



УДК 622.245.42

ПОЛЕГШЕНИЙ ТАМПОНАЖНИЙ МАТЕРІАЛ

В. М. Орловський¹, А. М. Похилко²

канд. техн. наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: svaroh13@ukr.net,

²асистент, Полтавський Національний Технологічний Університет, Харків, Україна, e-mail: misyac@i.ua

LIGHTWEIGHT CEMENT MATERIAL

V. M. Orlovskyy¹, A. M. Pokhylko²

¹PhD, associate professor, Kharkiv National University of Municipal Economy named after A. M. Beketov, Kharkiv, Ukraine, e-mail: svaroh13@ukr.net,

²assistant Poltava National Technical University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: misyac@i.ua

ABSTRACT

Objective. Getting a lightweight cement material based on a mixture of Portland cement ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50) and additives for relief. To achieve this goal as admixture to cement used expanded perlite. By solving this problem show that the resulting lightweight concrete based on Portland cement and admixture of expanded perlite sand has high technological properties and meets applicable standards that the lightweight cement.

Methodology. When conducting research used experimental and theoretical methods. Experiments conducted on laboratory equipment simulating reservoir conditions. Measurements of technological properties of cement mortar and stone was carried out using a standard recording device. In particular slurry density was determined using a pycnometer, the amount of water in the solution is selected using the device КР-1, separation of water from cement slurries was determined by standard methods according to DSTU BV.2.7-86-99, the time necessary for pumping the cement slurry was determined on consistometer КЦ-3, was used to study adhesion Laboratory Press ПСУ-10 with a hydraulic drive and a special attachment, stone definition of strength in bending was carried out according to DSTU BV.2.7-86-99 on the device for testing samples for tensile bending. The test samples under compression was performed on a laboratory press ПСУ-10. The amount of experiments is sufficient to obtain results with confidence probability of 0.95.

Results. Developed and researched lightweight cement-based standard Portland cement ПЦТІ-100 (ПЦТІ- 50) with an admixture of expanded perlite sand. Minimum density lightweight cementitious mortars based on material developed is 1160 - 1190 kg / m³, subject to other properties of cement and stone as required by current standards to lightweight materials.

Scientific novelty. Developed and selected the optimal formulation of the new downhole cement with reduced density on the basis of Standard Portland Cement and additives of expanded perlite.

Practical significance. The results of the research have practical use in the cementing of deep oil and gas wells in complex geological conditions of exploration areas and commercial hydrocarbon deposits in Ukraine. Based on this working out published "Recommendations on the use of lightweight materials for oil-cementing" that adopt the system the State Geological Service of Ukraine.

Key words: lightweight cement material, lightweight admixture, stone strength, adhesion, gas permeability

Постановка проблеми. При цементуванні свердловин в умовах низьких і аномально низьких пластових тисків (АНПТ), схильних до поглинання тампонажних розчинів, та геостатичних температурах до 70°C, а також при необхідності підняття тампонажного розчину на велику висоту в один прийом потрібні тампонажні матеріали з пониженою густиною цементного розчину.

На даний час промисловістю України в заводських умовах виготовляється лише один вид полегшеного тампонажного цементу ПЦТШ-Пол5-100 з нижньою границею густини розчину 1450 кг/м³, який призначений для температур вищих 50°C [1]. Проте сьогодні на більшості нафтогазових родовищ України існують умови, які потребують застосування полегшених а іноді й легких тампонажних матеріалів. Тому в цьому напрямку проводяться дослідження направлені на розроблення полегшених (густина розчину $\rho \geq 1400 \div \leq 1650$ кг/м³) і легких тампонажних матеріалів ($\rho \leq 1400$ кг/м³) для застосування в гірничо-геологічних умовах глибоких нафтових і газових свердловин України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Полегшені тампонажні цементи відносяться до модифікованих матеріалів. Існує декілька способів зниження густини тампонажних матеріалів і розчинів [2, 3]:

1) зниженням густини твердої фази шляхом додавання легкого наповнювача або використанням в'язучої речовини з меншою густиною;

2) підвищення водосумішевого відношення з одночасним збільшенням водоутримуючої здатності розчину;

3) введенням в тампонажний розчин газової фази з одночасним її диспергуванням та стабілізацією утвореної піни:

а) аеруванням тампонажних розчинів;

б) введенням штучних або природних мікрочасток (капсул);

в) введенням спеціально оброблених, спучених матеріалів з великим ступенем кавернозності та низькою насипною масою;

4) заміною частини води вуглеводневою рідиною меншої густини;

5) комбіновані способи.

Вибір способу зниження густини тампонажного матеріалу визначається гірничо-геологічними умовами його застосування, а також технологічними можливостями підприємства, яке виконує тампонажні роботи.

Найбільш поширені полегшені тампонажні матеріали, що застосовуються в Україні, відносяться до першого і другого способів, або основані на комбінованому застосуванні цих способів у тампонажних сумішах. Спосіб одночасного зниження густини і збільшення водосумішевого відношення був застосований при створенні полегшених тампонажних матеріалів, які виготовлялись в Україні у промислових масштабах.

У 70-х роках минулого сторіччя в СРСР були розроблені полегшені тампонажні цементи ОЦГ – на основі суміші шлаку, портландцементного клінкеру і трепелу при співвідношенні компонентів 1:1 (за масою) та ОШЦ – на основі суміші шлаку і глини (наприклад бентоніту). Діапазон густини тампонажних розчинів на основі ОЦГ – 1450 ÷ 1600 кг/м³, водосумішеве відношення (В/С) = 0,7 ÷ 1,1, допустимі температури застосування 40 ÷ 150 °С. Діапазон густини тампонажних розчинів на основі ОШЦ – 1450 ÷ 1550 кг/м³, В/С = 0,85 ÷ 0,95, рекомендована температура застосування для ОШЦ-120 – 80 ÷ 160 °С, для ОШЦ-200 – 160 ÷ 220 °С [4, 5]. Цементи ОЦГ і ОШЦ виготовлялись в Україні Константинівським ВАТ «Завод обважнювачів».

В Україні були розроблені також полегшені цементи ПЦТШ-Пол5-100 і ПЦТШ-Пол4-100 до складу яких входить 50 % цементного клінкеру і 50 % полегшувальної домішки – цеолітизованого туфу, та 3% гіпсу [6]. Діапазон густин тампонажних розчинів на основі таких цементів 1400 ÷ 1500 кг/м³ при В/С = 1. Рекомендована температура застосування 50 ÷ 100 °С.

Постановка задачі. Задача досліджень полягає в створенні і дослідженні технологічних властивостей полегшеного тампонажного матеріалу для застосування в складних гірничо-геологічних умовах глибоких нафтових і газових свердловин в Україні.

Виклад основного матеріалу і результати. Колективом дослідників на базі Полтавського відділення УкрДГРІ розроблено полегшений тампонажний матеріал з високими технологічними властивостями на основі стандартних тампонажних цементів ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50) і полегшувальної домішки, як яку використано спучений перлітовий пісок (СПП).

Полегшувальну домішку – спучений перлітовий пісок отримують шляхом термічної обробки вулканічної породи перліту при температурах 800 ÷ 1000 °С. У процесі нагрівання частинки перліту, які мають шкаралупоподібну структуру, спучуються, з них видалається 3 ÷ 5 % зв'язаної води, і об'єм матеріалу збільшується в 10 – 20 разів.

За оксидами СПП має наступний склад: 65 ÷ 75 % SiO₂ і 10 ÷ 15 % Al₂O₃, а також містить Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O.

Залежно від фракційного складу існує два види СПП: рядовий (СПП(Р)) і дрібний (СПП(М)). У свою чергу у межах кожного з цих видів існує поділ за насипними масами 1 м³ матеріалу. СПП(Р) виготовляється трьох марок: 75, 100, 150, СПП(М) – двох: 75, 100. Марка спученого перлітового піску відповідає масі 1 м³ матеріалу в кілограмах.

Особлива, шкаралупоподібна структура зерен спученого перлітового піску (їх пористість складає 80 ÷ 90 %) є передумовою втягнення повітря у процесі замішування тампонажного матеріалу.

При проведенні досліджень було вивчено

технологічні властивості полегшених тампонажних розчинів з домішками СПП (таблиця 1) [7, 8]. Аналіз результатів досліджень свідчить, що:

– на основі суміші портландцементу ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50) і СПП можна одержувати полегшені і легкі тампонажні розчини густиною 1160 – 1510 кг/м³ при максимальному вмісті полегшувальної домішки 12 %;

– при фіксованому вмісті СПП за рахунок варіювання водосумішевого відношення (В/С) можна змінювати густину тампонажного розчину в межах від 2 % до 8 % із збереженням задовільних

технологічних властивостей розчину;

– полегшені і легкі тампонажні розчини з домішками СПП мають високу седиментаційну стійкість, що відповідає вимогам до полегшених тампонажних матеріалів;

– введення до складу тампонажного матеріалу полегшувальної домішки СПП призводить до скорочення термінів прокачування тампонажних розчинів; при цьому час загущення таких розчинів можна регулювати за допомогою стандартних сповільнювачів, наприклад НТФК.

Таблиця 1 – Технологічні властивості полегшеного (легкого) тампонажного матеріалу з домішками СПП

№ з/п	Склад суміші, мас. част., %					В/С	Добавка НТФК, % від маси сухого матеріалу	ρ, кг/м ³	Розтічність, м	Водовідділення, см ³	Прокачуваність, години-хвилини	
	ПЦТІ-50	ПЦТІ-100	СПП(Р)-100	СПП(Р)-75	СПП(М)-100						t = 50 °С, P = 20 МПа	t = 70 °С, P = 30 МПа
1	97	–	3	–	–	0,65	–	1510	0,220	1,5	–	–
2	95	–	5	–	–	0,70	–	1390	0,200	1,0	–	–
3	93	–	7	–	–	0,74	–	1340	0,215	0	–	–
4	90	–	10	–	–	0,90	–	1230	0,190	2,0	–	–
5	88	–	12	–	–	0,95	–	1170	0,200	1,0	–	–
6	–	95	5	–	–	0,70	–	1400	0,205	1,0	2 – 20	–
7	–	95	5	–	–	0,70	0,01	1400	0,220	4,0	>3 – 00	>3 – 00
8	–	93	7	–	–	0,75	–	1350	0,200	1,0	–	–
9	–	90	10	–	–	0,90	–	1250	0,205	1,0	1 – 40	–
10	–	90	10	–	–	0,90	0,01	1250	0,220	5,0	>3 – 00	>3 – 00
11	–	88	12	–	–	0,95	–	1160	0,200	0	–	–
12	92,5	–	–	7,5	–	0,98	–	1180	0,195	0	–	–
13	–	95	–	5	–	0,80	–	1300	0,200	2,0	–	–
14	–	95	–	–	5	0,75	–	1410	0,210	6,0	–	–
15	–	95	–	–	5	0,75	0,01	1410	0,230	10,0	–	–
16	–	92	–	–	8	0,80	–	1330	0,195	2,0	–	–
17	–	92	–	–	8	0,85	–	1315	0,205	6,0	–	–
18	–	90	–	–	10	0,95	–	1240	0,190	6,5	1 – 55	–
19	–	90	–	–	10	0,95	0,01	1240	0,215	10,0	>3 – 00	>3 – 00

Було вивчено поведінку полегшених (легких) тампонажних розчинів з різним вмістом СПП при різних тисках.

Дослідження впливу тиску на густину полегшених тампонажних розчинів здійснювалося в наступній послідовності. Після змішування полегшеного тампонажного матеріалу з водою на протязі 10 хвилин вимірювали густину утвореного розчину з допомогою пікнометра. Потім пробу розчину поміщували в автоклав консистометра КЦ-3. Обертання стакана з пробєю здійснювали із стандартною швидкістю 60 об/хв. Експеримент

продовжувався протягом 15 – 30 хвилин, залежно від кінцевого тиску в автоклаві. У процесі проведення експериментів тиск в автоклаві піднімали від атмосферного до 2, 4, 6, 10 МПа відповідно. Таким чином, моделювали умови закачування і продавлювання тампонажного розчину у свердловині у процесі цементування обсадних колон. У виїнятих з автоклава проб полегшеного тампонажного розчину знову вимірювали густину.

Дослідження проводили для полегшених тампонажних розчинів з різним співвідношенням портландцементу і ВПП при різних тисках.

За результатами проведених експериментів побудована залежність густини полегшеного тампонажного розчину від вмісту ВПП у суміші при фіксованих тисках (рисунок 1).

Одержані графіки відображають наступні закономірності:

- із зростанням вмісту ВПП у суміші

збільшується вплив тиску на густину полегшених тампонажних розчинів, зокрема, при 5 % вмісту СПП відносно зростання густини складає 6 %, а при 10 % вмісту СПП відносно зростання густини складає 10 %;

- форма кривих при зростанні тиску від 0,1 до 10 МПа вказує на стабілізацію густини.

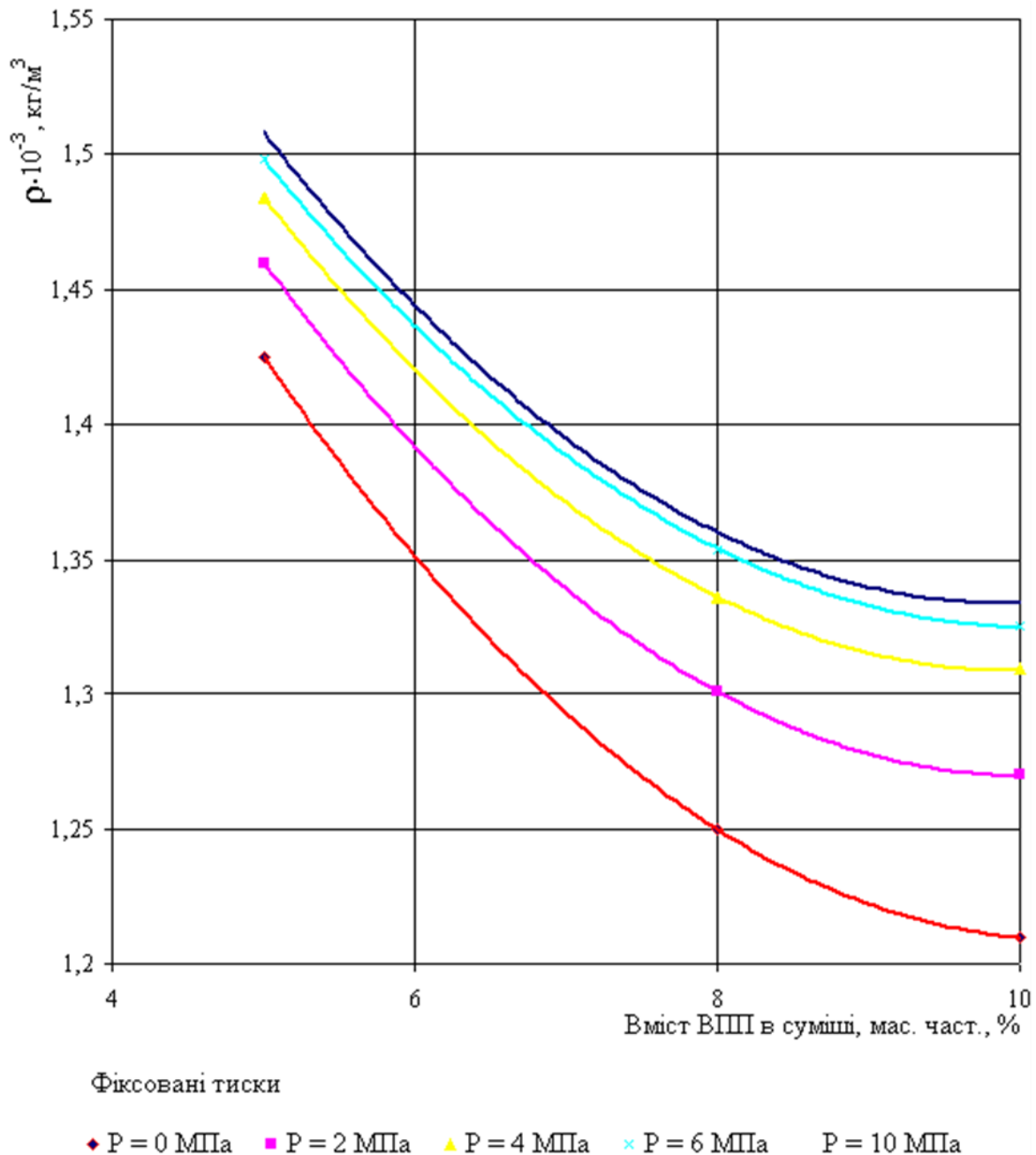


Рисунок 1 – Залежність густини тампонажних розчинів від вмісту ВПП у полегшеному тампонажному матеріалі

У таблиці 2 подані основні фізико-механічні властивості каменю з полегшеного тампонажного матеріалу: міцність, адгезія до металу, газопроникність. Аналіз даних досліджень дає змогу визначити наступні закономірності:

- використання різних видів СПП (СПП(Р) і СПП(М)) суттєво не впливає на величину фізико-механічних властивостей;
- підвищення вмісту СПП у суміші призводить до падіння величин міцності і адгезії та зростання

газопроникності. Це, в основному, пов'язано із збільшенням водосумішевого відношення (В/С) у рецептурах тампонажних розчинів зі зниженою густиною;

– в інтервалі температур від 20 °С до 60 °С спостерігається покращення фізико-механічних властивостей каменю;

– при зростанні температури до 80 °С суттєво знижується міцність, що свідчить про обмежену термостійкість полегшеного тампонажного матеріалу з домішками СПП;

– камінь на основі полегшеного тампонажного матеріалу відповідає вимогам ДСТУ що до міцності полегшених тампонажних цементів.

Таблиця 2 – Фізико-механічні властивості тампонажного каменю на основі оптимальних складів полегшеного тампонажного матеріалу з домішками СПП

Склад суміші, мас. част.,%		ρ, кг/м ³	Термін тузавання, діб	Міцність, МПа вигин/стискування				Газопроникність, мД			Адгезія до металу, МПа		
ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50)*	СПП			t = 20 °С	t = 40 °С	t = 60 °С	t = 80 °С	t = 20 °С	t = 40 °С	t = 60 °С	t = 20 °С	t = 60 °С	
	(Р)	(М)											
97	3		1550	2	– / 2,7	– / 5,6	– / 7,0	– / 3,5	–	–	–	–	–
				28	6,3	6,8	8,5	3,3	–	–	–	–	–
95	5		1400	2	0,9 / 2,4	2,0 / 4,3	2,2 / 5,9	1,4 / 2,8	6,0	2,5	1,5	1,3	2,5
				28	5,9	6,4	7,1	2,4	–	–	–	–	–
93	7		1340	2	– / 2,2	– / 3,7	– / 3,8	– / 2,1	12,1	4,0	2,7	–	–
				28	4,5	5,1	5,9	2,0	–	–	–	–	–
90	10		1250	2	0,7 / 1,5	1,1 / 2,0	1,8 / 3,0	0,9 / 1,8	16,5	7,5	5,9	0,4	0,9
				28	3,7	3,8	4,5	2,0	–	–	–	–	–
88	12		1190	2	– / 0,7	– / 1,4	– / 2,1	– / 0,9	–	–	–	–	–
				28	2,5	2,8	3,0	1,5	–	–	–	–	–
95	–	5	1450	2	0,8 / 1,8	1,8 / 5,0	2,4 / 5,9	1,2 / 2,5	5,1	4,3	2,2	1,0	2,1
				28	5,7	6,3	6,1	2,5	–	–	–	–	–
92	–	8	1330	2	0,7 / 1,5	1,0 / 3,1	1,8 / 3,9	0,9 / 2,0	–	–	–	–	–
				28	3,0	3,5	4,0	2,0	–	–	–	–	–
88	–	12	1200	2	0,4 / 0,9	0,7 / 1,8	1,1 / 2,3	0,5 / 1,0	14,6	9,0	5,4	0,3	0,7
				28	2,0	2,3	2,7	1,1	–	–	–	–	–

* При температурах 20 °С, 40 °С використовувався тампонажний портландцемент ПЦТІ-50, при температурах 60 °С, 80 °С – ПЦТІ-100.

ВИСНОВКИ

Створено рецептури полегшених тампонажних матеріалів на основі суміші в'язучого (портландцемент ПЦТІ-100, ПЦТІ-50) і полегшувальної домішки густиною 1160 кг/м³ – 1550 кг/м³.

Як полегшувальну домішку використано

спучений перлітовий пісок СПП при співвідношенні компонентів тампонажного матеріалу за масою відповідно від 97:3 до 88:12.

Встановлено, що полегшений тампонажний матеріал відповідає існуючим стандартам що до вимог до полегшених тампонажних цементів.

Визначено температурний інтервал застосуван-

ня полегшеного тампонажного матеріалу, який становить $20\text{ }^{\circ}\text{C} \div 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, допустимий – $15\text{ }^{\circ}\text{C} \div 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наукова цінність розробки полягає в тому, що проведено підбір оптимальних рецептур нового полегшеного тампонажного матеріалу.

Запропонована розробка дає змогу розширити діапазон густин полегшених (легких) тампонажних розчинів, що має практичну цінність при цементуванні високопроникних пластів та розрізів свердловин в зонах аномально низьких пластових тисків, а також при необхідності підняття цементу на велику висоту в один прийом. На основі даної розробки видані «Рекомендації з використання легких (полегшених) тампонажних матеріалів для цементування свердловин», які прийняті до застосування в системі Державної геологічної служби України.

Список літератури / References

1. Горський В. Ф. Тампонажні матеріали і розчини / В.Ф. Горський. – Чернівці – 2006 – 524 с.
2. Данюшевський В.С. Справочное руководство по тампонажным материалам / В.С. Данюшевський, Р.М. Алиев, И.Ф. Толстых. – М.: Недра, 1987. – 373

3. Булатов А. И. Тампонажные материалы / А. И. Булатов, В. С. Данюшевський. – М.: Недра, 1987. – С. 164 – 167.

4. Новохатский Д. Ф. Специальные тампонажные цементы / Д.Ф. Новохатский // РНТС „Бурение” – 1972. – № 6 – С. 26 – 28.

5. Новохатский Д. Ф. Пути улучшения качества и перспективы производства тампонажных материалов для крепления нефтяных и газовых скважин / Д.Ф. Новохатский, В.А. Волошин // РНТС „Бурение” – 1978. – № 11 – С. 19 – 22.

6. ТУ У729755.01-94. портландцемент тампонажний полегшений для нормальних і помірних температур.

7. Орловський В. М. Нові полегшені і легкі тампонажні матеріали: науковий вісник / В.М. Орловський, С.Г. Михайленко, О.В. Лужаниця // Івано-Франк. нац. тех. унів. нафти і газу. – 2010. – №3. – С. 10 – 14.

8. Пат. 13254 Україна, МПК С 09 К 8/50. Тампонажна суміш / Лужаниця О.В., Михайленко С.Г., Орловський В.М., Мартинов Д.В (Україна); – № у 2005 09726; Заявлено 17.10.05; Опубл. 15.03.06, Бюл. № 3.

ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

Мета. Створення рецептур полегшених тампонажних матеріалів на основі суміші в'язучого (портландцемент ПЦТІ-100, ПЦТІ-50) і полегшувальної домішки. Для досягнення цієї мети як полегшувальну домішку використано спучений перлітовий пісок. Шляхом розв'язання поставленої задачі довести, що новий полегшений тампонажний матеріал на основі стандартного тампонажного портландцементу і полегшувальної домішки спученого перлітового піску має високі технологічні властивості і відповідає вимогам чинних стандартів щодо полегшених тампонажних цементів.

Методика. При проведенні досліджень використано теоретичні й експериментальні методи. Експерименти проведено на лабораторному обладнанні, яке моделює пластові умови. Вимірювання технологічних властивостей тампонажного розчину та утвореного каменю проводилось з використанням стандартного лабораторного обладнання. Зокрема густина тампонажних розчинів визначалась з допомогою пікнометра, водосумішеве відношення розчинів підбиралось за допомогою конусу розтічності КР-1, водовідділення розчинів визначалось за стандартною методикою згідно ДСТУ БВ.2.7-86-99, час загуснення розчинів визначався на консистометрі КЦ-3, для вивчення адгезії використовувався лабораторний прес ПСУ-10 з гідравлічним приводом і спеціальна приставка, визначення границь міцності каменю при вигині проводилось згідно ДСТУ БВ.2.7-86-99 на приладі для випробування зразків-балочок на розтягування при вигині, при стискуванні – на пресі ПСУ-10. Кількість проведених експериментів достатня для одержання результатів з довірою вірогідністю 0,95.

Результати. Створено і досліджено полегшений тампонажний матеріал на основі стандартного тампонажного портландцементу ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50) з полегшувальною домішкою спученого перлітового піску. Мінімальна густина нових полегшених тампонажних розчинів складає $1160 - 1190\text{ кг/м}^3$ при дотриманні інших властивостей тампонажного розчину і каменю згідно з вимогами чинних стандартів щодо полегшених матеріалів.

Наукова новизна. Створено новий полегшений матеріал на основі стандартного тампонажного портландцементу і полегшувальної домішки – спученого перлітового піску та підібрані оптимальні рецептури.

Практична значимість. Результати роботи мають практичне застосування при цементуванні глибоких нафтових і газових свердловин в складних гірничо-геологічних умовах геологорозвідувальних площ та промислових родовищ вуглеводневої сировини України. На основі даної розробки видані «Рекомендації з використання легких тампонажних матеріалів для цементування свердловин», які прийняті до застосування в системі Державної геологічної служби України.

Ключові слова: полегшений тампонажний матеріал, полегшувальна домішка, міцність цементного каменю, адгезія, газопроникність

ABSTRACT (IN RUSSIAN)

Цель. Получение облегченного тампонажного материала на основе смеси вяжущего (портландцемент ПЦТІ-100, ПЦТІ-50) и облегчающей примеси. Для достижения этой цели в качестве облегчающей примеси использован вспученный перлитовый песок. Путем решения поставленной задачи доказать, что полученный облегченный тампонажный материал на основе стандартного тампонажного портландцемента и облегчающей примеси – вспученного перлитового песка имеет высокие технологические свойства и отвечает требованиям действующих стандартов относительно облегченных тампонажных цементов.

Методика. При проведении исследований использованы теоретические и экспериментальные методы. Эксперименты проведены на лабораторном оборудовании, которое моделирует пластовые условия. Измерения технологических свойств тампонажного раствора и образованного камня проводилось с использованием стандартного лабораторного оборудования. В частности плотность тампонажных растворов определялась с помощью пикнометра, водосмесевое отношение растворов подбиралось с помощью конуса растекаемости КР-1, водоотделение тампонажных растворов определялось по стандартной методике согласно ДСТУ БВ.2.7-86-99, время загустевания тампонажных растворов определялось на консистомере КЦ-3, для изучения адгезии использовался лабораторный пресс ПСУ-10 с гидравлическим приводом и специальная приставка, определения пределов прочности камня при изгибе проводилось согласно ДСТУ БВ.2.7-86-99 на приборе для испытания образцов-балочек на растяжение при изгибе, при сжатии – на прессе ПСУ-10. Количество проведенных экспериментов достаточное для получения результатов с доверительной вероятностью 0,95.

Результаты. Создан и исследован облегченный тампонажный материал на основе стандартного тампонажного портландцемента ПЦТІ-100 (ПЦТІ-50) и облегчающей примеси, в качестве которой использован вспученный перлитовый песок. Минимальная плотность облегченных тампонажных растворов на основе разработанного материала составляет 1160 – 1190 кг / м³ при соблюдении других свойств тампонажного раствора и камня в соответствии с требованиями действующих стандартов относительно облегченных материалов.

Научная новизна. Создан новый облегченный тампонажный материал на основе стандартного тампонажного портландцемента и облегчающей примеси – вспученного перлитового песка и проведен подбор оптимальных рецептов.

Практическая значимость. Результаты работы имеют практическое применение при цементировании глубоких скважин в сложных горно-геологических условиях геологоразведочных площадей и промышленных месторождений углеводородного сырья Украины. На основе данной разработки созданы «Рекомендации по использованию легких (облегченных) тампонажных материалов для цементирования скважин», принятые к применению в системе Государственной геологической службы Украины.

Ключевые слова: облегченный тампонажный материал, облегчающая примесь, прочность камня, адгезия, газопроницаемость

ABOUT AUTHORS

В. М. Орловський канд. техн. наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків, Україна, e-mail: svaroh13@ukr.net, ORCID-0000 0002 8749 5354

А. М. Похилко аспірант Національний технічний університет «ХПІ», Харків, Україна, e-mail: misyac@i.ua, ORCID-0000 0003 3033 5322