

ВИСНОВОК

рецензентів про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації на здобуття ступеня доктора філософії Бурачка Олександра Володимировича «Підвищення ефективності вилучення вуглеводнів на різних стадіях розробки газоконденсатних родовищ з галузі знань «18 – виробництво та технології» за спеціальністю «185 – нафтогазова інженерія та технології»

Актуальність проблеми. Більшість газоконденсатних родовищ, що розробляються в Україні, знаходяться на завершальній стадії розробки. Через виснаження пластової енергії відбувається не тільки зменшення дебітів свердловин але й конденсація важких рідких вуглеводнів у пласті, що негативно впливає на кінцеві коефіцієнти вуглеводневилучення. Впровадження технологій підтримання пластового тиску та нагнітання витіснювальних агентів є одним з можливих способів збільшення власного видобутку вуглеводнів на шляху до енергонезалежності.

Чисельне геолого-технологічне моделювання дозволяє вибрати оптимальну технологію розробки та метод дії на газоконденсатний поклад. Через обмеженість вхідної інформації і значні геологічні невизначеності виникає проблема побудови якісних чисельних моделей вуглеводнів. Усе вищесказане підкреслює актуальність проблеми і задач дослідження.

Особистий внесок здобувача. Безпосередньо автором:

- виконано ретельний та критичний огляд літературних джерел та опублікованих результатів досліджень з проблем підвищення вуглеводневилучення з газоконденсатних покладів [1, 2, 3, 4];
- розроблено методику вибору репрезентативної геологічної реалізації та виконано її впровадження для одного з родовищ ДДЗ [5, 6];
- розроблено та впроваджено метод побудови PVT-моделі для газоконденсатних флюїдів за умови обмеженої інформації [7, 8, 9, 10];
- розроблено метод швидкої перевірки коректності та, за потреби, додаткового налаштування, на основі гідродинамічної моделі однокоміркової моделі [11];
- здійснено дослідження можливості використання моделі «чорної нафти» для моделювання газоконденсатних покладів на виснаження [12];
- проведено дослідження з нагнітання води у газоконденсатний поклад [13, 14];

- досліджено ефективність витіснення конденсату неуглеводневими газами за умови незмішувального витіснення [15], а також за допомогою углеводневих розчинників [16];
- виконано розрахунки з оптимізації витіснення конденсату, що випав з газу у пласті, за допомогою хімічних агентів за наявності геологічних невизначеностей [17] та для однієї геологічної реалізації [18];
- досліджено ефективність використання діоксиду вуглецю для підвищення углеводневилучення з виснаженого газоконденсатного покладу із одночасним його геологічним захороненням [19, 20];
- виконано перевірку методик оптимізації роботи газових свердловин шляхом контрольних розрахунків та комп'ютерну реалізацію у вигляді програмного коду [21, 22];
- розроблено методика розрахунку вибірного тиску [23] та методу визначення застійних зон газового покладу [24];
- надано експертну оцінку та допомогу під час гідродинамічних розрахунків із вивчення впливу незначної водонапірної системи на достовірність матеріального балансу [25] та дослідження впливу нагнітання CO₂ на активність водонапірної системи [26].

Особистий внесок автора в опублікованих роботах наведений таблиці:

| №п/п | Автори, назва публікації | Особистий внесок дисертанта, зміст | % |
|------|--|--|-----|
| 1 | Burachok O. Enhanced Gas and Condensate Recovery: Published Pilot and Commercial Projects Review. Nafta-Gaz 2021, no. 1, pp. 20-25. | Повний | 100 |
| 2 | Кондрат О.Р., Кондрат Р.М., Смоловик Л.Р., Бурачок О.В. Підвищення углеводневилучення з виснажених родовищ природних углеводнів // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази», 23-25 травня 2018 р. – Івано-Франківськ, 2018. – 367 с. – с. 204-206. | Збір і обробка інформації | 25 |
| 3 | Бурачок О.В., Кондрат О.Р. Сучасні технології та світовий досвід підвищення углеводневилучення із газоконденсатних родовищ // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази», 23-25 травня 2018 р. – Івано-Франківськ, 2018. – 367 с. – с. 210-213. | Збір і обробка інформації, узагальнення результатів. | 70 |
| 4 | Бурачок О.В. Аналіз стану та результатів сучасних досліджень із проблем підвищення конденсатовилучення. Modern Engineering and Innovative Technologies. 2020, Issue 13, Part 1, 41-57. | Повний | 100 |
| 5 | Romi A., Burachok O., Nistor M.L., Spyrou C., Seilov | Розроблення та | 40 |

| | | | |
|----|--|---|-----|
| | Y., Djuraev O., Matkivskiy S., Grytsai D., Goryacheva O., Soyma R.. Advantage of Stochastic Facies Distribution Modeling for History Matching of Multi-stacked Highly-heterogeneous Field of Dnieper-Donetsk Basin, Fourth EAGE Conference on Petroleum Geostatistics, 2-6 September 2019, Florence, Italy, ThP11. | впровадження методики, формулювання висновків | |
| 6 | Burachok O., Zeug M. Ranking and Representative Model Selection: Eliminating the Gap Between Static Volumetric and Flow-Based Approaches, International Scientific and Technical Conference "Geopetrol 2018", Zakopane-Koscielisko, September 17-20, 2018. pp. 927-936. | Розробка алгоритму, постановка чисельних експериментів, виконання фільтраційних розрахунків, аналіз результатів, формулювання висновків | 80 |
| 7 | Burachok O. EOS PVT modeling of gas-condensate fluids with limited lab experimental data. Student Technical Congress Program, German Section SPE, 14-15 November 2019, Aachen, Germany. Page 58. | Повний | 100 |
| 8 | Бурачок О.В., Першин Д.В., Матківський С.В., Бікман Є.С., Кондрат О.Р. Особливості відтворення рівняння стану газоконденсатних сумішей за умови обмеженої вхідної інформації // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, № 1(74), 2020, С. 82-88. | Розроблення та впровадження методики, формулювання висновків | 50 |
| 9 | Бурачок О.В., Кондрат О.Р., Бікман Є.С., Матківський С.В., Першин Д.В. Особливості створення PVT-моделей за умови обмеженої вхідної інформації // Modern science: problems and innovations. Abstracts of the 5th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2020. Pp. 21-27. | Розроблення та впровадження методики, формулювання висновків | 50 |
| 10 | Burachok O., Pershyn D., Spyrou C., Turkarslan G., Nistor M.L., Grytsai D., Matkivskiy S., Bikman Y., Kondrat O. Gas-Condensate PVT Fluid Modeling Methodology Based on Limited Data. 82nd EAGE Annual Conference & Exhibition, 8-11 December 2020. | Розроблення та впровадження методики, формулювання висновків | 50 |
| 11 | Бурачок О.В., Першин Д.В., Матківський С.В., Бікман Є.С., Кондрат О.Р., Філатов В.Ю. Перевірка якості створення PVT-моделі газоконденсатної пластової системи за допомогою концепції однокоміркової гідродинамічної моделі // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія, № 2 (4), 2020, С. 49-56. | Розроблення та перевірка методики, проведення гідродинамічних розрахунків, формулювання висновків. | 60 |
| 12 | Бурачок О.В., Першин Д.В., Матківський С.В., Кондрат О.Р. Дослідження межі застосування PVT-моделі «чорної нафти» для моделювання газоконденсатних покладів // Мінеральні ресурси України, 2020, № 2, С. 43-48. | Постановка чисельних експериментів, гідродинамічні розрахунки, порівняння результатів, | 70 |

| | | | |
|----|---|---|-----|
| | | формулювання висновків. | |
| 13 | Burachok O.V., Kondrat O.R., Matkivskiy S.V. Investigation of the efficiency of gas condensate reservoirs waterflooding at different stages of development // Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons – 2020. E3S Web of Conferences 230, 01010 (2021). | Створення чисельної моделі, гідродинамічні розрахунки, аналіз результатів, формулювання висновків. | 80 |
| 14 | Бурачок О.В. Дослідження можливості витіснення водою конденсату, що випав у пласті // Нафтова і газова промисловість. №2, 2007. – С. 29-32. | Повний | 100 |
| 15 | Бурачок О.В., Кондрат О.Р., Хайдарова Л.І. Аналіз результатів незмішувального витіснення конденсату з використанням азоту і вуглекислого газу / Науковий огляд, №7(70), 2020, 47-61. | Збір і обробка інформації, створення чисельної моделі, гідродинамічні розрахунки, аналіз результатів, формулювання висновків. | 75 |
| 16 | Кондрат О.Р., Бурачок О.В. Оцінка ефективності використання вуглеводневих розчинників для підвищення конденсатовилучення // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази», 08-09 грудня 2020 р. – Івано-Франківськ, 2020. – 189 с. – С. 104-106. | Створення чисельної моделі, гідродинамічні розрахунки, аналіз результатів, формулювання висновків. | 80 |
| 17 | Burachok O., Kondrat O. Optimization of Gas-condensate Reservoir EOR Technology under Geological Uncertainties, EAGE IOR 2019 – 20th European Symposium on Improved Oil Recovery, Pau, 8-11 April 2019, France, Tu P14. | Створення чисельної моделі, гідродинамічні розрахунки, аналіз результатів, формулювання висновків. | 80 |
| 18 | Burachok O., Kondrat O., Matkivskii S., Khaidarova L. Application of CEOR optimization method for gas-condensate reservoir below dewpoint: Synthetic case study. Oil Gas European Magazine, 46 Edition, Issue 4/2020, pp. 41-49. | Огляд попередніх досліджень, створення чисельної моделі, гідродинамічні розрахунки, аналіз результатів, формулювання висновків. | 80 |
| 19 | Burachok O., Nistor M.L., Sosio G., Kondrat O., Matkivskiy S. Evaluation of potential applicability of depleted gas-condensate fields for CO2 sequestration and EOR: synthetic case study. EAGE 1st Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference, 16–18 November 2020, Strasbourg, France. | Огляд попередніх досліджень, постановка чисельного експерименту, аналіз результатів. | 70 |
| 20 | Бурачок О.В., Кондрат О.Р. Синергія при нагнітанні CO2 у виснажений газоконденсатний поклад: геологічне захоронення та додатковий видобуток вуглеводнів // Енергоефективність: наука, технології, застосування: Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції. | Огляд попередніх досліджень, постановка чисельного експерименту, аналіз результатів | 80 |

| | | | |
|----|---|--|----|
| | Частина І. Київ, 25 листопада 2020 р. – Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2020. – 56 с. – С. 11-14. | | |
| 21 | Бойко В.С., Іванов С.І., Бурачок О.В., Шекета В.І. Комп'ютерна методика оптимізації роботи обводнених газових свердловин, що базується на вимірюванні гирлових тисків // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. №3 (9), 2004. – С. 32-34. | Створення комп'ютерної програми, виконання контрольних розрахунків | 30 |
| 22 | Бойко В.С., Іванов С.І., Бурачок О.В., Ільницький Р.М., Шекета В.І. Комп'ютерна методика оптимізації роботи обводнених газових свердловин на основі використання даних про дебіт газу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. № 2 (11), 2004. – С.60-63. | Створення комп'ютерної програми, виконання контрольних розрахунків | 30 |
| 23 | Бурачок О.В., Коваль В.І. Новий підхід до визначення вибірного тиску в обводнених газоcondенсатних свердловинах // Проблеми нафтогазової промисловості: Зб. наук. праць. Вип. 2. – Київ, 2005. – 408 с. – С. 106-108. | Огляд літератури, розроблення методики, формулювання висновків. | 70 |
| 24 | Бурачок О.В., Алейнік У.В. Метод визначення застійних зон у газовому покладі // Проблеми нафтогазової промисловості. Зб. наук. праць. Вип. 5 – Київ, 2007. – 648 с. – С. 229-235. | Огляд літератури, розроблення методики, проведення розрахунків формулювання висновків. | 80 |
| 25 | Матківський С.В., Ковальчук С.О., Бурачок О.В., Кондрат О.Р., Хайдарова Л.І. Дослідження впливу незначного прояву водонапірної системи на достовірність матеріального балансу // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. № 2 (75), 2020. – С. 43-51. | Консультації по налаштуванню чисельної моделі, експертна оцінка і перевірка результатів. | 15 |
| 26 | Matkivskyi S.V., Kondrat O.R., Burachok O.V. Investigation of the influence of the carbon dioxide (CO ₂) injection rate on the activity of the water pressure system during gas condensate fields development // Gas Hydrate Technologies: Global Trends, Challenges and Horizons – 2020. E3S Web of Conferences 230, 01011 (2021). | Консультації по налаштуванню чисельної моделі, експертна оцінка і перевірка результатів. | 15 |

Ступінь обґрунтованості запропонованих положень, висновків, рекомендацій. Достовірність отриманих результатів і висновків забезпечується використанням основ теорій: проектування експерименту, статистичного аналізу, теорії ймовірності, структурного методу в поєднанні з варіаційним, а також застосуванням сучасних числових методів розрахунку та загально-прийнятих в нафтогазовій промисловості комп'ютерних програм, співставленням часткових і узагальнених результатів із відомими.

Основні результати дослідження, їх наукова новизна та значимість. На основі результатів проведених досліджень вирішено ряд важливих науково-

прикладних завдань з підвищення вуглеводневилучення з газоконденсатних родовищ на різних стадіях розробки.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

1. Запропоновано новий підхід до вибору репрезентативної стохастичної геологічної реалізації моделі газового покладу за результатами фільтраційних розрахунків за методом ліній течії на основі умови відповідності дренажних запасів запасам, підрахованим об'ємним методом за однакової вірогідності.

2. Розроблено новий підхід до побудови PVT-моделей газоконденсатних систем за умови обмеженої вхідної інформації, а також метод швидкої перевірки її якості на основі однокоміркової гідродинамічної моделі.

3. Встановлено основні закономірності застосування різних методів підвищення вуглеводневилучення з газоконденсатних покладів на різних стадіях виснаження і з різним потенційним вмістом за різної компенсації відборів нагнітанням на основі технологічних та економічних показників ефективності з вибором найкращих методів впливу на пласт.

4. Розроблено новий метод перевірки якості PVT-моделі на основі однокоміркової гідродинамічної моделі, що дозволяє швидко коригування та налаштування моделей.

5. На основі оптимізаційних розрахунків з підвищення вуглеводневилучення шляхом використання різних хімічних агентів (ПАР, лугів, полімерів та їх поєднання) за наявності геологічних невизначеностей у розповсюдженні фільтраційно-ємнісних властивостей по об'єму покладу і для однієї геологічної реалізації, встановлено раціональні методи дії на газоконденсатний поклад для різних стадій розробки.

Практичне значення отриманих результатів. За результатами виконаних досліджень:

- Запропоновано новий метод вибору репрезентативної стохастичної геологічної реалізації моделі газового покладу, що дозволяє швидко відтворювати історію розробки покладу і переходити до проєктних і оптимізаційних розрахунків;
- Розроблено нову методику створення PVT-моделей газоконденсатних сумішей за умови обмеженої вхідної інформації;
- Запропоновано раціональні технології підвищення вуглеводневилучення із газоконденсатних покладів на різних стадіях розробки за різного потенційного вмісту важких вуглеводнів із використанням вуглеводневих і неуглеводневих газів;
- За результатами оптимізаційних розрахунків обґрунтовано раціональні технології витіснення сконденсованих вуглеводнів із газоконденсатних покладів на різних стадіях розробки, що ґрунтуються на використанні

хімічних агентів (луги, ПАР, полімери та їхнього поєднання) за умов наявності і відсутності геологічної невизначеності.

Публікації. Основні положення дисертації у повній мірі опубліковані в 31 науковій праці, 7 з яких у виданнях, що належить до SCOPUS, 12 статей – у фахових виданнях України.

Апробація роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції «Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази» (23-25 травня 2018 р., м. Івано-Франківськ), International Scientific and Technical Conference “Geopetrol 2018” (17-20 September 2018, Zakopane-Koscielisko, Poland), EAGE IOR 2019 – 20th European Symposium on Improved Oil Recovery (8-11 April 2019, Pau, France), Fourth EAGE Conference on Petroleum Geostatistics (2-6 September 2019, Florence, Italy), Student Technical Congress organized by German Section SPE (14-15 November 2019, Aachen, Germany), 5th International Scientific and Practical Conference “Modern Science: Problems and Innovations” (26-28 July 2020, Stockholm, Sweden), II International Scientific and Practical Conference “Actual Trends of Modern Scientific Research” (16-18 August 2020, Munich, Germany), IV міжнародній науково-технічній конференції «Газогідратні технології: світові тренди, виклики та перспективи» (11-13 листопада 2020 р., м. Дніпро, online), EAGE 1st Geoscience & Engineering in Energy Transition Conference (16-18 November 2020, online), V Всеукраїнській науково-практичній конференції «Енергоефективність: наука, технології, застосування» (25 листопада 2020 р., м. Київ), Міжнародній науково-технічній конференції "Нафтогазова галузь: Перспективи нарощування ресурсної бази", присвяченій 75-річчю кафедри геології та розвідки нафтових і газових родовищ (08-09 грудня 2020 р., м.Івано-франківськ), 82nd EAGE Annual Conference & Exhibition, (8-11 December 2020, online).

В повному обсязі результати досліджень доповідалися на науковому семінарі кафедри видобування нафти і газу Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Відповідність дисертації вимогам МОНУ. Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 р. № 167, вона пройшла перевірку на плагіат.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертаційна робота написана грамотною українською технічною мовою, стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Бурачок Олександр Володимирович є сформованим науковим фахівцем, що може ставити і самостійно вирішувати наукові проблеми.

Враховуючи наведене вище, рекомендуємо дисертацію Бурачка Олександра Володимировича на тему «Підвищення ефективності вилучення вуглеводнів на різних стадіях розробки газоконденсатних родовищ» до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань «18 – виробництво та технології», спеціальність «185 – нафтогазова інженерія та технології») у разовій спеціалізованій вченій раді.

Рецензенти:

д.геол.н., проф.

Хомин В.Р.

к.геол.н., доц.

Трубенко О.М.

| | | |
|------------------------|---------------|---------|
| Підписано | Хомин В.Р. | |
| Головою | Трубенко О.М. | |
| Членом секретар ІОНТУН | В. Прохорук | |
| « 08 » | 03 | 2021 р. |