

УДК 622.24.084.34

О. В. КУСТУРОВА, Р. О. ШЕВЧЕНКО, О. А. ЖУГАН, А. В. ПЕЧЕНИЖСЬКА, О. А. ПОДОЛЬЯН**ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН**

Розглянуто корозійні процеси, які впливають на продуктивність свердловин, в яких відбуваються фізико-хімічні процеси при технологічних операціях (закінчення, інтенсифікація, консервація та глушіння свердловин). Всесвітня практика встановила високі вимоги до технологічних рідин для зменшення негативного впливу на продуктивні властивості пластів. Спорудження та експлуатація свердловин в Україні відбувається не тільки в складних гірничо-геологічних умовах, але і в часи складної економічної кризи. Дані умови сприяють розвитку науково-дослідних робіт для мінімізації витрат на приготування технологічних рідин на основі відчिनеної сировини. Технологічні рідини на основі синергетичних сумішей для проведення глушіння свердловин не повинні забруднювати продуктивні горизонти. Основа рідин глушіння є важливою для створення рецептур розчинів для глушіння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах. Особу увагу слід приділяти густині розчинів для глушіння, щоб не допустити гідророзрив пласта.

Ключові слова: пласт, корозія, синергізм, фільтрація, амоній хлористий, глушіння.

Рассмотрены коррозионные процессы, влияющие на продуктивность скважин, в которых проходят физико-химические процессы при технологических операциях (окончание, интенсификация, консервация и глушение скважин). Мировая практика предъявляет высокие требования к технологическим жидкостям для уменьшения негативного влияния на продуктивные свойства пластов. Сооружение и эксплуатация скважин в Украине происходит не только в сложных горно-геологических условиях, но и во время тяжелой экономической ситуации. Данная ситуация способствует развитию научно-исследовательских работ для минимизации затрат на приготовление технологических жидкостей на основе отечественных реагентов. Технологические жидкости на основе синергетических смесей для проведения глушения скважин не должны загрязнять продуктивные горизонты. Основа растворов глушения является важной для создания рецептур для глушения скважин в сложных горно-геологических условиях. Особое внимание нужно уделить плотности растворов для глушения, чтобы не допустить гидроразрывов пласта.

Ключевые слова: пласт, коррозия, синергизм, фильтрация, аммоний хлористый, глушение.

Considered corrosion processes affecting the productivity of the wells. In the wells are going physical and chemical processes during technological operations (completion, stimulation, preservation and killing of wells). World practice makes high demands on technological liquids to reduce the negative impact on the productive layers. The construction and operation of wells in the Ukraine is not only in the difficult geological conditions, but also during the difficult economic situation. This situation contributes to the development of scientific research to minimize the costs for preparation of technological fluids on the basis of domestic agents. Process fluid based on synergistic mixes for conducting a well killing should not contaminate reservoirs. Fluids base for kill well are impotent for design it in difficult geological environment. During all well kills, careful attention must be paid to not exceeding the formation strength at the weakest point of the wellbore, the "fracture pressure", otherwise fluid will be lost from the wellbore to the formation. We must pay attention carefully of weight fluids for kill well that it doesn't run into productive layer. Technological fluid systems are designed and formulated to perform efficiently under expected wellbore conditions. There are many different types of technological fluids, based on different composition and use.

Keywords: reservoir, corrosion, synergy, filtration, ammonium chloride, kill well.

Вступ. В сучасних умовах буріння свердловин в Україні етап завершальних робіт є найвідповідальнішим, з точки зору повернення вкладених у будівництво коштів. Кінцева мета будівництва свердловини є розкриття продуктивних пластів із збереженням їх природних фільтраційно-ємних властивостей, швидке освоєння і отримання максимального припливу пластового флюїду. Світовий досвід свідчить про те, що саме на завершальних стадіях спорудження втрачається від 30 до 80 % продуктивності свердловин.

Таким чином, проблема якісного розкриття та подальших робіт пов'язаних з освоєнням, інтенсифікаціями та капремонтами свердловин, вимагає особливої уваги [1].

Під час будівництва і експлуатації свердловин важливе значення відіграють технологічні рідини, які використовуються на стадії завершення (розчини для первинного розкриття і перфорації), кріплення (буферні рідини), консервації, проведенні капітального і підземного ремонту (рідини глушіння) та при інтенсифікації притоку.

Аналіз літератури. Аналіз технології ремонтних робіт вітчизняної і закордонної нафтогазової галузі демонструє стійку тенденцію

щодо використання при капітальному ремонті свердловин з гідрофобно-емульсійними рідинами та багатофункціональних технологічних рідин на основі неорганічних солей, що також значно підвищують ефективність ремонтних операцій. Серед таких технологічних рідин широкого застосування набули рідини що вміщують солі кальцію, магнію, натрію, калію тощо. Відомо, що неорганічні солі покращують інгібуючі здатності технологічних рідин по відношенню до глинистих мінералів, та можуть використовуватись для закачування в привибійну зону пласта з метою стабілізації набухання глинистої складової продуктивних пластів. Слід зазначити, що використання рідин глушіння на основі неорганічних солей пов'язане з значною їх корозійною агресивністю по відношенню до обладнання свердловини. Даний аспект зумовлений, в першу чергу, іонним складом зазначених рідин та термобаричними умовами їх застосування.

Мета роботи полягає у дослідженні корозійної активності технологічних рідин для забезпечення успішного проведення технологічних операцій, від яких залежить якість будівництва, продуктивність і час експлуатації свердловини.

Найбільш суворі вимоги пред'являють до технологічних рідин, які контактують з колектором і впливають на продуктивність свердловини. Так як продуктивність свердловини в значній мірі залежить від фізико-хімічних процесів які відбуваються при технологічних операціях (завершенні, інтенсифікації, консервації та глушінні свердловини) та колекторських властивостей пласта.

Методика проведення експерименту. В даній публікації автори навели лабораторні дослідження корозійного впливу деяких неорганічних солей на зразки матеріалу НКТ. Для встановлення швидкості корозії у мінералізованих технологічних рідинах використовували гравіметричний метод [2], що базується на вимірюванні маси зразків-свідків розміром 30×15×2 мм, виготовлених зі сталі Р 110 матеріалу НКТ, до та після витримки їх у модельних середовищах при нормальних умовах, впродовж 17 діб. Зразки попередньо шліфували, обезжирювали за загальноприйнятою методикою [3 – 6]. Як модельні були обрані 5 % розчини хлориду: натрію, калію, кальцію, магнію, амонію на дистильованій воді.

Результати експерименту і їх обговорення. Швидкість корозії виражена глибинним показником k_b , мм/рік та масовим k_m , г/(см²·рік) для різних модельних середовищ наведено на рисунках 1 та 2.

З рисунку 1 та 2 слідує висновок про найбільш агресивну дію до сталі Р 110 середовища на основі хлориду амонію 0,033 мм/рік (33 мкм/рік), що пояснюється не тільки значним вмістом хлорид-іонів, які виконують роль активатора корозії через депасивацію анодної реакції, а і наявністю іонів амонію. При цьому в тих же умовах в розчині хлориду калію встановлено корозію на рівні 0,01 мм/рік (10 мкм/рік).

Для перевірки впливу вищезазначених неорганічних солей на стабільність керна матеріалу відібраного з продуктивних горизонтів газових свердловин Шебелинського ГКР використано методику, що полягає у визначенні втрати ваги. Як видно з рисунку 3 найбільша втрата маси керну у середовищі хлориду амонію 0,585 %, дистильованій воді 0,557 % та хлориді натрію 0,546 %. Найменша втрата ваги у хлориді магнію 0,319 %. Хлорид кальцію і калію характеризуються середнім показником 0,455 % і 0,453 % відповідно.

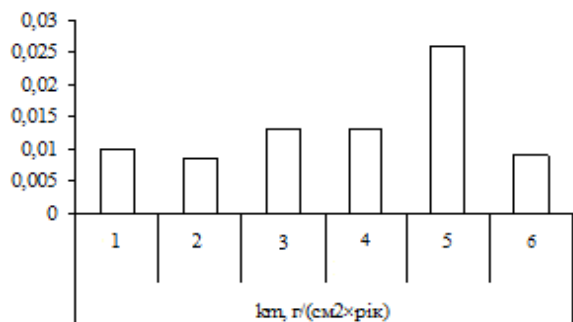


Рис. 1. Масовий показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

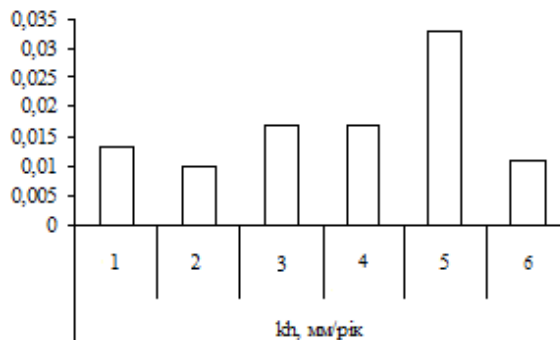


Рис. 2. Глибинний показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

Корозійну агресивність хлористого амонію можна пояснити також за рахунок більш вираженого зменшення pH розчину бентоніту у порівнянні з додаванням до 10 % розчину бентоніту 5 % KCl, результати наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Визначення pH в модельних середовищах

| Середовище | pH |
|---|-------|
| 10 % бентоніт | 10,16 |
| 10 % бентоніту + 5 % KCl | 9,01 |
| 10 % бентоніту + 5 % NH ₄ Cl | 7,85 |

Окрім того, літературні дані [4] також підтверджують корозійну агресивність хлористого амонію по відношенню до різних матеріалів.

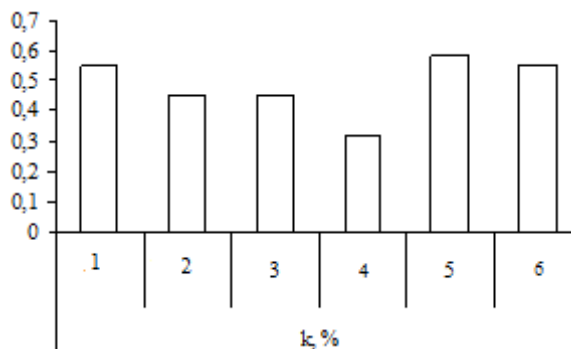


Рис. 3. Втрата маси (%) зразків керна матеріалу продуктивного горизонту Шебелинського ГКР для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

Згідно вимог АНІ нижня межа швидкості корозії для сталей при 393 К складає 127 мкм/рік [2]. Для встановлення впливу температури проведено дослідження швидкості корозії при температурі 343 К. У якості модельних розчинів використовували воду дистильовану, 5 % розчин хлориду калію і 5 % розчин хлориду амонію. Результати досліджень наведені на рисунку 4.

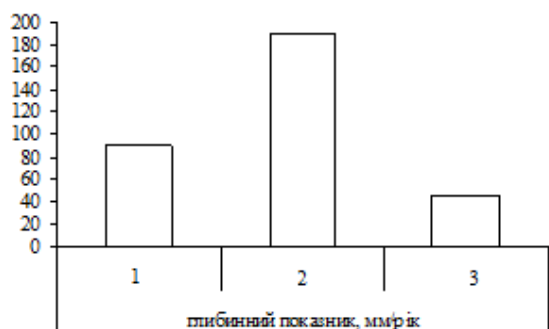


Рис. 4. Глибинний показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 7 діб при температурі 343 К (1 – 5 % KCl, 2 – 5 % NH₄Cl, 3 – вода дистильована)

З рисунку 4 видно, що при температурі 343 К 5 % розчин хлориду амонію значно перевищує допустимий показник при 393 К. За цим результатом можна зробити висновок, що при температурі 393 К швидкість корозії збільшиться.

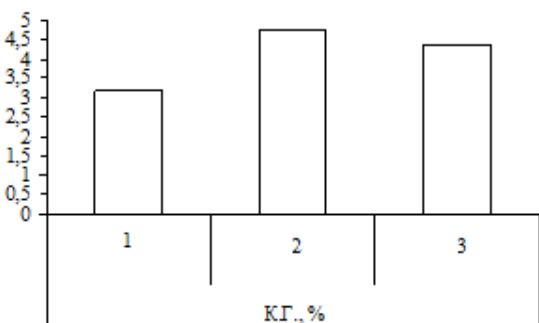


Рис. 5. Вміст колоїдної глини в різних модельних середовищах (1 – 10 % бентоніт, 2 – 10 % бентоніт + 5 % KCl, 3 – 10 % бентоніт + 5 % NH₄Cl)



Рис. 6. Седиментаційна стійкість 10 % бентоніту з додаванням 5 % KCl (а) та 5 % NH₄Cl (б) впродовж 3 діб

З наведеного рисунку 5 видно, що вміст колоїдної глини у середовищі хлориду амонію менше у порівнянні з середовищем хлориду калію, що пояснюється показником лужності розчинів. Крім того, седиментаційна стійкість бентоніту після 3 діб витримки у розчині хлориду калію значно менше, ніж у розчині хлориду амонію, що видно з рисунку 6.

Отже, диспергування глинистого матеріалу у середовищі хлориду калію значно нижче ніж у середовищі хлориду амонію. Основа рідин глушіння є важливою для створення рецептури високоінгібованих розчинів для глушіння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах ДДЗ на відміну від зарубіжних аналогів ґрунтуються на використанні синергетичних сумішей реагентів, що забезпечує такі ж високі технологічні результати, але при менших витратах матеріалів на приготування і хімічну обробку розчинів. Зменшення репресії на пласт є важливим шляхом підвищення ефективності технологій глушіння свердловин. Існує цілий ряд технологій, що зменшують репресію на продуктивні пласти з низькими пластовими тисками. Наприклад, застосування стійких пінних систем, на жаль, їх недоліками є висока вартість і постачання у рідкому стані. Застосування алюмосилікатних мікросфер як наповнювача промивальних рідин для зменшення їх густини та репресії на пласти. За оцінками фахівців, використання такої технології може бути економічно виправдане тільки за умови регенерації мікросфер. У якості хімічних реагентів, які регулюють реологічні властивості технологічних, використовують реагенти, аналогічні для глинистих бурових розчинів. Мінералізовані розчини, в залежності від полімерного реагенту, можуть бути тиксотропними і не тиксотропними. Тиксотропні розчини характеризуються значною в'язкістю і структурованістю, що дозволяє утримувати частинки кольматанту чи обважнювача тривалий час без циркуляції. Не тиксотропні розчини застосовують лише при інтенсивних промивках вибою свердловин, наприклад при вимиванні піщано-глинистих пробок. Органічні тверді частинки, на відміну від неорганічних, здатні до пластичної деформації, а за рахунок перепаду тиску – до повного і щільного закриття пор проникних пластів. В Україні асортимент органічних кольматантів недостатній, їх використовують переважно для попередження або ліквідації поглинань бурового розчину. Застосування органічних кольматантів для захисту продуктивних пластів – це шлях підвищення якості технологічних рідин для проведення капітального ремонту. Що стосується забезпечення необхідних технологічних параметрів промивальних рідин, інгібованих калієвими сполуками, то дослідження необхідно скерувати у напрямку підбору синергетичних композицій, які складаються з недорогих реагентів, що виробляються переважно в Україні. В УкрНДІгазі вже розроблені і широко впроваджуються бурові розчини на основі синергетичних композицій «гумати лужних металів – акрилові полімери», «гумати лужних металів – біополімери», «гумати лужних металів – похідні целюлози». Акрилові полімери (гідролізовані поліакриламід, поліплас тощо), біополімери та похідні целюлози (карбоксиметилцелюлози, поліаніонні целюлози) виробляються за кордоном. Потрібно звернути увагу на традиційні понижувачі водовіддачі рослинного походження, які виробляються в Україні: крохмалі

харчові, модифіковані, екструзійні, висівки зернових рослин тощо. Результати застосування розроблених рецептур показали, що процес глушіння відбувається без поглинання робочої рідини, що дуже важливо, оскільки негативний вплив на колекторські властивості пластів мінімізується, освоєння свердловини після капремонту проходить швидко і свердловини виходять на доремонтний дебіт в 2-3 денні строки. Обов'язковими вимогами до технологічних рідин є: а) низький показник фільтрації, оскільки надходження фільтрату технологічної рідини в пласт призводить до зниження колекторських властивостей, що спостерігається при застосуванні пластових і технічних прісних вод; б) можливість регулювання структурно-реологічних параметрів, для очищення вибою свердловин від новоутворень; в) наявність кислоторозчинного коагулюючого агента, що буде утворювати фільтраційну кірку; г) термостійкість в межах діапазону ведення робіт; д) антикорозійними властивостями; е) інгібуючими властивостями. Існують різні типи інгібуючих органічних і неорганічних реагентів – поліетиленгліколь, поліпропіленгліколь, поліалкіленгліколь, бітум, кремнійорганічні рідини, сульфований асфальт, хлорид калію, рідке скло, вапно, синтетичні жирні кислоти, тощо, які успішно використовуються під час буріння нестійких відкладів, деякі з них корисно використовувати в практиці ремонтно-профілактичних робіт, що дозволяє збільшити час експлуатації свердловин у міжремонтний період.

Висновки.

За результатами лабораторних досліджень можна сказати, що при проведенні операцій з глушіння свердловин на тривалій строк від 25 діб, при вибітній температурі 393 К і більше, використання розчину хлориду амонію буде призводити до руйнування обсадних труб. Тобто, використовувати рідин на основі хлориду амонію можна при короткострокових операціях, наприклад при промиванні привітійної зони. Глушіння свердловин рекомендовано проводити на рідинах з менш вираженою корозійною активністю.

Список літератури

1. Токунов В. И. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин / В.И. Токунов, А.З. Саушин. – М. : Недра, 2004. – 711с.

2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии / И. Л. Розенфельд. – М. :Химия, 1977. – 352с.
3. Поп Г. С. Глушение скважин с предварительным блокированием продуктивных пластов дисперсными системами / Г. С. Поп, А. В. Бачериков. – М. : ВНИИЭгазпром, 1992. –30с.
4. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – М. : Физматлит, 2002. –335с.
5. Товажнянский Л.Л., Капустенко П. А., Бухкало С.И., Перевертайленко А. Ю., Арсеньева О.П. Анализ теплообменных систем установок газификации нефтеперерабатывающих производств / Интегрированные технологии та энергосбережения. – Х.: НТУ «ХПИ», 2011. – № 3. – С. 54–62.
6. Товажнянский Л.Л., Кошелева М.К., Бухкало С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (учебное пособие). Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.

References (transliterated)

1. Tokunov V. I. Tehnologicheskie zhidkosti i sostavi dla povishenia productivnosti nefteanih i gazovih skvazhin [Technological fluids and mixes increase yield of oil and gas wells] / V. I. Tokunov, A. Z. Saushin. - Moscow. : Nedra, 2004. – 711p.
2. Rozenfeld I. L. Ingibitiri korozii [Inhibition corrosions] – Moscow: Himia, 1977. – 352p.
3. Pop G. S. Glushenie skvazhin s predvaritelnim blokirovaniem productivnih plastov dispersnimi sistemami [Kill wells with defensive productive layers by dispersive fluids] / G. S. Pop, F. V. Bacherikov. – Moscow. : VNIIEgazprom, 1992. – 30p.
4. Semenov. I. V. Korozia i zashita ot korozii [Defense from corrosion] / I. V. Semenov, G. M. Florianov, G. M. Horianovich. – Moscow. : Fizmatlit, 2002. – 335p.
5. Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P. A., Bukhhalo S. I., Perevertaylenko A. U., Arseneva O. P. Analysis teploobmennyyh systems ustanovki gaspirali neftepererabativaushiy proizvodstv [Analysis of the heat exchange systems of gasification of refinery] / Integrated technologies and energy conservation. – Kh.: NTU «HPI», 2011. – № 3. – P. 54–62.
6. Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P. A., Bukhhalo S. I. Obsea himicheskaja tehnologija v primerah, zadachah, laboratorni rabotah and testuj (uchebnoe posobie) [General chemical technology in the examples, tasks, laboratory works and tests (tutorial)]. Moscow INFRA-M, 2015. P. 447.

Надійшло (received) 03.11.2016

Библиографические описания / Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Дослідження корозійної активності мінералізованих технологічних рідин / Е. В. Кустурова, Р. О. Шевченко, О. А. Жуган, А. В. Печенежская, О. А. Подольян // Вісник НТУ «ХПИ». – Серія: Інтегровані технології та енергосбереження. – Х. : НТУ «ХПИ». – 2016. – № 29 (1201). – С. 19 – 23. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования коррозионной активности минерализованных технологических жидкостей / О. В. Кустурова, Р. О. Шевченко, О. А. Жуган, А. В. Печеніжська, О. А. Подольян // Вісник НТУ «ХПІ». – Інтегровані технології та енергозбереження. – X. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 29 (1201). – С. 19 – 23. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Research of corrosion activity of technological salt fluids / O. V. Kusturova, R. O. Shevchenko, O. A. Zhugan, A. V. Pechenizhska, O. A. Podolian // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI». – 2016. – № 29 (1201). – P. 19 – 23. – Bibliogr. 6. – ISSN 2220-4784.

Сведения об авторах / Відомості про авторів / About the Authors

Кустурова Олена Валеріївна – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Кустурова Елена Валериевна – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИГаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Kusturova Olena Valerivna – Candidate of Engineering Sciences, The leading researcher of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIGaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Шевченко Роман Олександрович – канд. техн. наук, завідувач відділу науково-технічної інформації Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Шевченко Роман Александрович – канд. техн. наук, заведующий отделом научно-технической информации Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИГаз»; тел.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Shevchenko Roman Oleksandrovich – Candidate of Engineering Sciences, The chef of information department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIGaz»; tel.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Жуган Оскар Анатолійович – провідний інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Жуган Оскар Анатольевич – ведущий инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИГаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Zhugan Oscar Anatoliovich – The leading engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas “UkrNDIGaz”, tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печеніжська Аліна Вікторівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печенежская Алина Викторовна – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИГаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Pechenizhska Alina Victorivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIGaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Олена Антонівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Елена Антоновна - инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИГаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Podolian Olena Antonivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIGaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.