

622.245.422(043)
С 76

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАФТИ І ГАЗУ

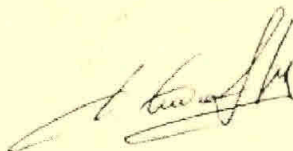
СТАВИЧНИЙ ЄВГЕН МИХАЙЛОВИЧ

422(043)
УДК 622.245 (~~477.52/6~~)

С 76
РОЗРОБЛЕННЯ ТАМПОНАЖНИХ СИСТЕМ ДЛЯ
ЦЕМЕНТУВАННЯ ХЕМОГЕННИХ ВІДКЛАДІВ У СВЕРДЛОВИНАХ
РОДОВИЩ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

05.15.10 – Буріння свердловин

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Івано-Франківськ – 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України



Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Тершак Богдан Андрійович,
ПАТ "Укрнафта", начальник управління контролю
робіт зі споруджування свердловин

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кунцяк Ярослав Васильович,
ПрАТ "НДІКБ бурового інструменту", м. Київ,
генеральний директор

кандидат технічних наук
Лазаренко Олександр Григорович,
ПрАТ "Нафтогазвидобування", м. Полтава,
керівник департаменту з буріння
та свердловинних технологій

Захист дисертації відбудеться "17" березня 2016 р. о 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої ради Д.20.052.02 при Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "15" лютого 2016 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент

І.М. Ковбасюк

АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. За геологічною будовою Україна належить до одного із найперспективніших регіонів для пошуків та видобування вуглеводнів на великих та надвеликих (4,5 – 8 км) глибинах. Зокрема, дослідження академіка НАН України О.Ю. Лукіна та його школи вказують на потужний вуглеводневий потенціал надглибоких надр та доцільність буріння в основному нафтопромислового регіоні нашої країни – Дніпровсько-Донецькій западині (ДДЗ). Споруджування свердловин на підсолеві відклади при таких глибинах передбачає проходження хомогенних відкладів.

За неналежної якості цементування через складні гірничо-геологічні умови, зокрема наявності двох поверхів соленосних товщ, серед яких калій-магнієві сольові породи (КМСП), виникає порушення цілісності стовбура, що, за певних обставин, може призвести до руйнування системи кріплення та ліквідації свердловини.

Таким чином, проблема якісного цементування хомогенних відкладів, від якості та успішності проведення якого буде залежати надійність свердловини як інженерної споруди, є актуальною, а її розв'язання потребує вирішення комплексу задач, серед яких пріоритетними є розроблення та ефективне застосування композиційних тампонажних систем, здатних забезпечити надійне та довговічне кріплення свердловини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота безпосередньо пов'язана з пріоритетним напрямком досліджень Науково-дослідного і проектного інституту (НДПІ) ПАТ "Укрнафта" і є складовою частиною дослідницьких робіт, виконаних за наряд-замовленнями № 230811 та № 830811 "Розроблення нових і модифікованих буферних рідин для цементування свердловин", № 100832 "Аналіз існуючих та розроблення нових тампонажних систем з підвищеними ізолюючими властивостями для цементування свердловин у складних гірничо-геологічних умовах"; № 103530 "Дослідно-промислове випробування тампонажних матеріалів виробництва ТОВ "Спецбудконструкція"; № 340811, № 340821, № 340831 "Надання науково-практичної допомоги Полтавському ТУ під час цементування свердловин та установаження цементних мостів у складних геологічних умовах".

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення надійності кріплення свердловин за наявності хомогенних відкладів на прикладі родовищ ДДЗ шляхом розроблення сучасних композиційних тампонажних систем, модифікованих поліфункціональними добавками, та удосконалення технології їх промислового застосування.

Досягненню поставленої мети сприяло вирішення таких основних задач дослідження:

1. Окреслити вимоги до тампонажних систем з урахуванням особливостей споруджування свердловин у хомогенних відкладах родовищ ДДЗ та обґрунтувати вибір базових матеріалів і поліфункціональних модифікаторів.

ар 2558 - ар 2559

2. Розробити тампонажну суміш для надійного кріплення хомогенних відкладів.

3. Розробити високоефективну буферну суміш для цементування обсадних колон.

4. Дослідити особливості структуроутворення композиційних тампонажних систем, модифікованих сучасними поліфункціональними добавками, в умовах їх застосування.

5. Розробити технологію приготування й апробації композиційних тампонажних систем під час цементування свердловин, а також провести промислові випробування під час кріплення свердловин.

Об'єктом дослідження є композиційні тампонажні та буферні суміші, а також технологія їх промислового використання для цементування свердловин.

Предметом дослідження є кінетика гідратації та технологічні властивості композиційних тампонажних систем.

Методи дослідження. Компонентний склад та рецептуру тампонажних і буферних сумішей обґрунтовано застосування сучасних методів аналітичних та експериментальних досліджень шляхом використання математичного моделювання, методик досліджень, приладів і матеріалів.

Достовірність отриманих результатів підтверджено даними промислових випробувань.

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі:

1. Вивчено особливості залягання хомогенних відкладів та структуру керна Кобзівського родовища ДДЗ.

2. Вперше досліджено мікроструктуру цементного каменю, сформованого у свердловинах, що розкрили хомогенні відклади.

3. Вперше розроблено композиційні тампонажні суміші для кріплення хомогенних відкладів родовищ ДДЗ та досліджено особливості їх структуроутворення в умовах застосування.

4. Одержано подальший розвиток напрацювань для використання сучасних поліфункціональних добавок у композиційній тампонажній суміші, що дозволяють забезпечити кероване структуроутворення та синтез цементного каменю в умовах кріплення свердловини.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблено корозійностійку розширну тампонажну суміш з пониженою водовіддачею (КРТМ-ПВ), модифіковану поліфункціональними добавками, для цементування хомогенних відкладів родовищ ДДЗ.

2. Розроблено композиційну стабілізовану буферну суміш (СБС) для цементування обсадних колон під час споруджування свердловин.

3. Розроблено технологію промислового виготовлення та застосування композиційних тампонажних систем для цементування свердловин. У співавторстві розроблено нормативні документи: ТУ У 23.2-32571045-002:2012 "Суміші сухі буферні"; ТУ У 26.6-32571045-001:2011 "Суміші сухі тампонажні". Налагоджено випуск вищезазначених матеріалів на заводі ТОВ "Геліос" (м. Львів).

Станом на 08.2015 р. для потреб галузі виготовлено близько 340 т композиційної тампонажної суміші КРТМ-ПВ і 680 т буферної суміші СБС.

4. Проведено промислову апробацію розробок під час кріплення свердловин в умовах залягання хемогенних відкладів на родовищах НГВУ "Чернігівнафтогаз" та НГВУ "Полтаванафтогаз" ПАТ "Укрнафта", що забезпечило підвищення якості цементування за даними геофізичних досліджень методом акустичної цементометрії від 35 до 78 %. Підтверджений економічний ефект від застосування розробок становить понад 900 тис. грн (у цінах 2013 р.).

Особистий внесок здобувача. Особисто автором проаналізовано промислові дані щодо геолого-технічних та технологічних умов кріплення свердловин для умов родовищ ДДЗ, на основі яких встановлено основні причини неякісного цементування свердловин. Проведено оптимізацію складів тампонажних систем та рецептур тампонажних розчинів і буферних рідин [3], обґрунтовано удосконалення технології цементування хемогенних відкладів [1, 17, 20].

У співпраці з іншими дослідниками обґрунтовано актуальність проблематики та спроектовано наукові ідеї щодо розроблення сучасних тампонажних систем для цементування свердловин у складних гірничо-геологічних умовах [6, 8, 9, 14, 21], проведено теоретичні дослідження пошуку базових матеріалів для тампонажних систем [11, 22], здійснено експериментальні тестування з оцінкою складу матеріалів та методик досліджень [4, 5, 10, 12, 13, 16, 19, 23], проведено узагальнення результатів досліджень [7, 15, 24] та на основі розроблення програм і методик випробувань здійснено промислову апробацію [2, 17, 18].

Апробація результатів дисертації. Основні результати та положення дисертаційної роботи представлено на: 4-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених "Перспективи розвитку нафтогазової галузі" (м. Трускавець – м. Кросно, 2011 р.); 8-й Міжнародній науково-практичній конференції "Наукові дослідження та експеримент "2012" (м. Полтава, 2012 р.); Конференції ПАТ "Хайдельбергцемент" (м. Дніпропетровськ, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі" (м. Івано-Франківськ, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій" (м. Тернопіль, 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції "Перспективи нарощування нафтогазовидобутку у Східних регіонах України" (м. Полтава, 2013 р.); 3-й Західноукраїнській міжнародній науково-практичній конференції "Перспективи нарощування видобутку з родовищ Західних регіонів України" (м. Трускавець, 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції та виставці "Нафтогазова енергетика-2013" (м. Івано-Франківськ, 2013 р.); Міжнародному семінарі "Моделювання та оптимізація композитів" (м. Одеса, 2014 р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Новітні технології використання цеолітових туфів у промисловості" (м. Львів, 2014 р.).

У повному обсязі дисертаційну роботу представлено та обговорено на засіданнях кафедри буріння нафтових і газових свердловин Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (червень та листопад 2014 р.)

та розширеному науковому семінарі (липень 2015 р., розпорядження ІФНТУНГ № 161 від 30.06.2015 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 24 наукові праці: сім статей у фахових виданнях, з них шість – у наукометричних виданнях (у т.ч. одна стаття – на іноземній мові); вісім – матеріалів Міжнародних конференцій (з них, за результатами конференцій, одна стаття – на іноземній мові); у співавторстві одержано дев'ять патентів України на корисну модель. При цьому, чотири наукові праці опубліковано одноосібно.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, основної частини (чотирьох розділів), висновків, п'ятих додатків, списку використаної літератури (173 найменування). Матеріали дисертації викладено на 198 сторінках, містять 41 таблицю, 58 рисунків.

Автор щиро вдячний колективу НДПІ ПАТ "Укрнафта", буровикам ПАТ "Укрнафта", ДК "Укргазвидобування", співробітникам ТОВ "Геліус" (м. Львів), а також д.т.н., проф. НУ "Львівська Політехніка" Х.С. Соболю за сприяння і допомогу у виконанні досліджень та промислових випробувань.

Особисто автор висловлює глибоку подяку науковому керівнику кандидату технічних наук, доценту Тершаку Богдану Андрійовичу за керівництво, постійну увагу та цінні поради при виконанні дисертаційної роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, відображено наукове та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі охарактеризовано особливості споруджування свердловин на родовищах ДДЗ, розглянуто досвід та проаналізовано відомі техніко-технологічні рішення їх кріплення.

Споруджування свердловин на девонський, кам'яновугільний, нижньопермський нафтогазоносні комплекси передбачає проходження різноманітних за потужністю та складом хомогенних відкладів та супроводжується порушеннями цілісності стовбура, що створює передумови виникнення деформації обсадних труб, пошкодження системи кріплення та економічно необґрунтованої ліквідації свердловин. Зокрема, впродовж 2000 – 2011 рр. це зафіксовано у 34 свердловинах, а затрати часу на їх ліквідацію склали 75819,6 год. Слід зазначити, що кріплення свердловин є однією з найбільш матеріало- і енергомістких операцій, на яку припадає від 12 до 30 % загальної вартості буріння, а кінцевий результат визначає здатність надійного функціонування свердловини як інженерної споруди.

Дослідженням питань забезпечення надійного кріплення свердловин у хомогенних відкладах, а також розробленню композиційних матеріалів, зокрема цементу, для споруджування складних інженерних об'єктів присвячено роботи Архименка В.Е., Ашраф'яна М.О., Бабушкіна В.І., Баженова Ю.М., Бакшутова В.С., Бережного А.І., Боженова П.І., Бойкова О.І., Буднікова П.П., Булатова А.І., Бутта Ю.М., Вислобицького П.А., Волженського О.В., Гоц В.І.,

Глуховського В.Д., Горського В.Ф., Гребенникова М.П., Данюшевського В.С., Дона С.Н., Єремеева Ю.А., Канцєпольського І.С., Коцкулича Я.С., Кравченко І.В., Криха Б.В., Кривенко П.В., Круглицького М.М., Круглицької В.Я., Куатбаєва К.Н., Кузнєцової Т.В., Лєонова Е.Г., Лубана В.З., Маріампольського Н.А., Мрозєка Є.Р., Мухіна Л.К., Мчєдлова-Петросяна О.П., М'яєнікова О.А., Навроцького Б.І., Новохатського Д.Ф., Овчинникова В.П., Пашенко О.О., Плугіна А.Н., Пушкарьова К.К., Ратінова В.Б., Ребіндера М.О., Рунової Р.Ф., Рябової Л.І., Саницького М.А., Свідєрського В.А., Семєничева Г.А., Сєрбіна В.П., Сичова М.М., Стрільця Г.А., Сєбєль Х.С., Сєлєдкого С.Й., Тимашєва В.В., Тихонова В.А., Тіткова Н.І., Ушєрова-Маршак О.В., Філатова Б.С., Чернявського В.Л., Шпинєвої Л.Г., Юнга В.М. та інших.

Зазначені дослідники акцентують увагу на тому, що вирішення цієї складної проблеми неможливе без врахування усіх особливостей споруджування та експлуатації інженерної споруди та застосування високоякісних ізолюючих матеріалів як визначальних чинників створення надійного об'єкта.

Типові ж, відповідно до ДСТУ Б В. 2.7-88-99 "Портландцементи тампонажні. Технічні умови", матеріали не регламентуються вимогами до водоутримуючої здатності, реологічних властивостей тампонажного розчину, фізико-механічних, зокрема теплофізичних властивостей, проникності та корозійної стійкості цементного каменю.

Враховуючи особливості геологічної будови родовищ ДДЗ, зокрема наявність корозійно-активного середовища, хємогенних відкладів, схильних до деформацій, для забезпечення ефективного споруджування та експлуатації свердловин визначено необхідність застосування інноваційних технологічних рішень, насамперед із розроблення та застосування композиційних тампонажних матеріалів та буферних систем як визначальну передумову формування якісного та надійного ізоляційного кільця.

У другому розділі наведено методи аналітичного аналізу та експериментальних досліджень, описано основні методики фізико-механічних випробувань та методи фізико-хімічного аналізу.

З метою уточнення первинної інформації щодо особливостей геологічної будови хємогенних відкладів ДДЗ, зокрема найбільш складного за будовою та потенційно привабливого за запасами вуглеводнів Кобзівського родовища зі свердловини № 20 отримано та вивчено kern з інтервалу 2198 – 2231 м. Встановлено, що структура хємогенних відкладів цього родовища неоднорідна та представлена конгломератами бішофіту, карналіту, кізєриту та галіту, що є типовим для більшості родовищ ДДЗ. На деяких, зокрема Ярошівському, зазначені конгломерати перемежуються засоленими глинами, а також наявні прошарки високопроникних порід (пористість до 23 % і проникність до $5 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$).

Застосуванням сучасних методів геофізичних досліджень встановлено, що найвища інтенсивність каверноутворення під час спорудження свердловин спостєрігається навпроти КМСП. Саме тут зафіксовано формування асиметричних каверн з розмірами, які не піддаються визначенню.

Якщо такі ділянки не будуть своєчасно та надійно зацементовані, в

подальшому деформація хомогенних відкладів може спричинити порушення цілісності обсадної колони.

Під час кріплення хомогенних відкладів на родовищах ДДЗ традиційно застосовують суміш цементу ПЦТ І-100 із модифікуючою домішкою тампонажного розчину (МДТР) (ДК "Укргазвидобування") або шамотним пилом (ШП) (ПАТ "Укрнафта"). Рідина замішування – мінералізована вода. Дисперсійне середовище таких тампонажних суспензій активно взаємодіє із хомогенними відкладами, насамперед з кайнітом ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 2,75H_2O$), полігалітом ($K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$), лангбейнітом ($K_2Mg_2[SO_4]_3$) та кізеритом ($MgSO_4 \cdot H_2O$), руйнуючи кристалічну решітку вказаних мінералів та акселеруючи порушення цілісності стовбура КМСП.

За результатами дослідження зразків цементного каменю, відібраних у свердловинах 55-Ярошівська, 52-Росільнянська, 122-Лесяківська та 4-Лисовицька встановлено, що останні за фазовим складом та структурою суттєво відрізняються від базового тампонажного цементу ПЦТ І-100 і містять від 40 % до 60 % бурового розчину (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльний компонентний склад матеріалів

Свердловина/ тип матеріалу	Компонентний склад матеріалу										
	CaO	BaO	SiO ₂	SO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	Інші
55-Ярошівська	30,05	30,7	14,95	15,4	3,04	3,35	0,43	0,19	0,21	0,18	1,5
52-Росільнянська	32,27	28,1	14,36	15,93	2,94	3,12	0,33	0,17	0,192	0,176	2,412
122-Лесяківська	31,32	28,8	14,2	16,5	3,01	3,1	0,3	0,21	0,189	0,169	2,202
4-Лисовицька	44,6	16,8	16,21	13,2	3,12	3,74	0,424	0,326	0,186	0,163	1,231
Контрольний зразок ПЦТ І-100	64,9	–	20,75	2,97	3,63	5,14	0,684	0,388	0,215	0,26	1,063

Зокрема, камінь зі свердловини 55-Ярошівська містить меншу кількість CaO (замість 64,9 % лише 30,05 %), SiO₂ (замість 20,75 % лише 14,95 %) та Al₂O₃ (замість 5,14 % лише 3,35 %). У той же час у камені додатково з'явився BaO (30,7 %) та збільшився вміст SO₃ від 2,97 % до 15,4 %, що вказує на присутність баритового обважнювача та бурового розчину. Коефіцієнт насичення цього цементу становить 0,56, що у 1,69 раза нижче, ніж у контрольного взірця (0,947). Такий цементний камінь не здатний забезпечити необхідного експлуатаційного рівня надійності кріплення свердловини як інженерної споруди.

Показано, що традиційні тампонажні матеріали, маючи незадовільну стабільність та високу фільтрацію (400 і більше см³ за 30 хв), сприяють виникненню ускладнень. Зокрема, втрата тампонажною суспензією більше 20 % рідини замішування через відфільтровування дисперсійного середовища у високопроникні пісковики, що трапилось під час цементування проміжної колони

у свердловині 55-Ярошівська, призвела до некерованого структуроутворення такого цементу.

Під час буріння та експлуатації свердловини температура в пристовбурній зоні ділянки хомогенних відкладів може зростати як за рахунок гідратації цементу, яка супроводжується тепловиділенням, так і під час виконання низки технологічних операцій. Екзотермічні ефекти під час гідратації безпосередньо пов'язані з кінетикою процесу, від якої безпосередньо залежить швидкість твердіння та динаміка набору ранньої міцності каменю. Показано, що згадані ефекти здатні вплинути на цілісність хомогенних відкладів як за рахунок зміни розчинності солей, так і динаміки тиску в гідравлічно-замкнених зонах. Мінімізувати температурні впливи на хомогенні відклади під час виконання у свердловинах технологічних операцій можна за рахунок зменшення теплопровідності каменю.

Запропоновано враховувати теплофізичні властивості тампонажних матеріалів під час вибору тампонажних систем для кріплення хомогенних відкладів.

Особливості геологічної будови хомогенних відкладів родовищ ДДЗ вимагають застосування тампонажних матеріалів, здатних працювати в корозійно-активних середовищах, зокрема пластової води, насиченої полівалентними металами, хлористого та сірчанокислого магнію.

За результатами дослідження встановлено, що для тампонажних систем на основі цементу ПЦТ І-100 найбільш небезпечною виявилась саме магnezіальна корозія (рис. 1, а). У структурі взірців, що перебували у середовищі $MgSO_4$, спостерігаються пори і тріщини, заповнені аморфним пухким осадом $Mg(OH)_2$ з великою кількістю довгих витягнутих кристалів естрингіту. Утворення в порах каменю представлених рихлою масою, не здатною перешкоджати дифузії іонів Ca^{2+} з глибинних шарів до поверхні (рис. 1, б). Зі зменшенням концентрації $Ca(OH)_2$ починають руйнуватися високоосновні гідросилікати та гідроалюмінати кальцію, що і призводить до втрати експлуатаційних характеристик матеріалу. За вмісту солей магнію більше 4,5 – 5,0 г/л деструкція триває аж до розкладу гідросилікатів та повної деградабельності матеріалу.

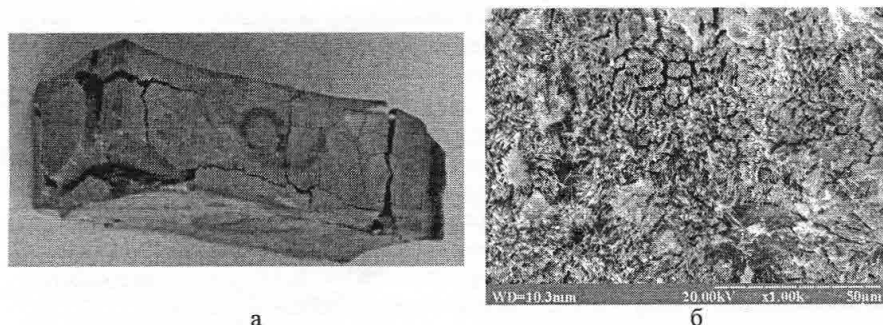


Рисунок 1 – Характер руйнування взірця каменю на основі ПЦТ І-100 (а) і його мікроструктура (б) у середовищі $MgSO_4$

Зазначені дослідження добре корелюються з даними рентгено-фазового аналізу. На дифрактограмах взірців, що перебували в сульфатно-магнієвому середовищі, зафіксовано лінії бруситу $Mg(OH)_2$, а також прискорене утворення фаз гідротальцитового типу: твердих розчинів $Mg(OH)_2$ з Al^{3+} , Fe^{3+} та гіпсу, які зазвичай сприяють руйнуванню високоосновних гідросилікатів та гідроалюмініатів кальцію.

Виконані дослідження дозволили зробити висновок про те, що тампонажні матеріали, які традиційно використовуються для цементування хомогенних відкладів родовищ ДДЗ, за своїми технологічними та експлуатаційними властивостями не відповідають умовам застосування.

Окреслено наступні вимоги до тампонажних систем для цементування хомогенних відкладів нафтогазових родовищ ДДЗ.

1. Тампонажний розчин і цементний камінь повинні володіти:

– високою стабільністю, мінімальним тепловиділенням суспензії під час гідратації, низькою теплопровідністю, мінімальною проникністю та достатньою корозійною стійкістю цементного каменю;

– керованим структуроутворенням з інтенсивною кінетикою ранньої міцності.

2. Буферна рідина повинна забезпечити ефективне розділення технологічних рідин при цементуванні, володіти відмивальними властивостями, що є основою формування якісного ізоляційного кільця, а також бути зручною у застосуванні.

3. Обидва матеріали повинні відповідати вимогам інноваційного принципу "тандему технологій", де у рамках однієї системи (бурового, буферного або тампонажного розчину) складові реагенти повинні доповнювати один одного, підвищувати ефективність дії та знижувати витрату у разі їх сумісного використання, а також збільшувати ефективність від застосування.

У третьому розділі охарактеризовано матеріали для розроблення композиційних тампонажних систем, проведено планування експериментальних досліджень із проектування складу КРТМ-ПВ та буферної суміші СБС, а також вивчено технологічні та експлуатаційні властивості зазначених систем.

Проектування композиційного тампонажного матеріалу КРТМ-ПВ та СБС проведено із застосуванням методу ортогонального центрально-композиційного планування, що дозволило оптимізувати кількість експериментів, упорядкувати пошук оптимальних умов, отримати математичну модель об'єкта дослідження. Як приклад, ізопараметричні поверхні та діаграми зміни розтічності та міцнісних характеристик тампонажного матеріалу КРТМ-ПВ (рис. 2, а і б) показують можливість проектування складу тампонажного матеріалу з умови забезпечення необхідних параметрів тампонажної суспензії та цементного каменю на її основі.

Компонентний склад КРТМ-ПВ передбачає: базову суміш ТС-100 в кількості 79,2 м.ч., шамотний пил – 19,8 м.ч., армуючу домішку – 0,04 м.ч., метасилікат натрію (МСН) – 1 м.ч., стабілізатор Walocell – 0,15 м.ч., пластифікатор полікарбоксілатного типу – 0,2 м.ч. та піногасник DELFOAM – 0,2 м.ч.

Дослідження технологічних властивостей тампонажного розчину на основі КРТМ-ПВ виконано при статичній температурі 60 °С та максимальному вибієному тиску 45 МПа за показниками, наведеними в табл. 2.

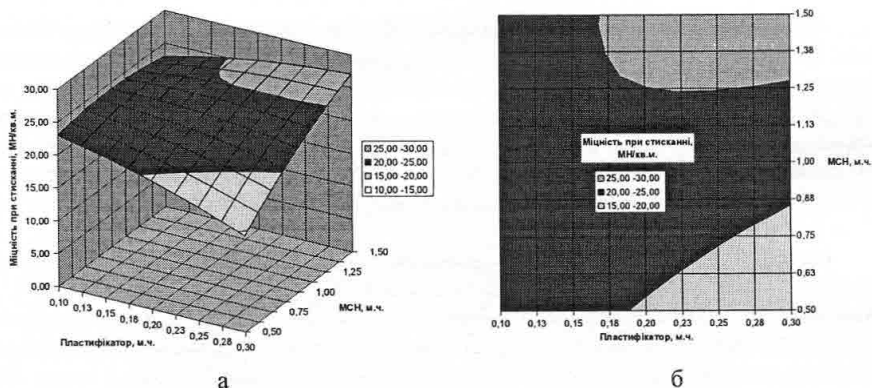


Рисунок 2 – Ізопараметричні поверхні (а) та діаграми (б) зміни міцності при стисканні КРТМ-ПВ

Таблиця 2 – Рецептура тампонажного розчину та його параметри для умов цементування 245 мм колони у свердловинах Ярошівського родовища

Назва показника	КРТМ-ПВ – 100 м.ч. НТФК – 0,08 м.ч. В/С (1120 кг/м ³) – 0,52	
	значення показника	
Густина цементного розчину, кг/м ³	1810	
Розтічність цементного тіста, мм	220	
Водовідділення, мл	0	
Водовіддача, см ³ /30 хв	36	
Час загуснення до 30 одиниць Бердена, год-хв	5-10	
Терміни тужавлення, год-хв, (початок / кінець)	6-50 / 7-45	
Міцність цементного каменю, МН/м ² , у віці однієї доби	при вигинанні	5,2
	при стисканні	13,6*) 14,2
Міцність цементного каменю, МН/м ² , у віці двох діб	при вигинанні	7,02
	при стисканні	20,6
Міцність цементного каменю, МН/м ² , у віці двох діб ("Пульсар")	19,9	
Розширення, %	0,6	
Проникність, 10 ⁻¹⁵ м ²	0,0127	
Тепловиділення, кДж/кг	122	
Адгезія, МН/м ²	1,8	
Коефіцієнт крихкості	2,93	
Коефіцієнт корозійної стійкості	1,0 – 1,09	

*) – міцність цементного каменю на основі КРТМ-ПВ у віці однієї доби, тестована USA

Запроектований КРТМ-ПВ (табл. 2) за основними технологічними властивостями характеризується покращеними структурно-реологічними властивостями, нульовим водовідділенням та регламентованою водовіддачею, що за 30 хв становить 36 см^3 . Камінь володіє підвищеними міцнісними характеристиками, що у віці двох діб на 67 % і на 30 % переважає міцність при вигинанні цементного каменю свердловин № 55 та № 36, підвищеною адгезією (від 1,5 до 2 разів), пониженою крихкістю (від 5,5 % до 11 %) та проникністю (від 7 до 9,5 раза).

Методом диференціальної мікрокалориметрії встановлено, що залежно від терміну структуроутворення тепловиділення базового в'язучого ТС-100 є нижчим, ніж для цементу ПЦТ І-100 від 90 % до 41 % (рис. 3, а). Динаміка тепловиділення обумовлена тим, що цементи з високим вмістом трикальцієвого силікату і алюмінату, до яких належить останній, виділяють більше тепла, ніж композиційні матеріали з високим вмістом двокальцієвого силікату і чотирикальцієвого алюмофериту. Термін формування просторової кристалізаційної структури з гідросилікатів кальцію співставимий з періодом найбільшої інтенсивності тепловиділення цементу під час гідратації.

На розробленій автором установці досліджено особливості поширення температурного поля та теплоізоляційні властивості тампонажних матеріалів за різної кавернозності стовбура свердловини (рис. 3, б). Встановлено, що розроблена композиція КРТМ-ПВ за цим показником переважає відомі аналоги від 1,33 до 7,5 раза.

Зокрема, при коефіцієнті кавернозності 1,6 теплоізоляційні властивості цементного каменю з КРТМ-ПВ переважають суміші ПЦТ І-100+ШП та ПЦТ І-100+МДТР відповідно у 1,41 та 3,06 раза. Це створює передумови для зменшення теплового впливу технологічних операцій на стан хомогенних відкладів.

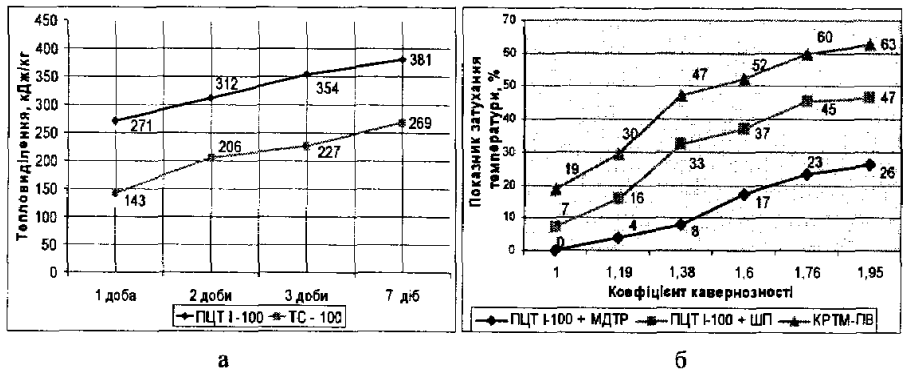


Рисунок 3 – Кінетика тепловиділення тампонажних матеріалів (а) та ізоляційні характеристики матеріалів за показником затухання температури (б)

Встановлено, що частка тепла, локалізована структурою каменю КРТМ-ПВ, становить 71 %, а наявними армувальними волокнами – 29 %.

Дослідження деградабельності КРТМ-ПВ у агресивних середовищах показали його перевагу над відомими аналогами (рис. 4). Коефіцієнт корозійної стійкості каменю із КРТМ-ПВ у трьох різних середовищах коливається від 1,0 до 1,09.

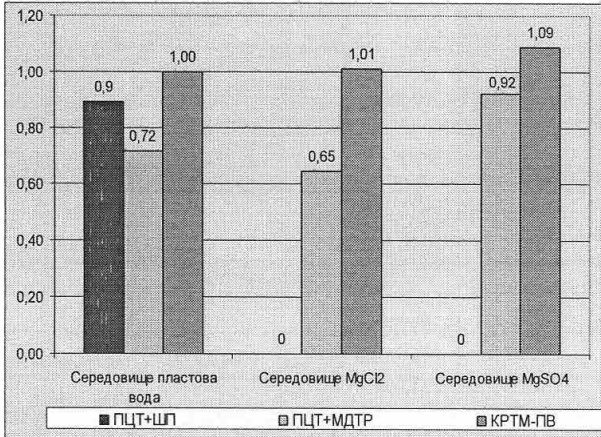


Рисунок 4 – Коефіцієнт корозійної стійкості тампонажних матеріалів

У найбільш агресивному сульфатно-магнієвому середовищі корозії цементного каменю з КРТМ-ПВ впродовж одного року не виявлено (рис. 5, а). Структура каменю досить щільна, покрита полідисперсними кристалогідратами у вигляді голчастих або пластинчастих кристалів (рис. 5, б). Характерною є присутність високоосновних гідросилікатів кальцію, гідрогеленіту, гідроалюмінату кальцію і гідроксиду кальцію. Фазовий склад продуктів гідратації представлений гідратними фазами гідрогеленіту C_2ASH_8 ($d/n = 2,86$), гексагональними гідроалюмінатами кальцію C_4AH_{13} ($d/n = 2,45; 7,90$), утворенням високоосновних гідросилікатів C_3SH_2 ($d/n = 2,33; 2,99$), $C_2S_3H_2$ ($d/n = 9,79; 4,10; 3,31$) та гідрогранатів змінного складу ($d/n = 2,71; 2,80$).

Виконаними дослідженнями доказано, що композиційний тампонажний матеріал КРТМ-ПВ відповідає умовам кріплення хомогенних відкладів родовищ ДДЗ.

Показано можливість ефективного застосування КРТМ-ПВ під час первинного та повторного цементування свердловин за температур до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для забезпечення якісного заповнення кільцевого простору свердловини тампонажним цементом розроблено буферну суміш СБС, композиційно спроектовану з урахуванням особливостей споруджування свердловин нафтогазових родовищ України та дотриманням вимог принципу "тандему технологій".

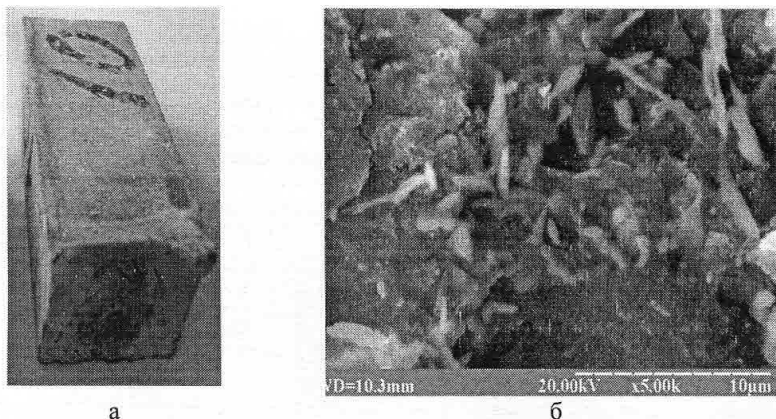


Рисунок 5 – Взірець цементного каменю КРТМ-ПВ (а) і його мікроструктура (б) у середовищі $MgSO_4$

Буферна суміш містить золу виносення теплоелектростанцій 65 м.ч., армуючу домішку – 0,1 м.ч., піногасник DELFOAM – 0,15 м.ч., полімерний реагент на основі метилгідроксietилцелюлози Walocell – 0,2 м.ч., кварцовий пісок – 35 м.ч. СБС характеризується високою стабільністю при розтічності 220 мм, нульовому водовідділенні та низькій водовіддачі (9 см^3 за 30 хв).

Четвертий розділ присвячений апробації результатів досліджень.

З метою організації виготовлення та проведення дослідно-промислових випробувань дослідної партії тампонажних систем КРТМ-ПВ (КРТС ПВ) і СБС за участю автора розроблено технічні умови ТУ У 26.6-32571045-001:2011 "Суміші сухі тампонажні" та ТУ У 23.2-32571045-002:2012 "Суміші сухі буферні".

Формування у свердловині гомогенного міцного непроникного цементного каменю серед необхідними технологічними та експлуатаційними властивостями безпосередньо залежить від якості приготування тампонажної суміші. За результатами вивчення досвіду для виготовлення модифікованих композиційних тампонажних систем КРТМ-ПВ (КРТС ПВ) і СБС автором запропоновано адаптувати технологію виробництва сухих будівельних сумішей. Розроблено технологічний регламент приготування сухих тампонажних систем, який містить черговість введення складових компонентів і технологічний режим їх гомогенізації. Промислова апробація такої схеми приготування на ТОВ "Геліос" (м. Львів) показала, що коефіцієнт однорідності приготовлених систем за досліджуваними показниками (густина, розтічність, водовідділення та водовіддача) для КРТМ-ПВ становить від 0,91 до 0,95, а для СБС – в межах 0,88 – 0,99 і перевищує регламентоване значення 0,84.

Автором удосконалено технологію цементування хомогенних відкладів родовищ ДДЗ, яка базується на застосуванні тампонажних систем КРТМ-ПВ та СБС.

Дослідну партію КРТМ-ПВ протестовано на відповідність умовам кріплення свердловин родовищ України. Тампонажний розчин КРТМ-ПВ при густині

1820 кг/м³ і розтічності 230 мм характеризується нульовим водовідділенням, обмеженою водовіддачею (36 см³ за 30 хв). Час загуснення становив 5 год, початок тужавлення – 6 год 30 хв, а кінець – 7 год 45 хв. Цементний камінь має лінійне розширення 0,6 % та міцність при вигинанні та стисканні через 48 год відповідно 8,2 МН/м² та 24,3 МН/м².

З використанням ультразвукового аналізатора цементу UCA компанії OFI Testing Equipment Inc. відповідно до термобаричних умов свердловини № 36-а-Ярошівського родовища досліджено особливості структуроутворення тампонажної суміші КРТМ-ПВ (рис. 6). Встановлено, що набір міцності при стисканні до 1 МН/м² розпочинається у віці 9 год. У віці 10 год міцність зросла до 3 МН/м², а у віці однієї доби становить 20 МН/м².

Кінетика формування міцності цементного каменю на основі розробленого тампонажного матеріалу, його технологічні та експлуатаційні властивості створюють передумови для формування надійного ізоляційного екрану.

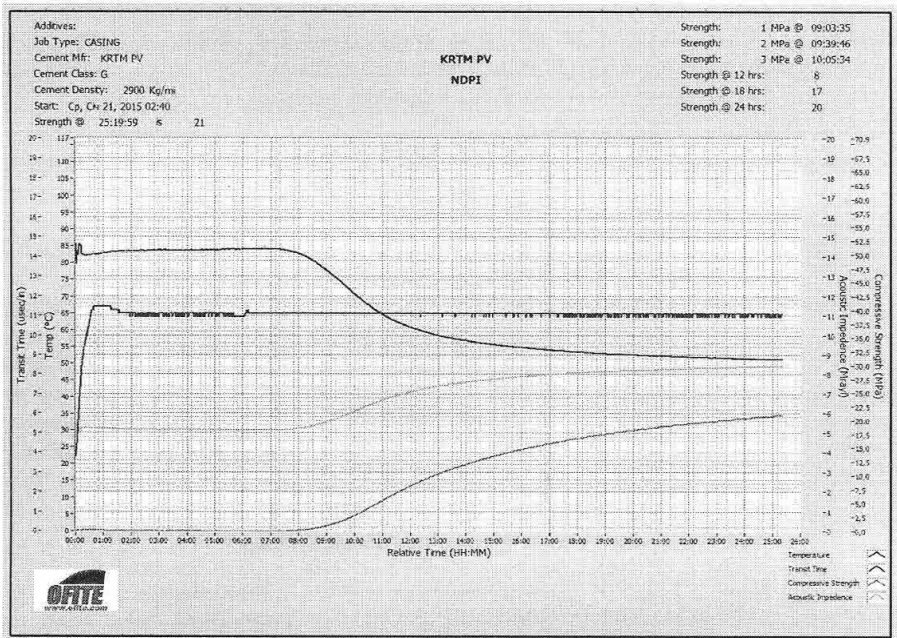


Рисунок 6 – Динаміка набору міцності тампонажної суміші КРТМ-ПВ для умов свердловини 36-а-Ярошівська

Загалом для кріплення хомогенних відкладів на трьох свердловинах родовищ ДДЗ виготовлено та використано 199,4 т КРТМ-ПВ. Крім того, зазначену суміш КРТМ-ПВ в кількості 139,8 т успішно впроваджено під час цементування

чотирьох експлуатаційних колон та установаження трьох цементних мостів на нафтогазових родовищах України.

За результатами геофізичних досліджень методом АКЦ доказано підвищення якості цементування обсадних колон на 35 – 78 %.

Промислове тестування дослідної партії буферної суміші СБС проведено під час цементування I секції 146 мм експлуатаційної колони у свердловині № 202 Північно-Долинського родовища за результатами порівняльного дослідження двох зразків тампонажного розчину. Перший – з осереднювальної ємкості після приготування перед нагнітанням у свердловину. Другий відібрано на усті свердловини одразу після завершення "витіснення" суміші СБС на денну поверхню. Зазначені зразки досліджено рентген-дифрактометричним методом (STOE STADI P "STOE & Cie GmbH", Німеччина) та застосуванням електронної мікроскопії. Встановлено, що обидва зразки практично ідентичні, а тампонажна суміш зі свердловини не містить у собі домішок бурового розчину та шламу. В структурі простежуються щільно упаковані гексагональні пластини гідроксиду кальцію, а також гідратні новоутворення метаміктові складової з низькою пористістю. Тонкі, видовжені кристали високосульфатної форми гідросульфаталюмінату кальцію $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ проростають у структурі, сприяючи кольматації пор та забезпечуючи належну щільність каменю (рис. 7).

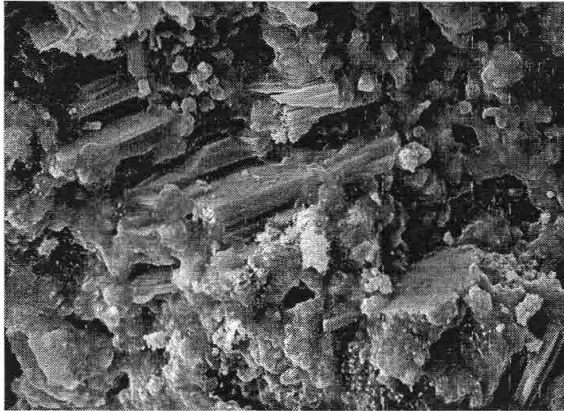


Рисунок 7 – Мікроструктура цементного каменю ($\times 2000$) зі свердловини № 202 Північно-Долинського родовища (зразок № 2)

Розроблену буферну суміш СБС успішно апробовано під час цементування обсадних колон та установаження цементних мостів на родовищах України. Підтверджена економічна ефективність від впровадження 680 т СБС на 42 свердловино-операціях із цементування обсадних колон на родовищах ПАТ "Укрнафта" склала 904,62 тис. грн (у цінах 2013 р).

ВИСНОВКИ

Дисертація є закінченою науково-дослідною роботою, в якій за результатами теоретичних та експериментальних досліджень розв'язано актуальну задачу, спрямовану на підвищення якості цементування свердловин у складних умовах залягання нестійких хомогенних відкладів на прикладі родовищ ДДЗ. Одержано наступні основні висновки.

1. За результатами системного аналізу наявної геолого-промислової інформації показано, що основною причиною порушення цілісності обсадних колон в умовах залягання хомогенних відкладів є їх неякісне цементування.

2. Досліджено структуру ядра з розрізу, складеного хомогенними відкладами Кобзівського родовища ДДЗ, на основі якого та у комплексі з іншими методами ГДС отримано детальну геологічну інформацію про особливості їх залягання і стан стовбура свердловин цього родовища під час первинного розкриття.

3. На основі досліджень мікроструктури цементного каменю, сформованого в умовах свердловин, що розкрили хомогенні відклади КМСП, окреслено додаткові вимоги до тампонажних матеріалів і буферних систем. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено необхідність застосування для цементування хомогенних відкладів родовищ ДДЗ стабілізованих тампонажних розчинів із покращеними (пониженим тепловиділенням та теплопровідністю) теплофізичними властивостями.

4. Розроблено композиційну розширену тампонажну суміш КРТМ-ПВ та стабілізовану буферну суміш СБС. Із застосуванням методу ортогонального центрально-композиційного планування визначено оптимальну кількість модифікуючих добавок у складі зазначених систем. Досліджено особливості формування структури цементного каменю за умов, характерних для хомогенних відкладів ДДЗ. Оцінено вплив агресивних середовищ на корозійну стійкість цементного каменю. Експериментально підтверджено наявність належних технологічних та експлуатаційних властивостей КРТМ-ПВ, що полягають у високій седиментаційній стійкості і стабільності тампонажного розчину, покращених фізико-механічних та теплофізичних властивостях цементного каменю. За результатами досліджень доказано перевагу розробленого матеріалу КРТМ-ПВ над відомими в Україні аналогами.

5. З урахуванням вимог інноваційного принципу "тандему технологій" розроблено композиційну стабілізовану буферну суміш СБС для умов цементування хомогенних відкладів у свердловинах родовищ ДДЗ.

6. Розроблено нормативні документи – технічні умови ТУ У 26.6-32571045-001:2011 "Суміші сухі тампонажні" та ТУ У 23.2-32571045-002:2012 "Суміші сухі буферні".

7. Доказано можливість промислового виготовлення багатокомпонентних композиційних тампонажних сумішей КРТМ-ПВ і СБС за схемою приготування сухих будівельних сумішей, що забезпечує можливість дозованого введення і гомогенізації добавок-модифікаторів та приготування матеріалів відповідно до

гірничо-геологічних і техніко-технологічних особливостей цементування конкретної свердловини. Розроблено технологічний регламент приготування сухих тампонажних систем, адаптований відповідно до технічних можливостей ТОВ "Геліос" (м. Львів). Високу якість приготування матеріалів підтверджено коефіцієнтом однорідності матеріалів, що знаходиться в межах 0,88 – 0,99 і переважає регламентоване значення у 1,05 – 1,18 рази.

8. Удосконалено технологію цементування хомогенних відкладів родовищ ДДЗ, яка базується на застосуванні тампонажних систем КРТМ-ПВ та СБС, успішно апробовану під час цементування свердловин № 105 та № 301 Східнорешетняківського родовища НГВУ "Полтаванафтогаз" та № 36-а Ярошівського родовища НГВУ "Чернігівнафтогаз" ПАТ "Укрнафта". За результатами геофізичних досліджень доказано підвищення якості цементування в хомогенних відкладах обсадних колон за даними АКЦ на 35 – 78 %.

9. За результатами дослідно-промислових випробувань КРТМ-ПВ (КРТС ПВ) і СБС рекомендовано до широкого промислового використання під час кріплення свердловин на родовищах ПАТ "Укрнафта". Підтверджена економічна ефективність від впровадження 680 т СБС на родовищах ПАТ "Укрнафта" становить 904,62 тис. грн у цінах 2013 р.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ставичний Е.М. Опыт крепления скважин в хомогенных отложениях, склонных к пластической деформации (на примере нефтегазовых месторождений Днепрово-Донецкой впадины) / Е.М. Ставичный // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – № 12. – С. 32-37.
2. Ставичний Е.М. Інновації в технології цементування хомогенних відкладів нафтогазових родовищ Дніпрово-Донецької западини / Е.М. Ставичний, Б.А. Тершак, Я.М. Кочкодан // SWORLD: сборник научных трудов. Технические науки. – 2014. – Вып. № 4 (37). – Том 9. – С. 49-58.
3. Ставичний Е.М. Оптимізація складів тампонажних систем / Е.М. Ставичний, // SWORLD: сборник научных трудов. Технические науки. – 2015. – Вып. № 1 (1). – Том 4. – С. 8-12.
4. Tershak B.A. Buffer Plugging Systems / B.A. Tershak, J.M. Stavichny, M.M. Plytus, L.J. Prytula, M.B. Kovalchuk, B.V. Blystiv // SWORLD: сборник научных трудов. Технические науки. – Вып. № 4 (37). – Том 9. – 2014. – С. 62-71.
5. Ставичний Е.М. Відновлення свердловин – перспективний напрям збільшення обсягів видобутку вуглеводнів у Західному районі України / Е.М. Ставичний, М.М. Плитус, Л.Я. Притула, М.Б. Ковальчук // Нафтогазова галузь України. – 2014. – № 6. – С. 3-6.
6. Ставичний Е.М. Досвід спорудження свердловин на Волошківській площі в умовах проявлення текучості калієво-магнієвих солей / Е.М. Ставичний, М.Я. Магун, Р.В. Зіньков // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 4. – С. 34-36.
7. Ставичний Е.М. Ефективні буферні системи – перспективний напрямок підвищення якості цементування свердловин / Е.М. Ставичний, М.М. Плитус,

С.А. П'ятківський, Л.Я. Притула, М.Б. Ковальчук // Буріння. – № 1, 2 (10). – 2013. – С. 80-86.

8. Патент 59963 Україна, МПК E21B 33/138. Буферна рідина / Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Сук Ю.Г., Величко Ю.М.; заявник і патентовласник ВАТ "Укрнафта". – № u201012798; заявл. 28.10.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

9. Патент 68493 Україна, МПК E21B 33/14. Буферна рідина / Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Плитус М.М., Сук Ю.Г.; заявник і патентовласник ПАТ "Укрнафта". – № u201111204; заявл. 20.09.2011; опубл. 26.03.2012, Бюл. № 6.

10. Пат. 70694 Україна, МПК E21B33/128. Стабілізована буферна суміш (СБС) / Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Сук Ю.Г.; заявник і патентовласник ПАТ "Укрнафта"; – № 201113544; заявл. 17.11.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12.

11. Патент 73438 Україна, МПК C09K 8/42. Полегшена тампонажна суміш / Ставичний Є.М., Дригулич П.Г., Тершак Б.А., Плитус М.М., Сук Ю.Г., Соколик В.М.; заявник і патентовласник ПАТ "Укрнафта". – № u201202479; заявл. 01.03.2012; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18.

12. Пат. 79917 Україна, МПК G01N 15/02. Пристрій для визначення відмивальної здатності буферних рідин / Ставичний Є.М., Плитус М.М., Сук Ю.Г., П'ятківський С.А., Притула Л.Я.; заявник і патентовласник ПАТ "Укрнафта". – № u201211447; заявл. 03.10.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.

13. Патент 88637 Україна, МПК E21B 33/138. Розширна полегшена тампонажна суміш / Ставичний Є.М., Плитус М.М., Сук Ю.Г., Величко Ю.М., Ковальчук М.Б.; заявник і патентовласник ПАТ "Укрнафта". – № u201312045; заявл. 14.10.2013; опубл. 25.03.2014, Бюл. № 6.

14. Патент 93800 Україна, МПК E21B 33/138. Розширний тампонажний матеріал для цементування свердловин в умовах впливу сольової агресії / заявники і патентовласники Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Плитус М.М., Притула Л.Я., Ковальчук М.Б.; – № u201405834; заявл. 29.05.2014; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

15. Патент 95230 Україна, МПК E21B 33/138. Стабілізована буферна суміш екрануючої дії (СБС-ЕД) / заявники і патентовласники Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Плитус М.М., Притула Л.Я., Ковальчук М.Б., Блістів Б.В.; – № u201407931; заявл. 14.07.2014; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23.

16. Патент 97119 Україна, МПК E21B 33/138. Розширний тампонажний матеріал для цементування свердловин в умовах впливу сольової агресії (КРТМ-ПВ) / заявники і патентовласники Тершак Б.А., Ставичний Є.М., Плитус М.М., Притула Л.Я., Ковальчук М.Б.; – № u201411721; заявл. 29.10.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.

17. Ставичний Є.М. Удосконалення технології цементування свердловин в умовах залягання нестійких хомогенних відкладів (на прикладі родовищ ДДЗ) / Є.М. Ставичний // Нафтогазова енергетика: тези доповідей Міжнар. наук.-техн. конф., Івано-Франківськ, 7-11 жовтня 2013 р. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – С. 523-525.

18. Тершак Б.А. Підвищення якості цементування свердловини в умовах залягання хомогенних порід, схильних до пластичних деформацій (на прикладі

родовищ ДДЗ) / Б.А. Тершак, Є.М. Ставичний // Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців для нафтогазової галузі: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., Івано-Франківськ, 3-6 жовтня 2012 р. – Івано-Франківськ, 2012. – С. 93-94.

19. Tershak B.A. Buffer plugging systems – advanced direction for natural zeolite application / B.A. Tershak, J.M. Stavichny, M.M. Plytus, L.J. Prytula, M.B. Kovalchuk // Новітні технології використання цеолітових туфів у промисловості: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., 20-22 травня 2014 р. – Львів: Вісник НУ Львівська політехніка, 2014 р. – С. 188-195.

20. Ставичний Є.М. Досвід кріплення свердловин в умовах залягання хомогенних порід застосуванням композиційних матеріалів / Є.М. Ставичний // Моделювання та оптимізація композитів: збірник МОК. Міжнар. семінар, Одеса, 22-23 квітня 2014 р. – Одеса, 2014. – С. 240.

21. Ставичний Є.М. Композиційні тампонажні суміші / Є.М. Ставичний М.Б. Ковальчук, О. Гоцабіна // Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, Тернопіль, 19-20 грудня 2012 р. – Тернопіль, 2012. – С. 48-49.

22. Тершак Б.А. Тампонажні матеріали нового покоління / Б.А. Тершак, Є.М. Ставичний, І.І. Озарко // Наукові дослідження – теорія та експеримент – 2012: матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., Полтава, 28-30 травня 2012 р.: – Т.7. – Полтава: ІнтерГрафіка, 2012. – С. 78-81.

23. Ставичний Є.М. Підвищення якості розмежування продуктивних горизонтів в умовах АВПТ та потенційного виникнення міжколонних тисків / Є.М. Ставичний, М.М. Плитус, С.А. П'ятківський, Л.Я. Притула // Перспективи наרוшування нафтогазовидобутку у Східних регіонах України: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Буріння. – № 5 (9). – 2012. – С. 60-62.

24. Тершак Б.А. Досвід виробництва та використання спеціальних тампонажних сумішей на основі цементу ПАТ "Хайдельбергцемент Україна" для забезпечення надійного кріплення свердловин / Б.А. Тершак, Є.М. Ставичний // Популярно о цементах и бетонах – 2012: матеріали конференції, м. Дніпропетровськ, 18 квітня 2012 р. – 2012. – С. 77-85.

АНОТАЦІЯ

Ставичний Є. М. Розроблення тампонажних систем для цементування хомогенних відкладів у свердловинах родовищ Дніпровсько-Донецької западини. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2016.

Дисертаційну роботу присвячено розробленню тампонажних систем для цементування хомогенних відкладів у свердловинах родовищ ДДЗ з метою підвищення якості та забезпечення надійності кріплення свердловин.

Проаналізовано особливості споруджування свердловин на родовищах ДДЗ та досвід їх кріплення у хомогенних відкладах.

За допомогою сучасних методів аналітичного аналізу та експериментальних досліджень із використанням методів математичного моделювання, методик досліджень, приладів і матеріалів проведено оцінювання базових тампонажних матеріалів та розроблено тампонажні систем для цементування хомогенних відкладів. Обґрунтовано та підтверджено техніко-технологічну доцільність застосування КРТМ-ПВ та СБС для забезпечення якісного цементування нафтогазових свердловин. На основі методики ортогонального центрально-композиційного планування здійснено оптимізацію рецептур КРТМ-ПВ та СБС.

За результатами промислової апробації тампонажних систем КРТМ-ПВ та СБС підтверджено їх технологічну зручність у використанні та адаптованість для цементування обсадних колон, що сприяло підвищенню якості та надійності кріплення свердловин у складних гірничо-геологічних умовах.

Ключові слова: свердловина, тампонажний розчин, цементний камінь, корозійностійкий розширний тампонажний матеріал, стабілізована буферна суміш.

АННОТАЦИЯ

Ставычный Е. М. Разработка тампонажных систем для цементирования хомогенных отложений в скважинах месторождений Днепровско-Донецкой впадины. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.10. – Бурение скважин. – Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск, 2016.

Диссертация посвящена разработке тампонажных систем для цементирования хомогенных отложений в скважинах месторождений ДДВ с целью повышения качества и обеспечения надежности крепления скважин.

Проанализированы особенности сооружения скважин на месторождениях ДДВ и опыт их крепления в хомогенных отложениях. Охарактеризованы известные технико-технологические решения крепления хомогенных отложений месторождений ДДВ.

Проведены исследования kernового материала с целью уточнения исходной информации геологического строения хомогенных отложений на примере Кобзовского месторождения. Отобраны образцы цементного камня, сформированного в условиях скважины, при ликвидации осложнений, а именно во время изъятия зацементированного допускного инструмента и фрагментов обсадной трубы. Исследованиями фазового состава и структуры образцов цементного камня установлено, что они существенно отличаются от базового тампонажного цемента и содержат около 50 % бурового раствора, а коэффициент насыщения такого цемента меньше в 1,69 раза контрольного образца. Сформированный в таких условиях цементный камень не способен обеспечить необходимого эксплуатационного уровня надежности крепления скважины как

инженерного сооружения. Данные исследования дополнительно подтверждены результатами рентгеновского микроанализа.

С помощью современных методов аналитического анализа и экспериментальных исследований с использованием методов математического моделирования, методик исследований, приборов и материалов проведена оценка базовых тампонажных материалов и разработаны тампонажные системы для цементирования хемогенных отложений. Обоснована и подтверждена технико-технологическая целесообразность применения тампонажных и буферных смесей КРТМ-ПВ и СБС для обеспечения качественного цементирования нефтегазовых скважин. На базе методики ортогонального центрально-композиционного планирования осуществлена оптимизация рецептур КРТМ-ПВ и СБС. Исследовано влияние полифункциональных добавок на свойства разработанных систем.

Экспериментально подтверждено наличие высоких технологических и эксплуатационных свойств КРТМ-ПВ, заключающиеся в высокой седиментационной устойчивости и стабильности тампонажного раствора, улучшенных физико-механических и теплофизических свойствах цементного камня. На базе тестирований установлено соответствие КРТМ-ПВ и СБС условиям цементирования скважин в сложных горно-геологических условиях.

В соавторстве разработаны нормативные документы – технические условия ТУ У 26.6-32571045-001:2011 "Суміші сухі тампонажні" (Смеси сухие тампонажные) и ТУ У 23.2-32571045-002:2012 "Суміші сухі буферні" (Смеси сухие буферные).

Разработана и подтверждена возможность промышленного изготовления многокомпонентных композиционных тампонажных смесей КРТМ-ПВ и СБС, что обеспечивает возможность дозированного внесения и гомогенизации добавок-модификаторов и приготовление материалов в соответствии с горно-геологическими и технико-технологическими особенностями цементирования скважин. Высокое качество приготовления материалов подтверждено коэффициентом однородности материалов, который находится в пределах 0,88 – 0,99 и превышает регламентированное значение в 1,05 – 1,18 раза.

По результатам промышленной апробации тампонажных систем КРТМ-ПВ и СБС подтверждено их технологическое удобство в использовании и адаптация для цементирования обсадных колонн, способствующие повышению качества и надежности крепления скважин в сложных горно-геологических условиях.

Разработанные тампонажные системы КРТМ-ПВ и СБС внедрены в производство и рекомендованы для широкого промышленного применения при креплении скважин.

Ключевые слова: скважина, тампонажный раствор, цементный камень, коррозионностойкий расширяющий тампонажный материал, стабилизированная буферная смесь.

ABSTRACT

Stavychnyy Ye. M. Development of plugging systems for chemical deposits cementing in the wells of Dniepro-Donets Basin fields. – As manuscript.

Thesis of the Candidate's Technical Sciences degree in engineering according to speciality 05.15.10 – Well drilling. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2016.

The thesis is devoted to the development of plugging systems for chemical deposits cementing in the wells of Dniepro-Donets Basin fields to improve the quality and reliability of well casing.

The features of well construction in the fields of Dniepro-Donets Basin and the experience of well casing in chemical deposits have been studied.

Basic plugging materials have been assessed and plugging systems for chemical deposits cementing have been developed with the help of modern methods of analytical analysis and experimental studies using mathematical modelling methods, research methods, devices and materials. Technical and technological application efficiency of KRTM-PV and SBS have been substantiated and confirmed to provide quality cementing of oil and gas wells. Formulations of KRTM-PV and SBS have been optimized on the basis of orthogonal central composite planning.

According to the results of practical testing of cementing systems KRTM-PV and SBS, their technological usability and adaptation for casing cementing contributing to the quality and reliability of well casing in complex geological conditions have been proved.

Key words: well, plugging slurry, cement stone, corrosion-resistant reaming plugging material, stabilized buffering mixture.