджуються фактичною розробкою родовища.

Зроблено висновок, що за рахунок перетоків із об'ємом видобутку 1700–1900 млн м³ родовище буде працювати ще 100 років.

Ключові слова: промислова газоносність родовища, пластовий тиск, обводнення родовища, відновлення запасів газу.

И. М. Фык

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ШЕБЕЛИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В работе приведена краткая геолого-промышленная характеристика Шебелинского газоконденсатного месторождения, в частности: высота газоносного месторождения, площадь газоносности, пористость, проницаемость коллекторов, эффективная газонасыщенная толщина свиты медистых песчаников и араукаритовой свиты. Особенностью залежей является низкая проницаемость и газонасыщенность, ухудшение коллекторских свойств продуктивных носителей пластов от нижней до верхней и от центральной до периферийной части залежи.

Предоставлена структурная карта покрова свиты медистых песчаников и карта обводнения всех продуктивных горизонтов. Показана динамика запасов газа и пластовых давлений месторождения по годам, а также прогнозы авторов относительно их будущей динамики.

Проведен подсчет объемов обводнения горизонтов и общий объем пластовой воды, вторгшейся в газоносную часть месторождения. Проведен анализ обводнения и их дальнейших перспектив.

Выполнены статистические расчеты зависимости объемов обводнения от времени и от пластового давления, свидетельствующие об уменьшении темпов обводнения на поздней стадии разработки месторождения.

Приведен геологический разрез Шебелинского месторождения, свидетельствующий о возможности перетоков газа из-за тектонических нарушений.

Проанализированы все факторы влияния на поддержание пластового давления непосредственно в пределах месторождения:

- обводнение законтурными водами;
- проседание поверхности;
- внутренний водонапорный режим;
- упругость горных пород, газа и воды.

Показано, что бурение 12 глубоких скважин в пределах Шебелинского месторождения не выявило новых залежей, но подтвердило наличие газонасыщенности до глубины 5,5 тысячи метров.

Анализ разработки месторождения показал, что на 2023 год наблюдается баланс между добычей газа и его перетоками из глубоких горизонтов.

Приведены утвержденные показатели разработки и авторские варианты, подтверждаемые фактической разработкой месторождения.

Заключен, что за счет перетоков с объемом добычи 1700–1900 млн м³ месторождение будет работать еще 100 лет.

Ключевые слова: промышленная газоносность месторождения, пластовое давление, обводнение месторождения, восстановление запасов газа.

I. M. Fyk

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE SHEBELYN GAS
CONDENSATE FIELD**

The paper provides a brief geological and industrial characterization of the Shebelinsky gas-condensate field, including the height of the gas-bearing layer, the area of gas occurrence, porosity, permeability of collectors, effective gas-saturated thickness of the coppery sandstones, and araucarite strata. The peculiarity of the deposits lies in the low permeability and gas saturation, deterioration of collector properties of productive reservoirs from the lower to the upper and from the central to the peripheral part of the deposit. A structural map of the cover of coppery sandstones and a map of water saturation of all productive horizons are presented. The dynamics of gas reserves and reservoir pressures of the field over the years are shown, along with the authors; forecasts for their future dynamics.

Calculations of the volumes of water saturation of horizons and the total volume of reservoir water that has invaded the gas-bearing part of the field have been conducted. An analysis of water saturation and its future prospects has been carried out.

Statistical calculations of the dependence of water saturation volumes on time and reservoir pressure have been performed, indicating a decrease in the rates of water saturation at the late stage of field development.

A geological section of the Shebelinsky field is presented, indicating the possibility of gas migration through tectonic faults.

All factors influencing the maintenance of reservoir pressure within the deposit have been analyzed, including:

- contour water flooding;
- surface subsidence;
- internal waterdrive regime;
- the elasticity of rock formations, gas, and water.

It is shown that drilling 12 deep wells within the Shebelinsky field did not reveal new deposits or caps but confirmed the presence of gas saturation to a depth of 5.5 thousand meters.

The analysis of field development indicates a balance between gas production and its migration from deep horizons as of the year 2023.

Approved development indicators and author's options are provided, supported by actual field development.

The conclusion is drawn that, due to migration with a volume of production of 1700–1900 million m³, the field will operate for another 100 years.

Keywords: industrial gas carrying capacity of the field, reservoir pressure, irrigation of the field, recovery of gas reserves.