

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ВТОРИННИХ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ НАФТИ НА ДОВКІЛЛЯ

В.З.Сабан, Я.М.Семчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42196,
e-mail: witalij_saban@ukr.net

Проаналізовано особливості вторинних методів розробки нафтових родовищ та чинники негативного впливу кожного з методів на стан навколишнього середовища. Встановлено, що у разі зниження рН пластової води до значень, менших 7,0, зростає небезпека корозії обсадних труб у свердловинах, які не експлуатуються. Розглядаються заходи, спрямовані на попередження забруднення навколишнього середовища.

Ключові слова: генерація тепла, заводнення, промислові води, термічні методи, коефіцієнт нафтовіддачі.

Проанализированы особенности вторичных методов разработки нефтяных месторождений и факторы негативного влияния каждого из них на состояние окружающей среды. Установлено, что при снижении рН пластовой воды до 7,0 возрастает опасность коррозии обсадных труб в неэксплуатируемых скважинах. Рассматриваются мероприятия, направленные на предупреждение загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: генерация тепла, заводнения, промышленные воды, термические методы, коэффициент нефтеотдачи.

The features of the second methods of development of the oil-fields and factors of negative influence are analysed each of methods on the state of environment. It is set that in the case of decline of pH of water to the values less 7,0 the danger of corrosion of conduits in mining holes, which are not exploited, grows. Measures, directed on warning of contamination of environment, are examined.

Keywords: generation of heat, water, industrial water, thermal methods, coefficient of oil.

Постановка задачі. На даний час розробка родовищ на природному режимі експлуатації шляхом заводнення дає змогу вилучити з надр у середньому лише чверть геологічних запасів нафти. Впровадження деяких технічних рішень, зокрема таких як стимулювання роботи свердловин та збільшення густоти мережі видобувних і нагнітальних свердловин, дає змогу у декілька разів підвищити нафтовіддачу з пласта, але більш значний її приріст можна отримати у разі застосування нових методів розробки родовищ нафти.

Дослідження, спрямовані на підвищення коефіцієнта витіснення нафти із пор породколектора шляхом застосування нових методів розробки, проводяться, починаючи із 50-х років. Однак накопичений з того часу досвід свідчить, що суттєво підвищити нафтовіддачу поки, що не вдається.

Залежно від флюїда, який нагнітається у пласт, основні методи, що застосовуються для підвищення коефіцієнта вилучення нафти, можна поділити на дві групи:

– нагнітання флюїдів на водній основі (пара, полімери, ПАР та ін.);

– нагнітання газів (газоподібні вуглеводні, вуглекислий газ, повітря при внутріпластовому горінні та ін.).

Методи підвищення нафтовіддачі можна поділити на два типи у порядку зменшення їх значення:

– теплові методи (паротеплова обробка, безперебійне нагнітання пари, сухе і вологе внутріпластове горіння), метою використання яких є введення або генерація у пласті тепла з метою зниження в'язкості нафти;

– хімічні методи (нагнітання розчинів хімічних речовин: ПАР, полімери тощо), їх використання проводиться з метою покращення заводнення внаслідок зниження натягу на границі водонафтового розділення або завдяки збільшення в'язкості води, яка нагнітається (полімери), а також в результаті спільної дії цих двох механізмів.

Необхідність застосування різних методів підвищення нафтовіддачі, кожний із яких є ефективним тільки у визначеній області, пояснюється різноманітністю характеристик нафтових родовищ. Тому, перш ніж планувати роботи щодо застосування того чи іншого методу підвищення коефіцієнта нафтовіддачі на конкретному родовищі, необхідно вирішити низку питань, пов'язаних із різними параметрами, які характеризують це родовище. Крім цього, необхідно врахувати всі чинники, пов'язані із небезпекою порушення екологічної обстановки, оскільки кожен із методів підвищення нафтовіддачі наносить шкоду навколишньому середовищу.

Методологічна частина. Проблемами впливу вторинних методів на навколишнє середовище займалися такі вчені як Кесельман Г.С., Попов А.А., Барановський В.Д., Косаргина В.Г. та ін.

При вторинному видобуванні нафти (застосування методу заводнення) в поклад нагнітаються промислові води, які проходять попереднє очищення. У процесі очищення промислових вод необхідно видалити залізо і зважені тверді частинки, а після фільтрації додати невелику кількість бісульфату натрію для вида-

лення з води розчиненого кисню. Для запобігання утворенню твердих осадів на стінках труб необхідно додати у воду триполіфосфат натрію. Процес введення цих добавок є простим, а їх концентрація є настільки незначною, що не може завдати шкоди навколишньому середовищу. Що ж стосується самих промислових вод, які збираються і використовуються у великих об'ємах, то вони становлять потенційну небезпеку для навколишнього середовища: їх витікання може спричинити забруднення поверхневих та підземних вод.

Для підвищення нафтовіддачі використовують також і хімічні речовини. З цією метою застосовують два процеси заводнення: хімічне та міцелярне. При першому у промислову воду, ще до її нагнітання у пласт, вводяться хімічні добавки. Розрізняють три види таких добавок: каустики (гідроксид натрію, силікат натрію, гідроксид амонію тощо); миючі засоби і полімери (поліакриламід і полісахарид). Закачування хімічних речовин може проводитися впродовж тривалого часу. Проте немає необхідності зберігати на родовищі велику кількість хімічних речовин. Нанесення потенційної шкоди навколишньому середовищу у процесі хімічного заводнення практично не відбувається. Лише незначна частина хімічних речовин, яка із водою нагнітається у поклад, повертається з промисловою водою і нафтою. Промислова вода, що надійшла з свердловини із розчиненими хімічними речовинами проходить систему очищення, після чого може знову закачуватися у поклад.

Коли для заводнення використовується промислова вода із добавками хімічних речовин, небезпека забруднення навколишнього середовища може бути викликана: 1) місцевим забрудненням повітря сірководнем, який виділяється із промислової води у процесі її очищення; 2) витіканням хімічних речовин під час їх транспортування, зберігання та нагнітання; 3) витіканням промислових вод на поверхню (із сховищ і т.д.); 4) витіканням хімічних речовин із трубопроводів, які знаходяться під високим тиском; 5) витіканням хімічних речовин із пошкоджених свердловин у неглибокі водоносні горизонти; 6) витіканням шкідливих речовин з неправильно ліквідованих свердловин у неглибокі водоносні горизонти (такі витікання можливі, тоді, коли тиск у покладі збільшився внаслідок проведення операцій щодо підвищення коефіцієнта нафтовилучення); 7) витіканням по тріщинах у розташовані вище водоносні горизонти; 8) опусканнями, які викликані хімічною дегазацією породи.

Процес міцелярного заводнення включає чотири окремі фази нагнітання речовини. Операція починається із закачування прісної або слабкосолоної води, необхідної для встановлення рН у покладі. Після цього проводять запомповування мікроемульсії міцелярного розчину, до складу якого входять поверхнево-активні речовини, спирти, вуглеводневий розчинник. Під час третього етапу закачування у свердловину нагнітається полімер-

ний розчин. Володіючи підвищеною в'язкістю, він сприяє більш ефективному витісненню нафти та мікроемульсії. Наприкінці операції проводиться нагнітання води і процес переходить у звичайне заводнення.

Хоча процес міцелярного заводнення є більш складним порівняно з хімічним, його вплив на навколишнє середовище є таким, як і при хімічному заводненні. Процедура з нагнітання рідини вимагає присутності додаткового обладнання на усті свердловини, транспортних засобів, сховищ тощо.

Результати досліджень та їх обговорення. Будь-які методи підвищення коефіцієнта нафтовилучення тією чи іншою мірою негативно впливають на стан навколишнього середовища (табл. 1).

Забруднення підземних і поверхневих вод може набути серйозних масштабів у тих випадках, коли протягом тривалого часу залишаються невиявленими витіки хімічних речовин із амбарів, а також із пошкоджених і ліквідованих свердловин. Враховуючи велику ймовірність нанесення шкоди навколишньому середовищу необхідно серйозно ставитися до оцінювання технічної характеристики обладнання і здійснювати пильний контроль за операціями, що проводяться на родовищі. Якщо існує ризик виникнення витоків з неправильно ліквідованих свердловин, необхідно у ході операції контролювати якість води у всіх водоносних горизонтах.

За останні роки розробки родовищ великого поширення набули три типи теплових методів:

- 1) циклічне закачування пари;
- 2) безперервне закачування пари;
- 3) внутріпластове горіння.

Закачування пари вимагає постійного джерела палива для генерування пари, а також потужного джерела прісної води. Для виробництва пари може використовуватися сира нафта, що видобувається на родовищі, природний газ, відпрацьоване паливо, вугілля. Під час вибору палива враховують його доступність, економічність та ризик забруднення повітря.

Потреба у воді залежить від процесу, який застосовується, загальної кількості пари і відношення пари, що нагнітається (як еквівалентної кількості води) до кількості видобутої нафти. Потреба у парі зростає поступово залежно від ступеня виснаженості родовища.

Фактичні викиди забруднюючих речовин від парогенераторів залежать від: типу палива і його хімічного складу, ефективності і конструкції парогенераторів, метеоумов.

Термічні методи підвищення коефіцієнта нафтовіддачі, зокрема нагнітання пари, створюють загрозу забруднення повітряного басейну.

Постійна потреба у прісній воді є однією з головних проблем технології нагнітання пари, оскільки солону воду для виготовлення пари використовувати не можна, оскільки її наявність призводить до незворотного пошкодження парогенераторів.

Таблиця 1 – Аналіз вторинних методів інтенсифікації видобутку нафти

Назва методу	Характеристика методу	Негативний вплив на довкілля
Нагнітання води у пласт (заводнення)	<p>Найпоширеніший із вторинних методів видобутку нафти. Виділяють законтурне, приконтурне, центральне внутрішньоконтурне, осьове та площове заводнення. Найбільш інтенсивним видом заводнення є заводнення по площі, при якому видобувні і нагнітальні свердловини чергуються між собою у певній послідовності, рівномірно розміщуючись по площі покладу.</p> <p>Основна перевага заводнення – можливість істотного підвищення темпів відбирання нафти з покладу не тільки за рахунок збільшення кількості свердловин, але і співвідношення нагнітальних і видобувних свердловин, підвищення тиску в нагнітальних свердловинах та ін.</p>	<p>Промислові води, які збираються і використовуються для заводнення, становлять потенційну небезпеку для навколишнього середовища. Їх витікання може спричинити забруднення поверхневих та підземних вод. Існує велика небезпека забруднення ґрунтів.</p>
Хімічне заводнення	<p>Метод полягає у використанні активних домішок (поверхнево-активних речовин, полімерів, лугів, сірчаної кислоти, діоксиду вуглецю). Закачування хімічних речовин у пласт може проводитися впродовж тривалого часу. Промислова вода, що поступила з свердловини, після очищення може знову нагнітатися у поклад.</p>	<p>Небезпека забруднення навколишнього середовища може бути викликана: місцевим забрудненням повітря сірководнем, який виділився із промислової води у процесі її очищення; витіканням хімічних речовин під час їх транспортування, зберігання та нагнітання; витіканням промислових вод на поверхню (із сховищ і т.д.); витіканням хімічних речовин із трубопроводів, які знаходяться під високим тиском; витіканням хімічних речовин із пошкоджених свердловин у неглибокі водоносні горизонти; витіканням шкідливих речовин з неправильно ліквідованих свердловин у неглибокі водоносні горизонти (такі витікання можливі, тоді, коли тиск у покладі збільшився внаслідок проведення операцій щодо підвищення коефіцієнта нафтовилучення); витіканням по тріщинах у розташовані вище водоносні горизонти; опусканнями, які викликані хімічною дегазацією породи.</p>
Міцелярне заводнення	<p>Дія на нафтовий пласт, основана на витісненні нафти обляміркою міцелярного розчину, просування якого по пласту здійснюється водним розчином полімеру і водою. Міцелярне заводнення сприяє більш ефективному витісненню нафти. Наприкінці процес переходить у звичайне заводнення.</p> <p>Заводнення є більш складним у порівнянні з хімічним. Процедура по нагнітання рідини вимагає додаткового обладнання на родовищі, транспортних засобів, сховищ тощо.</p>	<p>Значне забруднення підземних і поверхневих вод може відбутися, коли протягом тривалого часу залишаються невиявленими витіки хімічних речовин із амбарів, а також із пошкоджених і ліквідованих свердловин.</p> <p>Нанесення потенційної шкоди навколишньому середовищу при міцелярному заводненні практично не спостерігається.</p>

Продовження таблиці 1

Назва методу	Характеристика методу	Негативний вплив на довкілля
Витіснення парюю нафти з продуктивного пласта	Рекомендується для розробки покладів високов'язких нафт, для яких метод заводнення є непридатним. Застосування методу дає змогу досягти високого коефіцієнта вилучення нафти з пласта, іноді він сягає 0,6. Застосування методу є ефективним за умови відстані між свердловинами не більше 200-300 м. Для виробництва пари може використовуватися сира нафта, що видобувається на родовищі, природний газ, відпрацьоване паливо, вугілля.	Вимагає постійного джерела палива для генерування пари, а також потужного джерела прісної води. Метод створює значну загрозу забруднення повітряного басейну.
Внутрішньо-пластове горіння	Полягає у створенні зони екзотермічних реакцій, яка переміщується по пласту і дає змогу в процесі спалювання частини пластової нафти полегшити і збільшити видалення решти її частини. Зміна технологічних характеристик нафти сприяє її витісненню з пласта. Внутрішньопластове горіння починається з ініціювання горіння поблизу вибою свердловини - шляхом закачування в неї повітря, рідше іншого газу. Підтримування процесу горіння і переміщення фронту горіння по пласту забезпечується безперервним закачуванням повітря. Метод не знайшов практичного застосування, оскільки є економічно не вигідним.	Один із найбільш потенційно небезпечних методів збільшення нафтовіддачі з точки зору забруднення навколишнього середовища. Вимагає утилізації продуктів горіння, попередження корозії обладнання.
Нагнітання газу	Полягає у нагнітанні робочого агента (повітря або газу) через нагнітальні свердловини, рівномірно розташовані по площі покладу, і відтисненні залишкової нафти в довколишні експлуатаційні свердловини. Для нагнітання можна використовувати також повітря. Робочий агент спрямовують у нагнітальні свердловини через розподільні компресорні будки. Використовується тільки у тому випадку, коли неподалік нафтового родовища є джерело газу.	Метод завжди пов'язаний із забрудненням (локальним або регіональним) повітряного басейну.
Теплофізичний вплив на нафтовий пласт закачуванням у нього гарячої води	Метод використовується для інтенсифікації розробки покладів з високов'язкими нафтами, а також покладів високопарафіністих вуглеводневих сполук, і головне, під час первинної розробки для запобігання випадання парафіну в пласті.	Потенційної шкоди природному середовищу метод не завдає.
Шахтний спосіб вилучення нафти	Застосовується на родовищах з важкою нафтою, при розробці яких свердловинами, навіть за дуже щільної їх сітки, коефіцієнт нафтовилучення становить 1-2 % геологічних запасів. Спосіб можна використовувати і для видобутку легкої високоякісної олійної нафти, експлуатація якої свердловинами вже досягла економічно вигідної межі, але породи покладу ще відзначаються високою залишковою нафтонасиченістю.	Велика витрата кріпильного матеріалу – деревини; техногенне порушення рівноваги ґрунтового покриву.

Продовження таблиці 1

Назва методу	Характеристика методу	Негативний вплив на довкілля
Витіснення нафти із застосуванням ядерного вибуху	У результаті проведення ядерних вибухів у будь-яких гірських породах (крім соляних відкладів) утворюється труба оплавлення. Проникність середовища у зазначеній трубі істотно збільшується порівняно з природною проникністю продуктивного колектору, а в зоні поширення тріщин вона зростає в десятки і сотні разів. Унаслідок цього нафта зі швидкістю, що значно перевищує швидкість фільтрації до проведення ядерного вибуху, надходить із пласта в трубу оплавлення. Нафта тут акумулюється, і видобуток її, по суті, є добром із сховища.	Метод є небезпечним для надр і навколишнього середовища. Можливе зараження радіоактивними продуктами вибуху навколишнього середовища. Під час прояву тектонічних рухів і тріщиноутворення небезпека радіоактивного забруднення значно збільшується. На сьогодні метод у нафтогазовій промисловості не використовується.
Гідравлічний розрив пласта	Суть методу полягає в утворенні нових тріщин або розширення і розвиток деяких існуючих в пласті тріщин при нагнітанні в свердловину рідини або піни при високому тиску. Для забезпечення високої проникності тріщини заповнюються закріплюючим агентом, наприклад, кварцовим піском. Гідравлічний розрив пласта застосовується в будь-яких породах, за винятком пластичних сланців і глин.	Суттєвої небезпеки навколишньому середовищу метод не представляє.

Метод внутріпластового горіння заснований на генерації тепла всередині пласта-колектора за рахунок горіння в ньому деякої кількості нафти. Одним із прогресивних методів є процес вологого горіння, при якому після досягнення заздалегідь заданого розміру фронту горіння замість повітря нагнітається вода, яка є у даному процесі джерелом тепла, із зони горіння у зону нафти, розташованої перед фронтом горіння.

У разі використання оптимальної технології внутріпластового горіння викиди забруднюючих речовин у атмосферу є мінімальними. Слід зазначити, що у результаті крекінг-реакції у зоні горіння утворюються легкі вуглеводні, які можуть випаровуватися у процесі видобування нафти на поверхню разом із CO, CO₂ і SO₂. Однак переважаюча частина цих компонентів залишається у пласті.

У воді, яка видобувається разом із нафтою, перебуває велика кількість розчинених металів і оксидів металів, в наслідок чого може виникнути потреба в її утилізації. Авторами встановлено, що у разі зниження рН пластової води до значень, менших 7,0, зростає небезпека корозії обсадних труб у свердловинах, які не експлуатуються. Це може спричинити забруднення водоносних пластів пов'язаних з нафтовими пластами.

Метод внутріпластового горіння не знайшов практичного застосування, оскільки є економічно не вигідним.

Метод підвищення нафтовіддачі нагнітанням газу завжди пов'язаний із забрудненням (локальним або регіональним) повітряного басейну. Зазвичай, для нагнітання у пласт вико-

ристовують легкі вуглеводні і двоокис вуглецю. Підвищення нафтовіддачі відбувається за рахунок збільшення внутріпластового тиску, пониження в'язкості і густини нафти, покращення її мобільності, а також за рахунок нагнітання газу безпосередньо у газову шапку над покладом нафти, що забезпечує резерв тиску витіснення. Метод запомповування газу використовується тільки у разі наявності неподалік нафтового родовища джерела такого газу (наприклад, газове родовище або завод, де такий газ виробляється з відходів виробництва).

Запомповування у пласт зрідженого вуглекислого газу є одним із перспективних методів підвищення нафтовіддачі. Для цього використовується природна вуглекислота, транспортування якої відбувається газопроводами. При раптовому руйнуванні газопроводів (наприклад, в результаті корозії) у повітря може потрапити значна концентрація CO₂, який несе загрозу для здоров'я тварин та людей. Вуглекислий газ на 50 % важчий за повітря, і тому має тенденцію залишатися на поверхні землі в стабільних атмосферних умовах, що посилює небезпеку вуглекислотного забруднення.

Як доповнення до газу можна використовувати і воду, проте це вимагає наявності достатньої її кількості і попередньої підготовки, як і у разі застосування інших методів підвищення нафтовіддачі. Зазвичай, підготовка води полягає у видаленні твердих домішок, регулюванні рН, видаленні кисню з метою зниження корозійної агресивності і метаболізму бактерій.

Забруднення повітря у разі застосування методу нагнітання газу пов'язано, здебільшого, із використанням установок, що виробляють

електроенергію. Робота установок з підготовки води може спричинити також виділення деякої кількості сірководню. Крім цього, джерелом забруднення можуть бути і сховища і теплообмінники.

Забруднення поверхні землі і ґрунтових вод може відбуватися тими ж шляхами, що і при будь-якому іншому процесі, пов'язаному з підготовкою великої кількості розсолу. Основним шляхом витікання розсолу є наскрізна корозія промислових трубопроводів, обсадних колон та іншого обладнання. Витікання розсолів викликає забруднення ґрунтів і ґрунтових вод.

Аналіз результатів досліджень Західноукраїнського нафтопромислового району, проведеного авторами, свідчить, що покращення конструкції обладнання і постійний контроль за його цілісністю з одночасним застосуванням методів підвищення нафтовіддачі сприяє значному зменшенню викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Під час оцінювання того чи іншого методу підвищення нафтовіддачі необхідно враховувати його ступінь впливу на навколишнє середовище, безпеку процесів та операцій. Контролю підлягає: кількість водоспоживання, токсичність застосовуваних хімічних речовин, хімічна стійкість і стійкість продуктів їх розпаду, об'єм нагнітання, механізм забруднення тощо.

Існують дані про те, що використання азоту з метою збільшення коефіцієнта нафтовіддачі призводить до збільшення безпеки здійснюваних технологічних операцій, а нагнітання вуглекислого газу – до мінімального забруднення навколишнього середовища.

У разі застосування заводнення як методу інтенсифікації видобутку ВВ існує велика небезпека забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод пластовими і стічними водами. Тому, важливим завданням є не допущення витікання цих вод під час збору, підготовки та зберігання.

У всіх процесах заводнення існує також небезпека забруднення горизонтів, які містять воду питної якості. Тому в багатьох країнах введено спеціальні правила, направлені на збереження запасів води.

Основною умовою попередження забруднення навколишнього середовища загалом, а при використанні методів інтенсифікації частково, є контроль, причому не тільки за ГДК забруднювачів у середовищі, але й контроль правильності всіх здійснюваних підготовчих робіт, процесів та операцій пов'язаних з підвищенням нафтовіддачі. Так, наприклад, хімічні речовини, що використовуються для підвищення нафтовіддачі, необхідно поділяти на категорії в залежності від ступеня їх впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини. Це дасть змогу більш правильно визначати місця їх розміщення і зберігання, а також розробити заходи щодо запобігання потрапляння їх в навколишнє середовище. Деякі хімічні зв'язки, що використовуються для підвищення коефіцієнта нафтовіддачі, характеризуються високою токсичністю і під час роботи з ними необхідно бути особливо обережним.

Інтерес представляє метод, що дає змогу звести до мінімуму шкоду, спричинену навколишньому середовищу у разі застосування різних методів інтенсифікації видобутку, в тому числі і гідророзриву пласта, хімічної обробки привибійних зон свердловин це - централізована система обробки. Окрім цього метод дає змогу зменшити витрати на видобуток нафти і підвищити коефіцієнт експлуатації.

Висновки. Методам підвищення нафтовіддачі приділяється всебічна увага. Розробляються нові методи інтенсифікації видобування, визначається їхня технічна та економічна ефективність.

Захист навколишнього середовища від забруднення необхідний при всіх процесах видобутку нафти. Якщо забруднення має місце, тоді для визначення його ступеня необхідно дати відповідь на наступні питання: які із використовуваних хімічних складових токсичні і потенційно небезпечні?; наскільки велика ймовірність деградації таких складових?; якими властивостями характеризуються продукти деградації?; в яких об'ємах проводиться нагнітання небезпечних хімічних речовин; які операції у технології по підвищенню нафтовіддачі можуть призвести до забруднення навколишнього середовища? Необхідно також приймати до уваги ступінь забруднення під час проведення робіт. Тільки після цього можна зробити кінцеві висновки про безпеку забруднення довкілля.

Необхідно також постійно вивчати вплив різних методів підвищення нафтовіддачі на всі компоненти довкілля, а також розробляти ефективні способи контролю рівня забруднювачів, технологій запобігання забрудненню ґрунтів, водойм та атмосфери.

Література

- 1 Амелин И.Д. Внутрипластовое горение / И.Д. Амелин. – М.: Недра, 1980. – 230 с.
- 2 Кесельман Г.С. Защита окружающей среды при интенсификации добычи нефти / Г.С. Кесельман, В.Д. Барановський, А.А. Попов, В.Г. Косаргина – М.: ВНИИОЭНГ, 1983.
- 3 Маєвський Б.І. Прогнозування, пошуки та розвідка нафтових і газових родовищ / Б.І. Маєвський, О.Є. Лозинський, В.В. Гладун, П.М. Чепіль. – К.: Наукова думка, 2004. – 446 с.
- 4 Орлов О.О. Нафтогазпромислова геологія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / О.О. Орлов, М.І. Євдошук, В.Г. Омельченко, М.І. Чорний за ред. О.О. Орлова. – К.: Наукова думка, 2005. – 427 с. – ISBN 966-00-0625-Х.
- 5 Бойко В.С. Довідник з нафтогазової справи / В.С. Бойко, Р.М. Кіндрат, Р.С. Яремійчук. – Л.: Місіонер, 1996. – 619 с. – ISBN 5-335-01293-5.
- 6 Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. / М.Л. Сургучев. – М.: Недра, 1985. – 282 с.

Стаття постуила в редакційну колегію
20.07.09
Рекомендована до друку професором
О. М. Адаменком