

ВІДГУК

рецензента, кандидата технічних наук, доцента кафедри
нафтогазової інженерії та технологій Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Рубель Вікторії Петрівни на дисертаційну роботу
Мартусь Олени Володимирівни «Підвищення достовірності прогнозування
коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літологічного розподілу»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 18 «Виробництво та технології»,
за спеціальністю 185 Нафтогазова інженерія та технології

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуального науково-технічного та прикладного завдання удосконалення методичних підходів до прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні неоднорідних теригенних колекторів шляхом інтеграції літолого-фаціальної інформації, петрофізичних параметрів і аналітичного розрахунку процесу витіснення.

Актуальність теми

На сьогодні, як справедливо зауважує авторка дисертаційного дослідження, поступове виснаження нафтових ресурсів, перехід значної частини родовищ України на пізні стадії розробки та необхідність підвищення ефективності вилучення залишкових запасів зумовлюють потребу в удосконаленні методів прогнозування результативності заводнення.

Позначене має ключове значення для нафтогазовидобувної промисловості України, з огляду на те, що більшість перспектив нарощування видобутку пов'язана не лише з відкриттям нових покладів, а й з більш раціональним використанням ресурсної бази вже відкритих родовищ. У таких умовах точність оцінювання коефіцієнта витіснення нафти водою безпосередньо впливає на обґрунтованість технологічних рішень, прогноз нафтовилучення та оцінку ефективності системи розробки.

Заводнення є одним із найбільш поширених і практично доступних методів підтримання пластового тиску та підвищення нафтовилучення. Водночас його ефективність у реальних геологічних умовах істотно залежить від літологічної неоднорідності колектора, фаціального розподілу, пористості, проникності, насиченості та параметрів відносних фазових проникностей. Використання усереднених характеристик пласта без урахування цих чинників може призводити до спрощення фізичної картини процесу витіснення та зниження достовірності прогнозних розрахунків.

Проте на сьогодні в інженерній практиці зберігається потреба в методиках, які дозволяють поєднати аналітичні розрахунки коефіцієнта витіснення з результатами лабораторних досліджень, каротажу, тривимірного

геологічного моделювання та фаціального аналізу. Особливо актуальним є завдання збереження інформації про літологічну неоднорідність на етапі переходу від геологічної моделі до розрахункового прогностичного показника.

Вирішення цих науково-прикладних завдань є головною метою дисертаційної роботи Мартусь О. В. Дослідження спрямоване на підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні шляхом урахування літологічного розподілу та фацієспецифічних фільтраційно-ємнісних характеристик колектора. Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною, науково обґрунтованою та перспективною для подальших досліджень у сфері розробки нафтових родовищ.

Ступінь достовірності та обґрунтування основних наукових висновків та результатів дисертаційної роботи

У першому розділі авторкою викладено та проаналізовано сучасний стан досліджень з питань прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні, впливу літологічної неоднорідності на ефективність розробки нафтових покладів, а також використання аналітичних, нормативних і заходних підходів до визначення коефіцієнта витіснення. Особливу увагу приділено фізичним основам процесу витіснення, ролі фільтраційно-ємнісних властивостей, відносних фазових проникностей, насиченості та неоднорідності колектора у формуванні кінцевого прогностичного показника.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню методичного підходу до визначення коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літологічного розподілу. У розділі розглянуто вихідні положення методу Баклі-Лeverетта-Велге, наведено математичний апарат розрахунку фракційного потоку, параметрів відносних фазових проникностей, обводненості та коефіцієнта витіснення. Важливим є те, що здобувачка не обмежується розрахунком для умовно однорідного пласта, а пропонує розглядати пласт як композитну систему, представлену окремими літофаціями з власними фільтраційно-ємнісними характеристиками.

У цьому ж розділі обґрунтовано використання фацієспецифічних параметрів для розрахунку коефіцієнта витіснення та подальшого визначення інтегрального значення за часткою ефективного об'єму. Такий підхід дозволяє зберегти вплив літологічної будови пласта на етапі інженерного розрахунку і зменшити спрощення, пов'язані з передчасним усередненням петрофізичних параметрів. Окремо розглянуто припущення, обмеження та область застосування запропонованого аналітичного підходу, що є важливим для коректної інтерпретації отриманих результатів.

У третьому розділі наведено геологічну та петрофізичну характеристику об'єктів дослідження. Розглянуто Гнатівське та Новомиколаївське (Мовчанівське) родовища, їх літолого-фаціальну будову,

фільтраційно-ємнісні властивості та особливості розподілу проникних зон. Авторкою використано кернові, каротажні, геолого-промислові дані, матеріали Атласу родовищ та результати тривимірного геологічного моделювання. Це дозволило сформувати розрахункову базу для подальшого визначення коефіцієнта витіснення нафти не за узагальненим пластовим параметром, а з урахуванням властивостей окремих літофацій.

У **четвертому розділі** виконано побудову та обґрунтування вхідних параметрів для розрахунку коефіцієнта витіснення. Визначено геометричні, технологічні, флюїдальні та петрофізичні характеристики розрахункових сегментів. Окрему увагу приділено параметрам відносних фазових проникностей, початковій та залишковій насиченості, пористості, проникності, часткам літофацій і часткам ефективного об'єму. У цьому розділі показано, що використані вхідні дані мають фактичне геологічне та лабораторне підґрунтя, а не задаються довільно.

У **п'ятому розділі** наведено результати розрахунку коефіцієнта витіснення нафти для досліджуваних об'єктів за вдосконаленою методикою. Проведено окремі розрахунки для різних літофацій, визначено інтегральні значення коефіцієнта витіснення та здійснено зіставлення отриманих результатів із даними Атласу родовищ. Також представлено алгоритмічну реалізацію запропонованого підходу мовою Python, що забезпечує повторюваність розрахунків і можливість порівняння різних розрахункових сценаріїв.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи узагальнюють отримані наукові та практичні результати. Загалом дисертаційна робота є структурно та змістовно збалансованою, а послідовність викладення її положень є логічною і такою, що відповідає поставленій меті та завданням дослідження. Робота має завершений характер і демонструє послідовний перехід від аналізу фізичних основ процесу заводнення та геологічної неоднорідності пласта до розробки, апробації та практичного використання модифікованого аналітичного підходу для прогнозування коефіцієнта витіснення нафти.

Найбільш вагомі наукові результати

До найбільш вагомих наукових результатів дисертаційної роботи Мартусь О. В. слід віднести запропонований авторкою підхід до прогнозування коефіцієнта витіснення нафти, у якому врахування літологічного розподілу пласта поєднано з аналітичним розрахунком процесу витіснення за методом Баклі-Лeverетта-Велге. На відміну від традиційного використання усереднених параметрів для всього пласта, у роботі коефіцієнт витіснення розглядається як результат, що залежить від фаціальної будови колектора та фільтраційно-ємнісних властивостей окремих літофацій.

Науковий інтерес становить те, що здобувачка запропонувала виконувати розрахунок коефіцієнта витіснення окремо для виділених літофацій, а інтегральне значення визначати шляхом середньозваженого агрегування за часткою ефективного об'єму. Такий підхід дозволяє зберегти вплив літологічної неоднорідності на етапі інженерного розрахунку та уникнути надмірного спрощення, яке виникає при застосуванні єдиного набору усереднених параметрів для всього пласта.

Вагомим результатом є також подальший розвиток аналітичного методу Баклі-Леверетта-Велге для умов неоднорідних теригенних колекторів. У дисертації цей підхід доповнено урахуванням фацієспецифічних параметрів відносних фазових проникностей, пористості, проникності, насиченості, геометричних характеристик розрахункових сегментів та гравітаційної складової процесу витіснення.

Позитивної оцінки заслуговує використання авторкою фактичної інформаційної бази: кернових і каротажних даних, геолого-промислових матеріалів, результатів тривимірного геологічного моделювання та даних Атласу родовищ. Це посилює прикладний характер роботи, оскільки запропонований підхід апробовано не на абстрактних вихідних даних, а на матеріалах конкретних нафтових родовищ.

Окремо слід відзначити алгоритмічну реалізацію запропонованої методики мовою Python, яка забезпечує повторюваність розрахунків, прозорість послідовності обчислень і можливість порівняння різних розрахункових сценаріїв. У сукупності зазначені результати свідчать про наукову новизну дисертаційної роботи та її спрямованість на вирішення актуального науково-прикладного завдання підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні літологічно неоднорідних колекторів.

Практичне значення дисертаційної роботи

Практичне значення дисертаційної роботи Мартусь О. В. полягає у можливості використання запропонованого підходу для підвищення обґрунтованості інженерних розрахунків коефіцієнта витіснення нафти при заводненні літологічно неоднорідних теригенних колекторів. Розроблена методика дозволяє враховувати не лише усереднені пластові параметри, а й фаціальний розподіл, частку ефективного об'єму окремих літофацій та їхні фільтраційно-ємнісні характеристики.

Важливим прикладним результатом є можливість використання методики на етапі геолого-промислового супроводу розробки родовищ, коли необхідно оцінити вплив літологічної неоднорідності на прогнозований коефіцієнт витіснення без побудови повноцінної гідродинамічної моделі. Це

особливо важливо для об'єктів із обмеженим набором вихідних даних, але наявною геологічною, керною, каротажною та петрофізичною інформацією.

Запропонований підхід може бути використаний для порівняння різних розрахункових сценаріїв заводнення, оцінювання ролі окремих літофацій у формуванні інтегрального коефіцієнта витіснення, а також для попереднього обґрунтування технологічних рішень щодо розробки нафтових покладів. Практична цінність роботи посилюється тим, що методику апробовано на даних Гнатівського та Новомиколаївського (Мовчанівського) родовищ із подальшим зіставленням результатів із даними Атласу родовищ.

Окремо слід відзначити розроблений програмний модуль мовою Python, який забезпечує повторюваність розрахунків, прозорість алгоритму та можливість оперативного використання методики як інженерного інструменту. Його застосування дозволяє швидше виконувати розрахунки коефіцієнта витіснення для окремих фацій і визначати інтегральний показник з урахуванням літологічного розподілу пласта.

Результати дисертаційного дослідження підтверджені відповідними актами та довідками про впровадження і використані у діяльності нафтогазових підприємств України. Зокрема, результати роботи впроваджено у ТОВ «Нафтогазгеорозвідка» при підготовці проєктної документації для родовищ Дніпровсько-Донецької западини, у ДП «Укрнаукагеоцентр» - для проєктування розробки нафтових покладів, а також у ТОВ «ДТЕК Нафтогаз» - для підвищення достовірності петрофізичного обґрунтування проєктів та автоматизації оцінки ефективності заводнення. Наявність актів і довідок про впровадження засвідчує практичну цінність отриманих результатів та можливість їх використання у виробничій практиці підприємств нафтогазової галузі.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні положення дисертаційної роботи Мартусь О. В. достатньо повно відображені в наукових публікаціях здобувачки. За темою дисертації опубліковано 17 наукових праць, зокрема 5 статей у наукових фахових виданнях, серед яких 4 статті у фахових виданнях України категорії «Б» за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології» та 1 стаття, що індексується у наукометричній базі Scopus. Крім того, результати дослідження представлено у 12 тезах доповідей у збірниках матеріалів всеукраїнських і міжнародних науково-практичних конференцій.

Результати роботи апробовано на наукових заходах різного рівня, зокрема на міжнародних конференціях AAPG 2024 року (Краків) та SPE 2025 року (Відень). Наведене свідчить про належну апробацію результатів

дисертаційної роботи та достатню повноту їх оприлюднення у наукових публікаціях.

Відсутність порушень академічної доброчесності

При розгляді матеріалів дисертаційного дослідження Мартусь О. В. очевидних ознак порушення академічної доброчесності не виявлено. У роботі наявні посилання на використані літературні джерела, нормативні документи, методичні підходи, дані Атласу родовищ, результати лабораторних, геолого-промислових і петрофізичних досліджень.

Ознак оприлюднення наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження, а також відтворення опублікованих текстів інших авторів без належного зазначення їх авторства не встановлено. Особистий внесок здобувачки у наукових працях, виконаних у співавторстві, визначено у дисертаційній роботі.

Зауваження до дисертаційної роботи

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

1. Перспективним напрямом подальших досліджень є порівняння результатів запропонованого аналітичного підходу з результатами повноцінного гідродинамічного моделювання. Таке зіставлення могло б додатково підтвердити межі застосування методики.

2. У дисертації фаціальні тіла розглядаються як окремі розрахункові елементи з власними усередненими характеристиками. У подальшому доцільно розглянути можливість урахування міжфаціальних перетоків, особливо для високонеоднорідних колекторів.

3. Статичне середньозважене об'єднання локальних фацієспецифічних результатів не враховує динамічних змін площового та вертикального охоплення пласта. Це обмеження доцільно враховувати при подальшому розвитку методики.

4. У роботі варто було б детальніше пояснити область застосування модифікованого підходу, зокрема для випадків складної літологічної будови, істотної анізотропії та різкої зміни проникності між фаціями.

5. У подальших дослідженнях бажано оцінити чутливість інтегрального коефіцієнта витіснення до зміни часток літофацій, проникності, пористості та залишкової насиченості, щоб кількісно визначити найбільш впливові параметри моделі.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний і дискусійний характер, не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи і можуть бути враховані здобувачкою у подальших дослідженнях.

Загальний висновок

У цілому дисертаційна робота Мартусь Олени Володимирівни є завершеною науково-дослідною роботою, спрямованою на вирішення актуального науково-прикладного завдання підвищення достовірності прогнозування коефіцієнта витіснення нафти при заводненні літологічно неоднорідних колекторів.

Дисертація має наукове значення, що полягає в удосконаленні методичного підходу до визначення коефіцієнта витіснення нафти з урахуванням літологічного розподілу, фациєспецифічних фільтраційно-ємнісних характеристик та частки ефективного об'єму окремих літофацій. Отримані здобувачкою результати є науково обґрунтованими та можуть бути використані у практиці геолого-промислового супроводу розробки нафтових родовищ, зокрема для уточнення прогнозних показників ефективності заводнення. Опубліковані авторкою наукові праці достатньо повно висвітлюють зміст основних положень дисертації.

Дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її авторка, Мартусь Олена Володимирівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

Рецензент, кандидат технічних наук, доцент
кафедри нафтогазової інженерії та технологій
Національного університету
«Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»

Вікторія РУБЕЛЬ



Гасанов В.М.