

**Н.В. Зуєвська, д.т.н., проф.**  
**Л.В. Шайдецька, к.т.н.**  
**К.О. Булітко, аспір.**  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

### **ЗМІНА ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ У ЗОНІ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ В МІСЬКИХ УМОВАХ**

*Розглядається застосування методу горизонтального направлено буріння для спорудження комунікаційних мереж в умовах щільної київської міської забудови. Основними перевагами цієї сучасної технології прокладки трубопроводів різного діаметру в складних гідрогеологічних умов є висока точність проходки під постійним контролем траєкторії, можливість проведення робіт незалежно від сезону і проведення робіт в обмеженому просторі без порушення наземних конструкцій які вже існують. Найбільш поширена глибина проведення ГНБ в міських умовах становить близько 2–3 м. В результаті інтенсивного антропогенного і техногенного впливу в міських ґрунтах розвиваються негативні процеси, які погіршують їх міцнісні характеристики за рахунок розуцільнення, порушення водно-повітряного і теплового балансу, хімічного і біологічного забруднення і призводять до активних поверхневих деформацій в місцях застосування горизонтального направлено буріння. Негативним моментом є те, що після проведення досипки ґрунту та ремонту поверхні, ці просадні процеси не припиняються з часом і продовжують руйнування поверхні.*

*Метою проведення досліджень, представлених в статті, було встановлення причин продовження активного деформаційного процесу ґрунтового середовища після спорудження комунікаційних мереж з застосуванням методу горизонтального направлено буріння.*

*Більшість каналізаційних мереж знаходяться в межах зони впливу автошляхів, тому дослідження ґрунтів проводились неподалік від їх близькості, зразки відбиралися на різних глибинах, щоб врахувати техногенний вплив людини на деформаційні властивості ґрунтових основ. Для проведення якісного та кількісного аналізу складу речовин в ґрунтах застосовувався рентгенофлуоресцентний спектральний аналіз, який є неруйнівним експресним методом визначення елементного складу. Для визначення вмісту нафтопродуктів було використано ядерно масінтно-резонансну спектроскопію. Дослідження проводились з метою визначення солевмісту ґрунтів та їх елементного складу в залежності від глибини та визначення вмісту нафтопродуктів, які можуть знижувати несучу спроможність ґрунтів та впливати на їх деформацію.*

**Ключові слова:** антропогенний і техногенний вплив; вміст солей в ґрунтах; міський ґрунт; горизонтальне направлене буріння (ГНБ); інженерні комунікації.

Використання горизонтального направлено буріння (ГНБ) при будівництві в крупних городах з щільною забудовою вже досить давно і успішно використовується. Основними перевагами цієї сучасної технології прокладки трубопроводів різного діаметра в складних гідрогеологічних умов є висока точність проходки під постійним контролем траєкторії, можливість проведення робіт незалежно від сезону і проведення робіт в обмеженому просторі без порушення наземних конструкцій які вже існують. З усього обсягу виконуваного ГНБ в Києві 60 % проведення робіт доводиться на будівництво підземних комунікацій для проведення електромереж і 40 % – на влаштування каналізаційних мереж і дощових стоків. Найбільш поширена глибина проведення ГНБ в міських умовах становить близько 2–3 м. При всіх перевагах використання ГНБ для щільної міської забудови нерідко спостерігаються негативні явища пов'язані із додатковими осіданнями ґрунтових основ поблизу зони розуцільнення ґрунту в результаті дії продавлюючих механізмів (рис. 1).

Відповідно до світової статистики 80% усіх порушень нормальних умов експлуатації будівель та споруд відбувається внаслідок недоліків та помилок при проектуванні, будівництві та експлуатації основ, фундаментів і підземних споруд. Витрати на усунення цих негативних явищ можна порівняти лише з початковою вартістю будівництва. Інженерно-геологічні умови України досить різноманітні і в її межах можна зустріти прояви багатьох складних інженерно-геологічних умов але не тільки це є єдиним поясненням досить значних поверхневих просідань при використанні ГНБ в міських умовах.

В результаті інтенсивного антропогенного і техногенного впливу в міських ґрунтах розвиваються негативні процеси, які погіршують їх якість внаслідок порушення і руйнування ґрунтового профілю, дегуміфікації, розуцільнення, порушення водно-повітряного і теплового балансу, хімічного і біологічного забруднення.



Рис. 1. Місця провалів після проведення ГНБ

В роботах [1, 2] відмічається про суттєві зміни в ґрунтах під впливом антропогенного фактору. Зазначається, що зниження міцносних характеристик ґрунтових основ, як правило, може відбуватися в процесі підвищення агресивності підземних вод за рахунок розчинення солей та забруднення ґрунтів нафтопродуктами що і призводить до зміни їх фізико-механічних властивостей. В роботах [3–6] зазначається, що важливе місце серед техногенних потоків займають різні види палива (в млн. т/рік): вугілля – 3,8; сира нафта – 3,6; природний газ – 1,7 і рідке паливо – 1,6. Співвідношення видів палива може бути і іншим, але кожне місто - мільйонер отримує в рік до 7–8 млн. тонн умовного палива.

Враховуючи те, що більшість каналізаційних мереж, споруджуваних методом мікротунелювання, знаходяться в межах зони впливу автошляхів, тому і дослідження ґрунтів проводилися неподалік від їх близькості, зразки відбиралися на різних глибинах, щоб врахувати техногенний вплив людини на деформаційні властивості ґрунтових основ.

Фізико-механічні характеристики досліджуваних ґрунтів приведені в таблиці 1, а їх інженерно-геологічний розріз на рисунку 2.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Найменування ґрунту	Параметри						
	Природна вологість $w, \%$	Щільність ґрунту $\rho, \text{г/см}^3$	Вологість на межі текучості, $w_L$	Вологість на межі пластичності, $w_P$	Кут внутрішнього тертя, $\varphi^0$	Коефіцієнт зчеплення, $c, \text{МПа}$	Модуль деформації, $E, \text{МПа}$
супісок	17,5	1,72	25	17	17	0.016	15
суглинок	23,2	1,94	34	23	15	0.046	22
глина	24,9	2,05	50	24	13	0.059	41

Метою проведення досліджень є по перше визначення солевмісту ґрунтів та їх елементного складу в залежності від глибини та віддаленості зразка від осередку забруднення, по друге визначення вмісту нафтопродуктів, які можуть знижувати несучу спроможність ґрунтів та впливати на їх деформацію.

Викладення основного тексту. Для визначення солевмісту ґрунтів використано метод водяної витяжки із наступним вимірюванням солевмісту стандартним приладом TDS – metr. На будівельному майданчику було відібрано 3 зразки ґрунту, за фізико-механічними властивостями які є супіски.

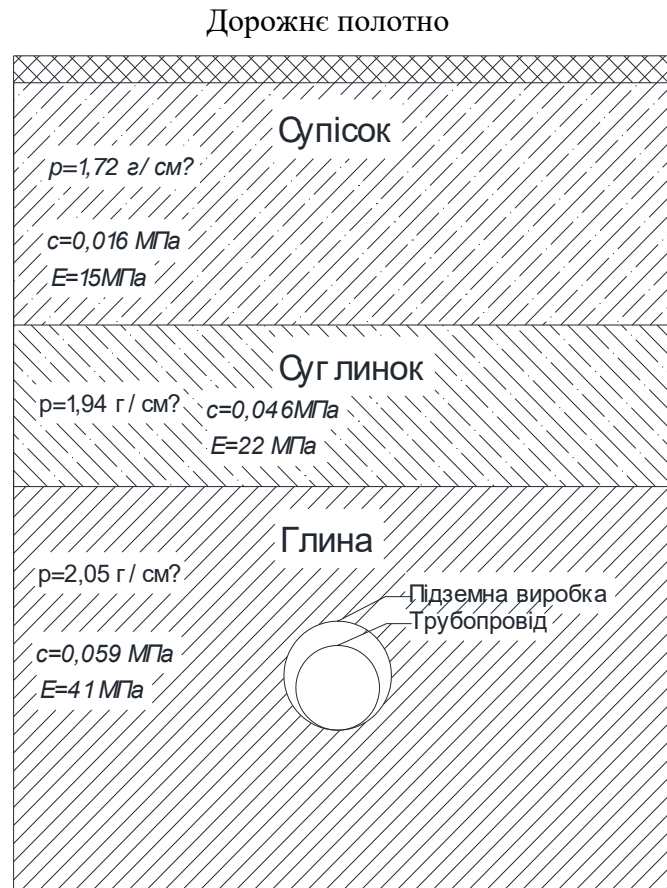


Рис. 2. Геологічна будова ґрунтів зони дослідження

Для приготування водяної витяжки по 10 г зразка було розчинено у 100 мл дистильованої води. Після відстоювання зразки суспензії були відфільтровані через паперовий фільтр. У отриманому фільтраті визначали концентрацію з допомогою TDS – метра, точність вимірювання приладу становить +/- 2%. Результати вимірювань зведено у таблицю 2.

Таблиця 2

Солевміст наданих зразків ґрунту

№ зразка ґрунту	Солевміст	
	%	ppm
1	0,0088	88
2	0,0120	120
3	0,0137	137

Вміст водорозчинних солей у більшості ґрунтів коливається від сотих до десятих долей відсотка. Засоленими вважаються ґрунти з вмістом солей більше 0,2 %. Якщо в ґрунтах вміст солей перевищує 1 %, то їх відносять до солончаків. За ступенем засоленості  $D_{sal}$ , % ґрунти досліджуваних зразків відповідно [1] можна віднести до слабозасолених ґрунтів.

Для проведення якісного та кількісного аналізу ґрунтів застосовували рентгенофлуорисцентний спектрометр, який є неруйнівним експресним методом визначення елементного складу [7–11]. З ростом порядкового номера елемента чутливість методу зростає, а помилка визначення кількісного елементного складу знижується. Прилад може визначати зміст елементів із середніми атомними номерами з помилкою 0,1 %.

Ґрунти містять майже всі елементи періодичної системи Д.І. Менделєєва. За вмістом елементів та їх кількісним співвідношенням ґрунти відрізняються від живих організмів, мінералів і гірських порід [7, 8]. У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрацій. Результати елементного аналізу ґрунтів наведено в табл. 3.

## Елементний аналіз зразків ґрунту

№ з/п	Елемент	№ зразка		
		1	2	3
13	Al	1,605	7,373	10,308
14	Si	76,984	48,371	40,522
16	S	0,519	0	0,466
19	K	2,987	2,632	2,654
20	Ca	2,433	6,921	8,048
22	Ti	1,84	3,206	2,863
23	V	0	0,132	0,184
25	Mn	0,203	0	0
26	Fe	12,976	30,472	34,082
30	Zn	0,063	0,121	0,129
31	Ga	0	0	0,047
33	As	0,025	0	0
37	Rb	0,048	0,098	0,147
38	Sr	0,052	0,089	0,11
39	Y	0,034	0,046	0,053
40	Zr	0,162	0,317	0,211
41	Nb	0	0,049	0,044
45	Rh	0,041	0	0
77	Ir	0,029	0,07	0
82	Pb	0	0,08	0,94

Перший зразок характеризується високим вмістом кремнію і низьким вмістом заліза. Зразки 2 і 3 мають нижчий вміст кремнію і вищий вміст заліза, та близькі між собою за елементним складом.

**Висновки.** Будь-які види будівництва починаються з вивчення інженерно-геологічних умов території. Геологічна будова характеризує масив гірських порід, що знаходяться в сфері інженерного впливу. Вони визначають умови будівництва, надійність підстави будівель і споруд. Гірські породи є вміщає середовищем для підземних споруд, підставами трубопроводів і транспортних ємностей, і використання для виробництва будівельних матеріалів. В результаті інтенсивної інженерно-господарської діяльності ґрунти в містах можуть змінюватися настільки, що порушується зв'язок природних компонентів і формується антропогенний (техногенний) ґрунт. Тому для попередження негативних механічних просадних процесів необхідно проводити додаткові інженерно-геологічні дослідження з метою визначення дійсних фізико-механічних характеристик ґрунтів безпосередньо перед початком будівельних робіт.

Виходячи з отриманих результатів проведених досліджень можна зробити висновок, що солі та нафтопродукти не проникають в зону прокладання комунікаційної мережі під дорогою в тій кількості, яка б спричинили зміну фізико-механічних властивостей цих ґрунтів. Внаслідок «запечаткування» ґрунтів асфальтним покриттям, практично припиняється привнесення солі та нафтопродуктів в ґрунт. В даному випадку покриття захищає ґрунт від хімічних забруднень, які, минаючи ґрунтове тіло, надходять через каналізацію у водойми і річкову мережу. «Запечатаність» ґрунтового масиву в крупних містах доцільно використовувати як ефективний бар'єр для захисту ґрунтів міської території від забруднення їх техногенними потоками.

З іншого боку, змінюється характер теплообміну ґрунту з атмосферою за рахунок формуються «островів тепла». До цього можна додати ще і особливість самої технології прокладання каналізаційних мереж з застосуванням ГНБ, де за рахунок гнучкості та гладкості труб теплоізоляція ускладнена і температури стоків розповсюджується в оточуючих шарах ґрунтів, відповідно порушуючи і водний баланс. Це і є, на думку авторів, основною причиною просідання ґрунтів навіть після досипання і укладання нового шару асфальтного покриття. Саме зміна температурного балансу і постійний процес замочування ґрунтів підігрітою водою і спричиняє процес просідання поверхні.

## Список використаної літератури:

1. Soils in the Urban Environments / Ed. P.Bullock and P.J. Gregory. – Oxford : Blakwell Scientific publications, 1991. – 174 p.
2. Гарицкая М.Ю. Экологические особенности городской среды : учеб. пособие / М.Ю. Гарицкая, А.И. Байтелова, О.В. Чекмарева / М-во образования и науки Рос. Федерации ; Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург : ИПК «Университет», 2012. – 217 с.
3. Добровольська А.О. Визначення стисливості техногенно порушеного ґрунту методом статичної обробки / А.О. Добровольська // III всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» : тези 27–27 квітня 2016. – Житомир : ЖТДУ. – 2016. – С. 53–57.
4. Ґрунти. Класифікація : ДСТУ Б В.2.1-2-96 / Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. – Київ, 1997.
5. Добровольская А.О. Изучение деформационных характеристик техногенного грунта при разных вариантах замачивания / А.О. Добровольская // Материалы 10-й международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы развития строительных технологий», 21–22 апреля 2016 / ГВУЗ «Нац. Горный Ун-т». – Днепропетровск. – 2016. – С. 18–23.
6. Солнцева Н.П. Принципы и методы экспериментального моделирования миграции и закрепления нефти и нефтепродуктов в почвах. Геохимия ландшафтов и география почв / Н.П. Солнцева // Ойкумена. – 2002. – С. 65–90.
7. Соболевський Р. В. Оцінка достовірності геометризації якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів на основі підбору оптимальної моделі варіограми за площинним критерієм / Р. В. Соболевський, О. М. Вашук, О. М. Толкач // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – 2015. – № 1. – С. 57–64.
8. Sobolevskiy R.V. Evaluation of accuracy of photogrammetric methods and laser scanning for measuring of parameters of cracks natural separateness / R.V. Sobolevskiy, V.H. Levytskyi, V.O. Shlapak // Вісник ЖДТУ. – 2016. – № 1. – С. 158–163.
9. Коробійчук В.В. Метод оцінки тиску, що виникає при тепловому розширенні кристалів солей і льоду в порах природного каменю / В.В. Коробійчук // Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки. – 2011. – № 3 (58). – С. 176–179.
10. Коробійчук В.В. Залежність внутрішньопорового тиску від пружних властивостей природного каменю / В.В. Коробійчук // Вісник ЖДТУ. Серія : Технічні науки. – 2012. – № 1 (60). – С. 123–126.
11. Криворучко А.О. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для дослідження гірничо-екологічних особливостей родовищ рудних і нерудних корисних копалин / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Ю.О. Подчашинський, О.О. Ремезова // Вісник Житомирського державного технологічного університету / Серія: Технічні науки. – 2007. – № 1 (40). – С. 186–195.

## References:

1. Bullock, P. and Gregory, P.J. (ed.) (1991), *Soils in the Urban Environments*, Blakwell Scientific publications, Oxford, 174 p.
2. Garyckaja, M.Ju., Bajtelova, A.Y. and Chekmareva, O.V. (2012), *Экологические особенности городской среды*, М-во obrazovanya y nauky Ros. Federacyu, Feder. gos. bjudzhet. obrazovat. uchrezhdenye vyssh. prof. obrazovanya «Orenburg. gos. un-t», YPK «Unyversytet», Orenburg, 217 p.
3. Dobvol's'ka, A.O. (2016), «Vyznachennja styslyvosti tehnogenno porushenogo ґruntu metodom statychnoi' obrobky», III vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii' studentiv, aspirantiv ta molodyh vchenyh «Perspektiva rozvytku girnychoi' spravy ta racional'nogo vykorystannja pryrodnyh resursiv», Tezy, vid 27–27 kvitnja, ZhTDU, Zhytomyr, pp. 53–57.
4. Derzhavnyj komitet Ukrainy u spravah mistobuduvannja i arhitektury (1997), *DSTU B V.2.1-2-96: Grunty. Klyasyfikacija* [Soils. Classification], Nacional'ni standarty Ukrainy, Kyi'v, UA.
5. Dobvol's'kaja, A.O. (2016), «Yzuchenye deformatsionnyh harakterystyk tehnogenno ґruntu pry raznyh varyantah zamachyvannya», Materyaly, 10-ja mezhdunarodnaja naučno-praktycheskaja konferencyja molodyh uchenyh, aspyrantov y studentov «Perspektivy razvytyja stroytel'nyh tehnologij», vid 21–22 kvitnja, GVUZ «Nac. Gornyj Un-t», Dnepropetrovsk, pp. 18–23.
6. Solnceva, N.P. (2002), «Pryncypy y metody eksperymental'nogo modelyrovannya mygracyy y zakreplenja nefty y nefteproduktov v pochvah. Geohymija landshaftov y geografija pochv», *Ojkumena*, pp. 65–90.
7. Sobolev's'kij, R.V., Vashhuk, O.M. and Tolkach, O.M. (2015), *Ocinka dostovirmosti geometryzicii' jakisnyh pokaznykiv Velyko-Gadomyne'kogo rodovyshha pervynnyh kaoliniv na osnovi pidboru optymal'noi' modeli varyogramy za ploshhynnym kryterijem*, Visnyk KrNu im. Myhajla Ostrograd's'kogo, № 1, pp. 57–64.
8. Sobolevskiy R.V., Levytskyi V.H. and Shlapak, V.O. (2016), *Evaluation of accuracy of photogrammetric methods and laser scanning for measuring of parameters of cracks natural separateness*, Visnyk ZhDTU, № 1, pp. 158–163.
9. Korobijchuk, V.V. (2011), «Metod ocinky tysku, shho vynykaje pry teplovomu rozshyrenni krystaliv solej i l'odu v porah pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 3 (58), pp. 176–179.
10. Korobijchuk, V.V. (2012), «Zalezhnist' vnutrishn'oporovogo tysku vid pruznyh vlastyvostej pryrodnoho kamenju», *Visnyk ZhDTU, Serija Tehnichni nauky*, No. 1 (60), pp. 123–126.

11. Kryvoruchko, A.O., Korobiichuk, V.V., Podchashyns'kyj, Ju.O. and Remezova, O.O. (2007), "Zastosuvannja informacijno-kop'juternih tehnologij dlja doslidzhennja girnycho-ekologichnyh osoblyvostej rodovysyh rudnyh i nerudnyh korysnyh kopalyn", Visnyk Zhytomyr'skogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu. Serija: Tehnichni nauky, Vol. 1 (40), pp. 186–195.

ЗУЄВСЬКА Наталя Валеріївна – доктор технічних наук, професор кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- дослідження в галузі геобудівництва;
- видобування облицювального каменю.

E-mail: [zuevska@i.ua](mailto:zuevska@i.ua).

Тел.: (050) 982–17–70.

ШАЙДЕЦЬКА Любов Валентинівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- геотехнічне та міське підземне будівництво;
- геотехнічна і гірнична механіка.

E-mail: [Shaydetskaya\\_lubov@ukr.net](mailto:Shaydetskaya_lubov@ukr.net).

Тел.: (067) 447–59–14.

БУЛІТКО Кирило Олександрович – аспірант кафедри геобудівництва та гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Наукові інтереси:

- зміна напружено-деформованого стану ґрунту при тривалих динамічних впливах в присутності антропогенного фактору.

Тел.: (050) 380–57–28.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2017.