

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ХІМІЧНОГО ЗАКРІПЛЕННЯ ҐРУНТІВ

Г. Левенко, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0002-5944-9529

Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова

<https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.071>

### Левенко Г.М. Екологічні аспекти хімічного закріплення ґрунтів

Експлуатація підприємств промислового сектора, особливо хімічної, металургійної, харчової галузей, тісно пов'язана із застосуванням або зберіганням хімічних речовин. Ці речовини дуже часто, внаслідок різних порушень, потрапляють у навколишнє середовище, забруднюючи при цьому не тільки атмосферу, а й ґрунтові підстави безпосередньо під будівлями і спорудами.

Забруднення й погіршення екологічних структур за рахунок неконтрольованого накопичення в них різних промислових відходів дуже небезпечно. У зв'язку з цим у сучасних умовах, поряд з усуненням джерел забруднення, необхідна розробка нових способів і технологій із локалізації ділянок забруднення. Сьогодні актуальна проблема будівельної галузі – реконструкція будівель і споруд, ґрунтові підстави яких були забруднені промисловими стоками.

Проблема полягає в тому, що промислові стоки, потрапляючи в ґрунти підстав, призводять до такого явища як «хімічне набухання». Це явище спричинює неприпустимі деформації підстав, руйнування фундаментів і надфундаментних конструкцій.

Перспективними в цьому напрямі є фізико-хімічні методи. Накопичений досвід застосування різних будівельних технологій для стабілізації ґрунтових основ показує, що хімічне закріплення ґрунтів досить надійне, а подекуди – і єдиноможливий засіб для зміцнення слабких і хімічно активних ґрунтів основ.

Вирішено проблему підвищення ефективності способу поліпшення будівельних та екологічних властивостей ґрунтів, забруднених кислотними промисловими стоками, які містять розчини пероцтової кислоти. Отримані граничні критерії для рецептур, що дають змогу одержати надійне закріплення ґрунтів, забруднених розчинами пероцтової кислоти.

Подані результати дають змогу найефективніше та найякісніше закріплювати ґрунти, забруднені розчинами пероцтової кислоти, враховуючи при цьому екологічний аспект проблеми.

**Ключові слова:** хімічне набрякання, пероцтова кислота, хімічне закріплення ґрунтів.

### Levenko H. Ecological aspects of soil chemical fixing

The operation of enterprises in the industrial sector, especially in the chemical, metallurgical, and food industries, is closely connected with the use or storage of chemicals. These substances very often, due to various violations, get into the environment, polluting not only the atmosphere but also the ground directly under buildings and structures.

Pollution and deterioration of environmental structures due to the uncontrolled accumulation of various industrial wastes is a great danger. In this regard, in modern conditions, along with the elimination of sources of pollution, it is necessary to develop new methods and technologies for localization of pollution. Currently, the urgent problem of the construction industry is the reconstruction of buildings and structures, the ground bases of which were contaminated with industrial effluents.

The problem is that industrial effluents, getting into the soil of the bases, lead to such a phenomenon as «chemical swelling». This phenomenon leads to unacceptable deformations of the bases, destruction of the bases and superfoundary designs.

Physico-chemical methods are promising in this direction. The accumulated experience of application of various construction technologies for stabilization of soil bases, shows that chemical fixing of soils is rather reliable, and in some cases and the only possible means for strengthening of weak and chemically active soils of bases.

The problem of increasing the efficiency of the method of improving the construction and environmental properties of soils contaminated with acidic industrial effluents, which include solutions of peracetic acid, is solved. The limit criteria for formulations are obtained, which allow to obtain reliable fixing of soils contaminated with solutions of peracetic acid.

The presented results allow the most effective and high-quality consolidation of soils contaminated with solutions of peracetic acid, taking into account the environmental side of the issue.

**Key words:** chemical swelling, peracetic acid, soil chemical fixing.

**Постановка проблеми.** Експлуатація підприємств промислового сектора, особливо хімічної, металургійної, харчової галузей, тісно

пов'язана із застосуванням або зберіганням хімічних речовин. Ці речовини дуже часто, внаслідок різних порушень, потрапляють у навколишнє

середовище, забруднюючи при цьому не тільки атмосферу, а й ґрунтові підстави безпосередньо під будівлями і спорудами.

Забруднення й погіршення екологічних структур за рахунок неконтрольованого накопичення в них різних промислових відходів дуже небезпечні. Тож у сучасних умовах, поряд з усуненням джерел забруднення, необхідна розробка нових способів і технологій із локалізації ділянок забруднення. Нині актуальна проблема будівельної галузі – реконструкція будівель і споруд, ґрунтові підстави яких були забруднені промисловими стоками.

Проблема полягає в тому, що промислові стоки, потрапляючи в ґрунти підстав, призводять до такого явища як «хімічне набухання», що спричинює неприпустимі деформації підстав, руйнування фундаментів і надфундаментних конструкцій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Перспективні в цьому напрямі фізико-хімічні методи [1].

Накопичений досвід застосування різних будівельних технологій для стабілізації ґрунтових основ показує, що хімічне закріплення ґрунтів досить надійне, а подекуди – це єдиноможливий засіб для зміцнення слабких і хімічно активних ґрунтів основ [2].

Вибір способу закріплення ґрунтів залежить від низки чинників: тип ґрунту; коефіцієнт фільтрації; інженерно-геологічні умови; конструкція об'єкта та його фундаментів; причина, що зумовила необхідність посилення підстави.

Усі способи хімічного закріплення ґрунтів тією чи іншою мірою на короткий або тривалий час забруднюють навколишнє середовище. Це забруднення може бути локальним і обмежуватися обсягом закріпленого масиву. Однак за вмісту в ін'єкційних розчинах кислот і лугів дуже високої концентрації можливий шкідливий вплив цих речовин на навколишній незакріплений ґрунт, ґрунтові води й навіть атмосферне повітря [3]. Поширення хімічних реагентів у навколишньому ґрунті визначається ступенем його насиченості водою, і в разі повного водонасичення – коефіцієнтом фільтрації.

Найпоширенішими ін'єкційними методами закріплення ґрунтів є [4]: глінізація; цементация; електрохімічна обробка; бітумізація; смолізація; силікатизація.

Кожен із способів закріплення має свою сферу застосування, чітко обмежену номенкла-

турою ґрунтів та їхніми характеристиками, а також необхідними кінцевими параметрами закріплення підстави.

Найекологічнішим і найекономічнішим способом є глінізація – метод, що полягає в нагнітанні глинистої суспензії з додаванням коагулянту (затверджувача). Застосовують глінізацію для заповнення карстових пустот тільки в сухих породах, спроможних після нагнітання глинистого розчину увібрати з нього воду. У зв'язку з цим після заповнення пустот глинистий розчин має перебувати під гідравлічним напором протягом кількох діб. При глінізації застосовують глинистий розчин щільністю 1,2–1,3. У результаті підвищення тиску (понад 2 МПа) вода з глинистого розчину відтискається, а зневоднене глинисте тісто повністю заповнює пори й порожнечі.

Основний недолік методу – недостатня стійкість закріпленого масиву до суфозійного розмиву.

Для підвищення несучої здатності ґрунтів в основі фундаментів, а також для припинення чи зменшення фільтрації води під гідротехнічними напірними спорудами, застосовують цементацию. Суть цього способу полягає в нагнітанні в пори ґрунту цементного розчину, за твердіння якого значно зростають міцність і водонепроникність підстави.

Спосіб цементации застосовуємо для закріплення ґрунтів, розміри пор яких забезпечують вільне проникнення часток цементу. Найбільший ефект отримуємо внаслідок цементации великоуламкових ґрунтів, великих і середньої крупності пісків з коефіцієнтом фільтрації від 80 до 200 м /сут.

Цементация складна для використання у дрібних пісках і зовсім непридатна для зміцнення мулистих, супіщаних, суглинистих і глинистих ґрунтів. Тріщинуваті скельні ґрунти можна цементувати тільки за ширини тріщин у них понад 0,1 мм.

Найчастіше цементні розчини використовують для допоміжної цементации під фундаментами за силікатизації, щоб за ін'єктованості хімічні розчини йшли в ґрунт, а не в порожнечі під фундаментами [5].

Тепер розроблені ефективні склади тампонажних розчинів на основі цементного в'язучого [5], які утворюють спінену цементну суспензію і призначені для ущільнення тріщинуватих і закарстованих порід.

**Постановка завдання.** Наше завдання – експериментальне обґрунтування й розробка науково обґрунтованого методу стабілізації ґрун-

тових масивів, забруднених стічними водами харчової промисловості, зокрема оцтовою кислотою; вивчення змін фізико-механічних властивостей ґрунтів, забруднених пероцтовою кислотою, та розробка методу їхньої стабілізації.

**Виклад основного матеріалу.** Стабілізація закислених ґрунтів основ можлива за умови використання методів хімічного закріплення. Технологія полягає в нагнітанні під тиском у ґрунт гелеутворювальних розчинів малої в'язкості, які повинні залишатися такими протягом усього часу їхнього нагнітання. Від проникальних здібностей ін'єктованих розчинів багато в чому залежать радіус і однорідність закріпленого масиву.

Характеристикою проникальної здатності закріплювального розчину є щільність розчинів

силікату натрію. Зниження щільності розчинів, що використовуються, дає змогу розширити діапазон закріплюваних ґрунтів за проникністю та гранулометричним складом.

Фізико-хімічний стан синерезисної рідини, що перебуває у вигляді вільного розчину, який заповнює пори ґрунту поза силікатним масивом, є серйозним екологічним показником результатів хімічного закріплення ґрунтів.

За величину екологічної безпеки було прийнято величину водневого показника рН синерезисної рідини в інтервалі 5,0–8,5, що відповідає стану підземних вод, які використовують для питних цілей [1; 2].

Залежність величин рН розчинів синерезисної рідини для різних складів силікатно-пероцтових гелів показано на графіку (рис.).

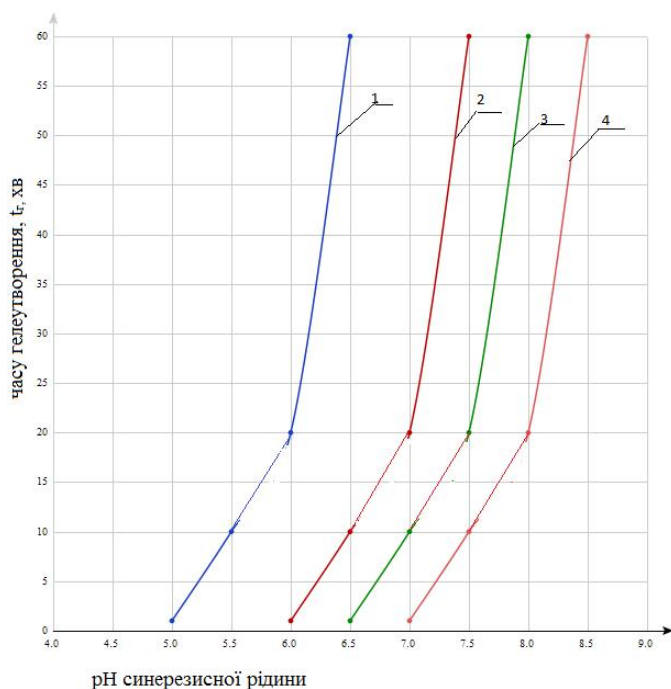


Рис. Залежність часу гелеутворення силікатно-пероцтових гелів від рН синерезисної рідини: 1 – за щільності розчину силікату натрію 1,10 г/см<sup>3</sup>; 2 – те ж саме за 1,15 г/см<sup>3</sup>; 3 – за 1,20 г/см<sup>3</sup>; 4 – за 1,25 г/см<sup>3</sup>

Таблиця

**Екологічно чисті склади силікатно-пероцтових гелів**

Щільність розчинів силікату натрію, г/см <sup>3</sup>	Інтервали часу початку гелеутворення, хв.	Межі об'ємних співвідношень вихідних компонентів, Ω	Інтервал рН синерезисної рідини
1,10	1–60	4,5–8,0	6,0–8,0
1,15	1–60	6,5–10,5	
1,20	1–60	7,5–13,5	
1,25	1–60	12,5–16,0	

Оскільки для забезпечення технологічного процесу хімічного закріплення ґрунтів є вимога мінімального часу гелеутворення ( $t_{\text{г min}} = 1$  хв.), то не можна використовувати силікатно-перуксусні гелі на всьому екологічно чистому діапазоні (рН = 5,0–8,5). Практично можуть бути використані гелі з рН у межах 6,0–8,0 з часом початку гелеутворення понад 1 хв.

Виокремимо екологічно чисті склади силікатно-пероцтових гелів (таблиця).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у визначенні екологічно чистих складів силікатно-пероцтових гелів (рН = 6,0–8,0), які дають змогу гарантувати екологічне очищення забруднених ґрунтових масивів. Також запропоновану рецептуру можна вважати екологічно чистою в разі її самостійного використання за закріплення набрякаючих ґрунтів.

**Висновки.** Вирішено проблему підвищення ефективності способу поліпшення будівельних та екологічних властивостей ґрунтів, забруднених кислотними промисловими стоками, які містять розчини пероцтової кислоти. Отримані граничні критерії для рецептур, що дають змогу одержати надійне закріплення ґрунтів, забруднених розчинами пероцтової кислоти. Визначено, що викорис-

тання на практиці закріплювальних розчинів на основі силікату натрію щільністю нижче за  $\rho_c = 1,05$  г/см<sup>3</sup> недоцільне через малий майданчик «буферності». Установлено, що зі зменшенням щільності розчинів силікату натрію радіус закріплення зростає з 0,52 м за  $\rho_c=1,25$  г/см<sup>3</sup> до 0,85 м за  $\rho_c=1,10$  г/см<sup>3</sup>. Визначено найефективніші склади силікатно-пероцтових гелів, що відповідають критеріям міцності, водонепроникності й рівня екологічної чистоти. Встановлено граничні умови для найефективнішого та найякіснішого закріплення ґрунтів, забруднених розчинами пероцтової кислоти, враховуючи при цьому екологічний аспект питання.

#### Бібліографічний список

1. Головка С. И. Теория и практика усиления ґрунтовых оснований методом высоконапорной цементации: монография. Днепропетровск: Пороги, 2010. 247 с.
2. Соколович В. Е. Химическое закрепление ґрунтов. Москва: Стройиздат, 1980. С. 118.
3. Цапко Ю. Л. Науковий моніторинг ґрунтів за графічними моделями буферності. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2004. № 1. С. 114–117.
4. Ржаніцин Б. А. Хімічне закріплення ґрунтів в будівництві. Москва: Будіздат, 1986. 263 с.
5. Городний Н. М. Агрохімія. Київ: Вища школа, 1990. С. 88.

*Стаття надійшла 27.01.2019*