

УДК 666.9

Терлига В. С., аспірант, Соболев Х. С., д.т.н., професор (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів)

БАГАТОКОМПОНЕНТНІ ТАМПОНАЖНІ РОЗЧИНИ З ПОКРАЩЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Розроблено багатокомпонентну суху тампонажну суміш з поліфункціональними добавками-модифікаторами. Досліджено вплив суперпластифікаторів на властивості тампонажного розчину та визначено взаємодію цих добавок з водоутримувальними компонентами суміші.

Ключові слова: свердловина, розчинова суміш, сухі будівельні суміші, обсадна колона, хімічні добавки.

Разработано многокомпонентную сухую тампонажную смесь с полифункциональными добавками-модификаторами. Исследовано влияние суперпластификаторов на свойства тампонажного раствора и определено взаимодействие этих добавок с водоудерживающими компонентами смеси.

Ключевые слова: скважина, растворная смесь, сухие строительные смеси, обсадная колонна, химические добавки.

The polycomponent dry tamping mix with polyfunctional modifying additives was developed. The influence of superplasticizers on the properties of tamping mortar as well as the interaction of these additives with water-retaining components of the mix was investigated.

Key words: well, fresh mixture, dry building mixes, boring casing, chemical admixtures.

Вступ. Видобування нафти для потреб промисловості почалось ще у XIX ст. Першу свердловину пробурих В. Семенов в Азербайджані на Бібі-Ейбаті [1] ручним штанговим способом, який мав дуже низьку продуктивність. Цей спосіб поступово був витіснений ефективнішим механічним ударно-канатним способом, розробленим А. Новосельським [2]. Зі збільшенням глибин свердловин до 300 м., ударний спосіб буріння було замінено обертовим способом. У 1901 році у США було вперше застосоване роторне буріння з промиванням вибою циркулюючим потоком рідини. Разом з початком використання даного способу видобування корисних копалин, постала проблема герметизації затрубного простору між обсадними колонами та

стілкою свердловини з метою уникнення виходу нафти і газу через затрубний простір.

Зі збільшенням обсягів газо- та нафтовидобування дана проблема стала ще більш актуальною в зв'язку з необхідністю ізоляції проникних пластів і захисту навколишнього середовища. Тому актуальним для науковців та виробників є розширення асортименту тампонажних матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість свердловин на сході України характеризуються низьким та аномально низьким пластовим тиском, що обумовлює використання полегшених тампонажних сумішей. На даний момент в Україні існує виробництво з випуску полегшених тампонажних сумішей на Костянтинівському ВАТ «Обважнювач», зокрема цемент ЦТО 5-100. Але даний цемент характеризується недостатньою міцністю у ранні терміни тверднення та значною усадкою [3].

Проводились дослідження з розробки рецептур сумішей з середньою густиною 1100-1500 кг/м³. У якості мінеральних добавок-полегшувачів були використані алюмосилікатні мікросфери, які володіють низькою насипною густиною та високою питомою поверхнею [4]. Показано, що використання даних добавок дозволяє значно підвищити седиментаційну стійкість розчинової суміші, яка майже дорівнює нулю, а також дещо зростає адгезія розчину до обсадної колони.

Методика досліджень. Отримання тампонажної суміші з високими технологічними властивостями вимагає використання найкращої сировини. У роботі були використані такі матеріали: портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волиньцемент», метакаолін, цеоліт, добавки стабілізатори та пластифікатори.

Цеоліти – мінерали з групи водних алюмосилікатів лужних і лужноземельних елементів, вулканічно-осадового походження з тетраедричним структурним каркасом, що включає порожнини, зайняті молекулами води. Завдяки дисперсності та пуцолановій дії цеоліти можуть бути успішно використані при виробництві тампонажних розчинів у якості активних мінеральних добавок (АМД).

Метакаолін представляє собою хімічну фазу, яка утворюється при термічній обробці каоліну. У результаті термообробки в певному діапазоні температур кристалічна вода віддається і утворюється аморфний силікат алюмінію, що має хімічну формулу $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$. Високоактивний метакаолін має найвищий вміст оксидів кремнію і алюмінію серед інших пуцоланових добавок.

У якості добавки-стабілізатора використано ефір целюлози. Ефіри целюлози – похідні целюлози, які можна описати загальною формулою $[C_6H_7O_2(OH)_3-x(OR)]_n$, де n – ступінь полімеризації, x – число груп OH, заміщених в одній ланці макромолекули целюлози (ступінь заміщення або етерифікації); R – CH_3 – метил, C_2H_5 – етил, C_3H_7 – пропил-групи [5]. Також, як стабілізатор, використано

добавку Starvis на основі полікарбоксилатів. Дана добавка широко застосовується у сухих будівельних сумішах при виробництві наливних підлог, стяжок, клеїв.

Як пластифікатор було введено добавку Melflux 2651, принцип дії якої ґрунтується на розсіюванні статичних зарядів і просторової стабілізації частинок в'язучої речовини, що призводить до їх високоефективного диспергування і дефлокуляції (рис. 1). Для порівняння впливу хімічних добавок використано пластифікатор Melment F10, який отримується конденсацією з сульфованих меламінформальдегідних смол.

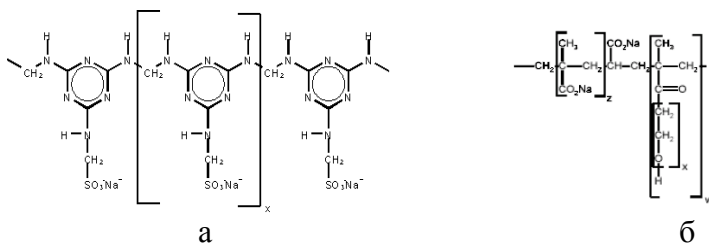


Рис. 1. Будова сульфомеламінформальдегідів (Melment) (а) та полікарбоксилатів (Melflux) (б)

Постановка завдань. Розробка рецептур полегшених тампонажних сумішей з високими технологічними властивостями, а також дослідження впливу добавок стабілізаторів та пластифікаторів на властивості розчинової суміші та затверділого розчину.

Результати досліджень. Дослідження мінеральних добавок з високою питомою поверхнею та низькою насипною густиною довело ефективність використання у якості полегшуючих мінеральних добавок цеоліту та метаколіну, на основі яких розроблено портландцемент полегшений (ПЦП-1) [6]. Заміна цими добавками 30 % цементу призводить до зменшення густини та стабілізації розчинової суміші (табл. 1).

Таблиця 1

Будівельно-технічні властивості портландцементу полегшеного (ПЦП-1)

Склад, %			В/Т	Густина, г/см ³	Розтічність, мм	Водовід ділення, мл
ПЦ	Метаколін	Цеоліт				
70	10	20	0,67	1,61	205	1

Фізико-хімічне модифікування властивостей тампонажної суміші за рахунок використання хімічних добавок різної природи стало основним напрямком у розв'язанні проблем сучасного будівництва свердловин. Суть процесу модифікування полягає у введенні до складу суміші хімічних добавок, що забезпечують підвищення розтічності розчинової суміші, збільшення ранньої міцності, покращення будівельно-технічних та експлуатаційних характеристик в'язучих композицій. У зв'язку з цим, в даній роботі проведені дослідження впливу поліфункціональних добавок-модифікаторів на

будівельно-технічні властивості розчинової суміші та фізико-механічні властивості тампонажного розчину.

З метою визначення дозування та впливу суперпластифікаторів (Melflux 2651 та Melment F10) на реологічні властивості розчинової суміші було розроблено декілька складів з різним вмістом даних добавок (табл. 2)

Таблиця 2

Властивості тампонажних сумішей на основі ПЦП-1 з використанням добавок-пластифікаторів

Вміст, %		В/Т	Розтічність, мм	Водовідділення, мл
Melflux 2651	Melment F10			
0,1	-	0,67	290	5,5
0,075	-	0,67	245	5
0,05	-	0,67	220	4
-	0,6	0,67	275	5
-	0,4	0,67	255	4,5
-	0,3	0,67	247	4
-	0,2	0,67	217	2

Введення пластифікатора Melflux у кількості 0,05% мас. збільшує розтічність суміші на 20 мм (рис. 2). Зростання розтічності майже на 50% спостерігається при вмісті даного пластифікатора у суміші в кількості 0,1% і складає 290 мм. Пластифікуючу дію даної добавки можна пояснити розсіюванням статичних зарядів і просторовій стабілізації частинок в'язучої речовини, що призводить до ефективного диспергування.

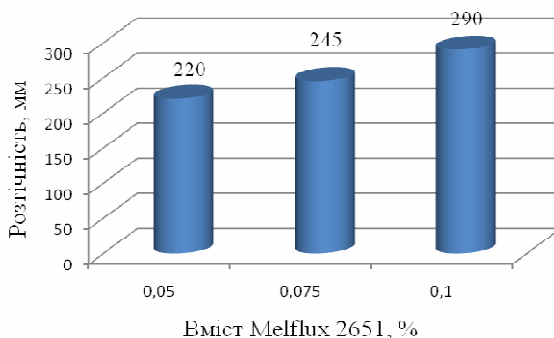


Рис. 2. Вплив добавки Melflux 2651 на розтічність тампонажної розчинової суміші

Слід зазначити менший, у порівнянні з добавкою Melflux, водоредуруючий ефект добавки Melment (рис. 3). Введення даного пластифікатора у кількості 0,2 % веде до незначного зростання розтічності і становить 217 мм. Збільшення розтічності майже на 35% досягається при введенні Melment F10 у кількості 0,6%. Використання добавок-

пластифікаторів призводить до ефективного покращення розтічності тампонажної розчинової суміші. Але разом з позитивним ефектом, спостерігається значне збільшення водовідділення. При використанні додатків у кількості 0,1% Melflux та 0,6% Melment, значення водовідділення становить 5,5 та 5,0 мл відповідно (табл. 2).

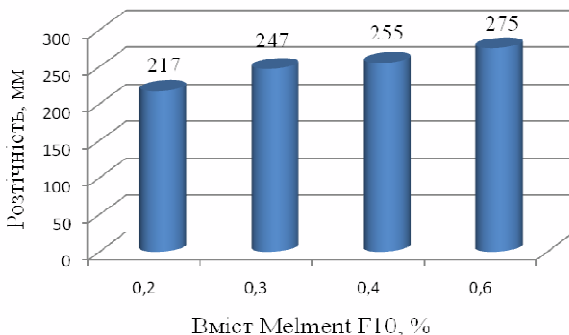


Рис. 3. Вплив добавки Melment F10 на розтічність тампонажної розчинової суміші

Використання седиментаційно нестійких матеріалів може призвести до утворення флюїдопровідних каналів, що тягне за собою дороговартісний ремонт свердловини, а деколи і її консервацію. Також актуальним є питання охорони навколишнього середовища, адже використання неякісних матеріалів при ізоляції проникних пластів може спричинити витік корисних копалин та призвести до забруднення екології. Тому доцільно застосовувати добавки-стабілізатори, які підвищують седиментаційну стійкість системи та зменшують її водовідділення (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив добавок стабілізаторів на властивості тампонажної суміші на основі ПЦП-1

Назва добавки		Вміст добавки, %	В/Г	Розтічність, мм	Водовідділення, мл
0,1 % Melflux	Starvis	0,05	0,67	175	0,5
		0,025	0,67	200	1,5
	Walocel 15-01	0,2	0,67	194	0,3
		0,1	0,67	230	0,5
	Walocel 400	0,5	0,67	233	0
0,6 % Melment	Starvis	0,05	0,67	190	0
		0,025	0,67	210	1
	Walocel 15-01	0,2	0,67	218	0
		0,1	0,67	233	0,5
	Walocel 400	0,5	0,67	235	0,3

Різні добавки-стабілізатори володіють різним ступенем в'язкості. Введення даних добавок до складу суміші підвищує загущення системи і негативно впливає на її розтічність (рис. 4). Використання добавок Walocel 15-01 та Walocel 400 у кількості 0,1 та 0,5 мас. % відповідно призводить до найменшого підвищення в'язкості системи. Розтічність тампонажної суміші при введенні добавок в такій кількості знаходиться в межах 230-235 мм. Використання стабілізатора Walocel 15-01 в тампонажних сумішах у кількості 0,2 % і більше є недоцільним, оскільки дана добавка призводить до значного зниження розтічності суміші 195 – 220 мм, залежно від виду використовуваного пластифікатора.

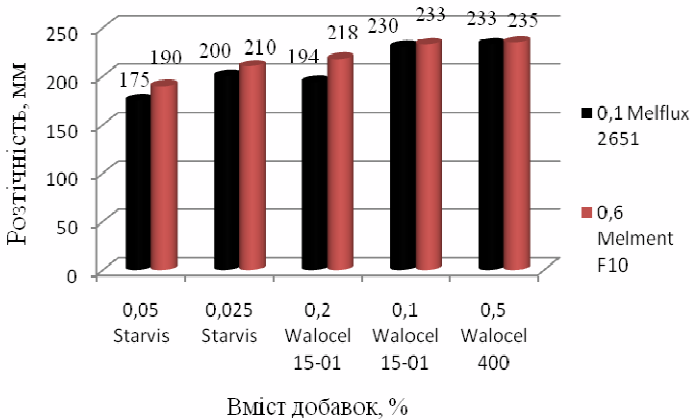


Рис. 4. Вплив добавок-стабілізаторів на розтічність розчинової тампонажної суміші

При введенні добавок на основі ефірів целюлози спостерігається суттєве зменшення водовідділення, яке знаходиться в межах 0-0,5 мл (рис. 5). Добавка Walocel володіє високою водоутримувальною здатністю, що зменшує седиментацію системи і дозволяє отримати розчин з рівномірним розповсюдженням усіх компонентів. Введення добавки Starvis не впливає на водовідділення розчинової суміші, з чого можна зробити висновок, що дана добавка вимагає більшої концентрації у суміші, а це призводить до загущення системи, тому не рекомендовано її використання у тампонажних розчинах.

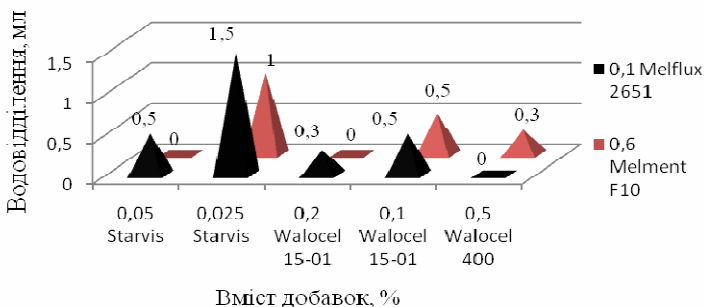


Рис. 5. Вплив добавок-стабілізаторів на водовідділення розчинової тампонажної суміші

Міцність при згині є основним фізико-механічним показником, який характеризує тампонажні розчини. Досягнення високої міцності при згині можливе при використанні портландцементу з високим вмістом трикальцієвого силікату (C_3S), який є хімічно активним при реакції з водою, про що свідчить його тепловиділення при гідратації у перші 3 дні. Іншим способом підвищення міцності є використання пластифікаторів у сумішах, які зменшують кількість води замішування, необхідної для досягнення певної розтічності. З метою визначення оптимального вмісту та впливу добавок на властивості затверділого тампонажного розчину, були запропоновані такі склади розчинів з використанням добавок пластифікаторів та стабілізаторів.

Таблиця 4

Склади тампонажних сумішей на основі ПЦП-1 з добавками модифікаторами

№	Вміст добавок, мас %			
	Melflux 2651	Melment F10	Walocel 400	Walocel 15-01
1	0,1	-	-	0,1
2	0,1	-	0,5	-
3	-	0,48	-	0,1
4	-	0,52	0,5	-
5	-	-	-	-

Введення комплексних добавок пластифікатора та стабілізатора до складу суміші призводить до покращення реологічних властивостей, але разом з тим міцність затверділого розчину зменшується (рис. 6). Використання добавки Melflux 2651 у кількості 0,1 мас. % та Walocel 400 у кількості 0,5 мас. % призводить до різкого зниження міцності тампонажного розчину майже на 50%. Лише при використанні комплексної добавки першого складу, при зростанні

розтічності та зменшенні водовідділення, збільшується і міцність розчину, що свідчить про компатибільність досліджуваних добавок.



Рис. 6. Вплив добавок-модифікаторів на міцність тампонажного розчину на розтяг при згині на 2-гу добу тверднення при температурі 75 °С

Висновки. В результаті проведених досліджень визначено оптимальні добавки-модифікатори та їх вміст у сухих тампонажних сумішах. Показана сумісність досліджуваних добавок-стабілізаторів та пластифікаторів, що дозволяє отримати суміші з покращеними реологічними та будівельно-технічними характеристиками. Використання добавок-стабілізаторів та пластифікаторів в складі сухих будівельних сумішей дає можливість досягнути найповнішої реалізації потенційних в'язучих властивостей тампонажних композицій та отримати ефективні розчини, які значною мірою сприяють вирішенню проблем тампонування свердловин.

1. Коцкулич Я.С., Кочкодай Я.М. Буріння нафтових і газових свердловин. – Коломия: Вік, 1999. – 504 с. 2. Горський В.Ф. Тампонажні матеріали і розчини: посібник-монографія. – Чернівці, 2006. – 524 с. 3. Савенок Н.Б., Мариампольский Н.А. Методы совершенствования облегченных тампонажных систем // Нефтяное хозяйство. – № 12. – 1992. 4. Создание рецептур облегченных тампонажных растворов плотностью 1100-1500 кг/м³ с использованием акриламидных и эпоксиуретановых полимеров / Куценко Г.В., Зиновьев В.М., Карнаухов Н.А., Щербич Н.Е., Наумов Б.В.// Сборник научных трудов и инженерных разработок: Ориентированные фундаментальные исследования – Федеральные целевые программы, наукоемкое производство. – М.: Эксподизайн РА., 2007. – С. 392-394. 5. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів: підручник. – Видавництво КНУБіА, 2007. – 256с.: іл. 6. Терлига В.С. Полегшені тампонажні суміші для цементування обсадних колон нафти і газу / 3rd international conference of young scientists “Geodesy, architecture and construction”. – Lviv, 25-27 November, 2010. – С. 102-103.

Рецензент: д.т.н., проф. Дворкін О.Л. (НУВГП)