

УДК 666.96; 691.54

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК, ЯК КОМПОНЕНТІВ СУЧАСНИХ ТАМПОНАЖНИХ МАТЕРІАЛІВ

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК, КАК КОМПОНЕНТОВ СОВРЕМЕННЫХ ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ADVANTAGES OF MINERAL ADDITIVES, AS A COMPONENT OF MODERN GROUTING MATERIALS

Соболь Х. С., д.т.н., профессор, Бліхарський З.Я., д.т.н., професор, Терлига В. С., к.т.н., асистент, (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів), Ковальчук М.Б., аспірант (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ)

Соболь Х. С., д.т.н., профессор, Бліхарський З.Я., д.т.н., профессор, Терлыга В.С., к.т.н., ассистент, (Национальный университет «Львовская политехника », г. Львов), Ковальчук М.Б., аспирант (Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск)

Sobol H. S., doctor of technical sciences, professor, Bliharisky Z.Y., doctor of technical sciences, professor, Terlyga V.S, candidate of technical science, Assistant Professor, (National University "Lviv Polytechnic", Lviv), Kovalchuk M.B., a graduate student (Ivano-Frankivsk National technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk)

Досліджено вплив дрібнодисперсних мінеральних добавок на властивості полегшеного тампонажного розчину. Встановлено міцність та коефіцієнт крихкості полегшених тампонажних цементів

Исследовано влияние мелкодисперсных минеральных добавок на свойства облегченного тампонажного раствора. Установлено прочность и коэффициент хрупкости облегченных тампонажных цементов

Influence of fine mineral additives on properties of light-weight oil-well mortar was investigated. Strength and fragility coefficient of light-weight oil-well cements were determined

Ключові слова: цеолітові туфи, густина, тампонажні матеріали, метаколін, свердловина.

цеолитовые туфы, плотность, тампонажные материалы, метакаолин, скважина.
ceolitic tuff, density, oil-well materials, metakaolin, borehole.

Вступ. Сучасні техніко-економічні виклики щодо розвитку України вимагають активізації робіт з пошуку, розвідування та розроблення нафтових і газових родовищ. Розроблення свердловини – це трудомісткий процес, який складається з великої кількості операцій, з використанням спеціальної техніки та супроводжується багатомільйонними витратами.

Значна виснаженість більшості нафтогазових родовищ, зростання глибини буріння та забійних температур, ускладнені геолого-промислові умови спричиняють ряд проблем на етапах спорудження та подальшої експлуатації свердловин. Однією з важливих операцій перед введенням свердловини в експлуатацію є закріплення обсадної колони та ізоляція пластів шляхом закачування тампонажних матеріалів. Особливо актуальною є проблема тампонування свердловин з аномально низьким пластовим тиском (АНПТ). Для таких свердловин використовують полегшені тампонажні цементи, які виготовляють, замінюючи частину клінкерної складової мінеральними добавками з низькою густиною (цеолітові туфи, мікросфера, зола-винесення), а також значним збільшенням водо-твердого відношення [1]. Для таких систем особливо актуальною постає проблема збереження седиментаційної стійкості. Перевагою використання цеолітових туфів у таких системах є їх високопориста будова, яка дозволяє поглинути достатню кількість води та втримувати її не спричиняючи розшарування суміші за висотою у заколонному просторі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги до сучасних полегшених тампонажних матеріалів передбачають розробку нових шляхів їх виробництва. Використання поширених полегшувальних добавок (різні види глин, опока, зола винесення) не забезпечують необхідних властивостей тампонажних сумішей, зокрема, вони характеризуються високими водовідділенням та водовіддачею, низькою седиментаційною стійкістю [2]. Введення хімічних добавок-модифікаторів (пластифікаторів, стабілізаторів) дає змогу регулювати структурно-реологічні властивості розчинових сумішей, покращити порову структуру цементного каменю, однак дещо зменшує його міцність [3].

Методика досліджень. У якості в'язучої речовини використано ПЦ І М500 виробництва ПАТ «Волинецьмент». Як мінеральні компоненти – добавки метакаоліну, природнього цеоліту з Сокирицького родовища, мікросфери, золи-винесення Бурштинської ТЕС, шамотного пилу Ватугинського комбінату вогнетривів.

Визначення властивостей тампонажних цементів проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-88-99

Постановка завдань. Дослідити вплив дрібнодисперсних мінеральних добавок різного походження на властивості полегшених тампонажних цементів.

Результати досліджень. Буріння свердловин з аномально низькими пластовим тиском вимагає використання сумішей з пониженою густиною. Таким показником повинні характеризуватись не лише бурові і буферні розчини, але і тампонажні матеріали. Це обумовлюється аномальністю тиску пластових флюїдів на стінку свердловини. Використання сумішей нормальної густини ($1,7-1,9 \text{ г/см}^3$) може призвести до значних ускладнень при розробленні свердловини і в подальшому не дозволить отримати очікуваний дебіт корисних копалин. Згідно ДСТУ Б В.2.7-88-99 густина полегшених тампонажних сумішей повинна складати не більше $1,65 \text{ г/см}^3$. Існує декілька шляхів для досягнення такої густини, але найпростішим і найдешевшим є використання добавок з високою питомою поверхнею та низькою насипною густиною.

Одним з критеріїв при виборі тампонажного розчину для окремо взятої свердловини є будівельно-технічні властивості розчинової суміші. Враховуючи високе водо-тверде відношення суміші, тобто велику кількість води, яка необхідна для досягнення заданої густини, підвищену увагу у сучасних тампонажних матеріалах слід приділяти зниженню водовідділення розчинової суміші, яке повинно наближатись до нуля. Тому при виборі мінеральних добавок необхідно звертати увагу на їх властивості, такі як розмір та форма частинок, водопоглинання, активність взаємодії з портландцементом та ін. В роботі розроблено та досліджено декілька складів

Таблиця 1

Склади полегшених тампонажних цементів

Компонент \ Вміст, %	Склад					
	1	2	3	4	5	6
ПЦ-І	70	70	70	70	70	70
Метакаолін	10	10	10	10	10	20
Цеоліт	-	-	-	20	10	-
Мікросфера	-	-	20	-	10	10
Шамотний пил	-	20	-	-	-	-
Зола-винесення	20	-	-	-	-	-

тампонажних сумішей з полегшуючими добавками різного походження, а також гранулометричного та хімічного складу (табл. 1). Встановлено, що при введенні їх в кількості 30 % досягається задана густина розчинової суміші ($1,45-1,65 \text{ г/см}^3$), згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-88-99.

Дослідження будівельно-технічних властивостей розчинової суміші (табл. 2) проведені при сталій розтічності 205 мм, яка задовольняє вимоги ДСТУ Б В.2.7-88-99. Важливою властивістю тампонажної суміші є її густина, оскільки відхилення її у невеликих межах може спричинити надлишковий тиск суміші на пласт, що призводить до зростання водовіддачі розчинової суміші і зменшує продуктивність пласту та може привести до руйнування і ліквідації свердловини. Встановлено, що найефективнішою полегшуючою добавкою є мікросфера, при введенні якої у кількості 20 % густина розчинової суміші складає 1,42 г/см³, водо-тверде відношення (В/Т) становить 0,57. Однак дослідженнями будівельно-технічних властивостей при підвищених тисках, встановлено, що стінки зерен мікросфери не витримують тиску понад 20 МПа і руйнуються, що призводить до зростання густини розчинової суміш та значно обмежує допустиму глибину використання даного складу. При введенні цеоліту до складу суміші в такій самій кількості, густина розчинової суміші та В/Т є дещо вищими і становлять 1,61 г/см³ та 0,67 відповідно.

Таблиця 2

Будівельно-технічні властивості тампонажних цементів

№	В/Т	Розтічність, мм	Водовідділення, мл	Час загуснення, не менше, хв
1	0,55	205	3,0	90
2	0,66	205	2,5	90
3	0,57	205	0	90
4	0,67	205	1,0	90
5	0,63	205	3,5	90
6	0,71	205	1,0	90

На властивості розчину у свердловині впливає низка факторів – температура, пластовий тиск, агресивні пластові води. Тому для забезпечення довговічного терміну експлуатації свердловини, а також той факт, що простій обладнання та персоналу протягом однієї доби складає десятки тисяч гривень, тампонажний розчин повинен мати необхідну міцність, як у ранні так і пізні терміни тверднення. Найбільша міцність при температурі 75°C спостерігається при введенні до складу суміші цеоліту у кількості 20% і становить 4,4 МПа (рис. 1). Таку високу міцність розчину можна пояснити взаємодією SiO₂ та Al₂O₃, що входять до складу цеоліту та метакаоліну, з Ca(OH)₂, який виділяється при гідратації аліту, з утворенням нових гідратних фаз. Даний процес пришвидшується завдяки підвищеним температурам тверднення портландцементу. Використання мікросфери в такій самій

кількості забезпечує міцність розчину 3,3 МПа. Слід зазначити високу міцність розчину складу № 5, який містить три добавки різного походження (цеоліту, метакаоліну та мікросфери), що забезпечується їх активною взаємодією з складовими портландцементу. Але разом з тим водовідділення

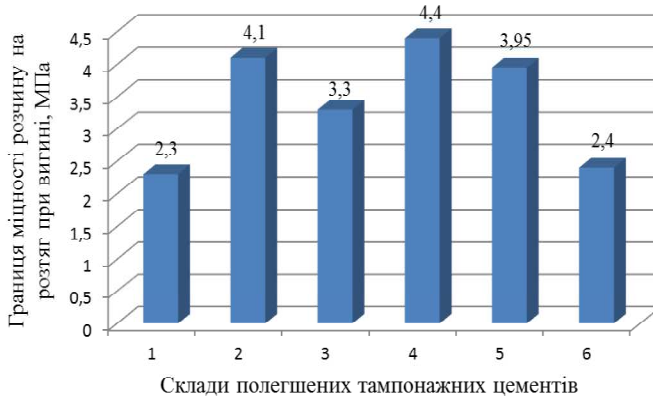


Рис. 1. Вплив полегшуючих добавок на міцність тампонажного каменю на розтяг при вигині через 2 доби тверднення при температурі 75°C

розчинової суміші з такими компонентами є досить високим – 3,5 мл. Збільшення кількості високодисперсного метакаоліну у суміші, з одного боку, значно зменшує вміст клінкеру, з іншого, збільшує водопотребу, що призводить до зменшення міцності складу №6, що містить метакаолін і мікросферу. Використання золи-винесення у якості компоненту полегшених тампонажних портландцементів є недоцільним, оскільки суміш на її основі характеризується високим водовідділенням, а затверділий тампонажний камінь – низькою ранньою міцністю.

Важливим критерієм характеристики тампонажних розчинів є коефіцієнт крихкості $K_{кр.}$. Згідно досліджень авторів [4] матеріал вважається не крихким, якщо відношення границі міцності на розтяг при вигині до міцності при стиску є більшим 0,125, однак до тампонажних матеріалів, що застосовуються при цементуванні свердловин ставляться більш жорсткі вимоги і коефіцієнт крихкості визначається за формулою (1) обернено пропорційно і повинен складати не більше 3,5.

$$K_{кр.} = \frac{R_{ог.}}{R_{ст.}} \quad (1)$$

Для складів № 2, 3, 4 коефіцієнт крихкості складає 3,29, 2,97 та 3,21 відповідно, що характеризує їх достатню пружність та можливість

сприйняття нетривалих навантажень без руйнування (рис. 2). Коефіцієнти крихкості складів № 1, 5 та 6 становлять 3,65, 3,97 та 5,38, що дозволяє характеризувати дані матеріали, як крихкі та схильні до руйнування під дією зовнішніх навантажень, що виникають під час повторного розкриття продуктивних пластів.



Рис. 2. Коефіцієнт крихкості тампонажних цементів

Висновки. Проведені дослідження показали доцільність застосування цеолітових туфів Сокирницького родовища та метакаоліну, як компонентів сучасних тампонажних матеріалів. Встановлено, що використання цеоліту у комплексі з метакаоліном дозволяє забезпечити не тільки задані реологічні властивості тампонажних сумішей, але і покращити фізико-механічні характеристики тампонажного каменю.

1. V. Terlyha, Kh. Sobol, B. Tershak Modified oil-well cements for casing boreholes with abnormally low stratum pressure // 18-th international conference on building materials "18.Ibausil". – 12-15 September 2012. – Weimar. – pp.0811-0818
2. Горський П.В. Термостійкий полегшений тампонажний цемент / П.В. Горський, В.Ф. Горський // «Нафта і газ України-1998»: V Міжнар. конф. – Полтава, 1998. – С. 100-102.
3. Комлева С.Ф. Облегченный тампонажный раствор с пониженной водоотдачей / С.Ф. Комлева, И.Н. Каримов, А.С. Хомяков, М.М. Мухамедшин // «Передовые технологии ремонта и строительства скважин»: I научн.-прак. конф. – Пермь, 2004 – С. 320-321.
4. Jamrozy J. Beton i jego technologie / J. Jamrozy // PWN, Warszawa-Krakow 2000. – 485 p.

“Даний документ виготовлений за фінансової підтримки Європейського Союзу, в рамках Програми Транскордонного Співробітництва Польща – Білорусь – Україна 2007 – 2013. Відповідальність за зміст даної публікації несе виключно Національний університет «Львівська політехніка» і він не відображає позиції Європейського Союзу”