Даним способом пропонуємо зміцнити породи висячого-боку, а також стелини для запобігання потрапляння води в очисний простір. В теорії зміцнення допоможе зменшити кількість води яка безпосередньо просочується через породи висячого боку, та стелини. Вода, яку не захоплять дренажні свердловини 1, буде відбиватися від захисного екрану 2, та повертатися на дренаж 1, стікати у виробку 3 та перепускатися на інші горизонти для подальшого водовідведення.

Захисна стелина пройдена під кутом 3-5 градусів відносно висячого боку, що дає змогу воді з вище лежачих горизонтів «стікати» по стелині на висячий бік 2, а звідти на дренаж 1.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Для подальшого стабільного відпрацювання покладів залізних руди і не тільки умовах вторинного обводнення родовищ, необхідно удосконалювати системи водозахисту панелей при їх подальшому відпрацюванні. Тому це як одне з багатьох можливих рішень.

Даний спосіб дає змогу вести відробку родовища фактично не зважаючи на водоприток з фронту стелини та висячого боку, але не дозволяє в повній мірі захистити блок від потрапляння води з суміжних камер, а в деяких випадках лежачого боку. З недоліків слід зазначити що даний спосіб підвищить собівартість видобутку руди, але дозволить більш цілісно відпрацювати поклад.

Як подальший розвиток технології планується розробити альтернативу способу, без використання твердіючих матеріалів, за допомогою стискання порід висячого боку силою вибуху.

Список літератури

1. Електронний ресурс <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D0%B6>
2. Straskraba V. and Effner S. 1998 Water control in underground mines – grouting or drainage imwa symposium Johannesburg, pp 195-212.
3. Carvalho, P., D.G. Richards, R. Fernandez-Rubio, and P.J. Norton, 1990. Prevention of Acid Mine Drainage at Neves-Corvo Mine, Portugal. International Journal of Mine Water, Vol. 9, Nos. 1,2,3, and 4.
4. K. F. Garshol, K. W. J. Tam, W. B. S. Mui, K. M. H. Chau, K. C. K. Lau, Grouting Techniques for Deep Subsea Tunnels in Hong Kong, In: Proceedings of World Tunnel Congress, 2012
5. K. Weaver, Dam foundation grouting, ASCE press, USA, 1991
6. Dingli Zhang, Qian Fang, Haicheng Lou, Grouting Eechniques for the unfavorable geological conditions of Xiang'an subsea tunnel in China; D. Zhang et al. / Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 6 (2014)
7. Kipko, E.Y., Y.A. Polozov, and O.Y. Lushinkova, 1993. Integrated Grouting and Hydrogeology of Fractured Rock in the Former USSR. Published by the U.S Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Denver, Colorado
8. Heinz, W.F., 1997. Cover Grouting : A Rational Approach. Proceedings of The 6th International Mine Water Congress, Bled, Slovenia.
9. Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред.кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. - М.: Сов. Энциклопедия. Т.3. Кенчан - ОПТ. 1987, 592с.
10. Nel, P.J.L., 1997. A Critical Overview of a Completed Shaft Project and the Disposal of Excessive Water inflows into the Upcast Ventilation Compartment. Proceedings of The 6th International Mine Water Congress, Bled, Slovenia.

Рукопис подано до редакції 10.04.2020

УДК 691.4:622.223.74

М.Л. ЗОЦЕНКО, д-р техн. наук, проф., О.В. МИХАЙЛОВСЬКА, канд. техн. наук, доц.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

О.Б. ОЛЕКСІЄНКО, канд. техн. наук

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»

ТЕХНОЛОГІЧНЕ РІШЕННЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Мета. Запропонувати ефективне технологічне рішення влаштування шламосховища для захоронення відходів, обґрунтувати параметри співвідношення ґрунту майданчика та бурового шламу при заповненні сховища відходів.

Методи. Використано експериментальне визначення значень оптимальної вологості для співвідношення суміші бурового шламу та суглинку 60:40 при заповненні шламосховища.

Наукова новизна. Авторами пропонується шламосховище влаштовувати із вертикальною протифільтраційною завісою із ґрунтоцементу за допомогою технології виготовлення ґрунтоцементних елементів за бурозмішувальною технологією без виймання ґрунту. Таким чином отримуємо циліндричні ґрунтоцементні елементи діаметром 0,3 – 0,8 м і довжиною до 30 м. Після твердіння ґрунтоцементних елементів по периметру шламосховища виконується

виймка до 60% масиву ґрунту та його укладання шарами, чергуючи з буровим шламом. Протифільтраційна завіса по типу «стіна в ґрунті» з ґрунтоцементних елементів заглиблюється у водотрив на глибину не менше 1 м з метою забезпечення відсутності фільтрації. Важливим фактором проектування сховища є вибір місця розташування сховища при умові наявності водотривкого шару на оптимальній глибині від поверхні (8-20 м). Розміри ґрунтоцементних елементів та розміри гідроізоляції днища визначаються на стадії робочого проектування стосовно до конкретної ділянки будівництва, з урахуванням категорії ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод. Після заповнення шламосховища рекомендовано влаштувати покриття із ґрунтоцементу, яке вкладається на загущений до тугопластичної консистенції буровий шлам із додаванням ґрунту майданчика будівництва. Після тужавіння ґрунтоцементу покриття шламосховища засипають шаром родючого ґрунту.

Практична значимість виконаної роботи полягає в обґрунтуванні технологічного рішення шламосховища для захоронення відходів та співвідношенні бурового шламу до ґрунту

Результати. Розроблено та обґрунтовано доцільність застосування технологічного рішення влаштування шламосховища для захоронення відходів. Запропоновано наповнювати шламосховище сумішшю бурового шламу та ґрунту майданчика з чергуванням шарів ґрунту та бурового шламу. Визначено середнє значення оптимальної вологості суміші для влаштування перекриття із ґрунтоцементу при співвідношенні бурового шламу до ґрунту 60:40.

Ключові слова: шламосховище, ґрунтоцемент, бурозмішувальна технологія, масив ґрунту, ущільнення.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-190-194

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Проблема ліквідації відходів буріння є, безперечно, актуальною. На даний час частіше застосовують метод захоронення відходів. Захоронення відходів нафтогазової промисловості проводять у спеціально відведених місцях, глибоких підземних сховищах, у земляних шламосховищах на території проведення робіт. Для попередження попадання в ґрунт, поверхневі й підземні води токсичних відходів буріння й експлуатації нафтогазових свердловин обов'язковим запобіжним заходом вважається будівництво в межах ділянки буріння земляних шламових амбарів, у які збирають токсичні відходи. Розміри амбарів визначаються проектом і повинні відповідати обсягам відходів буріння свердловини. Умови будівництва шламових амбарів та їх конструкція залежать від інженерно-геологічних умов площі, виділеної під будівництво свердловини, та характеристик ґрунтів цієї площі [1,13].

Аналіз досліджень і публікацій. Важливим при влаштуванні шламосховищ є забезпечення гідроізоляції їхнього днища та стінок. Для цього застосовують профільтраційні екрани (бетонування, геомембрани [1,2], матеріали на основі синтетичного полотна тощо). Однак екрани з цих матеріалів не досить довговічні та їх пошкодження при контакті з хімічними речовинами призведе до негативних екологічних наслідків.

Качала Т.А. пропонує використати при будівництві стінок амбару композиційний матеріал на основі синтетичної тканини (полотна), модифікованої з обох сторін полімерно-бітумним в'язким з високими термопластичними та гідроізоляційними властивостями [4] (рис. 1).

Тимофеева К.А. пропонує влаштування шламового амбару із ґрунтоцементу за допомогою технології виготовлення ґрунтоцементних елементів за бурозмішувальною технологією без виймання ґрунту [1,2].

Рис. 1. Загальний вигляд шламових амбарів [8]

За запропонованою технологією по периметру шламового амбару буряться свердловини. Ці свердловини наповнюються ґрунтоцементом, що являє собою захисний екран від ґрунтових вод. Потім риється котлован, дно якого гідроізолюється за такою ж технологією [1]. Також відомий спосіб улаштування днища котловану із ґрунтоцементу, який змічують окремо в бетонозмішувачі та наливають суцільним шаром на дно амбару [2]. Такий шламовий амбар влаштовується відкритим. Він має по периметру обвалування з мінерального ґрунту висотою не менше 0,5 м і дротову огорожу. Цей спосіб є трудомістким, та головним недоліком такого рішення є те, що амбар є відкритим.

Також можливо влаштовувати шламовий амбар з протифільтраційною завісою по типу «стіна у ґрунті». Протифільтраційна завіса по типу «стіна у ґрунті» з ґрунтоцементних елементів заглиблюється у водотривкий шар ґрунту, що дає можливість не влаштовувати протифільтраційний екран дна шламового амбару, функцію якого буде виконувати водотривкий шар ґрунту [2,7]. Така конструкція дна буде більш економічною. Недоліком такої конструкції буде, те що амбар проектується відкритим. В такому випадку не виключена можливість випаровування шкідливих речовин та нещасних випадків. Таким чином, виникає необхідність у влаштуванні покриття шламосховища.

Постановка задачі. Таким чином постає завдання розроблення конструктивного рішення ефективного, економічного та безпечного шламосховища з протифільтраційним екраном із ґрунтоцементу та влаштування його покриття..

Викладення матеріалу та результати. Ґрунтоцемент є сумішшю глинистого ґрунту, цементу та води. Основним фактором у перетворенні властивостей ґрунту є цемент, який є полідисперсною і полімерною системою, яка після додавання води утворює камнеподібний матеріал. Відомі дослідження щодо впливу агресивних складових бурового шламу на ґрунтоцемент, що показали, що з часом міцність ґрунтоцементу з часом збільшується (з марки W4 до W6), що свідчить про стійкість ґрунтоцементу до агресивних компонентів бурового шламу [5].

Тому авторами пропонується стіни котловану шламосховища гідроізолювати вертикальною протифільтраційною завісою із ґрунтоцементу за допомогою технології виготовлення ґрунтоцементних елементів за бурозмішувальною технологією без виймання ґрунту по типу «стіна у ґрунті». Стінки шламосховища заглиблювати у водотривкий шар ґрунту. При цьому шламосховище влаштувати закритим.

Вибір технології влаштування ґрунтоцементних елементів проводиться згідно з техніко-економічним обґрунтуванням [6]. Розміри ґрунтоцементних елементів та розміри гідроізоляції дна визначаються на стадії робочого проектування стосовно до конкретної ділянки будівництва, з урахуванням категорії ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод.

Будівництво довічного шламосховища виконується наступним чином. За периметр запланованого шламосховища споруджується монолітна вертикальна протифільтраційна завіса по типу «стіна в ґрунті» з ґрунтоцементних елементів (рис.2) [7,11].

Рис. 2. Довічне шламосховище

Відстань між центрами сусідніх елементів повинна дорівнювати $0,8d$ (d – діаметр ґрунтоцементних елементів).

Ґрунтоцементні елементи виготовляються бурозмішувальним методом, який полягає в тому, що за допомогою спеціального обладнання виконується розпушування ґрунту без його виймання. Цей спосіб полягає у тому, що за допомогою обладнання ґрунт розпушують в границях свердловини без виймання ґрунту. Одночасно в цей ґрунт нагнітають водо-цементну суспензію, перемішують і ущільнюють ґрунтоцементну суміш. Елементи в складі екрану виконують через один, щоб через 1-3 діб виготовити ті, що пропустили. Таким чином отримують щільний суцільний екран. Рідка і важка ґрунтоцементна суміш з самого початку буріння заповнює сверд-

ловину і є надійною перешкодою руйнуванню її стінок. Після твердіння ґрунтоцементу маємо достатньо жорсткий екран.

Таким чином отримуємо циліндричні ґрунтоцементні елементи діаметром 0,3 – 0,8 м і довжиною до 30 м [2,7]. Протифільтраційна завіса по типу «стіна в ґрунті» з ґрунтоцементних елементів заглиблюється у водотрив на глибину не менше 1 м з метою забезпечення відсутності фільтрації. Важливим фактором проектування сховища є вибір місця розташування сховища при умові наявності водотривкого шару на оптимальній глибині від поверхні (8 – 20 м).

Після твердіння ґрунтоцементних елементів по периметру шламосховища виконується виїмка до 60% масиву ґрунту [2,3,7]. Заповнення довічного шламосховища відходами буріння здійснюють після тужавіння ґрунтоцементу. Термін тужавіння у зволоженому стані триває 28 діб. З часом міцність та водонепроникність ґрунтоцементу збільшуються. В міру наповнення шламосховища виконують пошарове пересипання ґрунту та відходів буріння у шламосховищі до тугопластичної консистенції. Пошарове додавання ґрунту до бурового шламу виконується з метою загушення відходів та влаштування покриття із ґрунтоцементу зверху шламосховища. Покриття із ґрунтоцементу укладають безпосередньо на загущені до тугопластичної консистенції відходи буріння. Ґрунтоцемент виготовляється на майданчику будівництва в горизонтальному бетонозмішувачі безперервної дії із ґрунту (суглинок, супісок), портландцементу марки 400 в кількості 20% від ваги сухого ґрунту та води і за допомогою розчинонасосу укладається на загущені відходи буріння рівномірним шаром товщиною не менше 0,8 м. Після тужавіння ґрунтоцементу покриття шламосховища засипають шаром родючого ґрунту товщиною не менше 1,5 м. Після виконання перелічених робіт територію над шламосховищем можливо використовувати у сільськогосподарських цілях [3,7].

Розмір довічного шламосховища і його об'єм, профіль і глибина визначаються на стадії робочого проектування стосовно конкретної ділянки з урахуванням категорії ґрунту, глибини залягання ґрунтових вод, глибини залягання водотриву та інших характеристик.

Дослідження характеристик ґрунту та визначення оптимальної вологості проводили з буровим шламом Яблунівського нафто-газоконденсатного родовища св. № 355. Буровий шлам мав густину $1,49 \text{ г/см}^3$, об'єм осаду 1,5 мл, вміст твердих частинок склав 3%, водневий показник $\text{pH } 6,71$. Для досліджень відбирали суглинок тугопластичний з глибини 2 м. Середня вологість зразків ґрунту склала близько $W = 0,2$.

За результатами лабораторних досліджень визначено, що буровий шлам мав середню вологість зразків ґрунту $W = 0,50$. Його вологість на межі текучості $W_L = 0,36$, вологість на межі розкочування $W_p = 0,21$.

Було визначено, що даний буровий шлам відноситься до суглинку текучого. Дослідження проведено за стандартними лабораторними методиками дослідження ґрунтів згідно ДСТУ Б В.2.1-17: 2009 [8].

Склад ґрунту при рівних умовах, здійснює вагомий вплив на інтенсивність процесу ущільнення та на його кінцеві результати. Збільшення кількості вільної води, що не має вязких властивостей, що дозволяє частинкам ґрунту переміщуватися відносно один одного, що призводить до зменшення опору переміщення частинок при дії зовнішнього навантаження. При однаковій вологості кількість вільної води залежить від складу ґрунту.

При постійних значеннях початкової вологості ґрунту та питомого об'єму скелету ґрунту більша інтенсивність ущільнення відповідає сумішам ґрунту, що мають більшу кількість вільної води тобто ґрунтам з меншою глинистістю [9].

Мінеральний склад глинистої фракції також визначає властивості скелету ґрунту при взаємодії з водою. Найбільшу поверхневу активність і гідрофільність мають глинисті мінерали з рухомою кристалічною решіткою, що здатні утримувати воду не тільки на поверхні, але і міжпакетному просторі кристалічної решітки. Тому при однаковому відсотковому вмісті глинистої фракції найбільш високі значення оптимальної вологості будуть мати ґрунти з монтморилонітової глинистої складової, наднизькі - каолінітові.

Дослідження В.І. Біруля, були направлені на встановлення взаємозв'язку між оптимальними за стандартним ущільненням вологостями й верхніми межами пластичності відповідних ґрунтів за допомогою перехідних коефіцієнтів. У результаті обробки даних за 572 зразками ґрунтів різного походження й гранулометричного складу була отримана формула В.І. Бірулі

$$W_{opt} = 1,5(0,5W_L - 0,25I_p - 0,01). \quad (1)$$

Значення оптимальної вологості визначали для співвідношення суміші бурового шламу та суглинку 60:40. Значення оптимальної вологості можливо отримати за розрахунками відповідно до методики В.І. Бірулі – 0,25. Характеристики суміші ґрунту визначали в лабораторних умовах.

Тому для суміші, що розглядається, були визначені значення оптимальної вологості і оптимальної щільності скелету, відповідно до методики стандартного ущільнення ґрунтів [10], за допомогою стаціонарного механізованого приладу для динамічного ущільнення ґрунтів МДУ-1 [11]. Середнє значення оптимальної вологості суміші для влаштування перекриття із ґрунтоцементу при співвідношенні бурового шламу до ґрунту 60:40 склало 0,26 – 0,27.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

1. Наведений спосіб створення технологічного рішення влаштування шламосховища може використовуватись на будь-якій території, однак важливим фактором проектування сховища є вибір місця розташування сховища при умові наявності водотривкого шару на оптимальній глибині від поверхні (8-20 м).

2. Перевагами конструкції шламосховища з влаштуванням покриття із ґрунтоцементу, яке вкладається на загушений до тугопластичної консистенції буровий шлам із додаванням ґрунту майданчика будівництва є низька вартість виготовлення за рахунок використання водотривкого шару ґрунту в якості днища споруди [12-14]. Після тужавіння ґрунтоцементу покриття шламосховища засипають шаром родючого ґрунту. Таким чином можливе вирішення проблеми утилізації викинутого при будівництві шламосховища ґрунту.

3. Пропонується наповнювати шламосховище сумішшю бурового шламу та ґрунту майданчика (в умовах Полтавської області – суглинок тугопластичний) з чергуванням шарів ґрунту та бурового шламу. Середнє значення оптимальної вологості суміші для влаштування перекриття із ґрунтоцементу при співвідношенні бурового шламу до ґрунту 60:40 склало близько 0,27.

Список літератури

1. Тимофєєва К.А. Ґрунтоцементні сховища для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.02 / Тимофєєва Катерина Анатоліївна ; Полтава, нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. - Полтава, 2016. - 22 с. : рис., табл.
2. Шламований амбар для токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин. №71256 МПК E02D 5/22 Україна / М.Л. Зоценко, К.А. Тимофєєва – № у 2011 14845; Заявл. 14.12.2011; Опубл. 10.07.2012. – Бюл. – 2012. – №13. – 4 с.
3. Шламований амбар із суцільним ґрунтоцементним протифільтраційним екраном для накопичування і захоронення токсичних відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин. №87868 МПК E02D 31/00 Україна / К.А. Тимофєєва – № у 2013 09675; Заявл. 05.08.2013; Опубл. 25.02.2014. – Бюл. – 2014. – №4. – 4 с.
4. Спосіб створення екологічної модифікації нафтошламового амбара. №103876 МПК E02D 31/00, МПК B09C 1/10 Україна / Т.Б. Качала. – № у 2015 03770; Заявл. 21.04.2015; Опубл. 12.01.2016. – Бюл. – 2016. – №1. – 4 с.
5. Зоценко, Н.Л., Тимофєєва, К.А. Шламові амбари для відходів буріння й експлуатації нафтогазових свердловин з ґрунтоцементним протифільтраційним екраном. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (2(66)). pp. 337-345
6. Бурові ґрунтоцементні палі, які виготовляються за бурозмішувальним методом: Монографія / М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, В.М. Зоценко. – Харків: Друкарня Мадрид, 2016. – 94 с.
7. Шламований амбар з протифільтраційною завісою по типу “стіна у ґрунті”. № 101183 МПК E02D 31/00 Україна / М.Л. Зоценко, К.А. Тимофєєва – № у 2015 02987; Заявл. 31.03.2015; Опубл. 25.08.2015. – Бюл. – 2015. – №16. – 4 с.
8. Строительство шламового амбара с применением СС Hydro, <https://uccr.su/news/articles/357/>
9. Аблєєва І.Ю., Пляцук Л.Д., Будьоний О.П. Дослідження складу та структури бурового шламу з метою обґрунтування вибору методу його подальшої утилізації// Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2/2014 (85). С172-178.
10. ДСТУ Б В.2.1-17: 2009. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Прийнятий: 22.09.2009 р. Дата введення: 01.10.2010 р. – 32 с.
11. Спосіб влаштування довічного шламосховища для токсичних відходів. №140153 МПК E02D 29/00, МПК E02D 31/00 Україна / М.Л. Зоценко, О.В. Михайловська – № у 2019 07230; Заявл. 01.07.2019; Опубл. 10.02.2020. – Бюл. – 2020. – №3. – 4 с.
12. Михайловська О.В. Влаштування довічного шламосховища відходів / О.В. Михайловська, М.Л. Зоценко // Безпека в сучасному світі: матеріали Міжнар. наук. конф., 27-28 вер. 2019 р. – Дніпро : Охотник, 2019. – С .139-140.
13. Застосування ґрунтоцементу як протифільтраційного екрана амбарів-шламонакопичувачів для відходів буріння та експлуатації нафтогазових свердловин. №74018 МПК E02D 29/09, МПК E02D 27/32 Україна / К.А. Тимофєєва. – № у 2012 04835; Заявл. 17.04.2012; Опубл. 10.10.2012. – Бюл. – 2012. – №19. – 4 с.
14. Михайловська О.В. Особливості будівництва довічного шламосховища токсичних відходів при бурінні свердловин / О.В. Михайловська, М.Л. Зоценко / Збірник наукових праць за матеріалами III Міжнародної українсько-азербайджанської конференції «Building innovations – 2020». – Полтава: Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2020. С 182-184.
15. Михайловська О.В. Влаштування шламосховища для токсичних відходів буріння свердловин/ Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції «Надрокористування в Україні».Перспективи інвестування. 7-11 жовтня 2019 р. Т2. С 144-146.http://conf.dkz.gov.ua/files/2019_materials_vol_2_net.pdf

Рукопис подано до редакції 15.04.2020