

І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, І. О. ІВАНИЦЬКА, О. О. АГЕЙЧЕВА

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СВЕРДЛОВИН ЗАКОЛЬМАТОВАНИХ У ПРОЦЕСІ ЇХ БУРІННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТОДОМ КИСЛОТНИХ ОБРОБОК

Проаналізовано причини зниження проникності, що відбувається в процесі спорудження свердловини та експлуатації. Визначено причини зниження проникності призабойної зони пласта порід-колекторів, що відбуваються у процесі буріння, цементування, вторинного розкриття та освоєння свердловин. Досліджено основні принципи проведення кислотної обробки для інтенсифікації видобутку вуглеводневої сировини закольматованих продуктивних пластів в процесі їх буріння. Наведено рішення для кислотної обробки. Розглянуто спеціалізовані продукти для стимуляції. Проведено аналіз підвищення якості кислотних обробок за рахунок використання нових робочих агентів й удосконалення технології проведення.

Ключові слова: призабойна зона пласта, соляно-кислотна обробка, хімічні методи, забруднення.

И. Г. ЗЕЗЕКАЛО, И. А. ИВАНИЦКАЯ, А. А. АГЕЙЧЕВА

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СКВАЖИН ЗАКОЛЬМАТИРОВАННЫХ В ПРОЦЕССЕ ИХ БУРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДОМ КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК

Проанализированы причины снижения проницаемости, что происходит в процессе сооружения скважины и эксплуатации. Определены причины снижения проницаемости призабойной зоны пласта пород-коллекторов, происходящие в процессе бурения, цементирования, вторичного вскрытия и освоения скважин. Исследованы основные принципы проведения кислотной обработки для интенсификации добычи углеводородного сырья закольматированных продуктивных пластов в процессе их бурения. Приведены решения для кислотной обработки. Рассмотрены специализированные продукты для стимуляции. Проведен анализ повышения качества кислотных обработок за счет использования новых рабочих агентов и совершенствование технологии проведения.

Ключевые слова: призабойная зона пласта, соляно-кислотная обработка, химические методы, загрязнение.

I. H. ZEZEKALO, I. O. IVANYTSKA, O. O. AHEICHEVA

FORMATION DAMAGE WELLS PRODUCTIVITY RECOVERY IN THE PROCESS OF THEIR DRILLING AND OPERATION BY ACID TREATMENTS METHOD

Decrease in permeability that occurs during the construction of the well and operation are analyzed. The reasons for the decrease in the permeability of the bottom-hole zone in the reservoir rocks that occur in the process of drilling, cementing, reopening and development of wells are determined. The basic principles of acid treatment for intensification of hydrocarbon raw material extraction of sealed productive strata in the process of their drilling are investigated. The solution for acid treatment is given. Specialized products for stimulation are considered. Acid treatments quality increasing through new working agent's usage and improving the technology analysis is performed.

Keywords: bottom-hole formation zone, hydrochloric acid treatment, chemical methods, pollution.

Вступ.

За останні роки актуальність проблеми збереження потенційної продуктивності свердловин істотно зросла, в тому числі й у зв'язку з залученням до експлуатації крім традиційно експлуатованих пластів, ще й залучення пластів складно побудованих покладів з низько проникними властивостями, які раніше не використовувалися.

В Україні багато розвіданих великих родовищ, такі як Мачуське, Загорянське, Сагайдацьке, Семиренківське, Яблунівське, основні поклади вуглеводнів яких пов'язані зі значними глибинами, а продуктивні пласти представлені колекторами різного літологічного складу.

Відомо, що слабкими темпами відроджується буріння розвідувальних свердловин за умови зростаючої ролі видобутку вуглеводневої сировини в

сучасних кризових умовах. До того ж, основна частина родовищ перейшла в остаточну стадію розробки, що характеризується перерозподілом тисків у продуктивних пластах, реструктуризацією залишкових запасів, збільшенням частки важко видобувних запасів нафти, що вимагає нових підходів до їх вилучення.

Ефективність спорудження свердловин безпосередньо пов'язана з якістю викриття продуктивних об'єктів, яка в свою чергу залежить від збереження або покращення максимально можливої проникності колекторів. Якість викриття продуктивних об'єктів на нафтогазоконденсатних родовищах безпосередньо пов'язана з якістю буріння.

© Зезекало І.Г., Іваницька І.О., Агейчева О.О., 2020

Аналіз стану питання.

Спорудження свердловини – це дороговартісний і складний процес. При бурінні свердловин застосовуються якісні багатокомпонентні бурові розчини, але і вони подекуди негативно впливають на колектори. Тому в свердловинах із тривалим терміном експлуатації, а також у результаті капітального ремонту продуктивні горизонти кольматуються, що значно знижує дебіти і за умови використання неякісних бурових розчинів дебіт взагалі падає до нуля.

Проблема кольматації колекторів досить поширена – для її вирішення провідні фахівці України та світу розробляють нові методи й технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів.

Аналіз основних досягнень і літератури.

Аналіз значної кількості джерел дозволив визначити основні принципи відновлення продуктивності свердловин закольматованих у процесі їх буріння та експлуатації методом кислотних обробок [1–6].

Мета дослідження.

Визначення основних принципів проведення кислотної обробки для інтенсифікації видобутку вуглеводневої сировини закольматованих продуктивних пластів в процесі їх буріння.

Постановка проблеми.

Так, лише на території Дніпровсько-Донецької западини близько двадцяти свердловин на високоперспективних розвіданих родовищах не дають продукцію в результаті кольматації продуктивних пластів при бурінні. У той час, коли геофізичні дослідження у свердловині показують, що фільтраційно-емісійні характеристики колектора високо ефективні, горизонти є продуктивними в сусідніх свердловинах, але в результаті репресії на пласт виникає значне проникнення твердої фази у пласт, утворення емульсій та полімеризація, що призводить до засмічення привибійної зони пласта і свердловина виявляється мало дебітною або взагалі не дає продукції.

Виклад основного матеріалу. Виклад основного матеріалу.

На сьогодні відкриваються нафтогазові поклади із складними колекторами за хімічним складом, щільними, низько проникними та малопористими. Погіршення фільтраційних властивостей продуктивного колектора може бути викликане безліччю причин, основними з-поміж яких є:

- ✓ поглинання рідини глушіння свердловини продуктивним пластом;
- ✓ набухання глинистого матеріалу породи внаслідок контакту з фільтратом рідини глушіння свердловини;
- ✓ утворення стійких водонафтогазових емульсій у зоні контакту рідини глушіння свердловини з пластовими флюїдами (ефект Жамена);
- ✓ утворення асфальтосмолопарафінових відкладень і малорозчинних осадів при зміні

термодинамічних параметрів пласта;

✓ зниження проникності ПЗП по нафті в результаті гідрофілізації порового простору породколектора внаслідок її контакту з фільтратом рідини глушіння свердловини та ін.

До того, як продуктивні горизонти нафтогазового родовища піддаються розкриттю свердловинами, фізичні параметри пласта, такі як тиск, температура, розподіл флюїдів у поклади, перебувають у сталому (стабільному) стані, досягнутому за довгий час з початку формування покладів. Як тільки пласт піддається зовнішньому впливу (первинне і вторинне розкриття бурінням, глушіння свердловин), сталий стан у ньому порушується.

Основними причинами кольматації продуктивного пласта є неправильний підбір розчину, людський фактор, недотримання технології приготування, обробки та очистки промивальної рідини. Високоперспективні свердловини нічого не продукують та поповнюють фонд недіючих свердловин. Глинисті бурові розчини на водній основі, калієві розчини, стабілізовані соленасичені розчини здебільшого призводять до забруднення привибійної зони пласта (ПЗП) твердою фазою і фільтратом [7]. Багато науковців досліджували питання відновлення свердловин[8]. Успішне відновлення може призвести до відмінних результатів. Так, наприклад, на Яблунівському родовищі свердловина №4 була закольматована в процесі буріння і не давала продукції, але після обробки кислотним розчином свердловина дала 800 тис. кубів газу на добу [9].

Щоб уникнути глибокого проникнення фільтратів бурових розчинів в пласт, часто застосовують добавки різноманітних загусників – полімерів. Застосовуються такі загусники: метилакрилат, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), поліакриламід (ПАА), акрилонитрил, ГПАН, сайдріл, дк-дрілл та ін. Так само іноді застосовують допоміжні добавки – гідрофобізатори та інгібітори. Перевагою БР на полімерній основі є те, що в процесі буріння полімер частково фільтрується на межі «свердловина – пласт», утворюючи практично непроникну кірку, яка захищає пласт і знижує можливість глибокого проникнення в нього фільтрату бурового розчину [10].

Під час використання неякісних бурових розчинів на полімерній основі зниження проникності нафтогазових пластів може відбуватися в декілька разів і може бути навіть до повної кольматації.

Основною проблемою зниження дебітних характеристик на нафтогазових родовищах України в процесі їх капітального ремонту є використання рідини глушіння та інших технологічних реагентів при репресії на пласт. Так, за статистикою 80–90-х років ХХ століття зниження продуктивності свердловин після капітального ремонту становила близько 30%. Причини кольматації продуктивних

пластів і механізм кольматації подібні до проблем, які відбуваються під час буріння.

Сучасні технології вказують на такі переваги розкриття продуктивних пластів на депресії:

- збереження і навіть покращення природних ФСХ продуктивних пластів, завдяки притоку пластової рідини в процесі розкриття;
- виключення негативного впливу на продуктивний горизонт бурового й цементного розчинів, які використовують у традиційних технологіях, а також надлишкових тисків під час буріння і кріплення;
- збільшення рівня вилучення нафти завдяки підвищенню проникності ПЗП (скін-ефект);
- збільшення дебіту свердловин, результатом чого є скорочення строків окупності їх будівництва;
- залучення в розробку низькорентабельних нафтових покладів і родовищ, а також продуктивних горизонтів, які могли бути пропущені під час традиційної технології розкриття [11].

Незважаючи на всі зазначені переваги, технологія розкриття продуктивних пластів на депресії поки що не знайшла широкого застосування в Україні, у зв'язку з великим ризиком викиду вуглеводнів, який супроводжується вибухом і пожежею; високою вартістю буріння, що залежить від виду розчину, особливо для горизонтальних свердловин; не завжди виходить витримати депресію, що при відсутності глинистої кірки може призвести до швидкого й сильного погіршення стану незахищеного продуктивного пласта; складність моделювання та прогнозування поведінки (аерованих) бурових рідин.

Інтенсифікація видобутку (розкольматація) кислотним розчином є поширеним методом для відновлення природної проникності колекторських пластів. Але ця проблема потребує ретельного вивчення та є недостатньо дослідженою в Україні.

Питанню кислотної обробки для інтенсифікації видобутку вуглеводневої сировини закольматованих продуктивних пластів в процесі їх буріння присвячено багато наукових досліджень: Michael J. Economides, Kenneth G. Nolte, M. Economides, H.A. Nasr-El-Din, M.A. Sayed та інші [1-6, 12].

Розкольматація продуктивного пласта після буріння свердловин для відновлення першочергової характеристики пласта може здійснюватися двома способами: хімічне вилучення та механічне вилучення. Так, наприклад, застосування хімічного вилучення розчинами 20% сульфомінової кислоти; 5% NaOH та 5% Na₂CO₃ (Полімерна) дає позитивні результати. Механічний спосіб полягає у використанні перед кислотною обробкою, під час останньої промивки свердловини, перед викликом притоку в складі бурового розчину використовувати абразивні рідини, які мають високі тиксотропні властивості та абразивну складову. Пропонують використовувати в'язкопружні очищувачі в невеликому об'ємі приблизно 4–6 м³. У їхній склад, крім реагентів, що утворюють структуру

(КМЦ+хромпик+ПАА), вводяться крупнозернистий пісок або пропант. Промивка відбувається 1–2 цикли. Використання під час останніх СПО шкребків, які випускаються промисловістю (система СК) або виготовляються в умовах механічних майстерень підприємства.

Висока закольматованість глибоких свердловин вимагає спеціального складу кислоти, яка повинна бути стабільною та ефективною за таких складних умов. Ці умови роблять складним можливість дренажу каналів та зменшує проникність кислоти в колекторські пласти. Протягом останніх років у сфері розвитку технологій кислотних обробок були досягнуті значні успіхи, але разом з тим не можна забувати і негативний досвід у цій сфері.

Незважаючи на очевидні її переваги, успішність операцій застосування кислотних складів до цього часу залишається на низькому рівні. Оптимальна технологія кислотної обробки, що забезпечує максимальний ефект передовсім підбирається з урахуванням причин забруднення ПЗП, прийняттям до уваги таких параметрів пласта, як: гранулометричний і мінералогічний склад порід; фільтраційно-ємнісні властивості; температура; хімічний склад пластових флюїдів. Правильно підібрана рецептура кислотного складу повинна призвести до бажаного результату – очищення ПЗП від забруднень, відновленню її проникності і, як наслідок, забезпечення продуктивності свердловини, відповідної локальним можливостям пласта.

За даними дослідно-промислової експлуатації свердловин покладів, продуктивний розріз яких складено породами колекторами, можна зробити висновки, що за умови невисокої пористості і проникності, значного ефекту можна досягти проведенням робіт з інтенсифікації, використовуючи різноманітні варіації кислотних обробок і боротьбою з кольматацією. За умови обробки свердловин застосовувались та випробовувались найбільш ефективні рецептури та високопроникні розчинники. Аналізуючи дані можна зазначити, що за умови правильно підібраної рецептури розчину і використання декольматційних рідин, дебіти малопродуктивних свердловин у продуктивних відкладах можливо збільшити в декілька разів, а іноді й на декілька порядків.

На сьогодні для інтенсифікації припливу з продуктивних пластів часто вдаються до використання технології соляно-кислотного впливу не проводячи декольматційних робіт. Однак виходячи з того, що продуктивні пласти, де проводяться ці обробки привибійної зони, вже є обводненими або проста соляно-кислотна технологія не дає відчутних результатів, потрібне застосування унікально нових складів робочих агентів.

Нові композиції розчинів повинні вирішувати такі завдання:

- 1) підвищення відстані проникнення кислоти;
- 2) декольматцію ПЗП;
- 3) збільшення здатності до виносу продуктів

реакції;

4) низька корозійна активність по відношенню до обладнання;

5) адаптація до мінералізованості пластової води.

Завдяки високій розчинній здатності, соляна кислота – є найбільш поширеним реагентом у процесі проведення КО в колекторах. Існує два фактора ризику, що виникають під час застосування соляної кислоти: висока швидкість реакції в пласті, що ускладнює проведення обробки і висока корозійна активність. Для зниження рівня корозійної активності в кислотний склад додають органічні кислоти та інгібітори [14]. Для зменшення корозії труб під час транспортування через них кислот застосовують різні інгібітори. Наприклад, такі як Формалін, Унікол ПБ-5, Інгібітор U-1-A, Технічний Утропін та Інгібітор БА-6 (B-1,D-2). Ці інгібітори застосовуються під час інгібування кислоти високої концентрації і кислотних розчинів для обробки свердловин з високими пластовими температурами та тисками. Використання цих інгібіторів є ефективним. У доповненні до цього низька розчинна здатність органічних кислот дозволяє знизити рівень нерівномірності фронту реакції кислотного складу в породі.

Ураховуючи вищевказаний опис властивостей органічних кислот, існує практика створення кислотних складів на основі соляної кислоти з додаванням органічних кислот для досягнення помірного рівня утворення високопроникних каналів в ПЗП, що в результаті позитивно впливає на збільшення продуктивності свердловини. Органічні кислоти використовуються для проведення обробки привибійної зони (ОПЗ) в колекторах багато років. Досвід показує, що використання висококонцентрованих органічних кислот не буде ефективним внаслідок можливого випадання нерозчинних осадів у процесі реакції реагенту і породи. Допустимими концентраціями для мурашиної й оцтових кислот є 13% і 9% відповідно [13].

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Отже, застосована для обробки пласта кислота, не повинна викликати утворення нерозчинних осадів. Також для ефективної кислотної обробки використовуваний склад повинен мати такі властивості:

- повільна швидкість реагування з породоутворювальними мінералами, що особливо важливо за високих пластових температур;
- низький міжфазний натяг на межі «вуглеводень – кислотний склад»; мала корозійна активність;
- сумісність із пластовими флюїдами;
- інгібуюча дія у відношенні до глин; технологічність під час застосування.

Це дослідження дозволяє зробити такі висновки: багато свердловин, які в результаті буріння,

капітального ремонту свердловин після довготривалої експлуатації не дають продукції з причини повної або часткової кольматації.

Недолік кислотних розчинів на основі соляної кислоти це велика швидкість реагування і складність потрапляння кислоти до колектора через кольматаційну плівку.

Необхідно змоделювати та дослідити механізми декольматації, розробити ефективний склад для відновлення глибоких свердловин, збільшити канали, а також зменшити корозійний вплив. Відомо багато кислотних компонентів і очищувальних матеріалів, але для конкретних умов глибини і складу породи потрібно розробляти індивідуальну рецептуру технологічних рідин та технології для обробки ПЗП і відновлення продуктивності свердловин.

Список літератури

1. Rady, A. Iron Precipitation in Calcite, Dolomite and Sandstone Cores [Електронний ресурс] / A. Rady, H.A. Nasr-El-Din. *SPE Russian Petroleum Technology Conference*. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/176574-RU>
2. Saber, Mohamed R. A New Technique to Increase the Performance of Organic Acids to Stimulate Carbonate Reservoirs at High Acid Concentrations [Електронний ресурс] / Saber Mohamed.R, Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din//*SPE* 175192. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/175192-MS>
3. Sarma,D.K. Application of Self-Diverting Acid System for Stimulation of Multilayered Wells in Carbonate Reservoir: A Case Study [Електронний ресурс] / D.K.Sarma., Y.R.L.Rao., B.Mandal and P.K.Bhargava. *SPE 154554, SPE oil and gas India conference and exhibition*. 2012. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/154554-MS>
4. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs: Coreflood and Acid Reaction Studies [Електронний ресурс] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., L.Zhang and S. Holt. *SPE 151062, The North Africa Technical Conference and Exhibition*. 2012. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/151062-MS>
5. Sayed, M. A. A New Emulsified Acid to Stimulate Deep Wells in Carbonate Reservoirs [Електронний ресурс] / M. A. Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., S. Holt and H. Al-Malki. *SPE 151061, international symposium and exhibition on formation damage control*. 2012. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/151061-MS>
6. Sayed, M. A. Reaction Rate of Emulsified Acids and Dolomite [Електронний ресурс] / M. A. Sayed and H. A. Nasr-El-Din. *SPE 151815, international symposium and exhibition on formation damage control*. 2012. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/151815-MS>
7. Коцкулич Я. С. Аналіз ефективності промивальних рідин для первинного розкриття продуктивних пластів. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу*. 2012. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2012_1_5.
8. Рудий М.І. Технології дії на при вибійну зону пласта видобувних свердловин із використанням поверхнево-активних речовин. *Нафтова і газова промисловість*. 2009. № 1. С. 45-48.
9. Dmytrenko, V. I., & Zezekalo, I. H. Вплив вуглекислотних солей амонію на фільтраційні властивості порід привибійної зони пласта. *Prospecting and development of oil and gas fields*, (1(70)), 70-76. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1\(70\)-70-76](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1(70)-70-76)

10. Rabie, A.I. Sodium Gluconate as a New Environmentally Friendly Iron Controlling Agent for HP/HT Acidizing Treatments [Электронный ресурс] A.I. Rabie, H.A. N. ElDin. *SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference*. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/172640-MS>.
12. Михайлов В.А. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга VIII. Теоретичне обґрунтування ресурсів нетрадиційних вуглеводнів осадових басейнів України. К.: НІКА-ЦЕНТР, 2014. – 280 с.
12. Nitters, G. Structured Approach to Advanced Candidate Selection and Treatment Design of Stimulation Treatments [Электронный ресурс] /G.Nitters, L.Roodhart, H.Jongma,V.Yeager,M.Buijse,D.Fulton,J.Dahl and E.Jantz. *SPE 63179*. 2000.Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/63179-MS>
13. Rabie, A.I. Effect of Acid Additives on The Reaction of Stimulating Fluids During Acidizing Treatments [Электронный ресурс] / Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din. *SPE 175827*. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/175827-MS>
- Sayed., H. A. Nasr-El-Din., J. Zhou., S. Holt and H. Al-Malki. SPE 151061, international symposium and exhibition on formation damage control. 2012. Access mode: <https://doi.org/10.2118/151061-MS>
6. Sayed, M. A. Reaction Rate of Emulsified Acids and Dolomite [Электронный ресурс] / M. A. Sayed and H. A. Nasr-El-Din. SPE 151815, international symposium and exhibition on formation damage control. 2012. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/151815-MS>
7. Kotskulych Ya. S. Analiz efektyvnosti promyvalnykh ridyn dlia pervynnoho rozkryttia produktyvnykh plastiv. Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu. 2012. № 1. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2012_1_5.
8. Rudyi M.I. Tekhnolohii dii na pry vybiinu zonu plasta vydobuvnykh sverdlodyn iz vykorystanniam poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn. Naftova i hazova promyslovist. 2009. No. 16 – pp. 45-48.
9. Dmytrenko, V. I., & Zezekalo, I. H. Vplyv vuhlekyslotnykh solei amoniuu na filtratsiini vlastyvoli porid pryvybiinoi zony plasta. *Prospecting and development of oil and gas fields*, (1(70)), 70-76. [https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1\(70\)-70-76](https://doi.org/10.31471/1993-9973-2019-1(70)-70-76)
10. Rabie, A.I. Sodium Gluconate as a New Environmentally Friendly Iron Controlling Agent for HP/HT Acidizing Treatments [Электронный ресурс] A.I. Rabie, H.A. N. ElDin. *SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference*. 2015. Режим доступу: <https://doi.org/10.2118/172640-MS>
11. Mykhailov V. A. Netradytsiini dzhherela vuhlevodniv Ukrainy. Knyha VIII. Teoretychne obgruntuvannia resursiv netradytsiinykh vuhlevodniv osadovykh baseiniv Ukrainy. K.: NIKA-TsENTR, 2014. – 280 p.
12. Nitters, G. Structured Approach to Advanced Candidate Selection and Treatment Design of Stimulation Treatments [Electronic resource] /G.Nitters, L.Roodhart, H.Jongma,V.Yeager,M.Buijse,D.Fulton,J.Dahl and E.Jantz. *SPE 63179*. 2000. Access mode: <https://doi.org/10.2118/63179-MS>
13. Rabie, A.I. Effect of Acid Additives on The Reaction of Stimulating Fluids During Acidizing Treatments [Electronic mode] / Ahmed I. Rabie and H.A. Nasr-El-Din. *SPE 175827*. 2015. Access: <https://doi.org/10.2118/175827-MS>

Надійшла (received) 19.10.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Зезекало Іван Гаврилович (Зезекало Иван Гаврилович, Zezekalo Ivan Havrylovych) – доктор технічних наук, професор кафедри нафтогазової інженерії та технологій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

e-mail: 2012nadra@gmail.com

Іваницька Ірина Олександрівна (Иваницкая Ирина Александровна, Ivanytska Iryna Oleksandrivna) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та хімії, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

e-mail: irina.ivanytska@gmail.com

Агейчева Олександра Олександрівна (Агейчева Олександра Олександрівна, Aheicheva Oleksandra Oleksandrivna) – аспірант, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна.

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

e-mail: ageicheva@ukr.net