

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 502.52:622.24

DOI: 10.31471/2415-3184-2020-1(21)-31-40

А. І. Зельманович*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу***РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПРОЦЕСІВ СТВОРЕННЯ ЗАХИСНОЇ МЕХАНІЧНОЇ КОЛЬМАТАЦІЇ ПЛАСТІВ
ПРІСНОЇ ПИТНОЇ ВОДИ**

При бурінні нафтових і газових свердловин часто зустрічаються пласти питної води, котрі залягають порівняно неглибоко, проходження їх супроводжується прониканням токсичного фільтрату бурового розчину із відкритого стовбура свердловини. Захист пластів питної води від забруднення можливий шляхом створення у процесі розкриття пластів захисної механічної кольматації із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження. Підземні питні води зустрічаються практично на всій території України. Досліджено вплив динамічних процесів під час розкриття пластів на міцність та блокуючу здатність захисної зони до проникнення токсичного фільтрату бурового розчину у процесі продовження буріння під проміжну колону після розкриття пласта прісної води. Спроековано та виготовлено експериментальну установку для досліджень процесів захисної механічної кольматації пластів прісної питної води. Проведено дослідження зміни фільтраційного опору, створених зон захисної кольматації в умовах дії гідроімпульсних навантажень на привибійну зону пласта у процесі буріння. Під час фільтрації екологічно безпечного бурового розчину зафіксовано зміну проникності кернів до нульового значення на протязі у середньому 20 хв. Зміни проникності кернів під час дії періодичних гідроімпульсів тиску на керни частотою 2-5 Гц і амплітудою до 2 МПа та репресійно-депресійних імпульсів амплітудою до 5 МПа в умовах постійного перепаду постійного тиску 1 МПа після вказаних дій не зафіксовано. Запропоновано рецептуру екологічно чистого бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної кольматації керна. Установка дозволяє провести широкомасштабні експериментальні дослідження процесів захисної механічної кольматації пластів-пісковиків прісної питної води із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження.

Ключові слова: екологія покладів питної води, фільтрація рідини, буріння свердловин, механічна кольматація пласта, видобування нафти і газу, гідроімпульсні дії на пласт.

Постановка проблеми. Україна, та багато інших європейських країн, стикаються з проблемою нестачі питної води поверхневих водоймищ чи приповерхневих пластів через її забруднення, це спонукає людей освоювати горизонтів підземних питних вод. У межах вивченої частини пластових водоносних систем виділяють три гідродинамічні зони: вільного (активного) водообміну, утрудненого водообміну і застійного режиму [1]. У першій зоні до глибини близько 500 м залягають прісні та подекуди води слабкої мінералізації, інфільтраційного походження, різних генетичних типів, таких як води зони аерації, міжпластові безнапірні і пластові напірні або ґрунтові води за В. А. Суліним. У другій зоні на глибинах 500-1500 м залягають пластові напірні води хлоридно-кальцієвого, іноді хлоридно-магнієвого і гідрокарбонатно-натрієвого типів з мінералізацією (5-10) г/дм³, також із гідростатичною природою енергетичного потенціалу. Нижче, на глибинах 1500-4000 м в зоні застійного режиму, залягають, зазвичай, високомінералізовані (десятки – перші сотні грамів на літр) хлоридно-кальцієвого типу напірні води, напори яких визначаються геостатичним тиском і ексфільтраційного та седиментаційного походження (води захоплення), а з глибиною зростає роль вод відтиснення, відроджених і літогенних вод, що зумовлює гідрогеологічну інверсію (зниження) мінералізації [2].

У даний час для водопостачання господарських потреб питного водою економічну обґрунтованість можуть мати підземні води перших двох зон до глибини 1500 м.

В Україні також є потреба забезпечення промисловості та населення нафтою і газом власного видобутку і досягнення паливно-енергетичної незалежності [3].

Видобування нафти і газу пов'язано із трьома нафтогазоносними регіонами – Карпатським, Причорноморсько-Кримським та Дніпровсько-Донецьким, а геологи поки що не прогнозують відкриття нових нафтогазоносних басейнів [4]. Родовища нафти і газу, які розробляються або знаходяться в очікуванні освоєння, здебільшого залягають дуже глибоко [1]. Тому, при освоєнні вуглеводневих родовищ свердловинами доводиться розбурювати горизонти питних і мінеральних вод, що є одним із факторів забруднення або погіршення якості води для споживання [2]. Отже, можна стверджувати, що проблема захисту підземних питних вод від забруднення при видобуванні нафти і газу є актуальною.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. З метою розвідки і розробки вуглеводневих (нафтових, газових) родовищ розбурюють свердловинами (розвідувальними, експлуатаційними, видобувними і нагнітальними) верхні гірські породи, серед яких зустрічаються пласти, насичені підземними питними водами. Для кріплення верхніх нестійких інтервалів геологічного розрізу та ізоляції водоносних пластів від забруднення їх перекривають зацементованою по всій довжині кондукторною колоною обсадних труб (кондуктором) [3].

При бурінні під кондуктор відкритий (не обсаджений трубами і не зацементований) стовбур свердловини гідродинамічно взаємодіє із проникним водяним пластом. У свердловині, згідно із технологією буріння, підтримується деякий надлишковий тиск промивальної рідини над можливим пластовим тиском у водяному пласті (репресія тиску). Внаслідок цієї репресії тиску виникає проникання фільтрату промивальної рідини у водяний пласт, формується кірка твердої фази промивальної рідини (як правило глиниста кірка), настає внутрішньопорова кольматація твердою фазою, а фільтрат змішується із пластовою водою, зумовлюючи її забруднення як технічною водою, на якій приготовано промивальну рідину, так і хімічними реагентами, котрі додають до розчину для регулювання його властивостей. Відмітимо, що для оброблення бурових промивальних рідин в інтервалах, що містять питну воду, не можна застосовувати хімічні реагенти I і II класу небезпеки (наприклад, їдкий натрій, алюмінат натрію, будівельне вапно), а під час буріння в інтервалах питної води слід не допускати поглинання бурової рідини і матеріалів в об'ємах, які змінюють якість і склад підземних вод за межі встановлених нормативів [5].

Враховуючи призначення кондукторної колони [6] в конструкції нафтової свердловини, можна вважати, що буріння під цю колону може мати багато подібного із спорудженням гідрогеологічних і водозабірних свердловин. У практиці виконання бурових робіт на воду обертове буріння з її прямим і зворотним промиванням переважає та становить понад 80% від загального обсягу робіт [7; 8], а решта припадає на такі види буріння, як ударно-канатне, шнекове, з гідротранспортом керна, з продуванням повітря і т. д. При обертовому бурінні рекомендується для промивання, в межах нестійкого водоносного піщаного пласта, використовувати технічну воду, водогіпанові розчини, а густину розчину доцільно регулювати додаванням солі хлориду натрію [7]. В інших випадках використовують карбонатні і крейдяні, полімерні (на основі модифікованого крохмалю з/без додаванням бентоніту), бентонітові розчини із додаванням спеціальних полімерних препаратів. При цьому передбачається попереднє буріння розвідувальної свердловини з метою вивчення стратиграфічного розрізу. Відмітимо, що такі свердловини після цього освоюють на приплив до повного очищення води.

Як показано у роботі [9] домінуючими з точки зору втрат тиску при кольматації пласта є зони глинистої кірки і внутрішньопорової кольматації, тобто доцільним може бути забезпечення якості бурового розчину щодо кольматувальної здатності чи інші технологічні та технічні засоби.

У роботі [10] відзначено також, що підвищенню стійкості стінок свердловини при розкритті пласта із промиванням водою сприяє механічна кольматація порід. Цей досвід можна перенести і на процес буріння під кондукторну колону нафтової, або газової свердловини після розкриття пластів питної води.

Постановка завдання. Із загальної проблеми захисту питних підземних вод від забруднення, при бурінні свердловин на нафту і газ, які бурять із пластом питної води, не вирішеною є проблема створення зони захисної механічної кольматації водяного пласта, яка запобігає прониканню токсичного фільтрату бурового розчину у пласт, та стійкості вказаної зони до впливу динамічних процесів у стовбурі свердловини в процесі буріння.

Динамічні процеси можна оцінити як дії гідроімпульсів тиску різної частоти та амплітуди у стовбурі свердловини. Градієнти тиску, які виникають у пласті під час вказаних процесів, можуть

приводити до руйнування зони коьматациї. У цьому контексті невирішеною також є проблема створення та дослідження екологічно безпечного бурового розчину, реологічні та механічні характеристики якого утворювали би у привибійній зоні пласта зону коьматациї стійку до впливу широкого спектру гідроімпульсів дій на пласти.

Процеси механічної коьматациї привибійної зони пластів прісної води, в умовах динамічних навантажень пластів під час буріння, мало досліджені. Широкий спектр гідроімпульсних навантажень різних амплітуд та частот, що виникають у рідинному середовищі свердловини під час буріння, може зменшувати фільтраційні опори створених зон коьматациї. Відоме використання технологій гідроімпульсного впливу на пласти з метою декоьматациї привибійної зони пластів з метою оптимального освоєння нафтогазових свердловин, або інтенсифікації видобутку із таких свердловин [11]. Такі технології використовують широкий спектр гідроімпульсних генераторів тиску і базуються на утворенні у пласті, під час дії на пласт гідрогенераторів, додаткової тріщинності, або зміни реологічних характеристик флюїду у пласті.

Діапазон імпульсів тиску у стовбурі свердловини, під час буріння, можна розділити на два піддіапазони:

- низькочастотна періодичність імпульсів тиску, яка виникає у стовбурі свердловини під час спуско-підіймальних операцій. Імпульси тиску в основному виникають під час спуску і підіймання долота, спуску кондуктора і т.д., які є імпульсами репресії та депресії на пласт амплітуда і періодичність повторення яких залежить від геолого-технічних умов буріння і знаходиться у діапазоні 10-50 репресійно-депресійних імпульсів тиску за добу з амплітудами до 5-10 МПа [12];

- високочастотна періодичність імпульсів тиску, яка ініціюється роботою бурових насосів у процесі буріння свердловини і знаходиться у діапазоні 2-5 Гц з амплітудою до 2 МПа. [12].

У зв'язку із цим необхідно провести дослідження зміни фільтраційного опору утворених зон захисної коьматациї в умовах дії гідроімпульсних навантажень пласта.

Окремого дослідження також потребують спеціальні бурові розчини, для захисної коьматациї пластів питної води. Їх реологічні характеристики та типи коьматувальних речовин визначають значення фільтраційних опорів створених зон коьматациї. Особливу зацікавленість викликає можливість збільшення фільтраційних опорів за рахунок використання в якості коьматанта екологічно чистих та дешевих органічних речовин здатних до активного набухання у водному середовищі пластів за рахунок великої поверхневої енергії частинок коьматанту.

Досягнення поставленої мети зумовило необхідність виконання наступних завдань:

- а) створення рецептури екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою формування зони захисної коьматациї пласта із заданими реологічними характеристиками;

- б) розроблення експериментальної установки для:

- дослідження зміни проникності штучного керна моделі пласта питної води, під час його коьматациї екологічно безпечним буровим розчином;

- дослідження впливу гідроімпульсних навантажень керна на зміну проникності закоьматованого порового середовища;

- в) проведення експериментальних досліджень на розробленій установці.

Виклад основного матеріалу. Фільтраційний опір зони захисної механічної коьматациї водяного пласта в значній мірі буде залежати від:

- значення градієнтів тиску, які виникають у привибійній зоні пласта під час впливу на пласт імпульсів тиску у стовбурі свердловини і приводять до розриву зв'язків між скоагульованими частинками коьматанту і, тим самим, до руйнування зони захисної механічної коьматациї;

- характеристик екологічно безпечного бурового розчину, який буде застосований під час розкриття пласта питної води.

Опис процесів гідроімпульсних дій на привибійну зону пласта із застосуванням понять градієнтів тисків $gradP$ дозволяє зв'язати фізико-механічні характеристики системи пласт-колектор-пластовий флюїд із допустимим значенням параметрів імпульсів тиску у пласті. Фізико-механічні характеристики даної конкретної системи пласт-колектор-пластовий флюїд можуть бути визначені методами об'єктивного лабораторного та технологічного аналізу, на основі яких розраховуються допустимі градієнти тиску, які ще не приводять до зміни вказаних характеристик. Фільтраційні властивості утвореної зони захисної коьматациї залежать від фізико-хімічного стану

колоїдно-дисперсної системи (КДС), утвореної у поровому просторі пласта, тобто флюїду з частинками органічних речовин у якості дисперсної фази. Така структурована рідина стає неньютонівською, в'язкість якої на декілька десятків порядків вище вихідної в'язкості дисперсійного середовища [13]. Підвищення проникності зони кольматації в умовах гідроімпульсних дій на пласт настає у зв'язку із зменшенням зв'язків флюїду КДС з твердою фазою пласта і руйнуванням просторової сітки КДС, тобто зменшенням в'язкості самої КДС.

Як відомо [14, 15, 16], граничний градієнт тиску необхідний для початку руху неньютонівської рідини в порах пласта, можна оцінити з допомогою наступної нерівності:

$$\text{grad}P > \frac{4\tau_0}{d}, \quad (1)$$

де τ_0 – гранична напруга зсуву, яка відповідає мінімальному перепаду статичного тиску, що викликає руйнування просторової сітки КДС;

d – ефективний діаметр пор пласта-колектора.

Оскільки оцінка характеристик пласта за розмірами діаметрів пор d не прийнята, краще перейти до загальноприйнятого поняття “коефіцієнт проникності” K_{np} , який служить для оцінки фільтраційних властивостей пластів. Відомо, що коефіцієнт проникності K_{np} пропорційний d^2 (виходячи з елементарних гідродинамічних уявлень). Тому, [3]:

$$\text{grad}P \sim \frac{\tau_0}{K_{np}^2}. \quad (2)$$

У загальному випадку $\text{grad}P$ по визначенню дорівнює:

$$\text{grad}P = \frac{dP}{dl} \approx \frac{\Delta P}{\Delta l}, \quad (3)$$

де ΔP – перепад (зміна) тиску між двома одиничними площадками середовища, ізотропного і однорідного у прийнятому напрямі, які віддалені одна від одної на відстані Δl . Зміна тиску dP у середовищі відбувається із швидкістю пружних коливань C , тобто C – є швидкість пружної хвилі у пласті. Відстань dl пружна хвиля пройде за час dt , тобто час тривалості фронту гідроімпульсів тиску.

Захисна кольматаційна зона водяного пласта являє собою зону зміненої проникності з радіусом не більше 1,5–2,0 м. [3]. При таких геометричних розмірах вказаної зони загасання пружних коливань, створюваних у пласті гідроімпульсними впливами під час описаних вище динамічних процесів, у стовбурі з частотами до 5 Гц незначне [17]. Тому у привибійній зоні пласта на відстанях від стінки свердловини до десятків метрів форми імпульсів тисків у пласті, створюваних гідроімпульсними діями у стовбурі свердловини, і, відповідно у пласті, зберігаються практично незмінними. Значить, якщо створити по довжині радіуса зміненої проникності градієнти тиску які ще не приводять до руйнування структури КДС у відповідності з (2), то початкові реологічні характеристики неньютонівської рідини у захисній кольматаційній зоні залишаться незмінними.

Виходячи з вищевикладеного, можна запропонувати наступний варіант інженерного методу розрахунку параметрів бурового розчину для утворення захисної кольматаційної зони.

З відомих геолого-технічних характеристик даної конкретної свердловини, задаємось максимальним значенням радіусу зони кольматації, яка у більшості випадків становить величину не більше 2 м [18].

Величину фактичного значення діючого у пласті $\text{grad}P_2$ можна визначити згідно з виразом (2). При цьому гранична напруга зсуву τ_0 визначається для конкретного бурового розчину, який планується застосувати при розкритті водяного пласта. Коефіцієнт проникності K_{np} визначається на основі геофізичних даних для даного пласта.

Оскільки при викладених вище припущеннях форма та амплітуда імпульсу тиску, що створюється в гідросередовищі свердловини і розповсюджується у близькій до свердловини зоні пласта, залишається в першому приближенні незмінною, зважаючи на низькі частоти періодичності гідроімпульсних дій, і, тим самим, на незначний коефіцієнт загасання хвилі при переході із свердловинного гідросередовища і далі у пласт, то подальший розрахунок ведеться тільки по амплітуді імпульсу тиску при постійній тривалості його фронту.

Як показано вище величину градієнтів тиску у привибійній зоні пласта можна визначити із відношення :

$$\text{grad}P \approx \frac{\Delta P}{\Delta r}, \quad (4)$$

де ΔP – амплітуда імпульсу тиску, Δr – радіус зони зміненої проникності у привибійній зоні пласта по довжині якого створюється заданий градієнт тиску.

Величину $\text{grad}P$, який приводить до розриву зв'язків між скоагульованими частинками коьматанту встановлюють для конкретного родовища виходячи із величини граничної напруги зсуву r_0 пластового флюїду і коефіцієнту проникності пласта K .

Отримане значення $\text{grad}P$ не повинно перевищувати значення $\text{grad}P \sim \frac{\tau_0}{K \frac{1}{2}_{\text{пр}}}$ для

збереження блокувальних властивостей зони захисної коьмататації під час дій імпульсів тиску у свердловині.

Для отримання достовірних результатів досліджень процесів захисної механічної коьмататації порового середовища пласта розроблена установка для дослідження зміни проникності порового середовища керна під час фільтрації у керні різних типів бурових розчинів та стійкості зон коьмататації до імпульсних дій на привибійну зону (рис. 1).

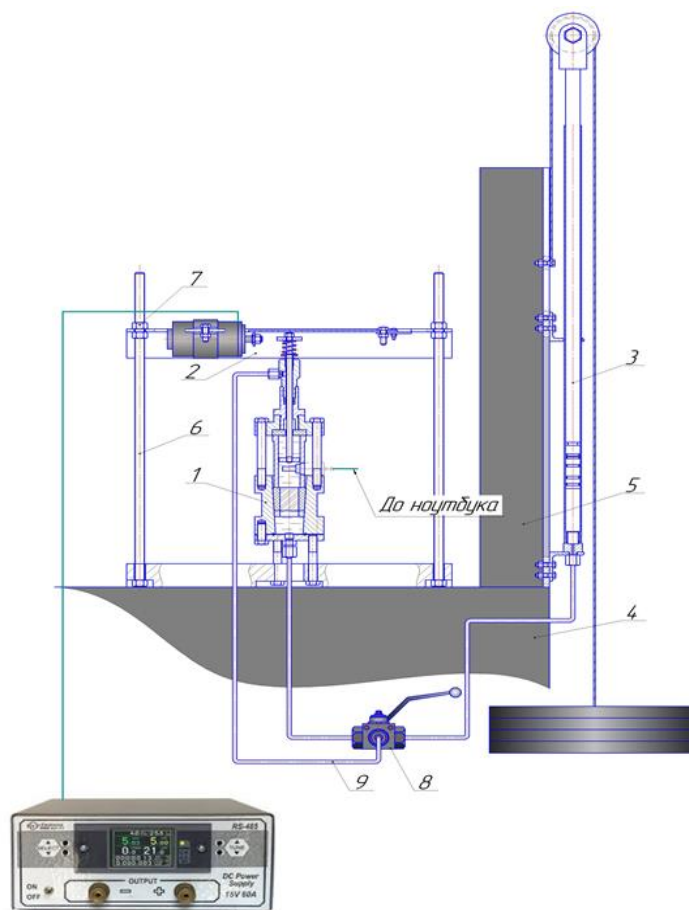


Рис. 1. Установка для примусової коьмататації та дослідження зміни проникності керна

- 1 – вузол вимірювань параметрів керна; 2 – вузол генератора ударних імпульсів;
3 – вузол постійного тиску; 4 – тумба; 5 – стійка; 6 – шпилька; 7 – гайка; 8 – кульковий кран;
9 – трубки гідросистеми

Технічні характеристики установки:

- перепад тиску на керні – до 2 МПа;
- боковий тиск – до 30 МПа;
- робоча температура – 25°C.

Експериментальні дослідження на установці проводилось на штучних кернах виготовлених згідно з [19].

Виготовлення кернів відбувалося за таким принципом:

Проведений підбір та просіювання піску, для розділення його за фракціями. Після підбору та просіювання піску, прийнято рішення що найоптимальнішим способом отримати потрібне порове середовище для досліджень буде змішування піску з розміром піщинок 0,25 мм та 0,5 мм із співвідношенням відповідно 3:1. Після змішування у пісок додавали цемент марки ПЦ II/A-III-400-Н та кип'яченої води в обсязі 5 мл. Після ретельного перемішування суміш заливалась у форму з металевої трубки. Під час перемішування суміші стежили за об'ємом повітря, який може залишатися в трубці, для запобігання утворення бульбашок повітря які могли негативно впливати на проходження експерименту. Після завантаження маси в трубку на поверхню суміші ставили вантаж для подальшого її пресування. У такому стані керни знаходилися 3 доби після чого їх виймали з форми та залишали ще на декілька діб до повного висихання.

Керни вакуумувались, насичувались прісною водою та визначалась їх проникність під час фільтрації через керн прісної води за стандартними методиками [20].

Проникність кернів (рис. 2) знаходилась у діапазоні 8-13 мД та відповідала середньому значенню проникності для водонасичених пластів – пісковиків на глибинах до 1000 м. [18].

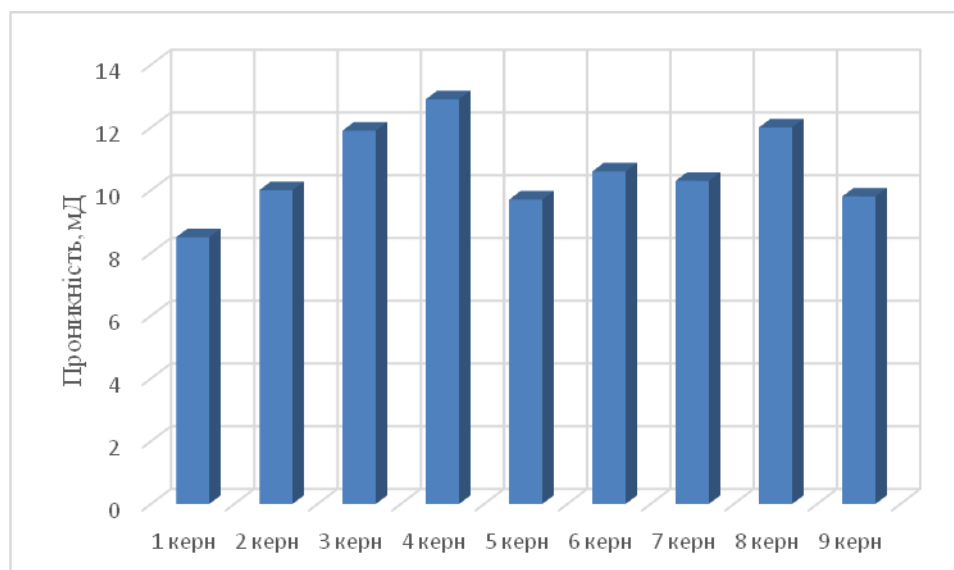


Рис. 2. Проникність кернів при фільтрації питної води (прісної води)

На установці створювався всесторонній тиск на керн, який відповідав умовам у яких знаходиться водонасичений пласт-пісковик на глибині 1000 м. Температура керна під час експериментів становила 30°C.

Перепад тиску на керні становив 1 МПа.

Після визначення проникності кернів при фільтрації прісної води проведені дослідження об'ємів фільтрації через керни екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної коагуляції керна.

Параметри бурового розчину становили:

- вода прісна – 1л;
- ксантанова камедь ($C_{35}H_{49}O_{29}$)_n – 5г ;
- порошок органічних харчових компонентів – 5г .

На усіх кернах об'єм профільтрованого через керни бурового розчину зменшувався до нульового значення на протязі певного часу (рис. 3).

Після припинення фільтрації до нульового значення проводились дослідження зміни об'єму профільтрованого через керни бурового розчину під час дії на них постійного перепаду тиску та циклічних гідроімпульсів тиску з метою визначення впливу гідроімпульсних навантажень на зміну проникності закольматованого порового середовища. У даному випадку фільтрація розчину проводилась у зворотньому напрямку.

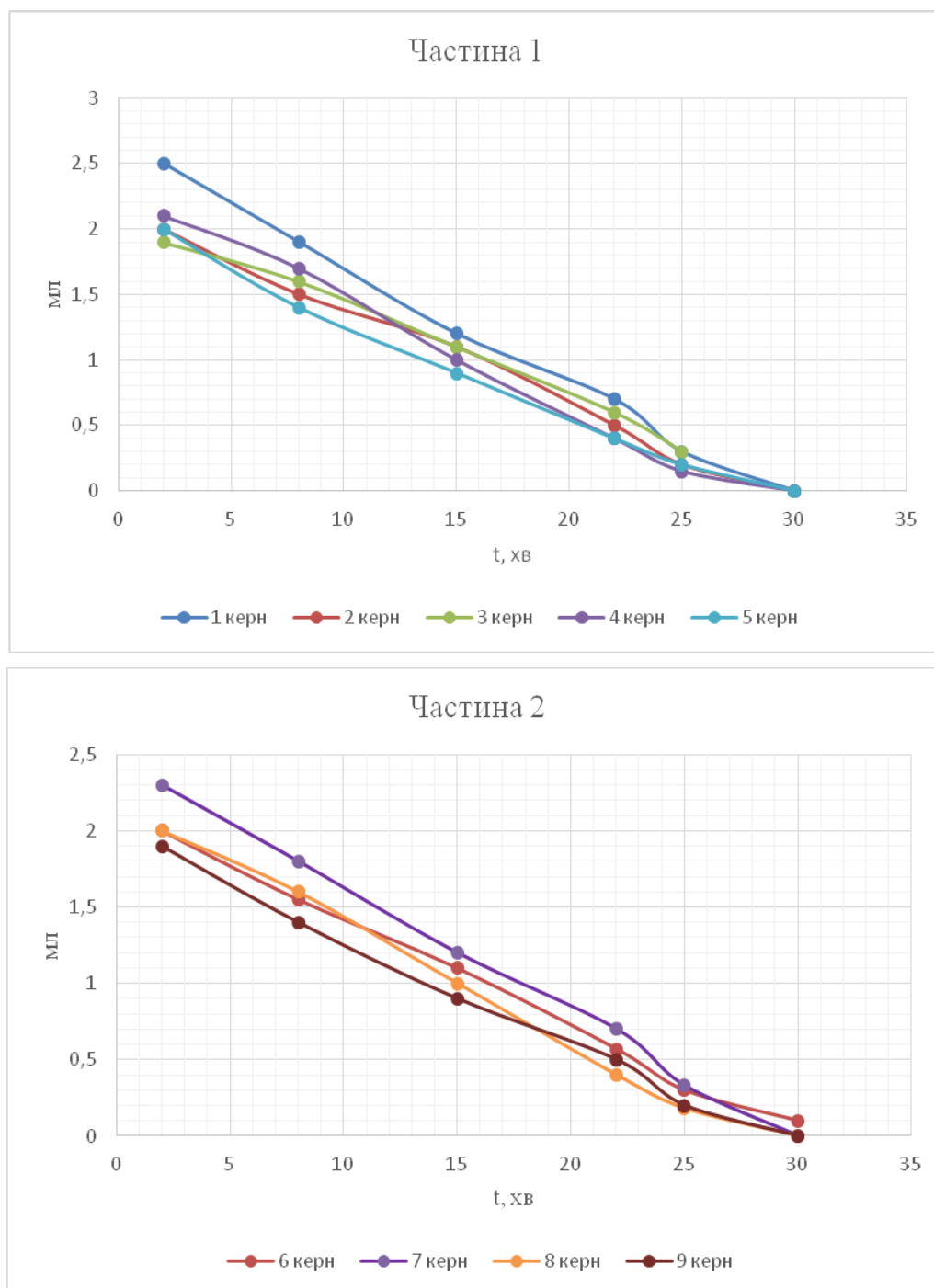


Рис. 3. Зміна об'єму профільтованого розчину (ч. 1, ч. 2)

Напрямок фільтрації змінювався з допомогою кульового крану установки. Частоти повторення та амплітуди гідроімпульсів згідно [13] становили:

- одиничні імпульси тиску амплітудою у діапазоні 2-15 МПа (моделювання періодичних репресійно-депресійних імпульсів тиску у стовбурі свердловини під час СПО та спуску кондуктора);

- періодичність імпульсів тиску частотою від 2 до 5 Гц та амплітудою 2 МПа (періодичності імпульсів тиску у процесі роботи бурових насосів);

- час дії гідроімпульсів становив 40 хв. Після гідроімпульсних дій постійний тиск на керни підтримувався на протязі не менше 48 год.

Параметри імпульсів тиску, які діяли на керн визначались з допомогою віброметра марки 795 M107B. Вимірювання параметрів проводили шляхом вводу зонда віброметра в штуцер з краном 8 до контакту з керном.

Проведені на основі отриманих даних розрахунки дали значення $gradP$ в усіх кернях менші

$$\text{допустимих, які розраховувались згідно виразу } gradP \sim \frac{\tau_0}{\frac{1}{K_{пр}^2}}.$$

Після вказаних дій збільшення об'єму профільованого через керни бурового розчину для усіх кернів вище нульового значення не зафіксовано.

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено:

1. Запропонована рецептура екологічно безпечного бурового розчину на основі прісної води та органічних загущувачів, із використанням в якості дисперсної фази органічних речовин, з метою максимальної кольматації керна.

2. Під час фільтрації екологічно безпечного бурового розчину зафіксовано зміну проникності кернів до нульового значення на протязі у середньому 20 хв.

3. Зміни проникності кернів під час дії періодичних гідроімпульсів тиску на керни частотою 2-5 Гц і амплітудою до 2 МПа та репресійно-депресійних імпульсів амплітудою до 5 МПа в умовах постійного перепаду постійного тиску 1 МПа після вказаних дій не зафіксовано, що свідчило про стійкість до гідроімпульсних дій утвореної у кернях КДС.

4. Установка дозволяє провести широкомасштабні експериментальні дослідження процесів захисної механічної кольматації пластів-пісковиків прісної питної води із використанням у складі бурових розчинів екологічно чистих компонентів на основі речовин органічного походження.

Література

- 1 Бойко В.С. Технологія розробки нафтових родовищ: підручник. – Івано-Франківськ: Нова Зоря, 2011. – 509 с.
- 2 Воды нефтяных и газовых месторождений СССР: Справочник / Под ред. Л.М. Зорькина. – Москва: Недра, 1989. – 382 с.
- 3 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник: У 5т. Том 4: Завершення свердловин / М.А.Мислюк, І.Й. Рибчин. – Київ "Інтерпрес ЛТД", 2012. – 608 с.
- 4 Маєвський Б.Й. Актуальні проблеми нафтогазової геології / Б.Й. Маєвський, С.С. Куровець, О.Є. Лозинський та ін.; за ред. Б.Й. Маєвського. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 240 с.
- 5 Гриманенко В. П. Наукові основи вдосконалення систем розробки родовищ нафти і газу / В. П. Гриманенко, Ю. О. Зарубін, В. М. Дорошенко та ін. – Київ: ДП «Науканафтогаз України», 2014.- 456с.
- 6 Коцкулич Я.С. Бурові промивні рідини: підручник / Я.С.Коцкулич, М.І. Оринчак, М.М. Оринчак – Івано-Франківськ: Факел, 2008. – 500 с.
- 7 Мислюк М.А. Буріння свердловин: Довідник. У 5т. Том 2 – Промивання свердловин. Відробка доліт / М.А. Мислюк, І.Й. Рибчин, Р.С. Яремійчук. – Київ: Інтерпрес ЛТД, 2002. – 303 с.
- 8 Квашнин Г.П. Технология вскрытия и освоения водоносных пластов / Г.П. Квашнин. – Москва: Недра, 1987. – 247 с.
- 9 Башкатов Д.Н. Прогрессивная технология бурения гидрогеологических скважин / Д.Н. Башкатов, А.В. Анков, А.М. Коломиец. – Москва: Недра, 1992.
- 10 Яремійчук Р.С. Освоєння та дослідження свердловин / Яремійчук Р.С., Возний В.Р. – Львів, 1994. – 90 с.
- 11 Oil production increase due to formation stimulation with the help of mechanical oscillations train / Bazhaluk Y.M. 1, Karpash O.M., Klymyshyn Y.D., Gutak A.I., Hudin N.V. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.
- 12 Робочий проект № 32-03 на будівництво учбової свердловини для "Навчального науководслідного центру запобігання газонафтовикидів". Харків, 2003.
- 13 Горбачев Ю.И. Физико-химические основы ультразвуковой очистки призабойной зоны нефтяных скважин // НТВ „Каротажник”. – Тверь: ГЕРС. 1999. Вып.57.
- 14 Крутин В.Н. Механизм акустической интенсификации притоков нефти из продуктивных пластов // НТВ „Каротажник”. – Тверь: ГЕРС. 1998. Вып.42.
- 15 Gorbachev Yu.I. Akusticheskoe vozdeistvie i povyshenie rentabel'nosti razra-botki nefityanykh mestorozhdenii (Acoustic impact and improving profitability of oil field development), Karotazhnik, 2000, Issue 60, pp. 55 – 67.

- 16 Бабаян Э. В. Буровые технологии / Э. В. Бабаян.; 2-е изд., доп. – Краснодар: Совет. Кубань, 2009. – 896 с.
- 17 Фурман В.В. Основы геофізики / В.В. Фурман, Ю.М. Віхоть, О.М. Павлюк. – Львів, 2016.
- 18 Адаменко Я.О. Основні принципи організації системи екологічного моніторингу довкілля у межах території нафтогазових промислів Богородчанського району / Адаменко Я.О., Мандрик О.М., Знак М.С., Лопушняк Я.І. // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2010. – № 1. – С. 5-11.
- 19 Отчет о научно-исследовательской работе "Исследование спектральных характеристик фильтрационных шумов в пористых средах". – Казань, 2014.
- 20 Юрьев А.В. Насыщение образцов полноразмерного керна водой в лабораторных условиях. – Архангельск: Серверный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, 2017. – Т. 17, № 2. – С. 98-103.

A. Zelmanovich

*Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas*

DEVELOPMENT OF THE EXPERIMENTAL FACILITY FOR INVESTIGATING THE CREATION OF PROTECTIVE MECHANICAL COLMATAGE OF FRESH DRINKING WATER RESERVOIRS

Drinking water reservoirs are often found when drilling oil and gas wells. They don't lie at a great depth. Drilling through them is accompanied by the penetration of toxic drilling mud filtrate from the open wellbore. It is possible to protect the drinking water reservoirs from contamination in the process of formation drilling by means of creating the protective mechanical colmatage and using the drilling fluids with environmentally friendly components based on organic matters. Groundwater is found almost everywhere in Ukraine. The author studied the influence of dynamic processes during formation drilling on the strength and ability of the protective area to block the penetration of toxic drilling mud filtrate during the intermediate hole drilling after drilling-in the freshwater reservoir. The experimental facility was designed and manufactured to study the processes of protective mechanical colmatage of fresh drinking water reservoirs. The changes in filtration resistance of the created protective colmatage areas were studied under hydro-impulse loads on the bottomhole formation zone during drilling. During the filtration of environmentally friendly drilling mud, a change in the permeability of the cores to zero was recorded for an average of 20 minutes. Changes in the permeability of the cores during the action of periodic hydropulses of pressure on the cores with a frequency of 2-5 Hz and an amplitude of up to 2 MPa and repressive-depressive pulses with an amplitude of up to 5 MPa in the constant drop of the steady pressure of 1 MPa after these actions were not recorded. The author has proposed the composition of environmentally friendly drilling mud based on fresh water and organic thickeners with the use of organic substances as a dispersed phase for the maximum colmatage of the core. The facility allows to carry out large-scale experimental researches of the processes of protective mechanical colmatage of sandstone layers of fresh drinking water with use of environmentally friendly components based organic matters as a part of drilling muds.

Key words: ecology of drinking water deposits, liquid filtration, well drilling, mechanical formation colmatage, oil and gas production, hydro-impulse actions on the reservoir.

References

- 1 Boiko V.S. Tekhnolohiia rozrobky naftovykh rodovyshch: Pidruchnyk. – Ivano-Frankivsk: Nova Zoria, 2011. – 509 s.
- 2 Vody nefityanykh i hazovykh mestorozhdenii SSSR: Spravochnik / Pod red. L.M. Zorkina. – Moskva: Nedra, 1989. – 382 s.
- 3 Mysliuk M.A. Burinnia sverdlovyn: Dovidnyk: U 5t. Tom 4: Zavershennia sverdlovyn / M.A.Mysliuk, I.I. Rybchyn. – Kyiv "Interpres LTD", 2012. – 608 s.
- 4 Maievskiy B.I. Aktualni problemy naftohazovoi heolohii / B.I. Maievskiy, S.S. Kurovets, O.Ye. Lozynskiy ta in.; za red. B.I. Maievskoho. – Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2014. – 240 s.
- 5 Hrymanenko V.P. Naukovi osnovy vdoskonalennia system rozrobky rodovyshch nafty i hazu / V.P. Hrymanenko, Yu.O. Zarubin, V.M. Doroshenko ta in. – Kyiv: DP «Naukanaftohaz Ukrainy», 2014. – 456 s.

- 6 Kotskulych Ya.S. Burovi promyvni ridyny: pidruchnyk / Ya.S.Kotskulych, M.I. Orynychak, M.M. Orynychak. – Ivano-Frankivsk: Fakel, 2008. – 500 s.
- 7 Mysliuk M.A. Burinnia sverdlovyn: Dovidnyk. U 5t. Tom 2 – Promyvannia sverdlovyn. Vidrobka dolit / M.A. Mysliuk, I.I. Rybchych, R.S. Yaremiichuk. – Kyiv: Interpres LTD, 2002. – 303 s.
- 8 Kvashnin H.P. Tekhnologiiia vskrytiia i osvoeniia vodonosnykh plastov / H.P. Kvashnin. – Moskva: Nedra, 1987. – 247 s.
- 9 Bashkatov D.N. Progresyvnaia tekhnolohiia bureniia hidrogeologicheskikh skvazhin / D.N. Bashkatov, A.V. Ankov, A.M. Kolomiets. – Moskva: Nedra, 1992.
- 10 Yaremiichuk R.S. Osvoiennia ta doslidzhennia sverdlovyn / Yaremiichuk R.S., Voznyi V.R. – Lviv, 1994. – 90 s.
- 11 Oil production increase due to formation stimulation with the help of mechanical oscillations train / Bazhaluk Y.M. 1, Karpash O.M., Klymyshyn Y.D., Gutak A.I., Hudin N.V. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.
- 12 Robochyi proekt № 32-03 na budivnytstvo uchbovoi sverdlovyny dlia "Navchalnoho naukovodoslidnoho tsentru zapobihannia hazonaftovykydiv". Kharkiv, 2003.
- 13 Horbachev Yu.I. Fiziko-khimicheskie osnovy ultrazvukovoi ochistki prizaboinoi zony neftianykh skvazhin // NTV „Karotazhnik”. – Tver: HERS. 1999. Vyp.57.
- 14 Krutin V.N. Mekhanizm akusticheskoi intensifikatsii pritokov nefti iz produktivnykh plastov // NTV „Karotazhnik”. – Tver: HERS. 1998. Vyp.42.
- 15 Gorbachev Yu.I. Akusticheskoe vozdeistvie i povyshenie rentabel'nosti razra-botki neftianykh mestorozhdenii (Acoustic impact and improving profitability of oil field development), Karotazhnik, 2000, Issue 60, pp. 55 – 67.
- 16 Babaian, E. V. Burovyte tekhnologii / E. V. Babaian.- 2-e izd., dop. – Krasnodar: Sovet. Kuban, 2009. 896 s.
- 17 Furman V.V. Osnovy heofizyky / V.V. Furman, Yu.M. Vikhot, O.M. Pavliuk. – Lviv, 2016.
- 18 Adamenko Ya.O. Osnovni pryntsypy organizatsii systemy ekologichnogo monitoryngu dovkillya u mezhah terytorii naftogazovykh promysliv Bogorodchanskogo raionu / Adamenko Ya.O., Mandryk O.M., Znak M.S., Lopushnyak Ya.I. // Ekologichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. – Ivano-Frankivsk: Symfoniya forte, 2010. #1. – S. 5-11.
- 19 Otchet o nauchno-issledovatel'skoi rabote “Issledovanie spektralnykh kharakteristik filtratsionnykh shumov v poiystykh sredakh”. – Kazan, 2014.
- 20 Yurev A.V. Nasyshchenie obraztsov polnorazmernogo kerna vodoi v laboratornykh usloviiakh. – Arkhanhelsk: Servernyi (Arkticheskii) federalnyi universitet imeni M. V. Lomonosova, 2017. – T. 17, № 2. – S. 98-103.

Надійшла до редакції 7 вересня 2020 р.