

О. О. АГЕЙЧЕВА**АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЕЙ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ НОВИХ КИСЛОТНИХ СКЛАДІВ ДЛЯ КАРБОНАТНИХ КОЛЕКТОРІВ**

У статті розглянуто результати лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора. У статті описано методи моделювання кислотної обробки. Доведено, що використання різних методів спрощує це завдання, оскільки дає правильні результати швидко та легко. Проаналізовано важливість вибору методів експлуатації свердловин. Доведено доцільність ефективності використання розробленого кислотного складу. У статті розглянуто результати комп'ютерного моделювання процесу закачування кислотної системи в продуктивний пласт. Досліджено зміну в'язкості кислотної системи при контакті з карбонатною породою отриманої шляхом моделювання процесу виходу емульсії з насосно-компресорних труб. Результати цієї роботи є дуже важливими та необхідними для подальших досліджень та аналізу видобутку свердловин. Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора можуть бути застосовані у навчанні студентів за ОП Хімічна інженерія.

Ключові слова: привибійна зона пласта, соляно-кислотна обробка, хімічні методи, забруднення, комплексні науково обґрунтовані методи навчання студентів.

О. О. АНЕЙЧЕВА**ANALYSIS OF MODEL RESULTS OF LABORATORY TESTS OF NEW ACID COMPONENTS FOR CARBONATE COLLECTOR**

Results of laboratory tests of new acid components for carbonate collector are considered in the article. Modeling acid treatment is described in the article. It is proved that the use of different methods simplifies this task, as it gives the correct results quickly and easily. The importance of the choice of well operation methods is analyzed. It has been proven that effectiveness of the developed acid malt should be used. The article examines the results of computer modeling of the process of pumping the acidic system into the productive reservoir. The change in the viscosity of the acid system in contact with the carbonate rock, obtained by modeling the process of exiting the emulsion from the pump-compressor pipes was studied. The results of this work are very important and necessary for further research and well production analysis. Examples from the analysis of experimental research models of laboratory tests of new acid components for a carbonate collector can be applied in the training of students in the Chemical Engineering educational program.

Keywords: bottom-hole formation zone, hydrochloric acid treatment, chemical methods, pollution, integrated technologies, evidence-based methods.

Вступ.

Як основна партія кислотного складу для призабійної зони (ОПЗ) повинна бути обрана кислота або суміш кислот, яка б мала найнижчу швидкість реакції при найбільш високій розчиняючій здатності при контакті з породою. Крім того, необхідна можливість регулювання корозійної активності реагенту. Найбільш поширений реагент, що використовується в карбонатних колекторах, - соляна кислота. Однак соляна кислота в чистому вигляді не використовується через її високу швидкість реакції з породою і високу корозійну активність. Для контролю цих характеристик, при використанні розчинів соляної кислоти, як основний реагент, застосовується два підходи: перший – це змішування соляної кислоти з органічними кислотами, які виступають як буфер і пролонгатор реакції, що дозволяє створювати більш протяжні червоточини, що підвищує продуктивність свердловини.

Після ОПЗ, а другий підхід – це використання повільно діючої кислоти, яка виходить шляхом змішування кислоти з ПАР (уповільнювачами реакції) [1–5].

Загальні відомості про об'єкти експериментального дослідження Виходячи з вищевказаних відомостей як кандидатів для

використання у складі основної партії КС були досліджені суміші соляної кислоти з органічними кислотами та соляної кислоти з ПАР у різних концентраціях при пластовій температурі (60 °C).

Як методи випробування для досліджень були обрані тести на швидкість реакції кислоти з породою і ступінь розчинення породи в кислоті (розчинна здатність). Кількісна оцінка ефективності тієї чи іншої суміші реагентів проводилася щодо результатів випробувань розчину соляної кислоти без домішок. Додавання органічних кислот і ПАР до розчинів соляної кислоти проводилося з метою не тільки знизити швидкість реакції складу з породою, а й збільшити при цьому розчинну здатність складу, оскільки оптимальним є реагент з найбільш низькою швидкістю реакції при найбільш високій розчиняючій здатності. У додаванні до цього, додатковою метою було знаходження суміші речовин, що пролонгують дію кислоти (що збільшують час нейтралізації).

Аналіз експериментальних досліджень. За основу взяті традиційно використовувані на родовищі розчини соляної кислоти в концентрації 15% і 28%. До них додавалася оцтова кислота з

© Агейчева О.О., 2023

концентраціями 8–13% та мурашина – концентрацією від 5% до 9%. Вимірювання швидкості реакції та розчинної здатності сумішей соляної кислоти з мурашиною та оцтовою кислотами проводилося протягом 3 годин. Відповідно для цієї групи випробувань використовували бюретку з піском/пропантом, що імітують породу. Ступінь розчинення фіксувався через 5, 15, 30, 60, 120 та 180 хв. Наступна група випробувань передбачала дослідження суміші розчинів соляної кислоти з ПАР у концентраціях 0,2%, 0,5% та 1% щодо всієї маси суміші. Випробування проводилися з використанням тих самих методик, обладнання та витратних матеріалів, що і при випробуваннях сумішей соляної та органічних кислот. У табл. 1 наведено дані, що використовуються під час моделювання. Початкові умови: кислотна обробка проводиться у вертикальній свердловині, що добуває, розкриває нафтонасичені інтервали, складені вапняком. Існує два продуктивні близько залягаючі горизонти (високопроникний і низькопроникний), показники яких зазначені у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні дані щодо свердловини, що використовуються в моделі

Характеристика	Значення	Розмірність
Тип свердловини	Вертикальна, видобувна	
Стан свердловини	В експлуатації	
Тип колектора	Вапняк	
Альтитуда	20,8	м
Проникність ВП	108,6	$\text{м}^2 \times 10^{-15}$
Проникність НП	4,5	$\text{м}^2 \times 10^{-15}$
Проникність ВП	18,7	%
Проникність НП	17,2	%
Пластовий тиске	17,2	МПа
Пластовий тиск	Вирва на НКТ омінальний діаметр 114	мм

Примітка: відповідно: ВП – верхнього пропластка, НП – нижнього пропластка.

Результати моделювання СКО на свердловині зазначеними вище параметрами, представлені на рисунках 1 та 2. На рисунку 1 можна побачити, що за результатами моделювання закачування рідини з вибою свердловини в пласт не істотно впливає на показник скін-ефекту.

Наприклад, прокачування 28% розчину соляної кислоти знижує скін-фактор в обох продуктивних пропластках.

У продуктивному горизонті з меншою проникністю зменшення скін-ефекту в результаті ОПЗ менше, ніж у високопроникному.

Менший показник зміни скін-ефекту в низькопроникному пропластку порівняно з більш проникним вищележачим пропластком пояснюється тим, що ступінь проникнення кислоти нижній пропластком нижче.

Це підтверджується результатами моделювання, відображеними на рисунку 2, де показано, що в пропласток з більшою проникністю надійшло більше кислоти, ніж нижче значення. Крім того, чим більше по довжині високопроникний канал (червоточина), тим більший показник проникності ПЗП після обробки.

Результати моделювання кислотної обробки з використанням даних по реальному об'єкту розробки підтверджують, що більша частина кислотного складу поглинається більш проникним пропластком (верхнім), що призводить до того, що менш проникний пропласток (нижній) піддається меншому впливу кислоти, або зовсім не залучається до процесу кислотної обробки.

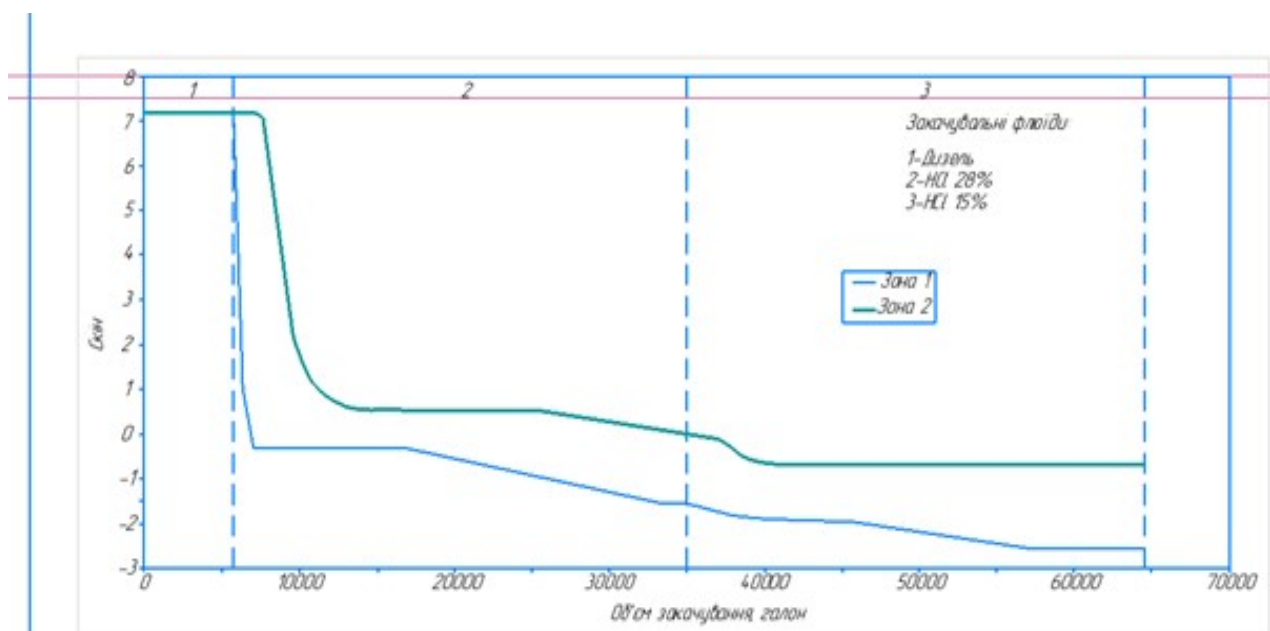


Рис. 1. Зміна скін-фактору під час обробки ПЗП

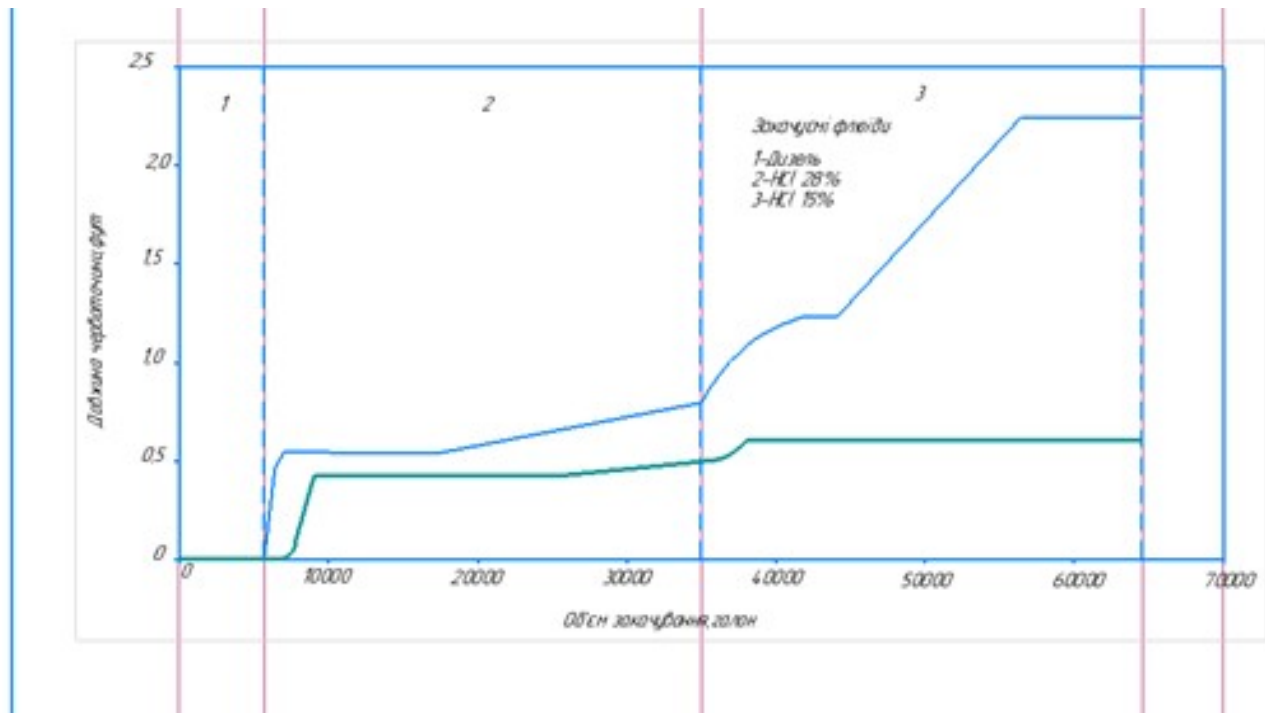


Рис. 2. Динаміка довжини червоточини, що утворюється, протягом КО

Результати моделювання підтверджують необхідність розробки спеціального кислотного складу, що відхиляється для представлених вище умов аналізованого родовища, щоб забезпечити спрямовану обробку низькопроникного пропластка в обхід верхнього.

Проведено комп'ютерне моделювання процесу закачування КС у продуктивний пласт для визначення оптимальних обсягів та швидкості закачування розчинів у ПЗП з метою кислотної обробки. Моделювання проводилось за допомогою програмного забезпечення StimCADE. В різноманітних джерел [6–8] було підкреслено, що якщо після кислотної обробки ПЗП скін-фактор досягає значення – 3, то обробка вважається успішною. Вихідні дані, що були використані у програмі, представлені у табл. 1 та 2.

Таблиця 2. Вихідні дані для розрахунку обсягу та швидкості закачування в програмі

Показник	Значення
Пластова температура	60 °C
Відношення вертикальної проникності до горизонтальної	10
Гradient тиску при гідророзриві	16кПа/м
Радіус зони зниження проникності	30,48 см
Швидкість закачування (середні значення реальних даних щодо швидкостям закачування на розглянутому родовищі)	ГЕКС: 0,8 м ³ /хв. Активна частина кислотного складу 0,5 м ³ /хв. Дизель (для промивання свердловин після обробки): 1,6 м ³ /хв

Тому для досягнення оптимальної та успішної кислотної обробки у програмі було введено значення

скін-фактору – 3, і на підставі цього визначалися оптимальні об'єм та швидкість закачування розчинів у ПЗП.

Рекомендовані значення швидкості обсягу накачування розчинів на основі результатів моделювання представлені в таблиці 3.

Головною метою моделювання є мінімізація значення загального скін-фактора під час кислотної обробки. На підставі цієї мети використана програма дає рекомендацію щодо оптимального обсягу та швидкості закачування розчинів у ПЗП.

Таблиця 3. Оптимальні значення об'єму та швидкості закачування розчинів

Розчин	Швидкість закачування, м ³ /хв	Обсяг закачування, м ³
Дизель (для промивання свердловини перед головною обробкою)	1,0	21,6
ГЕКС	0,7	14,7
Підібраний кислотний склад	0,3	30,2
Дизель (для промивання свердловини після обробки)	1,0	21,6

Подані рисунки, далі за текстом, демонструють візуально представлені результати проведених лабораторних досліджень, спрямованих на визначення наступних характеристик гідрофобізованого емульсійного кислотного складу

(ГЕКС): концентрація емульгатора, в'язкість емульсії та її тиксотропію.

На рисунку 3 показано експериментально певну залежність сили поверхневого натягу від концентрації емульгатора. Як видно з графіка, дослідження проводилися при концентраціях емульгатора від 0,005 до 2% в об'ємному еквіваленті. Емульгатори є дорогими реагентами, тому максимальна концентрація зазвичай не перевищує 2%.

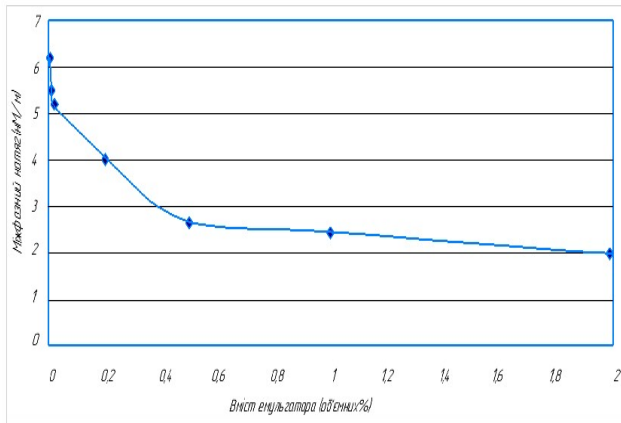


Рис. 3. Експериментально визначена залежність поверхневого натягу від вмісту емульгатора для досліджуваного КС

Внаслідок низки проведених досліджень оптимальним варіантом є концентрація емульгатора в

КС – 0,5%. Пов'язано це, зокрема, з міркувань економіки, оскільки значення концентрації емульгатора рівне 0,5% є точкою перегину, після якої збільшення концентрації меншою мірою впливає зміна поверхневого натягу.

На рис. 4 показано, як змінюється в'язкість ЕКС у міру проходження через колону НКТ до вибою свердловини у процесі проведеного експериментального дослідження. На цьому етапі вимірювання проводилися при температурі 20 °С, протягом 30 хвилин при постійній швидкості зсуву – 10 . Як видно на графіку, через 23 хвилини проведення випробування значення в'язкості падає з рівня 2860 МПа·с до 1480 рівня МПа·с.

Отже, за необхідності закачування в пласт емульсії з меншою в'язкістю, ніж поверхні, таке явище зіграє позитивну роль.

На рис. 5 відображено графік зміни в'язкості ГЕКС при контакті з карбонатною породою, отриманий шляхом моделювання процесу виходу емульсії з НКТ та подальшого його руху в колектор. Дослідження проводилося за пластової температури (60 °С) протягом 90 хвилин. На етапі дослідження в КС поступово додавався CaCO₃ для моделювання процесу первинної витрати кислоти.

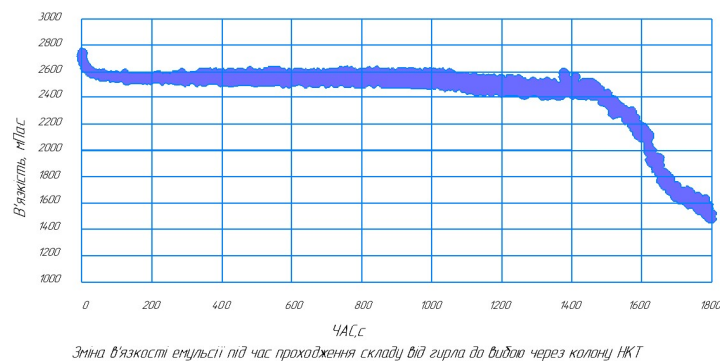
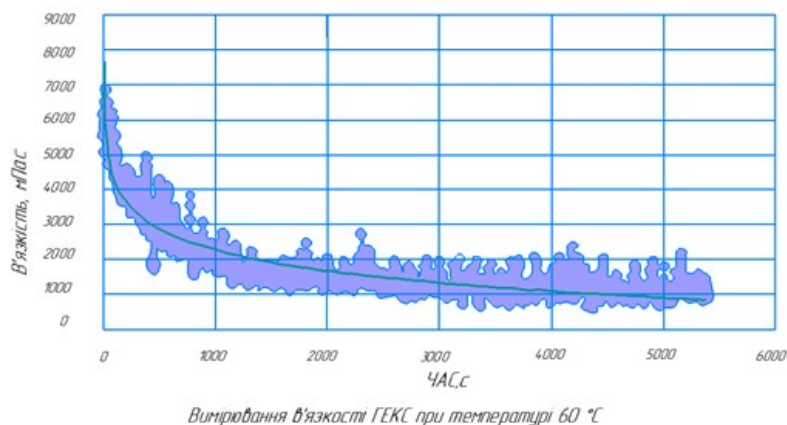


Рис.4. Зміна в'язкості емульсії під час проходження складу від гирла до вибою через колону НКТ



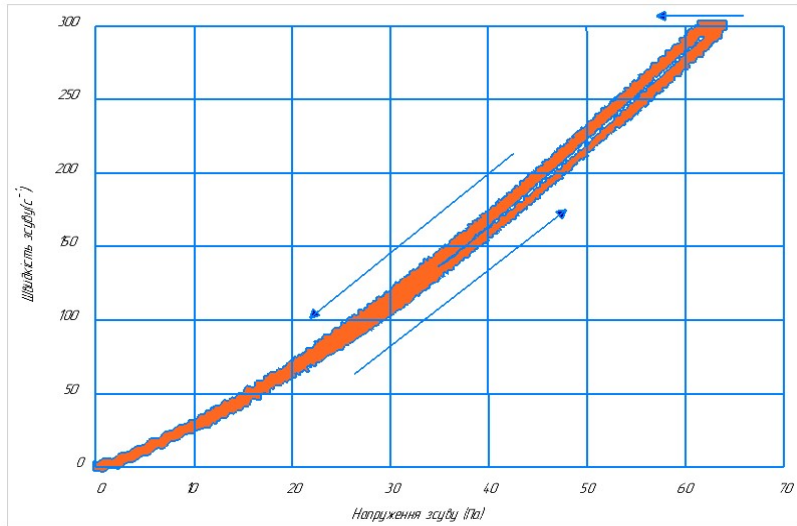


Рис. 6. Тиксотропні властивості емульсії при пластовій температурі (60 °С):

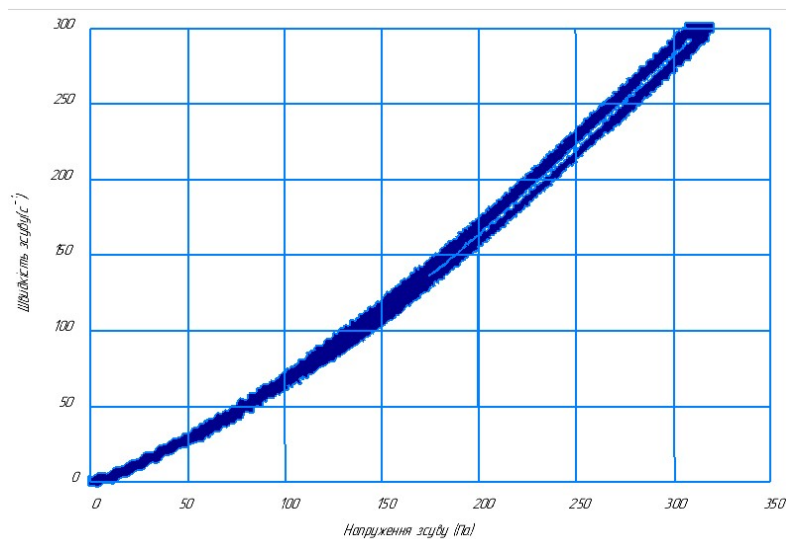


Рис. 7. Тиксотропні властивості емульсії при температурі 20 °С

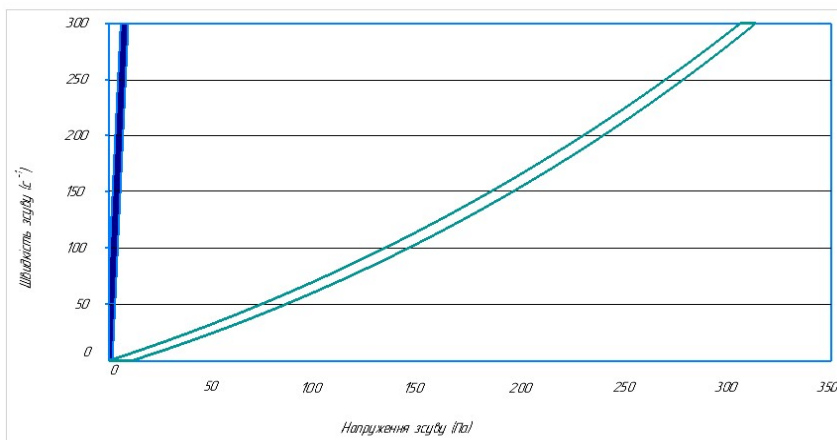


Рис. 8. Тиксотропні властивості ГЕКС до та після проведення ОПЗ:
█ Після обробки пласта █ До закінчення в свердловину

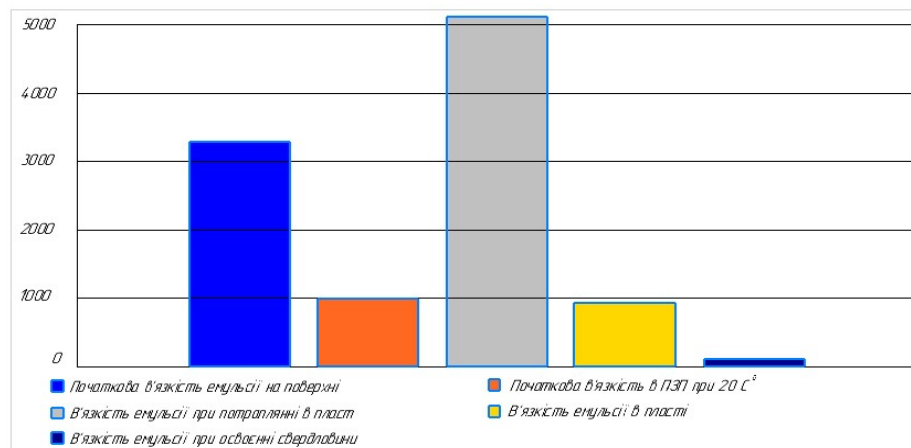


Рис. 9. Динаміка зміни в'язкості щодо всіх етапів КЗ з використанням ЕКС

У момент контакту емульсії з карбонатною породою в'язкість складу швидко зростає, досягаючи максимального рівня щодо всіх інших етапів КО. Такий ефект дозволяє складу заповнювати існуючі тріщини і порожнечі на поверхні породи, що сприяє відхиленню активної частини КС і рівномірному розподілу реагенту по необробленим зонам для подальшого створення нових фільтраційних каналів. За результатами проведеного дослідження виявлено позитивну схильність складу до відпрацювання свердловини після проведення ОПЗ. Як показано на малюнку 1.5 після 90 хвилин реакції КС з породою в'язкість емульсії значно знижується, що полегшує процедуру відпрацювання свердловини та промивання вибою свердловини після ОПЗ.

На рисунках 6 та 7 показані результати досліджень тиксотропних властивостей ГЕКС при пластовій температурі (60 °С) та в нормальних умовах (20 °С) відповідно. Дослідження були спрямовані на отримання петлі гістерезису в залежності від швидкості зсуву – напруження зсуву», що дозволило визначити тиксотропні властивості емульгованого КС, що розробляється. За результатами досліджень при пластовій та нормальній температурі була доведена можливість використання, розробленого ЕКС, як хімічний пакер.

На рисунку 8 показані результати випробувань складу визначення тиксотропних властивостей до і після обробки. Спостерігається істотна відмінність у структурі емульсії до та після ОПЗ. КС після взаємодії з породою не виявляє тиксотропних властивостей, що вказує на високу постреакційну рухливість та здатність до зворотного відтоку відпрацьованого складу із пласта в свердловину.

На рисунку 9 показано динаміку зміни в'язкості щодо всіх етапів КО з використанням ГЕКС. На діаграмі можна виділити 2 пікові значення: 1 – в'язкість КС при контакті з породою; 2 – в'язкість КС на етапі відтоку із пласта (відпрацювання свердловини після ОПЗ). При контакті з породою в'язкість досягає максимального значення, що сприяє

відхиленню реагенту у напрямку цільового інтервалу (зон).

Мінімальне значення в'язкості спостерігається після повного реагування кислоти з породою при відпливі відпрацьованого складу із пласта у свердловину, що дозволяє проводити якісне відпрацювання свердловини після ОПЗ.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених аналізу літератури та моделей лабораторних експериментів можна зробити такі висновки.

1. Результати показують, що ГЕКС ефективна для інтенсифікації припливу в карбонатних пластах з продуктивними інтервалами, що кратно відрізняються по ФЕС.

2. Дослідження показали, що емульгатор з олеїною, лінолевою, ліноленою та соляною кислотами дає найбільш стабільну суміш з найвищою в'язкістю та гарною здатністю до відпрацювання. Цей емульгатор рекомендується як один з компонентів ГЕКС (проникність верхнього пропластка збільшена з 0,110 мкм² до 1,632 мкм², а нижче - з 0,0046 мкм² до 0,470 мкм² після процедури відхилення та перенаправлення впливу кислоти.

3. Змішування HCl з органічними кислотами (оцтова та мурашина) дає кращі показники порівняно з чистим розчином соляної кислоти. Використання 15% HCl з ПАР (GF-15 MPS) при концентрації 0,5% забезпечує оптимальну швидкість реакції та швидкість розчинення в порівнянні з іншими вивченими складами шляхом збільшення часу нейтралізації основи, що реагує.

4. Приклади з аналізу експериментальних моделей дослідження лабораторних випробувань нових кислотних компонентів для карбонатного колектора можуть бути застосовані у навчанні студентів за ОП Хімічна інженерія [9–23].

Зазвичай правильні дії студентів дозволяють реалізувати здатності кожного в більш короткий термін, ніж при індивідуальній роботі.

Новими методами оцінки результатів навчання є, наприклад, комплексні інноваційні проекти з

додатковим творчими завданнями, які стосуються кожного студента та мають алгоритми оцінювання.

Список літератури

- Arps, J. J. 1945. Analysis of Decline Curves. Trans. AIME, v. 160, p. 228-247.
- Arps, J. J. 1956. Estimation of Primary Oil Reserves. Trans. AIME, v. 207, p. 182-191.
- Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2004. Determination of Oil and Gas Reserves, Petroleum Society Monograph Number 1, Chapter 18.
- Canadian Oil and Gas Evaluation Handbook. 2005. Volume 2, Detailed Guidelines for Estimation and Classification of Oil and Gas Resources and Reserves. Section 6: Procedures for Estimation and Classification of Reserves.
- Stotts, W. J., Anderson, D. M., and Mattar, L. 2007. Evaluating and Developing Tight Gas Reserves – Best Practices. SPE paper # 108183 presented at the 2007 SPE Rocky Mountain Oil and Gas Technology Symposium, Denver, CO, USA, 16-18 April, 2007.
- 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 «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 6 (1360). – С. 90–94. doi: 10.20998/2220-4784.2020.06.14
- 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 «ХП», С. 103.
- 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 «ХП», 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 «ХП». 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., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Харків: 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
- Бухкало С.І., Іглінін С.П., Ольховська О.І. та ін. Особливості управління розробками об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжн. н-пр. конф. MicroCAD-2018, 16-18 травня 2018р. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. Х.: НТУ «ХП». 208 с.
- 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.
- Товажнський Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.О. та ін. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах. Підручник. К.: ЦНЛ, 2011. 832 с.
- Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проектів. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП». С. 217.
- Ольховська В.О., Кравченко О.С., Бухкало С.І. Складові алгоритму пошуку раціональних закономірностей роботи обладнання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 249.
- Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 15(1340). С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
- Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
- Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- S.I. Bukhhalo, J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyansky, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
- Агейчева А.О., Агейчева О.О. Можливі причини зниження фільтраційних характеристик привибійної зони пласта. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 150.
- Бухкало С.І. Комплексні системи викладання дисципліни основи проектування обладнання хімічних виробництв як співпраця асоціацій EFCE та CFE-UA. Вісник НТУ «ХП». 2022. № 2 (1364), с. 13–22.
- S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II./за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХП», с. 170.

References (transliterated)

- Arps, J. J. 1945. Analysis of Decline Curves. Trans. AIME, v. 160, p. 228-247.
- Arps, J. J. 1956. Estimation of Primary Oil Reserves. Trans. AIME, v. 207, p. 182-191.

3. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum. 2004. Determination of Oil and Gas Reserves, Petroleum Society Monograph Number 1, Chapter 18.
4. Canadian Oil and Gas Evaluation Handbook. 2005. Volume 2, Detailed Guidelines for Estimation and Classification of Oil and Gas Resources and Reserves. Section 6: Procedures for Estimation and Classification of Reserves.
5. Stotts, W. J., Anderson, D. M., and Mattar, L. 2007. Evaluating and Developing Tight Gas Reserves – Best Practices. SPE paper # 108183 presented at the 2007 SPE Rocky Mountain Oil and Gas Technology Symposium, Denver, CO, USA, 16-18 April, 2007.
6. Zezekalo I.G., Ivanič'ka I.O., Agejcheva O.O. Osnovni principii vidnovlennja produktivnosti sverdlovin 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
7. Agejcheva O.O., Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I. Zagal'ni sistemi analizu viddachi plastiv sverdlovin. XXIX Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». p. 103.
8. Zezekalo I.G., Bukhhalo S.I., Agejcheva O.O. Dejaki zadachi z pidvishhennja viddachi plastiv sverdlovin. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kh: NTU «KhPI». p. 149.
9. Svitlana Bukhhalo. The systems and models for complex polymer solid waste. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 18- 20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. Kharkiv: NTU «KhPI». p. 114.
10. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. nprakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17-19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
11. Bukhhalo S.I., Agejcheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
12. 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.
14. Tovazhnyansky L.L., Bukhhalo S.I., Kapustenko P.O. ta in. Zagal'na tehnologija harchovoï promislivosti u prikladah i zadachah. Pidruchnik. K.: CNL, 2011. 832 p.
15. Bukhhalo S.I. Viznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI». 217 p.
16. Ol'hov's'ka V.O., Kravchenko O.S., Bukhhalo S.I. Skladovi algoritmu poshuku racional'nih zakonirnostej roboti obladnannja. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnja 2020: Ch. II./za red. prof. Sokola E.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 249.
17. Bukhhalo S.I., Agejcheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 15(1340). – C. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
18. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidprijemstva XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017) 17-19 maja 2017. Kh.: Ch. III, – p. 14.
19. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
20. S.I. Bukhhalo, J.J. Klemeš, L.L. Tovazhnyansky, O.P. Arsenyeva, P.O. Kapustenko, O.Yu. Perevertaylenko. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS. VOL. 70, 2018, pp. 2047–2052.
21. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O. Mozhly'vi pry'chy'ny' zny'zhennja fil'tracijny'x xaraktery'sty'k pry'vy'bijnoyi zony' plasta. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologiya, osvita, zdorov'ya: tezy' dopovidej XXVIII mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii MicroCAD-2020, 28-30 zhovtnya 2020 r.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kharkiv: NTU «KhPI», p. 150..
22. Bukhhalo S.I. Kompleksni sistemi vikladannja disciplini osnovi proektuvannja obladnannja himichnih virobniectv jak spivpracija asociacij EFCE ta CFE-UA. Visnik NTU «KhPI». 2022. № 2 (1364), pp. 13-22.
23. S. Bukhhalo. The system and models of complex treatment of industrial effluents. Информационные технологии: наука, техника, технология, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2020, 28-30 жовтня 2020 р.: Ch. II./za red. prof. Sokola Ye.I. – Kh: NTU «KhPI», pp. 170.

Надійшла (received) 19.09.2023

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Агейчева Олександра Олександрівна (Agejcheva Olexandra Olexandrivna) – голова циклової комісії бурових дисциплін Полтавського фахового коледжу нафти і газу Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

ORCID <http://orcid.org/0000-0002-0140-9604>;

e-mail: agejcheva@ukr.net