

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук,
професора кафедри видобування нафти, газу та конденсату
Національного технічного університету
"Харківського політехнічного інституту"

Фика Іллі Михайловича

на дисертаційну роботу Мартусь Олени Володимирівни
«Підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти
з урахуванням літологічного розподілу»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 18 «Виробництво та технології»,
за спеціальністю 185 Нафтогазова інженерія та технології

1. Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота Мартусь Олени Володимирівни на тему «Підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літологічного розподілу» присвячена актуальному науково-прикладному завданню нафтогазової інженерії, пов'язаному з удосконаленням підходів до оцінювання ефективності заводнення нафтових покладів.

Актуальність теми зумовлена тим, що заводнення є одним із основних методів розробки нафтових родовищ, підтримання пластового тиску та підвищення ефективності вилучення нафти. Саме тому достовірне прогнозування коефіцієнта витіснення має важливе значення для вибору технологічних рішень, оцінювання потенціалу нафтовилучення та обґрунтування ефективності системи розробки. У реальних геологічних умовах цей показник залежить не лише від властивостей флюїдів і прийнятого режиму витіснення, але й від літологічної неоднорідності пласта, розподілу пористості, проникності, залишкової насиченості та параметрів відносних фазових проникностей.

Для родовищ із неоднорідними теригенними колекторами використання єдиного усередненого набору параметрів може спрощувати фізичну картину процесу заводнення та знижувати достовірність прогнозу. Тому врахування фаціального розподілу при визначенні коефіцієнта витіснення є важливим як з наукової, так і з практичної точки зору. Особливої уваги заслуговує спроба здобувачки поєднати аналітичний підхід Баклі-Лeverетта-Велге з даними геологічного моделювання, петрофізичних досліджень і фацієспецифічними параметрами колектора.

Важливим є також те, що робота спрямована не на заміну повноцінного гідродинамічного моделювання, а на створення інженерного розрахункового підходу, який може бути використаний для попередньої оцінки ефективності заводнення за наявності обмеженого, але геологічно обґрунтованого набору

вихідних даних. Такий підхід є практично значущим для умов, коли необхідно швидко оцінити вплив літологічної неоднорідності на прогнозований коефіцієнт витіснення.

Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною, відповідає сучасним завданням розробки нафтових родовищ і має наукове та практичне значення для підвищення обґрунтованості інженерних розрахунків при заводненні неоднорідних колекторів.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій

Ознайомлення зі змістом дисертації дає підстави зробити висновок, що сформульовані авторкою наукові положення, висновки і рекомендації є обґрунтованими та достовірними. Дисертаційна робота логічно побудована, а її авторка системно підійшла до постановки науково-прикладного завдання, формулювання мети і задач дослідження, вибору аналітичних, петрофізичних, геостатистичних та розрахункових методів.

Достовірність наукових результатів та обґрунтованість наведених висновків забезпечуються використанням фактичної інформаційної бази, що включає дані кернових досліджень, каротажу, геолого-промислові матеріали, відомості Атласу родовищ, результати тривимірного геологічного моделювання, а також технологічні, геометричні, флюїдальні та петрофізичні параметри досліджуваних об'єктів. Методологічну основу роботи становлять положення теорії двофазної фільтрації, аналітичний підхід Баклі-Лeverетта-Велге, методи визначення відносних фазових проникностей, геостатистичне моделювання літолого-фаціального розподілу та розрахункова реалізація запропонованої методики мовою Python.

Обґрунтованість наукових пропозицій, висновків і рекомендацій підтверджується апробацією результатів на науково-технічних конференціях, публікаціями у фахових наукових виданнях, а також практичним використанням окремих результатів дисертаційного дослідження у виробничій діяльності підприємств нафтогазової галузі.

3. Структура і зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 187 сторінок, робота вміщує 37 рисунків, 26 таблиць. Список використаних джерел налічує 176 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, представлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувачки, відомості про апробацію результатів і публікації за темою дисертації.

У розділі 1 розглянуто фізичні основи процесу заводнення та проблему достовірності прогнозування нафтовилучення. Проаналізовано чинники, що впливають на процес витіснення нафти водою, зокрема фільтраційно-ємнісні властивості колектора, літологічну неоднорідність, властивості флюїдів, параметри відносних фазових проникностей і гравітаційну складову. Наведено порівняльний аналіз нормативної методики, західних підходів та аналітичного методу Баклі-Леверетта-Велге. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір методу для подальшого вдосконалення та сформульовано мету і задачі дослідження.

У розділі 2 наведено класифікацію вхідних даних для аналітичного моделювання коефіцієнта витіснення нафти. Розглянуто геологічні особливості Гнатівського та Новомиколаївського (Мовчанівського) родовищ, охарактеризовано літолого-фаціальний склад, виділено проникні зони та визначено геометричні характеристики розрахункових сегментів. Обґрунтовано сталі вхідні параметри розрахунку, наведено використання геостатистичного моделювання фаціального розподілу та петрофізичних властивостей. Окрему увагу приділено визначенню параметрів відносних фазових проникностей, зокрема залишкової водонасиченості, змочуваності за експонентами Корі та залишкової нафтонасиченості.

У розділі 3 представлено аналітичну модифікацію підходу до визначення коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літолого-фаціальної неоднорідності. Розглянуто модифікацію методу Баклі-Леверетта-Велге та підходу ГСТУ шляхом інтеграції фактора фаціальної неоднорідності й частки ефективного об'єму. Наведено методологію розрахунку для Гнатівського родовища та розрахунок коефіцієнта витіснення для Новомиколаївського (Мовчанівського) родовища. Проведено зіставлення отриманих результатів із даними Атласу родовищ, а також сформульовано припущення, обмеження та область застосування запропонованого підходу.

У розділі 4 наведено алгоритмічну реалізацію розрахункових методів оцінювання витіснення нафти мовою Python. Описано класифікацію розрахункових сценаріїв, уніфікацію фізичного змісту методів ГСТУ та Баклі-Леверетта-Велге, а також порівняння отриманих коефіцієнтів витіснення нафти при заводненні для Гнатівського та Новомиколаївського (Мовчанівського) родовищ. Розділ демонструє можливість практичного застосування запропонованої методики у вигляді розрахункового інженерного інструментарію.

У загальних висновках наведено основні результати дисертаційного дослідження, які відповідають поставленій меті та задачам роботи.

У додатках представлено допоміжні матеріали, що підтверджують вихідні дані, алгоритмічну реалізацію розрахунків, апробацію та практичне використання результатів дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота є логічною, послідовною та завершеною науковою працею, виконаною здобувачкою самостійно. Дослідження оформлене відповідно до встановлених вимог і містить усі необхідні структурні елементи.

4. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в удосконаленні підходів до прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні літологічно неоднорідних колекторів. На відміну від підходів, у яких пласт розглядається через єдиний усереднений набір параметрів, у роботі здобувачкою запропоновано враховувати фаціальну будову колектора та фацієспецифічні петрофізичні характеристики.

До науково значущих результатів роботи слід віднести удосконалення методики формування фацієспецифічних петрофізичних параметрів для прогнозування коефіцієнта витіснення нафти. Важливим є те, що в умовах обмеженої лабораторної інформації авторкою поєднано літофаціальний розподіл кернового матеріалу, визначення репрезентативних кривих відносних фазових проникностей для окремих літофацій та використання даних геофізичних досліджень свердловин для просторової прив'язки цих параметрів у межах пласта.

Заслуговує на увагу встановлений у роботі результат, згідно з яким за однакових геометричних і технологічних умов та однакових властивостей флюїдів різні літофації характеризуються неоднаковим впливом гравітації на фракційний потік і різною швидкістю руху фронту витіснення. Це підтверджує доцільність окремого врахування проникності, пористості та параметрів відносних фазових проникностей для різних літофацій при оцінюванні ефективності заводнення.

Наукову новизну також становить удосконалення методики прогнозування коефіцієнта витіснення нафти на основі аналітичного підходу Баклі-Лeverетта-Велге. Запропоноване здобувачкою окреме визначення коефіцієнта витіснення для кожної літофації з подальшим розрахунком інтегрального значення за частками літофацій у нафтонасиченому поровому об'ємі пласта є обґрунтованим способом урахування літологічного розподілу в аналітичному інженерному розрахунку.

Отримані результати мають наукове значення, оскільки поглиблюють підхід до прогнозування ефективності заводнення неоднорідних теригенних колекторів і дозволяють коректніше враховувати вплив фаціальної будови на коефіцієнт витіснення нафти.

5. Практичне значення результатів дослідження

Теоретичні та методичні положення дисертаційної роботи мають практичну цінність для оцінювання ефективності заводнення літологічно неоднорідних нафтових покладів.

Запропонований підхід може використовуватися як інженерний розрахунковий інструмент для попереднього прогнозування коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням фаціального складу, петрофізичних властивостей колектора, параметрів відносних фазових проникностей, властивостей флюїдів та геометричних характеристик розрахункових сегментів.

Практичне значення роботи полягає також у розробленні алгоритмічної реалізації методики мовою Python, що забезпечує повторюваність розрахунків, порівняння різних розрахункових сценаріїв і можливість оперативного оцінювання впливу літологічного розподілу на прогнозований коефіцієнт витіснення.

Отримані результати дисертаційного дослідження впроваджено у діяльність ТОВ «Нафтогазгеорозвідка», ДП «Укрнаукагеоцентр» та ТОВ «ДТЕК Нафтогаз». Розроблені методичні положення можуть бути використані підприємствами й організаціями нафтогазової галузі для попередньої інженерної оцінки ефективності заводнення неоднорідних теригенних колекторів.

6. Повнота викладення наукових результатів дисертації в опублікованих працях

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 17 наукових праць, із них 5 статей у наукових фахових виданнях, зокрема 4 статті у фахових виданнях України категорії «Б» за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології» та 1 стаття, що входить до наукометричної бази Scopus. Також результати дослідження представлено у 12 тезах доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особистий внесок здобувачки відображено відповідно до отриманих нею результатів.

7. Дотримання норм академічної доброчесності

За результатами аналізу представлених матеріалів фактів порушення академічної доброчесності не встановлено. Здобувачка дотримувалася норм і принципів академічної доброчесності, вимог законодавства про авторське право, порушень яких, як і академічного плагіату, не виявлено. У дисертації наявні посилання на відповідні джерела, зазначені у списку використаних джерел, а також визначено особистий внесок авторки в опублікованих у співавторстві працях.

8. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Мартусь Олени Володимирівни є завершеною науковою працею. Робота виконана державною мовою із дотриманням наукового стилю. Дисертація за вимогами щодо структури, змісту, загального обсягу та кількості наукових публікацій, що висуваються до здобувача ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України та є результатом

самостійної науково-дослідної роботи, що характеризується належним науково-методичним рівнем її виконання.

9. Зауваження до дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу Мартусь Олени Володимирівни, слід зазначити окремі дискусійні положення та зауваження.

1. У роботі доцільно було б детальніше обґрунтувати неврахування капілярного тиску в рівнянні фракційного потоку та чітко визначити умови, за яких прийняте наближення є допустимим.

2. Запропонована аналітична модель потенційно може бути застосована для покладів із різними співвідношеннями в'язкостей нафти і води. Водночас у дисертації розрахунки виконано для умов Гнатівського та Новомиколаївського (Мовчанівського) родовищ, де використано конкретні значення в'язкостей флюїдів. Було б доцільно в подальших дослідженнях перевірити чутливість методики до ширшого діапазону співвідношень в'язкостей нафти і води.

3. У роботі варто було б ширше розкрити вплив прийнятого критерію завершення розрахунку, зокрема $WOR = 10$, на отримані значення коефіцієнта витіснення нафти.

4. Отримані розрахункові значення коефіцієнта витіснення для умов заводнення є вищими за показники, характерні для фактичного режиму розробки досліджуваних родовищ Гнатівського та Новомиколаївського (Мовчанівського). Доцільно було б детальніше висвітлити цей аспект як потенціал підвищення нафтовилучення при реалізації водонапірного режиму.

5. У роботі бажано було б чіткіше показати, що запропонована методика є інженерним аналітичним інструментом попередньої оцінки ефективності заводнення, а не заміною повноцінного промислового гідродинамічного моделювання.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

10. Загальні висновки та оцінка дисертації

Дисертаційна робота Мартусь Олени Володимирівни на тему «Підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літологічного розподілу» є самостійною та завершеною науковою працею, має наукову новизну та практичне значення.

Дисертаційне дослідження відповідає напряму спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

Дані, які здобувачка отримала під час виконання цієї роботи, є науково обґрунтованими та при впровадженні в практику можуть сприяти вирішенню актуального завдання підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні літологічно неоднорідних колекторів.

Опубліковані авторкою наукові праці достатньо повно висвітлюють зміст основних положень дисертації. Дисертаційна робота відповідає чинним вимогам до дисертацій, що передбачені наказом Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії...» (пункти 5, 6, 8), а її авторка, Мартусь Олена Володимирівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

Офіційний опонент - доктор технічних наук,
професор кафедри видобування нафти, газу та конденсату
Національного технічного університету
«Харківського політехнічного інституту»

Ілля ФІК

