

*І.І. Ларцева, к.т.н.  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
Л.І. Рожовська, головний інженер  
Донецький проектний інститут ПАТ «ДІОБ»*

## **БУДІВНИЦТВО ОБ'ЄКТІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ НА ҐРУНТАХ, ЗАКРІПЛЕНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ БУРОЗМІШУВАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ**

*На конкретному прикладі показана доцільність використання бурозмішувальної технології закріплення ґрунтів. При цьому вдалося перейти від пальових фундаментів до фундаментів неглибокого закладання.*

**Ключові слова:** бурозмішувальна технологія, ґрунтоцементні елементи, окремі фундаменти.

*И.И. Ларцева, к.т.н.  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка  
Л.И. Рожовская, главный инженер  
Донецкий проектный институт ПАО «ДИОС»*

## **СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА НА ГРУНТАХ, ЗАКРЕПЛЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БУРОСМЕСИТЕЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

*На конкретном примере показана целесообразность использования буросмесительной технологии закрепления грунтов. При этом удалось перейти от свайных фундаментов к фундаментам неглубокого заложения.*

**Ключевые слова:** буросмесительная технология, ґрунтоцементные элементы, отдельно стоящие фундаменты.

*I.I. Lartseva, Candidate of technical science  
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk  
L.I. Rozhovskaya, Chief Engineer  
Design Institute of Donetsk PJSC «DIOS»*

## **BUILDING FACILITIES MINING AND PROCESSING PLANT ON THE SOILS, ENSHRINED USING OF BORING AND MIXING TECHNOLOGY**

*The feasibility of using boring and mixing technology soils on a specific example is shown. It was possible to go from pile foundation to lay the foundations of shallow.*

**Keywords:** boring and mixing technology, soil-cement elements, standing foundations.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями.** Під час будівництва на територіях зі слабкими ґрунтами їх досить часто попередньо підсилюють різними методами. Сьогодні в багатьох державах використовують закріплення ґрунтів за допомогою цементації: ін'єкційної, з використанням бурозмішувальної або струминної технології тощо. Приклад застосування бурозмішувального методу закріплення ґрунтів наведено в цій статті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** На території України найбільш поширеною є бурозмішувальна технологія цементації ґрунтів, при застосуванні якої в масиві ґрунту створюють вертикальні

грунтоцементні елементи, що мають значно більші характеристики механічних властивостей, ніж у слабого ґрунту. Досить вагомим фактором на користь використання цієї технології є те, що ґрунтоцементні елементи можливо улаштувати нижче рівня ґрунтових вод [1 – 5]. У результаті утворюється композитна система «ґрунт – елементи закріплення», що має покращені характеристики, які рекомендовано визначати за нормами [6, 7] та за результатами проведення штампових випробувань.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** Нормативними документами [6, 7] рекомендується у складних інженерно-геологічних умовах, які представлені слабкими ґрунтами, розглядати варіант фундаментів неглибокого закладення на основі, котра закріплена армуванням ґрунту ґрунтоцементними елементами. В Україні ще не накопичено достатньо досвіду для виконання таких робіт.

Тому за **мету роботи** прийнято висвітлення конкретного прикладу закріплення ґрунтів із використанням бурозмішувальної технології.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Майданчик зведення технологічних трактів дробильно-збагачувальних фабрик ВАТ «Полтавський ГЗК» знаходиться у м. Комсомольську Полтавської області. Бурінням розвідувальних свердловин здійснено дослідження геологічних умов до глибини 23 м [8].

З геоморфологічної точки зору майданчик під зведення технологічних трактів знаходиться в межах другої (піщаної) тераси лівобережної долини р. Дніпро. Його приурочено до донної частини цієї долини. Сучасний рельєф майданчика носить техногенний характер. У період 1974 – 1975 років на майданчика були здійснені намівання піску з русла р. Дніпро. Перепад абсолютних позначок сучасного рельєфу перевищує 2 м. Територія має промислову забудову, частина її має бетонне й асфальтове покриття. На глибині до 2 м від денної поверхні через територію проходять різноманітні комунікації. У геоструктурному відношенні майданчик входить до складу правого схилу Дніпровсько-Донецької западини.

У геологічній будові майданчика беруть участь піщані відкладення четвертинної системи. У літологічному відношенні розріз представлений алювіальними пісками переважно середньої крупності, з прошарками дрібних, а місцями пилюватих пісків, що з глибини 16,8 – 20,6 м підстилаються глиною палеогеновою, важкою, напівтвердою. З поверхні території на глибину 0,3 – 5,3 м залягають техногенні відклади, які представлені насипним шаром – піски дрібні, з включенням будівельного сміття, уламків твердих гірських порід і намивними пісками. Пласти ґрунтів витримані як за площею, так і за глибиною розташування.

У гідрогеологічному відношенні майданчик входить до складу Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну. Під час буріння свердловин відкрито четвертинний водоносний горизонт ґрунтового типу. Водовміщуючими ґрунтами є піски середньої крупності, з прошарками дрібних, а місцями пилюватих (ІГЕ-3) і середньої крупності, з включеннями гравію кристалічних порід (ІГЕ-4). Водотривом слугує глина харківської світи палеогену (ІГЕ-5), що залягає на глибині понад 16,8 – 20,6 м від земної поверхні. Рівень ґрунтових вод (РГВ) на момент вишукувань (січень 2012 р.) склав 2,8 – 6,2 м від поверхні землі. Річні і сезонні коливання РГВ досягають до 1,5 м від зафіксованого рівня. Режим ґрунтових вод – інфільтраційний. На нього також впливає режим коливань рівня води у водосховищі.

До несприятливих інженерно-геологічних процесів у межах майданчика віднесені:

- підтоплення території ґрунтовими водами (фактично вона підтоплена);

– динамічний вплив на піщані ґрунти від руху залізничного транспорту, роботи виробничого обладнання, а також вибухових робіт на кар’єрі, які можуть призводити до їх динамічного розрідження;

– прояви механічної суфозії при експлуатації водонесучих комунікацій;

– ПЕ-2а (супісок пилуватий, текучий) відноситься до слабких (його модуль деформації  $E < 5$  МПа).

Згідно з ДСТУ Б В.2.1-5-96 у межах ділянки виділені такі інженерно-геологічні елементи з наступними розрахунковими характеристиками:

– ПЕ-1 – насипний шар (пісок буро-сірий, темно-сірий, брунатно-сірий, темно-брунатний, дрібний, з домішками будівельного сміття, щебеню, бетону, уламків твердих гірських порід), злежалий.

– ПЕ-2 – пісок наливний, жовто-сірий, дрібний, однорідний, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою (нижче РГВ):  $\gamma_{II} = 18,55$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 29^\circ$ ;  $c_{II} = 1$  кПа;  $E = 15$  МПа.

– ПЕ-2а – супісок сірий, темно-сірий, темно-брунатний, пилуватий, текучий:  $\gamma_{II} = 19,1$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 17^\circ$ ;  $c_{II} = 5$  кПа;  $E = 3,5$  МПа.

– ПЕ-3 – пісок сірий, світло-сірий, світло-жовтий, жовтий, середньої крупності, з прошарками дрібного, а на покрівлі пласта місцями і пилуватого, однорідний, середньої щільності, насичений водою:  $\gamma_{II} = 20,2$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 35^\circ$ ;  $c_{II} = 1$  кПа;  $E = 25$  МПа.

– ПЕ-4 – пісок жовтий, сірувато-жовтий, середньої крупності, однорідний, з включеннями гравію кристалічних порід, щільний, насичений водою:  $\gamma_{II} = 20,8$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 38^\circ$ ;  $c_{II} = 1$  кПа;  $E = 35$  МПа.

– ПЕ-5 – глина палеогенова, зеленувато-сіра, тонкошарувата, глауконітова, важка, напівтверда:  $\gamma_{II} = 19,2$  кН/м<sup>3</sup>;  $\varphi_{II} = 17^\circ$ ;  $c_{II} = 47$  кПа;  $E = 12$  МПа.

Інженерно-геологічні умови ділянки будівництва представлені на рис. 1.

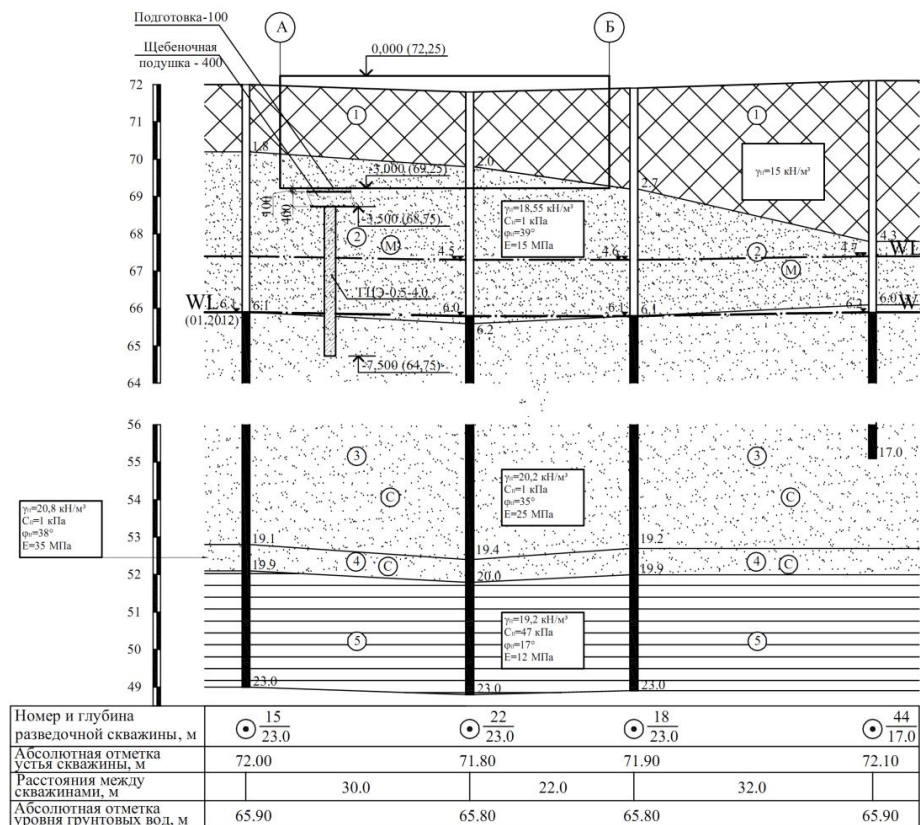


Рисунок 1 – Інженерно-геологічний розріз ділянки

За результатами проведених досліджень [8] рекомендовано наступне:

1. Природною основою фундаментів споруд ІГЕ-1 (насипний шар (пісок дрібний, з домішками будівельного сміття, щебеню, бетону, уламків твердих гірських порід), злежалий) і ІГЕ-2а (супісок пилюватий, текучий) слугувати не можуть. ІГЕ-2 (пісок намивний, дрібний, однорідний, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою) залягає вище рівня підосви фундаментів існуючих об'єктів. Фундаментами нових споруд його потрібно прорізати.

2. Природною основою фундаментів нових споруд можуть служити ІГЕ-3 (пісок середньої крупності, з прошарками дрібного, а на покрівлі пласта – місцями і пилюватого, однорідний, середньої щільності, насичений водою). При їх проектуванні потрібно враховувати несприятливі умови.

3. Через підтоплення території майданчика застосування для нових споруд фундаментів, які влаштовують з вийманням ґрунту, на природній основі ускладнено. Тому з цією метою доцільно використовувати пальові фундаменти, наприклад з буронабивних паль. Нижній кінець таких паль потрібно розміщувати в ІГЕ-4 (пісок середньої крупності, однорідний, з включеннями гравію кристалічних порід, щільний, насичений водою) або ІГЕ-5 (глина палеогенова, тонкошарувата, важка, напівтверда).

Розміри у плані будівлі додаткових технологічних трактів, яка розглядається, складають в осях 33,5 x 72 м. Будівля каркасного типу, каркас металевий. Крок колон – 6 м. Геологічні умови під плямою будівлі відповідають рис. 1; рівень ґрунтових вод знаходиться на глибині 4,5 м. При розрахунку рам Донецьким проектним інститутом ПАТ «ДІОБ» було визначено по 3 сполучення навантажень на фундаменти, найгірше з яких представлено в табл. 1. Значення навантажень наведені для розрахунку за деформаціями.

Таблиця 1 – Навантаження на фундаменти

Схема навантажень	Найменування фундаменту	$Q_x$ , кН	$M_x$ , кН·м	$Q_y$ , кН	$M_y$ , кН·м	$N$ , кН
	ФМ-1	0	0	33	570	520
	ФМ-2	0	0	50	750	660
	ФМ-3	27	0	46	720	770
	ФМ-4	0	0	20	0	140

Як фундаменти під колони прийнято монолітні фундаменти мілкового закладання на підсиленій основі. Підосва фундаменту спирається на ІГЕ-2 – пісок намивний, жовто-сірий, дрібний, однорідний, середньої щільності, від малого ступеня водонасичення до насиченого водою (нижче РГВ). Габарити підосви фундаментів мають наступні розміри: ФМ-1, ФМ-2 – 3,3 x 4,5 м; ФМ-3 – 3,6 x 4,5 м; ФМ-4 – 1,5 x 1,8 м. Висота фундаментів з конструктивних міркувань складає 2,4 м.

Для підсилення основи була використана бурозміщувальна технологія виготовлення вертикальних ґрунтоцементних елементів (ГЦЕ). Довжина ГЦЕ складає 4 м, діаметр – 0,5 м. Улаштування ГЦЕ передбачене для збільшення несучої здатності ґрунтів ІГЕ-2. Елементи повністю пронизують ІГЕ-2 та занурюються в ІГЕ-3 на 0,8 – 1 м. Для того щоб створити розрахунковий опір ґрунту  $R = 350$  кПа (необхідний за проектом), крок розташування елементів прийнято 1x1 м (рис. 2).

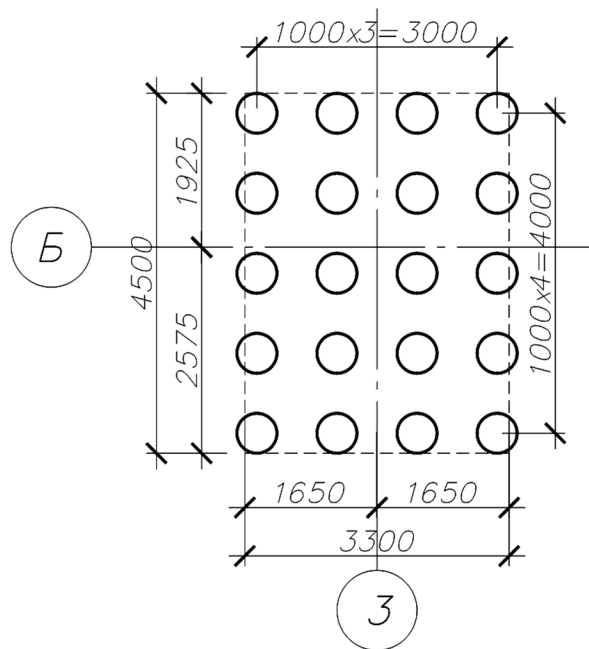


Рисунок 2 – Схема розташування ґрунтоцементних елементів при підсиленні основи окремих фундаментів

Улаштування елементів закріплення ґрунту реалізується за допомогою комплексу обладнання, до складу якого входить: бурильна машина БМ-811, розчиномішалка, розчинонасос. Комплект обладнання вимагає постачання електроенергії напругою 0,4 кВ (380 В). Витрати портландцементу М400 складають 320 кг/м<sup>3</sup> ґрунтоцементних елементів. Водоцементне відношення В/Ц = 0,6 – 1.

Між підошвою окремих фундаментів та верхнім обрізом ГЦЕ улаштовується щебенева подушка товщиною 400 мм, призначення якої – рівномірне розподілення навантаження на підсилену основу.

Значення осідання фундаментів на такій основі склало не більше 2 см.

За вищенаведеним принципом були запроєктовані фундаменти ще під 10 різних об'єктів (адміністративна будівля, приміщення натяжних пристроїв, галереї, перевантажувальні вузли тощо) на цьому будівельному майданчику. Під деякими фундаментами ГЦЕ пронизують не тільки ІГЕ-2, але й насипні ґрунти (ІГЕ-1) та супіски текучі (ІГЕ-2а).

**Висновки.** Досвід проведення робіт на об'єкті показує доцільність застосування бурозмішувальної технології виготовлення ґрунтоцементних елементів для закріплення слабких ґрунтів, збільшення механічних властивостей піщаних ґрунтів. Завдяки використанню цього методу досить часто економічно доцільно замість палів використовувати фундаменти на підсиленій основі.

#### Література

1. Зоценко, Н.Л. Закрепление оснований цементацией буросмесительным методом / Н.Л. Зоценко, И.И. Ларцева, В.И. Марченко // Труды Международ. конф. по геотехнике «Геотехнические проблемы мегаполисов». – Т. 5. – М.: ПИ «Геореконструкция», 2010. – С. 1781 – 1788.
2. Токин, А.Н. Фундаменты из цементогрунта / А.Н. Токин. – М.: Стройиздат, 1984. – 183 с.
3. Characteristics of Manmade Stiff Grounds Improved by Drill-Mixing Method / M. Zotsenko, Yu. Vynnykov, V. Shokarev, V. Krysan, I. Lartseva // Proc. of the 15rd European

*Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering «Geotechnics of Hard Soils – Weak Rocks».* – Athens. – 2011. – PP. 1097 – 1102.

4. Antonio Viana da Fonseca. *Strength properties of sandy soil-cement admixtures / Antonio Viana da Fonseca, Rodrigo Caberlon Cruz, Nilo Cesar Consoli // Proc. of the 17th International Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.* – Olexandria, Egypt, 2009. – Amsterdam, Berlin, Tokyo, Washington: JOS Press. – 2009. – P. 52 – 55.

5. Зоценко, Н.Л. *Сравнительная оценка эффективности армирования основания по данным штамповых испытаний и математического моделирования / Н.Л. Зоценко, Н.И. Лапин, Р.В. Петраш // Основания, фундаменты и механика грунтов.* – № 4. – 2008. – С. 17 – 20.

6. ДБН В.2.1-10-2009. *Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с.

7. ДБН В.2.1-10-2011. *Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування Р. 8.5. Палі і пальові фундаменти. (на заміну СНиП 2.02.03-85).* 2009. – 104 с.

8. *Технічний звіт за результатами інженерно-геологічних вишукувань на майданчику під зведення «додаткових технологічних трактів СМД-1 та СМД-2 дробильно-збагачувальних фабрик №1 та №2» на ТОВ «Полтавський ГЗК» у м. Комсомольську Полтавської обл.* – Полтава: ТОВ «ЭКФА», 2011.

Надійшла до редакції 26.09.2012

© І.І. Ларцева, Л.І. Рожовська