

О. П. ЛИЖНЮК, О. В. МИХАЙЛОСЬКА, С. І. БУХКАЛО, О. О. АГЕЙЧЕВА

ОСНОВИ РОЗРОБКИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ І ГАЗОВИХ РОДОВИЩ – ЕКОЛОГІЧНА СКЛАДОВА ДОСЛІДЖЕННЯ КИСЛОТНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРИВУ ПЛАСТА

У матеріалах статті розглянуті приклади з огляду сучасних технологій дослідження можливостей захисту навколишнього середовища інтегрованих процесів сталого розвитку кислотного гідравлічного розриву пласта. Вплив на склад гірських порід відбувається не тільки завдяки високому тиску та швидкості закачування рідини для розриву пласта, але й завдяки хімічним реакціям кислоти з породами. Кислотна обробка породи використовується як у карбонатних породах, так і в пісковиках. У пісковиках кислотна обробка матриці спрямована на розчинення частинок, що забруднюють привибійну зону пласта та перфорацій. Теоретично, кислота фільтрується в пористе середовище, розчиняючи тверді частинки в каналах пор, які перешкоджають потоку пластової рідини, тому кислота розчиняє частинки в порах, каналах пор та вздовж поверхонь пор.

Ключові слова: геохімія нафти, газу, пластових вод, інноваційні нафтогазові технології, розробка і експлуатація родовищ вуглеводнів, кислотний гідравлічний розрив пласта.

Вступ.

Вирішення одного із актуальних наукових завдань сучасної нафтогазової інженерії та технології можна визначити як дослідження процесу інтенсифікації вилучення нафти з карбонатного колектора методом кислотного гідророзриву пласта із застосуванням інноваційної нафтокислотної емульсії. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1) аналіз та висновки існуючих технологій проведення кислотного гідравлічного розриву пласта (КГРП) за сучасними інтегрованими технологіями;

2) дослідження різновидів факторів впливу за аналізом сучасного КГРП;

3) класифікація-ідентифікація переваг КГРП за критеріями оцінювання: екологічної безпеки, конкурентоздатності, сучасними інтегрованими технологіями та прибутковості;

4) техніко-економічного обґрунтування за алгоритмами ефективності запроєктованих технологічних і технічних рішень та ін.

Постановка комплексу проблемних питань науково-практичного дослідження.

Об'єкт дослідження – моделі екологічних проблем неоднорідних карбонатні колекторів.

Предмет дослідження – технологія кислотного гідророзриву пласта із застосуванням інноваційної нафтокислотної емульсії.

Процес КГРП, що впроваджується у промисловість з 1947 року є стандартною практикою промислового виробництва й на сьогоднішній день. Сучасні технології кислотного КГРП постійно вдосконалюються для підвищення ефективності процесу, мінімізації екологічних ризиків та зниження витрат. КГРП полягає в закачуванні кислоти в колектор під високим тиском для створення або збільшення тріщин в пласті з подальшим розширенням і підтримкою відкритого каналу для руху вуглеводнів.

Приблизно на 35-40% всіх пробурених свердловин проведено гідравлічний розрив пласта.

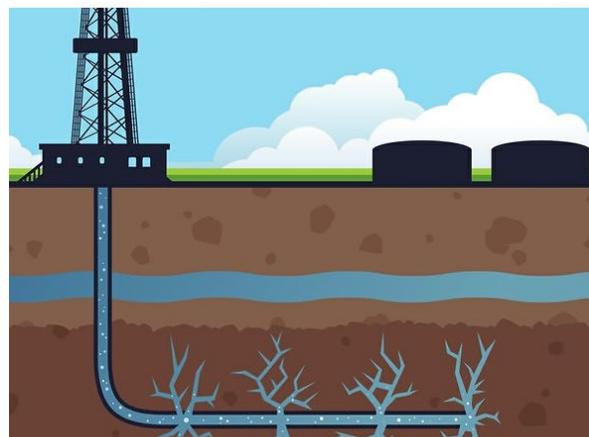


Рис. 1. Загальний вигляд технології гідророзриву пласта.

Призначення гідравлічного розриву пласта полягає в наступному:

1) збільшення продуктивності видобувних та прийомистості нагнітальних свердловин;

2) підвищення нафтовіддачі пластів з видобувних свердловин, відновлення робочих показників, невідновних традиційними способами;

3) метод розробки нафтових та газових родовищ.

Гідравлічний розрив пласта (ГРП) є однією з найбільш ефективних технологій та засобів підвищення дебітів свердловин, оскільки за певних умов суттєво розширює зону дренування.

За деякими оцінками дослідників легка нафта скінчиться вже в період до 2050 року. Але в цілому нафтові запаси ще далекі від кінцевого рівня видобутку. (рис. 2). Термін «важка нафта» не має однозначного тлумачення відповідно до характеристики об'єкту дослідження, але, наприклад, це показники: густина і в'язкість [2].

© Лижнюк О.П., Михайловська О.В., Бухкало С.І., Агейчева О.О., 2025

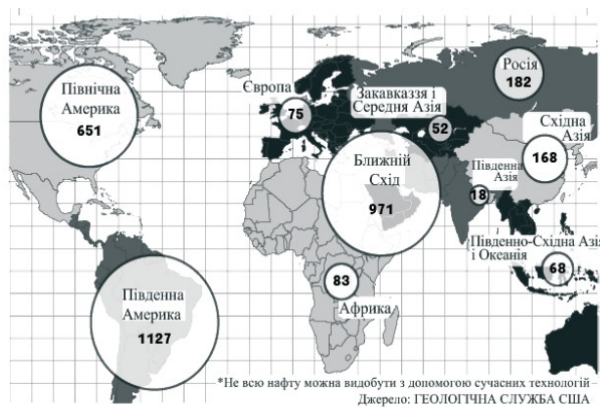


Рис. 2. Розповсюдження так званої важкої нафти у світі (млрд. бар)

Характер показників, зазвичай, доповнюють: підвищений вміст асфальтено-смолистих речовин з перевагою її складі циклічних вуглеводнів з низьким вмістом легкокиплячих фракцій, а також це вуглеводневі сполуки, які містять сірку, кисень, азот, сполуки металів, наприклад, ванадію, нікелю, заліза, хрому, температура кипіння нафти у цих випадках іноді перевищує 200 °С.

Науково-дослідні роботи присвячені екологічним проблемам кислотного гідралічного розриву пласта інтегрованих систем пов'язані управлінням екологічною безпекою галузі. Це проблемні питання з оцінки ризиків для населення від проваджуваної діяльності, вплив нафтопродуктів та складових інженерії на ґрунтовий покрив, водні ресурси, атмосферне повітря, здоров'я населення,

Вирішення питань існуючого забруднення при діяльності об'єктів нафтогазової інженерії на даний час пов'язане з запобігання розвитку екологічно-небезпечних процесів виробництва галузі (табл. 1). В більшості нафтогазовидобувних регіонів погіршення структури запасів та виснаження високопродуктивних покладів супроводжуються зростанням частки важковидобувних запасів з низькими дебітами свердловин.

1. Аналіз складових дослідження за ієрархією класифікації-ідентифікації різновидів джерел інформації екологічної безпеки виробництва.

Гідралічний розрив пласта (ГРП) є однією з найбільш ефективних технологій та засобів підвищення дебітів свердловин, оскільки за певних умов суттєво розширює зону дренажування. (рис. 1) [24]. Класифікація-ідентифікація цілей і задач гідралічного розриву пласта полягає в наступному:

- 1) збільшення продуктивності видобувних та нагнітальних свердловин;
- 2) підвищення нафтовіддачі пластів з видобувних свердловин, відновлення робочих показників, невідновних за традиційними способами;
- 3) метод розробки нафтових та газових родовищ.
- 4) комплексне рішення з вибору складових актуальної науково-прикладної проблеми –

запобігання розвитку екологічно-небезпечних процесів на етапах життєвого циклу нафтових і газових свердловин шляхом визначення переліку впливових факторів

5) вибір методів і засобів контролю та регулювання інтенсивності розповсюдження полутантів (забруднювачів у вигляді речовин або їх сумішей, присутніх в навколишньому середовищі, з характерною шкідливою дією для людей, тварин, рослин або інших організмів, а також цілих екосистем) при регламентованих виробничих умовах відповідно до нормативно-технічної документації (НТД).

6) розробка інструментів прийняття управлінських рішень під час виникнення екстремальних ситуацій хімічної інженерії.

7) екологічний моніторинг алгоритмів процесів як прогнозування, оцінювання, систематизації та аналізу інформації щодо змін навколишнього середовища через шкідливий вплив антропогенних, техногенних та природних факторів.

8) розробка дієвих заходів щодо запобігання руйнування та отруєння довкілля, а також прийняття заходів щодо зменшення шкоди біосистемі.

При цьому відповідно НТД екологічна експертиза здійснює аналіз і оцінювання вже на стадії алгоритмів проектної документації, що є чинною для забезпечення виробничої та будь-якої господарської діяльності, реалізація і дія якої може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей за показниками ГДК – концентрації шкідливих речовин у певному середовищі, вживання яких людиною практично не впливають на його здоров'я і не викликають несприятливих наслідків у його потомства.

Зазвичай визначають:

1. ГДК робочої зони як концентрацію токсичних хімічних речовин у вигляді парів, газів, пилу, що за умови щоденного впливу протягом робочого дня не викликає патологічних станів здоров'я, захворювань у робітника та його потомства.

2. ГДК середньодобова – гранична концентрація, що протягом життя людини не повинна шкідливо впливати на нього, і не впливати на стан довкілля у цілому.

3. ГДК максимальна разова – визначає ступінь короточасного впливу (20 хв) полутанта на організм людини.

Полутанти поділяються: надзвичайно небезпечні (1 клас небезпеки), небезпечні (2 клас небезпеки), помірно небезпечні (3 клас небезпеки), малонебезпечні (4 клас небезпеки).

За умови одночасної дії декількох токсичних речовин діє правило згідно формули 1:

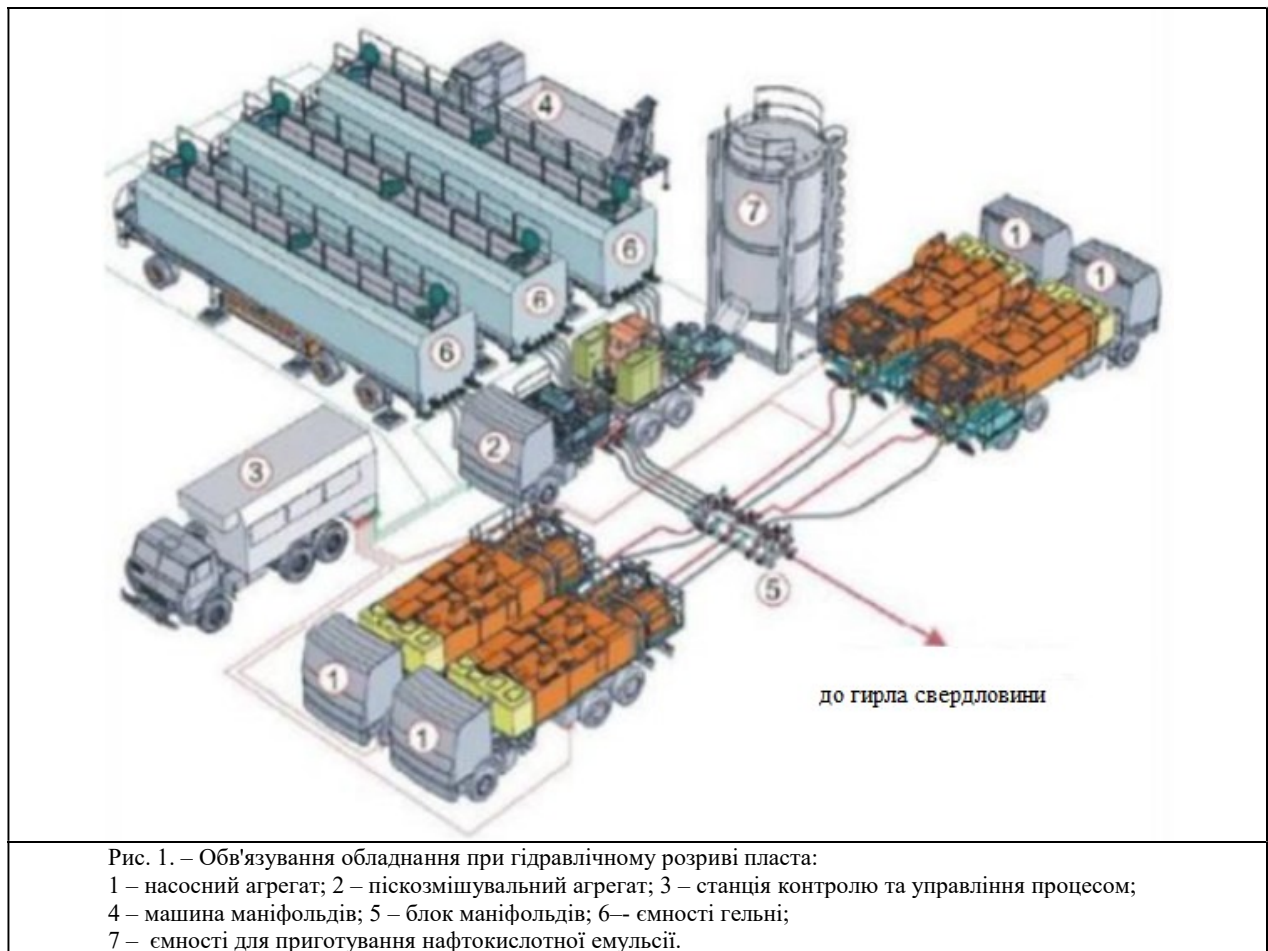
$$C1/ГДК1 + C2/ГДК2 + \dots + Cn/ГДКn < 1 \quad (1)$$

При наявності забруднення повітря іншими джерелами токсикантів, необхідно враховувати концентрацію забрудників і нормувати викиди шкідливих речовин у повітря, враховуючи вже

присутні домішки, тобто фонові концентрації – концентрація токсиканта у атмосфері, що створюється всіма джерелами природного та антропогенного впливу.

Таблиця 1 – Вибір загальних характеристик ієрархії наукового обґрунтування складових екологічної безпеки видобутку

№	Класифікація-ідентифікація стадій дослідження сучасних технологій гідравлічного розриву пласта (ГРП) за темою
1	Вибір та опис досвіду екологічної безпеки за технологіями застосування карбонатних колекторів відповідно до алгоритмів виробництва: 1.1. Характеристик ускладнень при впровадженні технологій ГРП на свердловинах. 1.2. Визначення недоліків існуючих технологій кислотного ГРП.
2	Аналіз факторів екологічної безпеки технічної пропозиції дослідження за алгоритмами покрокової дії інноваційного виробництва: 2.1. Загальна характеристика факторів впливу на ефективність застосування ГРП за алгоритми покрокової дії виробництва. 2.2. Алгоритми дії за факторами на охоплення впливом кислотному ГРП. 2.3. Алгоритми дії з визначення впливу якості складових реагентів на ефективність застосування технології.
3	Застосування технології на родовищі: 3.1 Визначення і опис загальних відомостей, тектонична будова та літолого-стратиграфічна характеристика параметрів роботи запропонованого технічного рішення, які вимагають проведення науково-дослідних робіт 3.2 Вибір методів досліджень основних параметрів: нафтогазовоносність, фізико-хімічні властивості пластових флюїдів за поточним станом розробки. 3.3 Аналіз одержаних результатів та визначення раціональних або оптимальних експлуатаційних рішень за алгоритми покрокової дії закачування
4	Обґрунтування методів дії на привибійну зону пласта за алгоритмами, що застосовують для інтенсифікації видобутку нафти (рис. 3): 4.1 Технологія та переваги проведення кислотного ГРП на родовищі. 4.2 Ієрархія проведення робіт кислотного ГРП. 4.3 Безреагентне регулювання властивостей нафтокислотних рідин розриву для збільшення продуктивності пласта.
5	Аналіз алгоритмів діяльності існуючої системи попередження виникнення екологічно небезпечних ситуацій відповідно до НТД: 5.1. Технічна і технологічна досконалість – комплексні інновації в техніко-технологічних рішеннях підвищення рівня екологічної ефективності. 5.2. Визначення покрокових алгоритмів за методиками вибору екологічно досконалого устаткування та обладнання відповідно до НТД.
6	Висновки за аналізом отриманих результатів, перспективи розвитку за безпечною діяльністю виробництва відповідно до НТД.
7	Аналіз системи предметної області об'єктів, наприклад: 7.1. У підготовленій та обладнаній свердловині проводять гідропіскоструминну перфорацію якщо це передбачено планом робіт за науковим обґрунтуванням ієрархії дослідження. 7.2. Алгоритмами покрокової дії з урахуванням екологічної складової дослідження кислотного гідравлічного розриву пласта. https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.03
8	Дослідження тенденції розробки методів за алгоритмами покрокової дії інноваційних стадій: 8.1. Алгоритми покрокової дії закачування нафти при обробці нафтової свердловини. 8.2. Алгоритми покрокової дії закачування води при обробці свердловини нагнітальної і створюють максимально можливий тиск.
9	Визначення ієрархії складових процесів: 9.1. Алгоритми покрокової дії при максимальній кількості підключених насосних агрегатів. 9.2. Алгоритми покрокової дії закачування у свердловину рідину розриву зі швидкістю, що перевищує швидкість її поглинання пластом – тиск рідини зростає, у породі утворюється тріщина.
10	Дослідження процесів екологічної безпеки технології кислотного гідравлічного розриву пласта з додаванням нафтокислотної емульсії. https://doi.org/10.20998/2220-4784.2022.02.10
11	11.1. Алгоритми покрокової дії закачування безпечної кількості рідини дорівнює ємності колони насосно-компресорних труб. 11.2. Алгоритми покрокової дії при прокачуванні зайвої кількості рідини вона може відтіснити пісок у глиб пласта, тобто після зняття тиску тріщина в безпосередній близькості до свердловини знову зімкнеться.
12	Визначення алгоритмів покрокової дії перш ніж почати видобуток зі свердловини, видалити рідину розриву і вилучити усі залишки матеріалів з вибою відповідно до розробленої НТД з урахування особливостей родовища, можливостей обладнання та устаткування..



Проблеми дослідження за алгоритмами проведення робіт при кислотному гідравлічному розриві пласта

1. У підготовленій та обладнаній свердловині проводять гідропіскоструминну перфорацію (якщо це передбачено планом робіт); звільняють пакер, вимивають кульковий клапан гідропіскоструминної насадки; виробляють вторинну посадку пакера.

2. Закачують нафту (при обробці нафтової свердловини) або воду (при обробці свердловини нагнітальної) і створюють максимально можливий тиск. Відсутність переливу рідини через затрубний простір говорять про герметичність пакера.

3. При максимальній кількості підключених насосних агрегатів у свердловину закачують рідину розриву зі швидкістю, що перевищує швидкість її поглинання пластом. Тиск рідини зростає, поки не буде перевищено внутрішні напруження в породі. У породі утворюється тріщина. Про розрив пласта говорить різке збільшення приймальності (поглинальної здатності) свердловини. Відсутність різкого спаду тиску в насосах вказує на високу проникність пласта або існування в пласті природних тріщин, ширина яких поступово збільшується в міру наростання тиску.

4. Різкий спад тиску при розриві пласта, що супроводжується одночасним збільшенням приймальності свердловини, відбувається при

обробці пластів з малою проникністю за відсутності в пласті природної тріщинуватості.

Як тільки розвиток тріщини почався, в рідину додається розклинюючий матеріал - пропант або пісок, що переноситься рідиною в тріщину. Однак пропонується застосувати технологію кислотного гідравлічного розриву пласта з додаванням нафтокислотної емульсії.

5. Прокачують у свердловину продавочну рідину при максимальних тисках, що забезпечують розкриття тріщин і введення в них матеріалу, що розклинює. Для цього до свердловини має бути підключена найбільша кількість насосних агрегатів, щоб досягти максимальної швидкості прокачування. Кількість продавочної рідини повинна дорівнювати ємності колони насосно-компресорних труб. При прокачуванні зайвої кількості продавочної рідини вона може відтіснити пісок у глиб пласта: це призведе до того, що після зняття тиску тріщина в безпосередній близькості до свердловини знову зімкнеться і ефект розриву пласта буде зведений до нуля.

6. Перш ніж почати видобуток зі свердловини, видалити рідину розриву і вилучити залишок розклинюючого матеріалу з вибою (якщо він там є). Ступінь складності її видалення залежить від характеру рідини, що застосовується, тиску в пласті і відносної проникності пласта за рідиною розриву.

Видалення рідини розриву дуже важливо, оскільки, знижуючи відносну проникність, вона створювати перешкоди на шляху припливу рідин. На цьому операції з гідравлічного розриву пласта закінчуються: свердловину здають в експлуатацію.

У неглибоких свердловинах розрив пласта проводять без спуску насосно-компресорних труб або з трубами без пакера. У першому випадку рідина нагнітається безпосередньо по обсадних трубах, у другому-по трубах і затрубному простору. Така технологія проведення процесу дозволяє значно скоротити втрати тиску в свердловині під час нагнітання рідини з високою в'язкістю.

Гідророзрив пласта здійснюється при використанні цілого комплексу наземного та підземного обладнання. Наземне обладнання цільового призначення включає насосні та піскозмішувальні агрегати для підготовки та закачування робочих рідин, автоцистерни для доставки рідин гідророзриву, спеціальну обв'язку гирла свердловини з обладнанням.

Крім того, під час гідророзриву використовується й інше спеціальне обладнання – підйомні агрегати, лебідки тощо. Це обладнання для гідророзриву пласта водночас успішно використовується і в інших процесах інтенсифікації приток і закачування, при освоєнні, закінченні та кріпленні свердловин. Підземне обладнання включає, як правило, два пристрої – пакер призначений для роз'єднання фільтра – об'єкта впливу (пласта) та решти експлуатаційної колони.

Якір, який служить для сприйняття високих тисків і попереджає підйом підземного обладнання при впливі на пакер навантаження, обумовленого різницею тисків під та над пакером. Пакер у збиранні або пакер, змонтований з якорем, спускають у свердловину на колоні НКТ.

Сутність кислотного гідророзриву полягає у застосуванні в рамках одного технологічного процесу двох фізико-хімічних впливів на привибійну зону. Розклинювання порід відбувається не тільки за рахунок високих тисків і темпів нагнітання рідини розриву, а й рахунок хімічних реакцій кислоти з породами. Кислотна обробка гірської породи застосовується як у карбонатних породах, так і у пісковиках. У пісковиках кислотна обробка матриці спрямована на розчинення частинок, що забруднюють привибійну зону пласта та перфорації. Теоретично кислота фільтрується в пористе середовище, розчиняючи тверді частки порових каналів, які перешкоджають потоку пластової рідини, тому кислота розчиняє частки в порах, порових каналах і вздовж поверхонь пор.

Більшість кислоти витрачається в результаті реакції, а саме з частинками і мінералами у порах. Отже, кислотна обробка пісковиків в основному використовується для усунення забруднення привибійної зони свердловини. [1] У карбонатних колекторах при кислотній обробці утворюються

порожнини, які виходять далеко за межі привибійної зони або є продовженням перфорацій.

Порожнини отримані шляхом розчинення карбонатів соляною кислотою, нагадують канали у ґрунті, через це вони мають схожу назву (від англійської wormholes - черв'як-червоточинка, holes - дірки). Дуже часто кислота утворює єдину порожнину без розгалуження. Це відбувається, наприклад, у разі використання розчину потужної соляної кислоти. Слабкі кислоти, наприклад, оцтова кислота, створюють ширшу схему каналів, яка може дати результати лише у певних випадках. Тип каналів звичайно, залежить від швидкості закачування, температури, реакційних можливостей породи навколо свердловини.

Кислотна обробка в карбонатних колекторах в основному використовується для зниження впливу забрудненої зони на ефективність свердловин. За відсутності забруднень обробка матриці призводить до збільшення продуктивності не більш ніж удвічі. [6]. Кислота утворює канали вздовж поверхні тріщин, тому немає необхідності в кріпленні пропантми, так як поверхні виходять нерівними, і тріщини не можуть щільно зімкнутися після зниження тиску.

При гідравлічному розриві мають бути вирішені такі завдання:

1) Створення тріщини: тріщина створюється шляхом закачування рідин відповідного складу у пласт зі швидкістю, що перевищує її поглинання пластом. Тиск рідини зростає, поки не буде перевищено внутрішнє напруження в породі. У породі утворюється тріщина.

2) Утримання тріщини у розкритому стані. Розрив пласта здійснюється безпосередньо за допомогою нафтокислотного емульсійного розчину. Подальше формування (розширення) тріщин у пласті здійснюється закачуванням СКМД (Система контролю та моніторингу видобутку). У розробці кислотного гідророзриву пласта не передбачено закачування твердих закріплювачів для тріщин.

3) Видалення рідини розриву: перш ніж почати видобуток із свердловини, слід видалити рідину розриву. Ступінь складності її видалення залежить від характеру застосовуваної рідини, тиску в пласті та відносної проникності пласта. Видалення рідини розриву є важливим завданням, оскільки, знижуючи відносну проникність вона може створити перешкоду на шляху припливу рідин.

4) Підвищення продуктивності пласта: на початок проектування процесу слід здійснити аналіз його економічної доцільності.

Одним з основних ризиків при застосуванні кислотного ГРП є корозія (рис.4) бурового та експлуатаційного обладнання. Кислоти, що використовуються під час стимулювання пласта, особливо соляна кислота (HCl), є дуже агресивними і можуть швидко викликати корозію металевих поверхонь труб, насосів та інших свердловинних інструментів. Це може призвести до пошкодження

обладнання, втрати герметичності свердловини і навіть аварій.



Рис. 4. Загальний вигляд корозії труб НКТ

Визначення алгоритмів покрової дії дослідників за причинами корозії:

1. Висока концентрація кислот:

Стандартні суміші кислоти для ГРП містять до 15% HCl, що може швидко роз'їдати метал.

2. Тривалий контакт з обладнанням:

Кислота може залишатися в контакті з обладнанням протягом тривалого часу, особливо якщо виникають затримки у виконанні операцій.

3. Невірний вибір матеріалів:

Використання матеріалів, що не відповідають вимогам до корозійної стійкості, може призвести до передчасного пошкодження обладнання.

4. Під час проведення кислотного ГРП нерівномірний розподіл кислоти в пласті є однією з найбільших проблем. Через неоднорідність колектора або наявності природних тріщин, кислота може концентруватися у певних зонах, залишаючи інші частини пласта необробленими. Це може призвести до недостатньої стимуляції свердловини, що, своєю чергою, знижує її продуктивність.

Причини нерівномірного розподілу:

Гетерогенність колектора:

Карбонатні колектори мають нерівномірну пористість і проникність, що може спричинити утворення "кислотних каналів".

Природні тріщини:

У деяких випадках існуючі тріщини можуть поглинати більшість кислотної суміші, залишаючи інші частини колектора непроникними.

Невірний тиск закачування:

Якщо тиск закачування занадто високий або низький, це може призвести до передчасного розширення тріщин у певних зонах.

5. Під час проведення кислотного ГРП можливе виникнення закупорки тріщин та каналів через випадання солей або осадів, утворених внаслідок хімічних реакцій між кислотою і породою. Це, у свою чергу, може призвести до зниження проникності і погіршення припливу вуглеводнів до свердловини. Причини закупорки:

Утворення осадів:

Кислота, реагуючи з карбонатними породами, може викликати випадання осадів (наприклад, карбонатів кальцію).

Невірний підбір кислот:

Якщо склад кислотної суміші не відповідає типу породи, це може призвести до утворення нерозчинних солей.

Невірний вибір води:

Вода, що використовується для змішування з кислотою, може містити домішки, які сприяють утворенню осаду.

6. Під час кислотного ГРП може виникнути ситуація, коли тріщини утворюються в непродуктивних зонах, що не сприяють покращенню продуктивності свердловини. Це може відбутися через недосконалий контроль процесу закачування або невірне прогнозування розподілу тисків у пласті.

Причини утворення тріщин у непродуктивних зонах:

Невірний вибір зони стимуляції:

Недостатній аналіз даних про геологічну структуру пласта може призвести до стимуляції непродуктивних зон.

Невірно визначений тиск розриву:

Підвищений тиск закачування може призвести до розширення тріщин у зонах із низьким вмістом вуглеводнів.

Утворення емульсій і забруднення продукції

Під час виконання кислотного ГРП можуть утворюватися емульсії, які ускладнюють відділення нафти від води і знижують якість видобутої продукції. Це є серйозним ускладненням, оскільки такі емульсії можуть негативно вплинути на роботу обладнання та викликати додаткові витрати на очищення нафти.

Причини утворення емульсій:

Змішування кислот з нафтою:

При контакті кислоти з нафтою може утворюватися емульсія, яку складно розділити.

Наявність домішок у кислоті:

Домішки у складі кислоти можуть сприяти утворенню стійких емульсій.

Висновки та перспективи подальшого розвитку ієрархії комплексних складових інноваційного дослідження за алгоритмами.

1. Вивчення сучасних технологій кислотного гідророзриву пласта (ГРП) показує, що цей метод є важливим інструментом у сфері видобутку вуглеводнів, особливо в карбонатних колекторах. Успішний досвід застосування кислотного ГРП в карбонатних колекторах підтверджує його здатність суттєво підвищувати продуктивність свердловин, проте успішність цього процесу значною мірою залежить від геологічних умов та специфіки кожного родовища.

2. Впровадження кислотного ГРП супроводжується низкою ускладнень, таких як контроль за розширенням тріщин, корозійні проблеми, зниження ефективності у низькопроникних колекторах та утворення осадів, що можуть закупорювати пори. Ці аспекти ускладнюють

технологічний процес і підвищують ризики, пов'язані з безпекою та екологією.

3. Ефективність ГРП за площею знижується з зростанням проникності, що обумовлено випереджальною фільтрацією рідини розриву у поровий простір пласта. Застосування технології нафтокислотних емульсій дозволяє у 3-4 рази збільшити радіус кислотного впливу на нафтонасичені інтервали пласта в порівнянні зі звичайною соляно-кислотою обробкою та ГРП.

4. Збільшення в'язкості нафтокислотної рідини розриву отримували шляхом безконтактної обробки пластової води, до введення соляної кислоти, дистильованою водою, підданої електрохімічної обробці. Величина ефективної в'язкості нафтокислотної емульсії, приготовленої на безконтактно обробленій пластовій воді, перевищує величину в'язкості стандартної нафтокислотної емульсії, чим збільшує ефективність обробки.

5. Очікуваний ефект від кислотного гідравлічного розриву пласта на свердловині №77 дослідного родовища складе збільшення видобутку у 4,28 рази у перший рік експлуатації. Проведення кислотного ГРП на свердловині № 77 дослідного родовища є ефективним, оскільки впровадження даного заходу дозволить підприємству отримати економічний ефект в розмірі майже 14,59 млн.грн. за перший рік експлуатації свердловини

Представлені можливості комплексного інноваційного дослідження можуть бути застосовані для різновидів галузей сучасної інженерії з урахуванням розвитку діяльності громадської організації «Українська асоціація хімічної та харчової інженерії» – пошук та наукове обґрунтування раціональних параметрів процесів хімічної інженерії [18–34].

Список літератури

- Витрик В.Г., Кондратьєва А.В., Селинний М.Ю., Галушка Р.Н. Практика розробки виснажених нафтових родовищ України за допомогою технології направленої буріння (2017). Нафтогазова інженерія. Число 2. 19-26.
- Васильєв В. М., Петров І. І. Технології стимуляції видобутку нафти: Кислотний ГРП. — Київ: Наукова думка, 2017. — 245 с.
- Орловський В. М., Білецький В. С., Сіренко В. І. Нафтогазовилучення з важкодоступних і виснажених пластів. Харків: Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, НТУ «Харківський політехнічний інститут», ТОВ НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2023. — 312 с.
- Агейчева О.О., Зезекало І.Г., Бухкало С.І. Загальні системи аналізу віддачі пластів свердловин. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Харків: НТУ «ХПІ». С. 103.
- Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О. Основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесах буріння та експлуатації методом кислотних обробок. Вісник НТУ «ХПІ». — Х.: НТУ «ХПІ», 2020. — № 6 (1360). — С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
- Зезекало І.Г., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Деякі задачі з підвищення віддачі пластів свердловини. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Харків: НТУ «ХПІ». С. 149.
- Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Харків: НТУ «ХПІ». С. 114.
- Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD2018) 17–19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.
- Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyansky L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, — pp. 2047–2052.
- Організація і планування операційної діяльності нафтогазових підприємств: Навч. посіб. / За ред. М. О. Данилюк. — Івано-Франківськ, 2009. — 364 с.
- Лайонс, В., Плісга, Г., Ахмад, Н. (2015). Стандартний довідник з нафтової та газової інженерії. Elsevier.
- Пелипенко О.І., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Інтегровані дослідження з удосконалення обладнання бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Х.: НТУ «ХПІ». — 1664 с., 617.
- Бойко В.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Комплексне дослідження інтегрованої безпечної діяльності бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Х.: НТУ «ХПІ». — 1664 с., 555.
- Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження з удосконалення талевої системи бурової установки. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Харків: НТУ «ХПІ». — 1664 с., 598.
- Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження інтегрованого підвищення фонтанної безпеки процесу буріння при освоєнні свердловини. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Харків: НТУ «ХПІ». — 1664 с., 594.
- Тацій І.С., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження дії універсального гідравлічного розширювача на різних режимах буріння. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. — Х.: НТУ «ХПІ». — 1664 с., 635.

17. Бухкало С.І. Технологія основних харчових виробництв у прикладах і задачах (навч. посібник). Харків: НТУ «ХП», 2003. 184 с
18. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю). 2-ге вид. доп.: ч. 2. [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
19. Бухкало С.І. Удосконалення методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2014. № 16. С. 3–11.
20. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні системи викладання дисципліни сучасні технології харчування – моделі програмування. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 65–77.
21. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2024, № 1, с. 61–70.
22. Bukhkalov S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Innovative approaches to teaching foreign languages at higher educational institutions. Вісник НТУ «ХП». 2023, № 2, с. 18–27.
23. Крат Д.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Приклад проектування обладнання за оцінкою технічного стану герметизуючих елементів протівикидного механізму. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2024, № 2, с. 71–79.
24. Куцук О.М., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Приклад проектування обладнання за оцінкою технічного стану герметизуючих елементів протівикидного механізму. Вісник НТУ «ХП». Х.: 2024, № 2, с. 80–90.
25. Бухкало С.І. Алгоритми навчання студентів політехнічної освіти. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 17-20 травня 2024 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХП». <http://web.kpi.kharkov.ua/microcad/wp-content/uploads/sites/240/2024/05/Programka-2024>.
26. Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA № 1 (2022): Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, с. 13-22.
27. Бухкало С.І. Вибір синергетичних моделей розробки комплексної утилізації полімерної тари і пакування після завершення термінів експлуатації. № 1 (2023): Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, с. 69-77.
28. Бойко В.А., Савик В.М., Бухкало С.І., Агейчева О.О., Проектування обладнання синергетичних процесів хімічної інженерії за моделями дослідження модернізації бурової установки. № 1 (2024): Вісник Національного технічного університету «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів, с. 71-82.
29. Селезньов Р.В., Бухкало С.І. Енергоефективне проектування для сталого розвитку та екологічної безпеки за алгоритмами дії [Електронний ресурс] / Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : зб. матеріалів 10-ї Міжнар. молодіжного конгресу, 27-28 березня 2025, Україна, Львів / Національний університет "Львівська політехніка" [та ін.]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Яроченко Я. В., 2025. – С. 169.
30. Алгоритми сталого розвитку екологічної безпеки кислотного гідравлічного розриву пласта [Електронний ресурс] / Лижнюк О. П., Михайловська О. В., Бухкало С. І., Агейчева О. О. // Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування : зб. матеріалів 10-ї Міжнар. молодіжного конгресу, 27-28 березня 2025, Україна, Львів / Національний університет "Львівська політехніка" [та ін.]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Яроченко Я. В., 2025. – С. 171.
31. Калач Д.В., Михайловська О.В., Бухкало С.І., Агейчева О.О. Дослідження з удосконалення технології очищення пластових вод свердловин за алгоритмами дії. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХП», – С. 753.
32. Seleznev R.V., Bukhkalov S.I., Iglis S.P. Algorithms for studying experimental data in chemical engineering of titanium dioxide. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХП», – С. 716.
33. Bukhkalov S.I., Ageicheva O.O., Smyhun F.R. Advanced professional training peculiarities for future oil and gas specialists. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХП», – С. 664.
34. Бухкало С.І. Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – 15 років роботи Вісника НТУ «ХП». Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р / за ред. проф. Сокола Є.І. – Х. : НТУ«ХП», – С. 734.

References (transliterated)

1. Vitrik V.G., Kondrat'eva A.V., Selinnyj M.Ju., Galushka R.N. Praktika rozrobki visnazhenih naftovih rodovishh Ukraїni za dopomogou tehnologii napravlenogo burinnja (2017). Naftogazova inzhenerija. Chislo 2. 19-26.
2. Vasil'ev V. M., Petrov I. I. Tehnologii stimuljacii vidobutku nafti: Kislotnij GRP. — Kiїv: Naukova dumka, 2017. — 245 p.
3. Orlovskij V.M., Bilec'kij V.S., Sirenko V.I. Naftogazoviluchennja z vazhkodostupnih i visnazhenih plastiv. Kh: Harkivs'kij nacional'nij universitet mis'kogo gospodarstva imeni O.M. Beketova, NTU «Kharkivs'kij politehnicnij institut», TOV NTP «Burova tehnika», L'viv, Vidavnictvo «Novij Svit – 2000», 2023. – 312 p.
4. Ageicheva O.O., Zezekalo I.G., Bukhkalov S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja»

- (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI». P. 103.
5. Zezekalo I.G., Ivanićka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principi vidnovlennja produktivnosti sverdlavin zakol'matovanih u procesah burinnja ta eksploatacii metodom kislotnih obrobok. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 6 (1360). – Pp. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
 6. Zezekalo I.G., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlavini. XXIX Mizhn. nprakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». P. 149.
 7. Svitlana Buhkalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XHII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 u 5 ch. Ch. II. / red. prof. Sokola E.I. NTU «KhPI». 114.
 8. Buhkalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXVI Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
 9. Buhkalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., Perevertaylenko O.Y. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical Engineering Transactions, 2018, Vol.70, – pp. 2047–2052.
 10. Organizacija i planuvannja operacijnoi dijial'nosti naftogazovih pidpriemstv: Navch. posib. / Za red. M. O. Daniljuk. – Ivano-Frankiv'sk, 2009. – 364 c.
 11. Lajons, V., Plisga, G., Ahmad, N. (2015). Standartnij dovidnik z naftovoï ta gazovoï inzhenerii. Elsevier. Lajons, V., Plisga, G., Ahmad, N. (2015). Standartnij dovidnik z naftovoï ta gazovoï inzhenerii. Elsevier.
 12. Pelipenko O.I., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Integrovani doslidzhennja z udoskonalennja obladnannja burovoï ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI». – 1664 p., 617.
 13. Bojko V.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Kompleksne doslidzhennja integrovanoi bezpechnoi dijial'nosti burovoï ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI». – 1664 p., 555.
 14. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. doslidzhennja z udoskonalennja talevoï sistemi burovoï ustanovki. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». – 1664 p., 598.
 15. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja integrovanogo pidvishhennja fontannoï bezpeki procesu burinnja pri osvoenni sverdlavini Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh: NTU «KhPI». – 1664 p., 594.
 16. Tacij I.S., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja dii universal'nogo gidravlichnogo rozshirjuvacha na riznih rezhimah burinnja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXHII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 22-25 travnja 2024 r. / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI». P. 635.
 17. Buhkalo S.I. Tehnologija osnovnih harchovih virobniectv u prikladah i zadachah (navch. posibnik). Kharkiv: NTU «KhPI», 2003. 184 p
 18. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoï promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju). 2-ge vid. dop.: ch. 2. [tekst] pidruchnik z grifom MON. K «Centr uchbovoï literaturi»: 2019, 108 p.
 19. Buhkalo S.I. Udoskonaljuvannja metodiv ocinki znan' studentiv vishhih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2014. № 16. Pp. 3–11.
 20. Buhkalo S.I. Kompleksnih innovacijni sistemi vikladannja disciplini suchasni tehnologii harchuvannja – modeli programuvannja.. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 65–77.
 21. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Didactic materials perception activating methods in distance education. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI». 2024, № 1, pp. 61–70.
 22. Buhkalo S.I., Ageicheva A.O., Belyanskiy O.M., Rozhenko I.V., Abakumov A.A. Innovative approaches to teaching foreign languages at higher educational institutions. Visnik NTU «KhPI». 2023, № 2, pp. 18–27.
 23. Krat D.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Priklad proektuvannja obladnannja za ocinkoju tehničnogo stanu germetizujuchih elementiv protivikidnogo mehanizmu. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2024, № 2, pp. 71–79.
 24. Kucik O.M., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O. Priklad proektuvannja obladnannja za ocinkoju tehničnogo stanu germetizujuchih elementiv protivikidnogo mehanizmu. Visnik NTU «KhPI». Kh.: 2024, № 2, pp. 80–90.
 25. Buhkalo S.I.. Algoritmi navchannja studentiv politehničnoï osviti. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HXHII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2024, 17-20 travnja 2024 r / za red. prof. Sokola E.I. – Kh.: NTU «KhPI».
 26. Buhkalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracja asociacij EFCE ta CFE-UA № 1 (2022): Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «KhPI». Serija: Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv, pp. 13-22.
 27. Buhkalo S.I. Vibir sinergetichnih modelej rozrobki kompleksnoi utilizacii polimernoï tari i pakuvannja pislja zavershennja terminiv eksploatacii. № 1 (2023): Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «KhPI». Serija: Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv, pp. 69-77.
 28. Bojko V.A., Savik V.M., Buhkalo S.I., Agejcheva O.O., Proektuvannja obladnannja sinergetichnih procesiv himichnoi inzhenerii za modeljami doslidzhennja modernizacii burovoï ustanovki. № 1 (2024): Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «KhPI». Serija: Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv, pp. 71-82.
 29. Seleznev R.V., Buhkalo S.I., Energoefektivne proektuvannja dlja stalogo rozvitku ta ekologičnoi bezpeki za algoritmami dii [Elektronnij resurs] / Stalij rozvitok: zahist navkolishn'ogo seredovishha. Energooshhadnist'. Zbalansovane prirodokoristuvannja :

- zb. materialiv 10-ï Mizhnar. molodizhnogo kongresu, 27-28 bereznja 2025, Ukraïna, L'viv / Nacional'nij universitet "L'vivs'ka politehnika" [ta in.]. – Elektron. tekst. dani. – Kiïv : Jarochenko Ja. V., 2025. – pp. 169.
30. Algoritmi stalogo rozvitku ekologichnoï bezpeki kislotnogo gidravlichnogo rozrivu plasta [Elektronnij resurs] / Lizhnjuk O. P., Mihajlovs'ka O. V., Bukhkalov S. I., Agejcheva O. O. // Stalij rozvitok: zahist navkolishn'ogo seredovishha. Energooshhadnist'. Zbalansovane prirodokoristuvannja : zb. materialiv 10-ï Mizhnar. molodizhnogo kongresu, 27-28 bereznja 2025, Ukraïna, L'viv / Nacional'nij universitet "L'vivs'ka politehnika" [ta in.]. – Elektron. tekst. dani. – Kiïv : Jarochenko Ja. V., 2025. – pp. 171.
 31. Kalach D.V., Mihajlovs'ka O.V., Bukhkalov S.I., Agejcheva O.O. Doslidzhennja z udoskonalennja tehnologii ochishchennja plastovih vod sverdrovin za algoritmami diï. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2025, 14-17 travnja 2025 r / za red.. Sokola E.I. – Kh. : NTU «KhPI», – p. 753.
 32. Seleznov R.V., Bukhkalov S.I., Iglins'ka S.P. Algorithms for studying experimental data in chemical engineering of titanium dioxide. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2025, 14-17 travnja 2025 r / za red. prof. Sokola E.I. – Kh. : NTU «KhPI», – p. 716.
 33. Bukhkalov S.I. Aheicheva O.O. Smyhun F.R. Advanced professional training peculiarities for future oil and gas specialists. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2025, 14-17 travnja 2025 r / za red. prof. Sokola E.I. – Kh. : NTU «KhPI», – p. 664.
 34. Bukhkalov S.I. Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv – 15 roki roboti Visnika NTU «KhPI». Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXXIII mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferencii MicroCAD-2025, 14-17 travnja 2025 r / za red. Sokola E.I. – Kh. : NTU «KhPI», – p. 734.

Надійшла (received) 19.12.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Лижнюк Олександр Павлович (Lyzhnyuk Oleksandr Pavlovych) – магістрант кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна

Михайловська Олена Володимирівна (Mykhailovska Olena Volodumirivna) – кандидат технічних наук, доцент кафедри буріння та геології, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7451-3210> ;

Бухкало Світлана Іванівна (Bukhkalov Svitlana Ivanivna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів і апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Агейчева Олександра Олександрівна (Aheicheva Oleksandra Oleksandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0140-9604>;

O. P. LYZHNYUK, O. V. MYKHAILOVSKA, S. I. BUKHKALO, O. O. AHEICHEVA

FUNDAMENTALS OF OIL AND GAS FIELD DEVELOPMENT AND OPERATION – ECOLOGICAL COMPONENT STUDY OF ACID HYDRAULIC FRACTURING

The materials of the article consider examples from a review of modern technologies for studying the environmental protection possibilities of integrated processes of sustainable development of acid hydraulic fracturing. The impact on the composition of rocks occurs not only due to the high pressure and speed of injection of the fracturing fluid, but also due to chemical reactions of the acid with the rocks. Acid treatment of the rock is used in both carbonate rocks and sandstones. In sandstones, acid treatment of the matrix is aimed at dissolving particles that pollute the bottomhole zone of the formation and perforations. Theoretically, the acid is filtered into the porous medium, dissolving solid particles in the pore channels that impede the flow of formation fluid, so the acid dissolves particles in the pores, pore channels and along the pore surfaces. Data analysis in geology as an environmental component of acid hydraulic fracturing was carried out taking into account step-by-step action algorithms in accordance with the developed regulatory and technical documentation.

Keywords: geochemistry of oil, gas, formation waters, geological and hydrodynamic modeling of hydrocarbon deposits; innovative oil and gas technologies: development and operation of hydrocarbon deposits and underground gas storage. Modeling of oil and gas deposits. Geostatistics. Mathematical statistics and processing of geological data.