

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОНОНЕПРОНИКНОСТІ ГРУНТОЦЕ- МЕНТУ ЯК МАТЕРІАЛУ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ ЗАВІС

Ларцева І.І., Петруняк М.В.

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: Наведено дослідження водонепроникності ґрунтоцементу методом «мокрої плями», експрес-методом визначення паропроникності та методом визначення абсолютної газопроникності (за методикою випробування гірських порід на проникність).

АННОТАЦИЯ: Приведены исследования водонепроницаемости ґрунтоцементу методом «мокрого пятна», экспрес-методом определения паропроницаемости и методом определения абсолютной газопроницаемости (по методике испытания горных пород на проницаемость).

ABSTRACT: Research of watertightness of soil-cement by method «wet spots», by speed-up method of determining the vapor permeability and by method of determining the absolute gas permeability (as described in the test of rocks) are presented.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ґрунтоцемент, водонепроникність, газопроникність, протифільтраційна завіса.

ВСТУП

Протифільтраційні завіси являють собою вертикальну непроникну «штору» в ґрунті, розташовану з одного або декількох боків від джерела фільтрації. Найбільш ефективні протифільтраційні завіси ті, що доведені до водотриву чи до слабопроникних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації не більше 0,02 м/добу [1].

Сфери використання протифільтраційних завіс доволі різноманітні. Їх можна застосовувати для:

- попередження розмиву та руйнування берегів річок, водосховищ;

- запобігання суфозії ґрунту з тіла автомобільних, залізничних насипів, гребель і дамб;
- попередження розповсюдження ґрунтових вод від міських звалищ, шламосховищ, могильників радіоактивних відходів тощо;
- запобігання припливу води до котловану на момент будівництва при високому рівні залягання ґрунтових вод;
- за необхідності гідроізоляції підземних частин будівель і споруд під час експлуатації, наприклад, при піднятті рівня ґрунтових вод;
- захисту підземних виробок у процесі розв'язання різноманітних гірничотехнічних задач тощо [2].

Зокрема, при бурінні нафтових свердловин в середньому на 1 м³ відходів (буровий шлам) припадає до 68 кг забруднюючої органіки без урахування нафти та нафтопродуктів. Для водойм найбільш небезпечною є нафта, адже у водяні об'єкти може надходити до 30% нафти і нафтопродуктів, які «губляться» під час будівництва свердловини. На дуже забруднених ділянках глибина проникнення нафти може досягати 90 см та більше. На цих ділянках рослинність гине майже повністю. При потрапленні в ґрунт мінеральних солей відбуваються незворотні зміни його агрохімічних властивостей, перероджується його структура, формуються солончаки. З метою захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу складників бурового шламу, на території бурової встановлюють спеціальні чани або споруджують земляні котловани в мінеральному ґрунті, стінки та днище яких потребують гідроізоляції [3].

Улаштовувати протифільтраційні завіси можна різними методами: ін'єкційним, струминним, бурозмішувальним. На території України найбільш застосована бурозмішувальна технологія, за допомогою якої у масиві ґрунту влаштовують вертикальні ґрунтоцементні елементи.

Перевагами цього способу є те, що він може бути застосований для закріплення практично всіх видів піщаних і глинистих ґрунтів, а також те, що ґрунтоцемент виготовляється безпосередньо у масиві ґрунту.

Як відомо, ґрунтоцемент є складною багатофазною системою, яка складається із ґрунту, що має полідисперсний та полімінеральний склад, і цементуючої речовини – цементу, який з'єднує частинки ґрунту в моноліт. Гель, котрий виділяється при гідролізі цементу, просочує ґрунт та заповнює його пори. Установлено, що в ґрунтоцементі переважають ультрамікропори, і це робить матеріал практично водонепроникним. Доведено доцільність застосування монолітного ґрунтоцементу для укладання в ядро накидних дамб та влаштування облицювання зрошувальних каналів [4, 5].

Мета роботи – дослідити водонепроникність ґрунтоцементу різними методами та порівняти отримані результати.

У жодних нормативах, які діють на території України, немає методики визначення водонепроникних властивостей ґрунтоцементу, тому виникає

питання вибору методу досліджень. Чи вважати ґрунтоцемент близьким за характеристиками до бетонів, до ґрунтів чи до скельних гірських порід?

При дослідженні водонепроникних властивостей бетонів необхідно виконувати випробування за «микрою плямою» чи експрес-методами.

Для ґрунтів водонепроникність характеризується дуже малим значенням коефіцієнту фільтрації та коефіцієнтом розм'якливості.

У процесі дослідження гірських порід визначають їх проникність, тобто здатність породи пропускати через себе рідини та газу (за наявності перепаду тисків). У нафтогазопромисловій геофізиці проникність визначають газоволюметричним методом.

ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідженням водонепроникності ґрунтоцементу виконано для зразків ґрунтоцементу, виготовленого в лабораторних та польових умовах з лесового легкого світло-коричневого суглинку ($I_p = 14\%$) з додаванням 20% портландцементу М400 від ваги сухого ґрунту, В/Ц = 1, без додаткового ущільнення і гідрофобних добавлень, шляхом проведення випробування методом «микрої плями» й експрес-методом.

При випробуваннях методом «микрої плями» застосовували зразки-циліндри діаметром та висотою 150 мм. Після виготовлення зразки зберігалися протягом 28 діб у вологих умовах, далі випробовувалися за методикою стандарту [6]. Після встановлення зразків у гнізда установки (рис. 1)



Рис. 1. Установка для випробувань зразків методом «микрої плями»

до них прикладають тиск водою, який підвищували ступенями по 0,2 МПа і витримували на кожній ступені протягом від 4 до 16 годин залежно від висоти зразка (від 30 до 150 мм). Випробування проводять доти, поки на верхній торцевій поверхні зразка з'являться ознаки фільтрації води у ви-

гляді крапель або мокрої плями. Водонепроникність серії зразків оцінювалась максимальним тиском води, за якого на чотирьох із шести зразків не спостерігалось просочування води.

Максимальний тиск, при якому спостерігалася «мокра пляма», дорівнює 1,4 МПа, що відповідає марці по водонепроникності W14 [2].

У розрахунках частіше за все використовують коефіцієнт фільтрації. Згідно зі стандартом [6] кожній марці бетону по водонепроникності відповідає певне значення коефіцієнту фільтрації. Для максимальної марки бетону по водонепроникності у цьому стандарті W12 коефіцієнт фільтрації становить $K_f = 6 \cdot 10^{-11}$ см/с і менше. Для досліджуваного суглинку коефіцієнт фільтрації дорівнює $K_f = 0,58 \cdot 10^{-5} \dots 1,16 \cdot 10^{-4}$ см/с (0,05...0,1 м/добу). Отже закріплення ґрунту цементом зменшує коефіцієнт фільтрації у $10^6 \dots 10^7$ разів. Експрес-метод полягає у визначенні повітропроникності за допомогою пристроїв типу «Агама-2Р» (рис. 2).

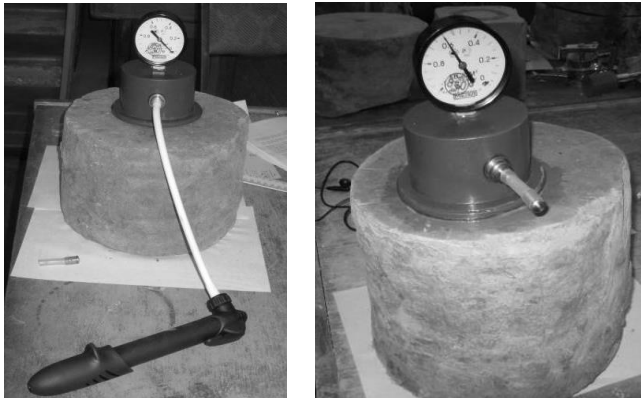


Рис. 2. Дослідження повітропроникності ґрунтоцементу пристроєм ВВ-2 (типу «Агама-2Р»)

Взагалі цей метод базується на наявності експериментальної залежності між повітропроникністю поверхневих шарів бетону та його водонепроникністю, визначеній за «мочною плямою». При використанні цього пристрою за параметр, який характеризує повітропроникність, приймається значення часу, за який тиск у камері пристрою падає на певну величину. Водонепроникність бетону W визначають за градуальною таблицею «час – марка бетону по водонепроникності». Досліджувалися зразки висотою 150 мм, що були виготовлені в лабораторних і польових умовах. У результаті випробувань серії зразків була отримана марка ґрунтоцементу

по водонепроникності від W12 до W16. Середнє значення марки ґрунтоцементу по водонепроникності становить W14.

Якщо ґрунтоцемент розглядати як зміцнений ґрунт, то для оцінювання його водостійкості потрібно визначати коефіцієнт розм'якливості у воді. Ґрунти за коефіцієнтом розм'якливості поділяють на нерозм'якшувальні ($K_{sof} \geq 0,75$) та розм'якшувальні ($K_{sof} < 0,75$). Коефіцієнт розм'якливості визначається як відношення середніх значень границь міцності на одновісний стиск у водонасиченому та у повітряно-сухому стані.

Випробування проводили для ґрунтоцементних зразків-кубів розмірами 7x7x7 см, одна серія яких зберігалася протягом 28 діб у повітряно-сухих умовах, а інша – у воді. По проходженню вказаного терміну зразки випробовувалися на одноосьовий стиск. В результаті отримано коефіцієнт розм'якливості $K_{sof} = 1,54/1,39 = 1,11 > 0,75$. За цим коефіцієнтом можна зробити висновок, що ґрунтоцемент не тільки не розмокає у воді, але й збільшує свою міцність [7].

Дослідження проникності ґрунтоцементу (як штучної гірської породи) зроблено газоволюметричним методом на приладі ГК-5 (рис. 3) згідно зі стандартом [8] на лабораторній базі ДП «Укранаукагеоцентр» (м. Полтава).



Рис. 3. Прилад ГК-5 для визначення абсолютної газопроникності при стаціонарній фільтрації

Із вищезазначеного суглинку попередньо було виготовлено зразки ґрунтоцементу – циліндри розмірами $h = 30$ мм і $d = 30$ мм. Для виготовлення цих зразків застосовувалися спеціальні форми, що використовуються для дослідження гірських порід-колекторів. У віці двох років зразки випробувано приладом ГК-5. Увесь цей час зразки зберігалися у воді.

Проникність визначається шляхом пропускання газу при певному тиску через зразок (керн). Сутність методу полягає у визначенні постійної (стаціонарної) швидкості фільтрації відомого об'єму газу через зразок гірської породи в лінійному чи радіальному напрямку при постійній різниці тисків за фіксований відрізок часу.

Перед проведенням випробувань зразки попередньо піддавали обточуванню та шліфуванню; далі їх висушували у сушильній шафі при температурі $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постійної маси зразка. Для проведення випробувань задають початкові умови: тиск на вході в патрон 4 атм, тиск обжиму – 8 атм. Вихід газу вимірюється лічильником газу барабанного типу за певний проміжок часу (не менше 50 с) за допомогою секундоміра. Далі за формулою (1) розраховується показник газопроникності μ

$$\mu = \frac{\text{рахівник}}{\text{час}} \cdot \frac{l \cdot p_{\text{нопр}} \cdot t_{\text{нопр}}}{p_0 \cdot F}, \quad (1)$$

де l – довжина зразка, см;

F – площа зразка, см^2 ;

$p_{\text{нопр}}$ – перепад тисків, МПа;

t – температура в приміщенні, $^\circ\text{C}$;

$p_0=3,871$ МПа – поправковий тиск при 100 атм.

Для досліджуваних зразків значення коефіцієнта газопроникності склало 0,13 м-дарсі (мілідарсі), що дорівнює $0,13 \cdot 10^{-3}$ мкм². При такій величині проникності за класифікацією порід-колекторів за проникністю досліджувані зразки ґрунтоцементу належать до практично непроникних.

З літературних джерел відомо, що проникність по газу в декілька разів може перевищувати проникність по воді. Таким чином, можна сказати, що досліджувані зразки ґрунтоцементу належать до водонепроникних.

Отже, проведені дослідження ще раз підтвердили водонепроникну властивість ґрунтоцементу, що є вирішальним при виборі матеріалу протифільтраційної завіси. А газоволуметричний метод визначення проникності може бути рекомендований для проведення контролю якості тіла протифільтраційних завіс, виготовлених за бурозмішувальною технологією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гришин М.М. Гидротехнические сооружения / М.М. Гришин. – М: Стройиздат, 1947. – 571 с.
2. Водонепроникні запони з ґрунтоцементу, який виготовляється за бурозмішувальною технологією / [М.Л. Зоценко, І.І. Ларцева, О.В. Петраш та ін.] / Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: науково-технічний збірник. – Вип. 17. – К.: КНУБА, 2011. – С. 39 – 46.
3. Яремійчук Р.С. Основи гірничого виробництва: підручник / Р.С. Яремійчук,

- В.Р. Возний. – К.: Українська книга, 2000. – 360 с.
4. Укрепленные грунты / [В.М. Безрук, И.Л. Гурячков, Т.М. Луканина, Р.А. Агапова]. – М.: Транспорт, 1982. – 340 с.
 5. Виленкина Н.М. Цементно-грунтовые камни / Н.М. Виленкина. – М.: Госстройиздат, 1961. – 84 с.
 6. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності: ДСТУ Б В.2.7-170:2008. - [Чинний від 2009-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд, 2009. – 38 с. – (Державний стандарт України).
 7. Ларцева І.І. Закріплення зсувонебезпечних територій за допомогою цементації ґрунтів за бурозмішувальною технологією: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / І.І. Ларцева. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – 21 с.
 8. Породы горные. Метод определения абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации: ГОСТ 26450.2-85. - [Действует с 1986-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.

REFERENCES

1. Grishin, M.M. (1947). *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya [Hydraulic structures]*. Moscow : Sroyzdat [in Russian].
2. Zocenko M.I, Lartseva I.I., Petrash A.V., Ivanchenko V.G., & Suchorosov I. M. (2011). Vodonepronikni zaponi z gruntotsementu, yakiy vigotovlyaiet'sya za burozmishuval'noyu tekhnologiieyu [Watertight diaphragm erection from vertical soil-cement elements wich made by boring and mixing technology]. *The problems of water supply, drainage and hydraulics, scientific and technical collection, 17, 39* [in Ukrainian].
3. Yaremychuk R.S., & Voznyy V.R. (2000). *Osnovi girnichogo virobnytstva [Fundamentals of mining: Tutorial]*. Kiev: Ukrainian book [in Ukrainian].
4. Bezruk V. M., Huryachkov I.L., Lukanyna T.M., & Agapov R.A. (1982). *Ukreplennye grunty [Reinforced soils]*. – Moscow : Transport [in Russian].
5. Vilenkina, N.M. (1961). *Tsementno-gruntovye kamni [Cement-ground stones]*. Moscow : State-Sroyzdat [in Russian].
6. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності [Concrete. Methods for determining the average density, humidity, water absorption, porosity and water resistance] (2009). *DSTU V.2.7-170 ISO*. Kiev: Ministry of regional development [in Ukrainian].
7. Lartseva I.I. (2010). Zakriplennya zsuвonebezpechnikh teritoriy za dopomogoyu tsementatsii gruntiv za burozmishuval'noyu tekhnologiieyu [Strengthening the landslide territories by cementation of soils on boring and mixing technology: manuscript]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Poltava [in Ukrainian].
8. Porody gornye. Metod opredeleniya absolyutnoy gazopronitsaemosti pri statsionarnoy i nestatsionarnoy fil'tratsii [The rocks. Method for determination of absolute permeability at stationary and non-stationary filtration] (1985). *HOST 26450.2-85*. - Moscow : Publishing House of Standards [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 20.07.2016 р.