

УДК 691.4:622.223.74

К.А. Тимофєєва, аспірантка

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АГРЕСИВНИХ СКЛАДОВИХ БУРОВОГО ШЛАМУ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОЦЕМЕНТУ

Проаналізовано сучасні методи утилізації бурових відходів, способи спорудження, експлуатації, ліквідації шламових амбарів. Подано результати лабораторних досліджень впливу агресивних складових бурового шламу на фізико-механічні характеристики ґрунтоцементу та представлено спосіб гідроізоляції шламового амбару ґрунтоцементним протифільтраційним екраном.

Ключові слова: буровий шлам, шламовий амбар, гідроізоляція, ґрунтоцемент.

УДК 691.4:622.223.74

Е.А. Тимофеева, аспирантка

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ БУРОВОГО ШЛАМА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОЦЕМЕНТА

Проанализированы современные методы утилизации буровых отходов и способы сооружения, эксплуатации, ликвидации шламовых амбаров. Поданы результаты лабораторных исследований воздействия агрессивных составляющих бурового шлама на физико-механические характеристики ґрунтоцемента и представлен способ гидроизоляции шламового амбара ґрунтоцементным противοfiltrационным экраном.

Ключевые слова: буровой шлам, шламовый амбар, гидроизоляция, ґрунтоцемент.

UDC 691.4:622.223.74

К.А. Tymofieieva, post-graduate

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

LABORATORY EXPERIMENTS OF THE DRILLED CUTTINGS COMPONENTS ON THE SOILCEMENT PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS

Existing modern methods of waste disposal and construction methods, exploitation, phase-out the sludge pit are analyzed in this article. The results of the laboratory experiments of the drilled cuttings components on the soilcement physical and mechanical characteristics are given and the new methods of a sludge pits of water proofing on soilcement watertight screen is presented.

Keywords: drilled cuttings, sludge pit, waterproof, soilcement.

Вступ. Практика ведення бурових робіт при видобутку нафти і газу показала, що найбільш вагомими проблемами з точки зору їх негативного

впливу на довкілля є утворення значної кількості відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин. При бурінні свердловин для приготування бурових розчинів використовуються хімічні реагенти й речовини 3-го та 4-го класів небезпеки. При експлуатації свердловин для інтенсифікації видобутку вуглеводневої сировини використовують концентровані розчини різних кислот, поверхнево-активних речовин, інгібіторів тощо. Трапляються викиди нафти, конденсату. Потрапляння цих речовин у водойми, ґрунт, ґрунтові води є екологічно небезпечним.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Найбільш доступним шляхом ліквідації відходів буріння та експлуатації свердловин є їх захоронення. Практикують ліквідацію відходів у спеціально відведених місцях, глибоких підземних горизонтах. Захоронення у спеціально відведених місцях передбачає використання для цього спеціальних споруд, кинутих кар'єрів тощо. Така ліквідація потребує значних транспортних витрат, тому вважається економічно недоцільною. Здебільшого практикують утилізацію напіврідкої маси відходів безпосередньо в земляних шламових амбарах на території бурової.

У процесі експлуатації бурової шламові амбари заповнюються буровими стічними водами, буровим шламом, пластовими водами, продуктами випробування свердловин, матеріалами для приготування й хімічної обробки бурових і тампонажних розчинів, паливно-мастильними матеріалами. Але забруднювачі, які містяться у відходах, унаслідок рухливості та високої проникної спроможності мігрують у ґрунтові води і забруднюють навколишнє середовище [1, 2]. Очевидно, що особливі вимоги з точки зору охорони навколишнього середовища повинні застосовуватися до захисних протифільтраційних екранів шламових амбарів, так як охорона ґрунту і ґрунтових вод потребує надійного захисту для створення бар'єру проти розповсюдження забруднення. Ґрунтова основа котловану шламового амбару повинна мати водонепроникний захисний протифільтраційний екран при умові його довговічності та стійкості проти агресивного впливу відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин.

У міжнародній практиці буріння й експлуатації нафтогазових свердловин використовують метод утилізації відходів у земляних шламових амбарах, стінки і днище яких ізолюють плівкою з поліетилену чи полівінілхлориду та бентонітом. Після завершення роботи свердловини (промислу) сховище засипають мінеральним ґрунтом, котрий змішують із бентонітом, і наносять шар родючого ґрунту. Тобто проводять рекультивацію ділянки. Але вітчизняний досвід свідчить про ненадійність такої ізоляції, яка частково руйнується в процесі її укладання й подальшої експлуатації.

У шламовому амбарі відходи буріння свердловин проходять процес розшарування на загущену і рідку фази. Рідка фаза видаляється й направляється у систему збору та підготовки нафти з подальшим використанням її в системі підтримки пластового тиску. Вода з рідкої фази може також в амбарах видалятися шляхом випаровування. Для мінімізації негативного впливу шламових амбарів на довкілля, підземні водоносні горизонти, важливим є вибір методу обвалування та гідроізоляції амбару, а також способу ліквідації амбару. На жаль, у практиці буріння свердловин часто застосовується метод експлуатації амбарів з обвалуванням та гідроізоляцією порожнини котловану лише шаром глини. При ліквідації таких амбарів загущені відходи буріння засипають мінеральним ґрунтом. Більш екологічно безпечний спосіб утилізації бурових відходів передбачає спорудження котлованів у мінеральному ґрунті із забезпеченням гідроізоляції металевими листами, синтетичною плівкою, залізобетонними плитами, дерев'яними щитами з бітумним покриттям або композиціями на основі глини, вапна і цементу. Після відводу освітленої води котлован амбару періодично чистять від загущеного відстояного осаду або консервують амбар. Така система широко використовується в бурінні свердловин, однак задовільною її також назвати не можна, тому що безперервно забруднює прилеглі до котлованів шламових амбарів території та гідрозв'язки в екосистемі.

У практиці фундаментабудування та влаштування штучних основ досить часто використовують такий будівельний матеріал, як ґрунтоцемент, також він широко використовується як гідроізоляційний матеріал. Значною перевагою застосування ґрунтоцементних елементів є те, що найбільш сприятливим середовищем для їх улаштування є водонасичені ґрунти, у тому числі ті, що розташовані нижче рівня ґрунтових вод. Ґрунтоцемент являє собою складну багатофазну систему, яка містить ґрунт, що має полідисперсний та полімінеральний склад, цемент, який з'єднує частинки ґрунту в моноліт, та за необхідності різні домішки [3].

Дослідження показують, що міцність ґрунтоцементу, як і бетону, зростає в часі й такий процес може тривати роками. Найбільш швидке зростання міцності спостерігається у початковий період. Підвищення температури й вологості середовища значно прискорює процес тужавіння ґрунтоцементу. При зберіганні ґрунтоцементу у воді спостерігається більш інтенсивне зростання міцності. Це свідчить про те, що найбільш сприятливим для тужавіння ґрунтоцементу слід вважати його знаходження у водонасичених ґрунтах або у воді. Міцність ґрунтоцементу, як і бетону, залежить від кількості цементу, фізико-механічних властивостей ґрунту та цементного каменю. Збільшення кількості цементу підвищує щільність

грунтоцементу, у свою чергу збільшення щільності приводить до підвищення його міцності.

Лабораторні дослідження ґрунтоцементу показали його високу водонепроникність, яка дорівнює W6 [4 – 6].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз існуючих методів і технологій утилізації та знешкодження відходів буріння й експлуатації нафтогазових свердловин показує, що вони, безсумнівно, у першу чергу орієнтовані на зниження негативного впливу на довкілля, але недостатньо ефективні з точки зору гідроізоляційного покриття.

Постановка завдання. Проведення лабораторних досліджень впливу агресивних складових бурового шламу на фізико-механічні характеристики ґрунтоцементу та розробити спосіб спорудження шламового амбару з суцільним ґрунтоцементним протифільтраційним екраном для накопичення, нейтралізації та утилізації токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин.

Основний матеріал і результати. Висока водонепроникність ґрунтоцементу, котра досягається при звичайному технологічному циклі без спеціальних добавлень, відкриває широкі можливості використання ґрунтоцементу при спорудженні водонепроникних запон, зокрема протифільтраційного екрана земляного шламового амбара.

Лабораторні дослідження ґрунтоцементу на хімічну стійкість до агресивних складових бурового шламу (корозійну стійкість) здійснювалися на зразках із ґрунтоцементу, до складу якого входив ґрунт (суглинок лесовий, світло-коричневий), портландцемент марки 400 [7] в кількості 20% від ваги сухого ґрунту і вода. Для лабораторних випробовувань ґрунтоцементу на корозійну стійкість згідно вимогам ДСТУ Б В.2.7-213:2009 [8] було виготовлено зразки кубічної форми розміром 3,0 x 3,0 x 3,0 см (рис. 1).



Рис. 1 – Зразки ґрунтоцементу для лабораторних випробувань



Рис. 2 – Випробування зразків ґрунтоцементу на міцність

На другу добу після формування кубики витягалися з форм і зберігалися до випробування у воді протягом 28 діб (час набору міцності). Виготовлені зразки були розподілені на чотири серії і розміщені у ємності з найбільш агресивними складовими бурового шламу та, для порівняння, у ємності з водою:

- перша ємність – водопровідна вода (H_2O);
- друга ємність – 2,8-процентний розчин каустичної соди ($NaOH$);
- третя ємність – 4-процентний розчин соди кальцинованої (Na_2CO_3);
- четверта ємність – 15-процентний розчин калію хлористого (KCl).

Визначення міцності зразків на стиск виконувалися в процесі витримки в агресивних середовищах та воді через 30, 90, 180, 360 діб за допомогою преса (рис. 2). Для кожного випробування було виготовлено по 6 зразків однієї серії (однаковий уміст ґрунту, цементу, співвідношення В/Ц). Навантаження прикладалося до руйнування зразка (рис. 3) згідно вимогам ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [9].



Рис. 3 – Зразки ґрунтоцементу після випробування на міцність залежно від середовища витримки

У результаті випробувань отримано середнє значення міцності на стиск ґрунтоцементу певного періоду витримки у хімічних розчинах. Для кожного зразка ґрунтоцементу також визначалася щільність та вологість. Оскільки сьогодні немає нормативних документів з випробування ґрунтоцементних зразків, то досліди проводилися відповідно до норм [9], як для бетонів. Визначення міцності ґрунтоцементу полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що руйнують спеціально виготовлені контрольні зразки при їх статичному навантаженні з постійною швидкістю збільшення навантаження. Максимальне зусилля, досягнуте в процесі випробування, приймали за руйнівне навантаження і заносили в журнал випробувань. Результати випробувань зразків на стиск, зберігання яких відбувалося у чотирьох різних розчинах, зведено у загальну таблицю 1 міцності на стиск ґрунтоцементних зразків при різному терміні витримки.

Таблиця 1 – Осереднені результати дослідження зразків ґрунтоцементу на міцність залежно від терміну та середовища витримки

Середовище витримки	Вологість ґрунтоцементу $W, \%$ (коефіцієнт варіації V)	Щільність скелета ґрунтоцементу $\rho_s, \text{т/м}^3$ (коефіцієнт варіації V)	Міцність ґрунтоцементу $R, \text{МПа}$ (коефіцієнт варіації V)
Термін витримки 30 діб			
Вода (H_2O)	35 (0,02)	1,32 (0,02)	5,05 (0,17)
2,8-процентний розчин каустичної соди (NaOH)	37 (0,09)	1,39 (0,05)	5,99 (0,12)
4-процентний розчин соди кальцинованої (Na_2CO_3)	37 (0,05)	1,36 (0,01)	4,95 (0,16)
15-процентний розчин калію хлористого (KCl)	15 (0,08)	1,59 (0,05)	6,14 (0,11)
Термін витримки 90 діб			
Вода (H_2O)	33 (0,04)	1,43 (0,02)	5,42 (0,08)
2,8-процентний розчин каустичної соди (NaOH)	27 (0,08)	1,46 (0,04)	7,31 (0,09)
4-процентний розчин соди кальцинованої (Na_2CO_3)	29 (0,10)	1,45 (0,04)	4,74 (0,13)
15-процентний розчин калію хлористого (KCl)	35 (0,09)	1,36 (0,05)	6,24 (0,15)
Термін витримки 180 діб			
Вода (H_2O)	22 (0,08)	1,56 (0,06)	7,27 (0,14)
2,8-процентний розчин каустичної соди (NaOH)	33 (0,10)	1,39 (0,07)	7,54 (0,17)
4-процентний розчин соди кальцинованої (Na_2CO_3)	32 (0,08)	1,4 (0,04)	4,2 (0,14)
15-процентний розчин калію хлористого (KCl)	33 (0,04)	1,35 (0,04)	6,44 (0,08)
Термін витримки 360 діб			
Вода (H_2O)	17 (0,09)	1,64 (0,12)	8,97 (0,08)
2,8-процентний розчин каустичної соди (NaOH)	16 (0,05)	1,61 (0,07)	10,75 (0,04)
4-процентний розчин соди кальцинованої (Na_2CO_3)	18 (0,06)	1,49 (0,05)	5,89 (0,07)
15-процентний розчин калію хлористого (KCl)	20 (0,04)	1,57 (0,08)	8,15 (0,09)

Як видно з таблиці, щільність скелета ґрунтоцементу практично не змінюється протягом терміну витримки ґрунтоцементу. Вологість із часом змінюється не суттєво. За даними таблиці побудуємо порівняльні графіки показників міцності залежно від терміну та середовища витримки (рис. 4).

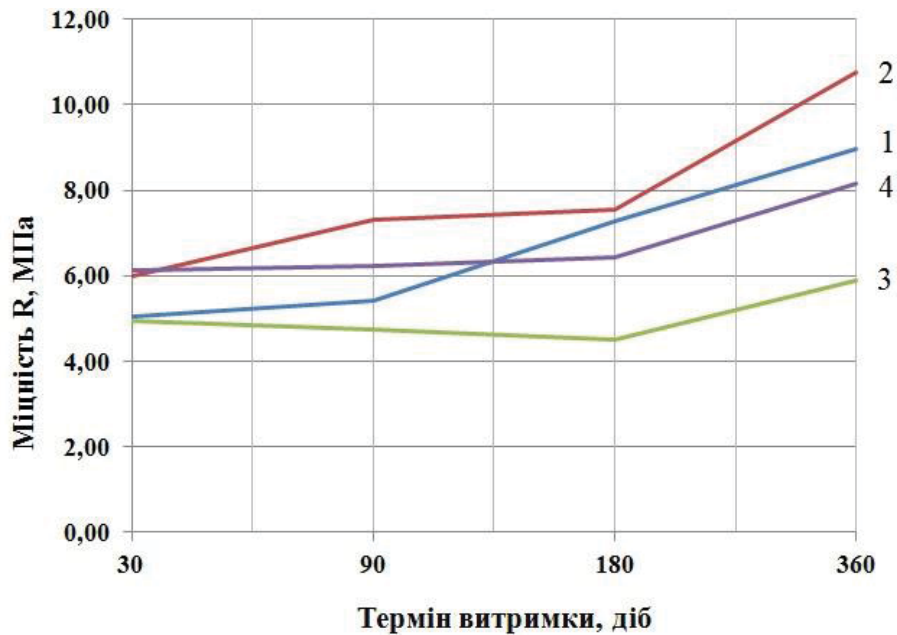


Рис. 4 – Залежність міцності зразків-кубиків ґрунтоцементу від терміну та середовища витримки:

- 1 – зберігалися у воді (H₂O); 2 – зберігалися у каустичній соді (NaOH);
3 – зберігалися у кальцинованій соді (Na₂CO₃);
4 – зберігалися у калію хлористому (KCl)**

Лабораторні дослідження ґрунтоцементу показали його хімічну стійкість до агресивних складових бурового шламу і високу міцність, що дає можливість використання ґрунтоцементу для протифільтраційного екрана шламового амбара.

На рисунку 5 зображено шламовий амбар із ґрунтоцементною гідроізоляцією. Будівництво шламового амбара починається зі зняття родючого шару ґрунту та складування його в тимчасові відвали, потім риття земляного котловану й складування ґрунту для подальшого його використання при приготуванні ґрунтоцементу, зведення по периметру амбара обвалування, виконання гідроізоляції днища та стінок котловану із ґрунтоцементу. Відмітка дна котловану амбару повинна бути на 1,0 – 1,5 м вищою за рівень ґрунтових вод, а глибина захоронення твердих відходів (в амбарі) не менше 1 м. Обвалування виконують висотою до 1 м для запобігання розтіканню рідких відходів буріння з амбару та виключення потрапляння в нього талої води. Оптимальна крутизна відкосів дорівнює 1:2. Ґрунтоцемент готується на будівельному майданчику в горизонтальному бетонозмішувачі неперервної дії із ґрунту (суглинок, супісок), портландцементу марки 400 в кількості 20% від ваги сухого ґрунту та води і за допомогою автобетононасоса укладається рівномірним шаром товщиною не менше ніж 0,3 м. Термін тужавіння у зволоженому стані триває 28 діб. Розміри шламових амбарів, їх об'єм, профіль і глибину визначають на стадії робочого проектування стосовно конкретної ділянки будівництва свердловини з урахуванням категорії ґрунту, глибини

залягання ґрунтових вод та інших характеристик. Заповнення амбара відходами буріння здійснюється після тужавіння ґрунтоцементу. Водонепроникність ґрунтоцементу при цьому становить не менше ніж W8. У часі міцність і водонепроникність ґрунтоцементу збільшуються. Процес заповнення шламового амбара відбувається до тих пір, поки рівень шламу не досягне проектної відмітки – верхньої кромки ґрунтоцементу на стінах котловану на глибині не менше 1 м від поверхні землі. Для зниження токсичності та з метою затвердіння напіврідких відходів буріння проводиться їх нейтралізація. Потім здійснюється повна герметизація амбару шляхом укладання шару ґрунтоцементу товщиною не менше 0,3 м на нейтралізовані й затверділі відходи. Після тужавіння верхнього шару ґрунтоцементу виконується технічна рекультивація – засипання мінеральним ґрунтом і рівномірне нанесення родючого шару ґрунту на мінеральний. Рекультиваційне покриття повинно надійно відводити воду атмосферних опадів. На рисунку 6 зображено захоронення відходів буріння в земляному шламовому амбарі та його герметизація суцільним протифільтраційним ґрунтоцементним екраном.

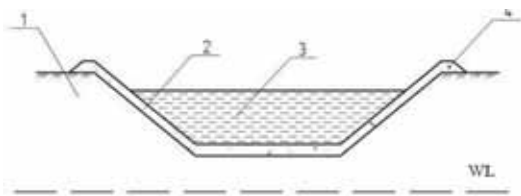


Рис. 5 – Шламовий амбар із ґрунтоцементною гідроізоляцією:
1 – ґрунт; 2 – протифільтраційний екран із ґрунтоцементу; 3 – буровий шлам; 4 – обвалування

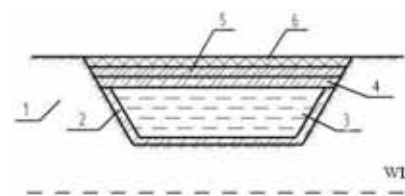


Рис. 6 – Захоронення відходів буріння:
1 – ґрунт; 2 – протифільтраційний екран із ґрунтоцементу; 3 – буровий шлам; 4 – шар ґрунтоцементу; 5 – шар мінерального ґрунту; 6 – шар родючого ґрунту

Висновки. Ґрунтоцементний протифільтраційний екран шламового амбара забезпечує ефективний захист навколишнього середовища й ґрунтових вод від токсичних відходів буріння й експлуатації нафтогазових свердловин. Переваги ґрунтоцементу: висока водонепроникність, морозостійкість, простота та швидкість застосування, термін експлуатації практично необмежений, стійкість до агресивних складових бурового шламу (корозійна стійкість), низька собівартість робіт, екологічна безпека цього матеріалу. Приготування ґрунтоцементу на будівельному майданчику з використанням ґрунту з котловану здешевлює на 50% виготовлення протифільтраційного екрана порівняно з бетонуванням котловану. Шляхом експериментальних лабораторних досліджень встановлено хімічну стійкість ґрунтоцементу до агресивних складових бурового шламу. Ґрунтоцемент є екологічно безпечним матеріалом, а термін його використання практично необмежений.

Література

1. Пукіш А.В. Дослідження хімічного складу та фізико-хімічних властивостей бурових стічних вод. / А.В. Пукіш, Я.М. Семчук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – №1(22) – С. 23 – 36.
2. Пукіш А.В. Оцінка токсичності відходів буріння / А.В. Пукіш // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 1. – С. 52 – 55.
3. Токин, А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токин. – М.: Стройиздат, 1984. – 184 с.
4. Дослідження водонепроникності ґрунтоцементу / [М.Л. Зоценко, О.І. Наливайко, І.І. Ларцева, О.М. Панько] // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: ДНУЗТ, 2010. – Вип. 32. – С. 43 – 48.
5. Ларцева І.І. До визначення фізико-механічних характеристик ґрунтоцементу / І.І. Ларцева, М.В. Петруняк // Зб. наук. пр. (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вип. 2 (27). – С. 127 – 134.
6. Водонепроникні запони з ґрунтоцементу, який виготовлюється за бурозмішувальною технологією / Зоценко М.Л., Ларцева І.І., Петраш О.В., Іванченко В.Г., Сухоросов І.М. // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. – Київ: КНУБА, 2011. – Вип. 17. – С. 39 – 46.
7. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови: ДСТУ Б В. 2.7-46-2010. – ДСТУ Б В.2.7-46-2010. – [Чинний від 2011-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 14 с. – (Національний стандарт України).
8. Будівельні матеріали. Бетони хімічно стійкі. Методи випробовувань: ДСТУ Б В.2.7-213:2009 – ДСТУ Б В.2.7-213:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 12 с. – (Національний стандарт України).
9. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України. – 44 с. – (Національний стандарт України).

Надійшла до редакції 27.03.2014
©К.А. Тимофєєва