

ОСІДАННЯ ТЕХНОГЕННО-ПОРУШЕНОГО ГРУНТУ ЗА ТРИВАЛИЙ ПЕРІОД**А. О. Добровольська**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
вул. Борщагівська, 115/3, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: students.iee@gmail.com

За допомогою програмного забезпечення складено математичну модель взаємодії нашарувань техногенного ґрунту в умовах консолідації, а також осідання ґрунту при навантаженні на умовно стабілізованій основі. Для порівняння вибрано три райони м. Києва, в яких відома геологічна ситуація за 2006 та 2016 роки. За відправну точку взято геологічні умови території на момент 2006 року, на далі були нашаровані пластами поетапно, техногенні ґрунти до товщі верхніх ґрунтів на момент 2016 року. В результаті розрахунку та детальному розгляді поведінки ґрунту в часі - отримано залежність деформації ґрунту, та можливість спрогнозувати поведінку ґрунтів на наступні проміжки часу. При навантаженні умовно стабілізованої основи в усіх випадках отримуємо різкий стрибок деформацій, завдяки чому можемо стверджувати що даний ґрунт не є стабільним, і будівництво в даних ґрунтах не можливе без застосування додаткових інженерних заходів.

Ключові слова: техногенний ґрунт, консолідація, деформація, осідання.**ОСАДКИ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННОЙ ПОЧВЫ ЗА ДЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД****А. О. Добровольская**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
ул. Борщаговская, 115/3, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: students.iee@gmail.com

С помощью программного обеспечения составлена математическая модель взаимодействия наслоенных техногенного грунта в условиях консолидации, а также осадки грунта при нагрузке на условно стабилизированные основания. Для сравнения выбраны три района г. Киева, в которых известна геологическая ситуация за 2006 и 2016 годы. Отправной точкой взяты геологические условия территории на момент 2006 года, которые в дальнейшем были наслоенные пластами поэтапно, техногенные ґрунты до уровня на момент 2016 года. В результате расчета и детальном рассмотрении поведения грунта во времени - получили зависимость деформации грунта и возможность спрогнозировать поведение ґрунтов на следующие промежутки времени. При нагрузке условно стабилизированной основы во всех случаях получаем резкий скачок деформаций, благодаря чему можем утверждать, что данный ґрунт не является стабильным, и строительство на данных почвах невозможно без применения дополнительных инженерных мероприятий.

Ключевые слова: техногенный ґрунт, консолидация, деформация, осадки.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Техногенний вплив на перетворення природного середовища в тому числі ґрунтів в агломерації міста Києва має виражений характер. В сучасному світі динамічних географічних процесів цей вплив є одним із найвпливовіших чинників, що змінює, деформує та порушує природний ландшафт. Останнім часом, під час освоєння вільних міських територій, техногенні ґрунти все частіше залучаються до сфери інженерного впливу, а, отже, вимагають вивчення, що обмежене в часі під час проведення інженерно-геологічних досліджень. Техногенні ґрунти змінюються в широкому діапазоні – від різновидів близьких до природних ґрунтів і до ґрунтів, що не мають аналогів серед природних утворень. Площинне поширення, потужність та особливості їх складу обумовлено ступенем і видом освоєння території та історією розвитку міського поселення. Техногенні ґрунти досить часто використовуються і як основи споруд (особливо при дефіциті території для можливої забудови – як у багатьох великих містах світу), і як матеріали земляних споруд. Збільшення об'ємів наземного та підземного будівництва в районах міста відіграє не малу роль у зміні геологічної будови.

Питання зміни деформаційних властивостей техногенних ґрунтів порушеної структури присвячено значну кількість робіт [1–7]. Вивчення умов формування та закономірностей поширення техно-генних процесів у геологічному середовищі за [3] варто

розглядати, як частину важливої наукової проблеми взаємодії людини та природи. Закономірності зміни деформаційних характеристик у ґрунтових середовищах за наявності різної кількості домішок дозволяють спрогнозувати їх поведінку в умовах щільної міської забудови [8–9].

В [10] досліджено наслідки розвитку будівельного виробництва в місті Києві та техногенні зміни геологічної будови майбутніх будівельних майданчиків, кількість яких за останні роки зросла на 40 %. Порівняння геологічної будови м. Києва виявило, що потужності шарів техногенних ґрунтів за період з 2006 року по 2016 рік зросли в середньому на 98 %.

Для порівняння змін геологічної будови м. Києва з урахуванням техногенного впливу на ґрунт було обрано три району: Солом'янський, Голосіївський та Печерський. Основну увагу було звернено на збільшення товщі верхнього шару (техногенного ґрунту) на протязі 10 років, а також на їхні механічні властивості [10]. Основні результати виконаних досліджень вказують на пряму залежність розвитку будівельного виробництва в місті Києві та зміни геологічної будови майбутніх будівельних майданчиків, кількість яких за останні роки зросла на 40 %. При порівнянні геологічної будови вище наведених районів, можна зробити висновки, що потужності шарів техногенного ґрунту зросли в середньому на 98 %. Також прослідковується зміна деяких фізичних характеристик, а саме: зменшення питомої ваги

шарів протягом десяти років, можна припустити що це за рахунок зміни процентного відношення органічних домішок в верхньому шарі ґрунту. Показник текучості що характеризує консистенцію ґрунту, а саме якщо станом на 2006 рік ґрунт являв собою супісок твердий, то на 2016 рік він змінився на пластичний. За рахунок зміни фізичних характеристик змінився опір ґрунту, що призвело до непридатності ґрунту до забудови.

Метою роботи є визначення залежності осідання техногенного ґрунту в умовах консолідації на протязі 10 років.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для наглядного порівняння змін в геології верхніх ґрунтових шарів м. Києва було виконано моделювання в програмі PLAXIS.

У програмному комплексі PLAXIS ґрунт моделюється як багатокомпонентний матеріал, в якому може виникати тиск в поровій воді (гідростатичний і надлишковий). Так як за допомогою даної програми можна виконати розрахунки фільтрації та консолідації ґрунтів, було змодельовано ситуацію взаємодії верхніх шарів нашарування ґрунту із будівлею, для чого були виконанні наступні дії:

- геологію району на стан 2006 року з відповідними товщинами та характеристиками (табл. 1–3) задано як початковий стан, від якого розпочинається розрахунок;

- поетапно нашарування певної товщини техногенного ґрунту з новими фізико-механічними даними, та консолідуємо;

- після розрахунку осідання ґрунту в режимі консолідації навантаження ділянки, яке дорівнює середньому навантаженню від 16-ти поверхового будинку;

- результати поетапного осідання ґрунту виводимо у вигляді кольорової діаграми ситуації при моделюванні навантаження від будинку (рис. 1–6).

При моделюванні стану геології даного району було прийнято пласт нашарування за два роки - 1 м техногенно порушеного ґрунту. Техногенні ґрунти - представлені супісками з домішками будівельного сміття до 10 %. Фізичні характеристики ґрунтів за результатами досліджень 2006 та 2016 р.р. наведені в табл. 1. Порівняння основних фізичних характеристик ґрунтів дає можливість виділити основні показники, що змінилися в період з 2006 до 2016 роках, відповідно до яких і змінилася номенклатура ґрунту. У 2006 році техногенний ґрунт являв собою супісок твердий маловологий, а у 2016 році – супісок пластичний маловологий.

Таблиця 1 – Основні характеристики міцності ґрунтів Печерського району м. Києва

№	Фізичні характеристики ґрунту	Рік дослідження	
		2006	2016
	Товща шару, м	4	9
1	Питома вага, кН/м ³	17,29	16,2
2	Питома вага частинок ґрунту, кН/м ³	21,8	26,8
3	Модуль Юнга кН/м ²	4910	3820
4	Питоме зчеплення, кПа	4,3	51
5	Кут внутрішнього тертя, град	22,7	30

При консолідації на протязі 10-ти років ми спостерігаємо тенденцію в перші 4 роки зростання осідання ґрунту, а за наступний період поступове затухання (рис. 1). При навантаженні умовно стабілізованої основи отримуємо різкий скачок деформації ґрунту, а саме осідання в розмірі 1 метра (рис. 2).

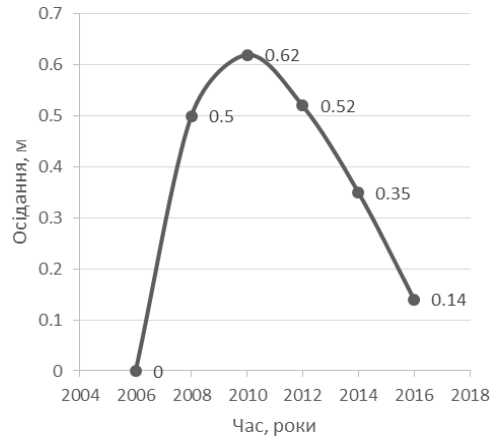


Рисунок 1 – Залежність осідання техногенно порушеного ґрунту в часі (Печерський район)

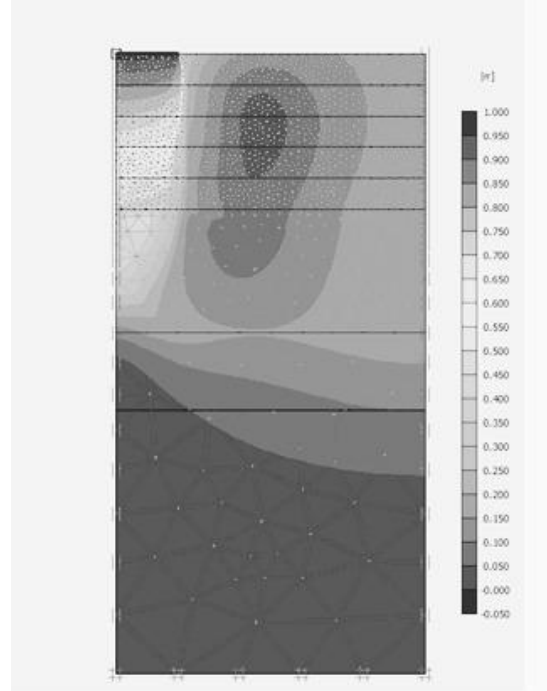


Рисунок 2 – Геологічна модель Печерського р-ну з нашаруванням техногенного ґрунту на протязі 10-ти років. Загальні переміщення ґрунту

В Голосіївському районі за період 2006–2016 років усереднена товща техногенного ґрунту змінилася з 4 м до 7,5 м, відповідно. Техногенний ґрунт представлений супіском з неорганічними домішками до 15 %. Порівняння фізичних характеристик ґрунтів, які наведені в табл. 2, виявляє зміну основних характеристик в період 2006–2016 років. У 2006 році техногенний ґрунт являє собою супісок твердий вологий, а у 2016 році – супісок пластичний мало вологий. При моделюванні стану геології даного району було прийнято пласт нашарування за два роки – 0,7 метр техногенно порушеного ґрунту. Як і при дослідженні Печерського району при

консолідації на протязі 10 років перші 4 роки спостерігається зростання осідання ґрунту а на протязі іншого періоду затухання (рис. 3). При навантаженні умовно стабілізованої основи отримуємо різкий скачок деформації ґрунту, а саме осідання в розмірі 1,3 метра (рис. 4).

Таблиця 2 – Основні характеристики міцності ґрунтів Голосіївського району м. Києва

№	Фізичні характеристики ґрунта	Рік дослідження	
		2006	2016
	Товща шару	4	7,5
1	Питома вага, кН/м ³	17,29	16,6
2	Питома вага частинок ґрунту, кН/м ³	27,26	26,6
3	Модуль Юнга кН/м ²	4330	3820
4	Питоме зчеплення, кПа	8,2	51
5	Кут внутрішнього тертя, град	25,2	30

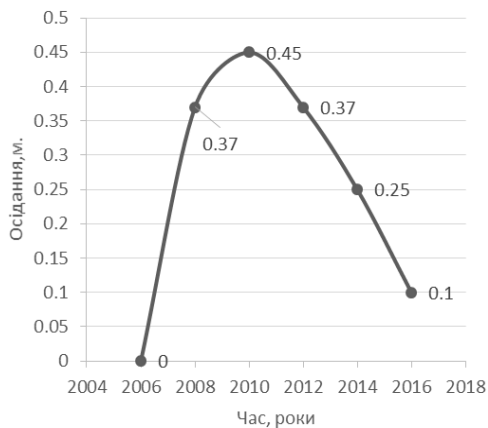


Рисунок 3 – Залежність осідання техногенно порушеного ґрунту в часі (Голосіївський район)

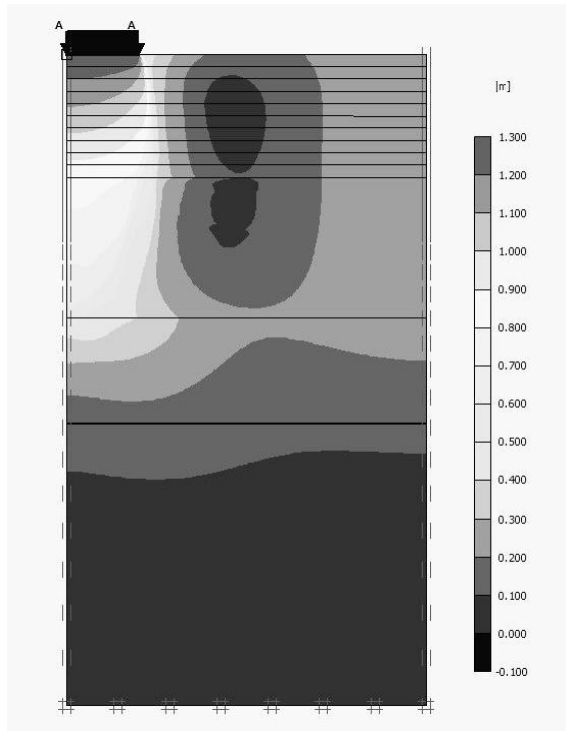


Рисунок 4 – Геологічна модель Голосіївського району з нашаруванням техногенного ґрунту на протязі 10-ти років. Загальні переміщення ґрунту

Під час розглядання Солом'янського району також спостерігається збільшення товщі техногенного ґрунту. На 2006 рік усереднена товща верхнього шару становила 2,5 м, а на 2016 рік 4,5 м. Фізичні характеристики ґрунтів за результатами досліджень 2006 та 2016 років наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Основні характеристики міцності ґрунтів Солом'янського району м. Києва

№	Фізичні характеристики ґрунту	Рік дослідження	
		2006	2016
	Товща шару	2,5	4,5
1	Питома вага, кН/м ³	17,5	16,8
2	Питома вага частинок ґрунту, кН/м ³	27,18	22,6
3	Модуль Юнга кН/м ²	5200	3820
4	Питоме зчеплення, кПа	7,2	48
5	Кут внутрішнього тертя, град	24	27

Порівняння основних характеристик ґрунтів виділяє основні показники, що змінилися в період 2006 до 2016 років, відповідно до яких змінилася номенклатура ґрунту. У 2006 році техногенний ґрунт 1, являє собою супісок пластичний, маловологий, а у 2016 році ґрунт 1а – супісок пластичний маловологий домішками будівельного сміття до 15 %.

При моделюванні стану геології даного району було прийнято пласт нашарування за два роки – 0,4 метр техногенно порушеного ґрунту. В перших 4 роки спостерігається зростання осідання ґрунту а на протязі іншого періоду (6-ти років) затухання (рис. 6). При навантаженні умовно стабілізованої основи отримуємо різкий скачок деформації ґрунту, а саме осідання в розмірі 0,95 метра (рис. 6).

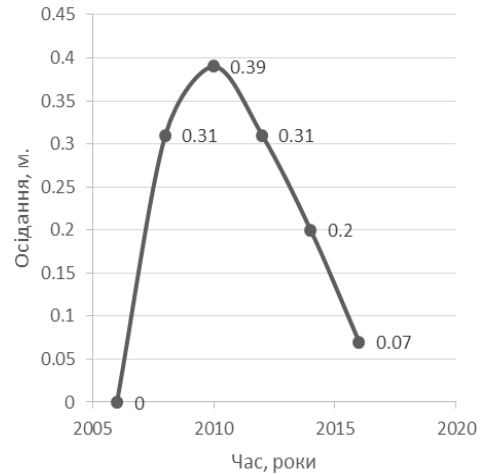


Рисунок 5 – Залежність осідання техногенно порушеного ґрунту в часі (Солом'янський район)

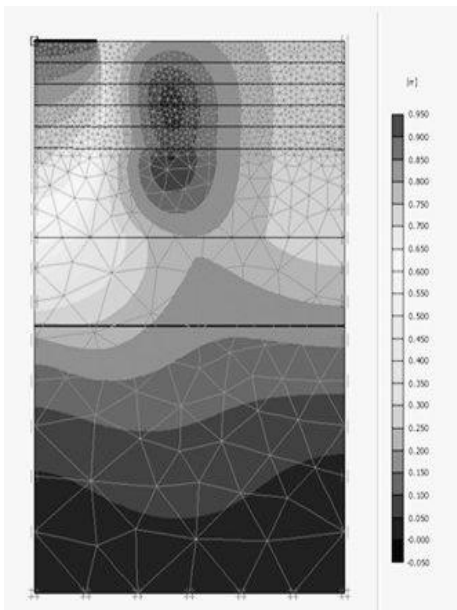


Рисунок 6 – Геологічна модель Солом'янського р-ну з нашаруванням техногенного ґрунту на протязі 10-ти років. Загальні переміщення ґрунту

ВИСНОВКИ. В результаті досліджень за допомогою моделювання геологічного середовища верхніх шарів на протязі 10 років, та більш детальному розгляді осідання ґрунту поетапно, видно, що осідання техногенного ґрунту досягає максимального значення на протязі 4 років, а на далі згасають і стають не значними. При навантаженні умовно стабілізованої основи в усіх випадках отримуємо різкий скачок осідання який досягає в середньому до одного метра, що дає нам змогу сказати що даний ґрунт не є стабільним, і будівництво в даних ґрунтах не можливе без застосування додаткових інженерних заходів.

На основі даних результатів ми можемо продовжити досліди, щоб спрогнозувати розвиток осідань верхніх шарів будівельних майданчиків, які являються техногенно порушеними ґрунтами, та попередити можливість руйнування будівель.

ЛІТЕРАТУРА

1. Толкач О.М. Соболевський Р.В., Іськов С.С. Визначення основних критеріїв якості пірофілітових сланців. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки.* 2011. № 2 (57). С. 170–176.
2. Левицький М.Г. Соболевський Р.В. Обґрунтування оптимальних технологічних параметрів видо-

бування гранітних блоків на основі показників тріщинуватості. *Восточно-європейський журнал передових технологій.* 2014. № 3 (69). С. 48–52.

3. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing V. Korobiiichuk, V. Shamrai, O. Iziumova, O. Tolkach, R. Sobolevskiy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2016. 4/5 (82). P. 52–57.

4. Коробійчук В.В. Дослідження тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції. *Восточно-європейський журнал передових технологій.* Харків: Технологічний центр, 2013. Вып. 6/5 (66). С. 23–28.

5. Криворучко А.О., Коробійчук В.В., Іськов С.С. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища. *Вісник ЖДТУ. Технічні науки.* 2012. № 4 (63). С. 190–202.

6. Коробійчук В.В. Оцінка результатів дослідження залежності параметрів пружних хвиль від тиску в зразках природного декоративного каменю *Вісник Нац. техн. ун-ту України «КПІ». Серія: «Гірництво»: зб. наук. пр. – К.: НТУУ «КПІ»: ЗАТ «Техновибух», 2012. Вип. 22. С. 101–105.*

7. Шайдецька Л.В. та ін. Вторинне осідання підземної споруди у водонасиченому масиві при деформуванні ґрунтової основи з утворенням призми сповзання. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.* 2017. Випуск 4/2017 (105). С. 56–59.

8. Добровольська А.О. Визначення стисливості техногенно порушеного ґрунту методом статичної обробки. *Перспектива розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів* Зб. матеріалів доп. учасн. III всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених: Тези 27–27 квітня 2016. Житомир: ЖТДУ. 2016. С. 53–57.

9. Добровольская А.О. Изучение деформационных характеристик техногенного грунта при разных вариантах замачивания. *Перспективы развития строительных технологий.* Зб. материалов 10-й международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, 21-22 апреля 2016. Днепропетровск. 2016. С. 18–23.

10. Добровольська А.О. Зміна геологічної будови м.Києва з урахуванням техногенного впливу на ґрунти. *Вісник ЖДТУ. Серія Технічні науки.* 2016. №3 (78).С. 136–143.

SETTLEMENT OF TECHNOGENIC-DISTURBED SOIL DURING A LONG PERIOD OF TIME

A. Dobrovolskaya

Department of Geochemistry and Mining Technologies

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»

vul. Borschagivska, 115/3, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: students.iew@gmail.com

Purpose. To study and investigate the deformations of technogenic soils. **Methodology.** The following complex research methods have been used in the work: simulation was performed in the PLAXIS program for a clear comparison of changes in the geology of the upper soil layers in Kyiv; laboratory research by compression devices; static analysis of the data obtained. **Originality.** The direct dependence of development of construction production and changes in the geological structure of soil bases, namely, the change of some physical characteristics, which leads to unsuitability of the ground for development, has been created. The dependence of the sedimentation of technogenic soil in the conditions of consolidation for 10 years has been determined. **Practical value.** Based on these results, we can continue exper-

iments to predict the development of sedimentation of the upper layers of construction sites that are technogenically soils and to prevent the destruction of buildings. **Conclusions.** As a result of studies with the simulation of the geological environment of the upper layers over 10 years, and more detailed consideration of soil segmentation in stages, it is evident that the precipitation of the technogenic soil reaches its maximum value for 4 years, and then fades away and becomes insignificant. When loading a conditionally stabilized base in all cases, we get a sharp jump of precipitation which reaches an average of one meter, which allows us to say that this soil is not stable, and construction in these soils is impossible without the use of additional engineering activities. Based on these results, we can continue experiments to predict the development of sedimentation of the upper layers of construction sites that are technogenically impacted soils and to prevent the destruction of buildings. References 10, tables 3, figures 3.

Key words: technogenic soils, consideration, deformations, sedimentation.

REFERENCES

1. Tolkach, O. M., Sobolevskiy, R. V., Iskov, S. S. (2011), *Vyznachennja osnovnykh kryterii'v yakosti irofilitovykh slanciv* [Defining the criteria for quality pyrophyllite schists], *Bulletin of Zhytomyr State Technological University. Technical science*, Vol. 2 (57), pp. 170–176.
2. Levytskyi, V., Sobolevskiy, R. (2014), *Obg'run-tuvannja optimal'nykh tehnologichnykh parametriv vydobuvannja granitnykh blokiv na osnovi pokaznykh trishhynuvatosti* [Substantiation of optimal technological parameters of granite blocks mining taking into account indicators of fracturing], *East European Journal of Modern Technologies*, No. 3 (69), pp. 48–52.
3. Korobijchuk, V., Shamrai, V., Iziyomova, O., Tolkach, O., Sobolevskiy, R. (2016), Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing] *Eastern-European Journal of Modern Technologies*, Vol. 4/5 (82), pp. 52–57.
4. Korobijchuk, V. (2013), *Doslidzhennja trishhynuvatosti Leznykivs'kogo rodovyshha granitiv z perspektyvoju vydobutku blochnoi' produkci* [Research fractured Leznykivsky granite deposits with the prospect of quarrying of natural stone], *East European Journal of Modern Technologies*, Vol. 6/5 (66), pp. 23–28.
5. Krivoruchko, A.A., Korobijchuk, V.V., Iskov, S.S. (2012), *Development of the generalized method of geometrization of natural stone masses in order to obtain a complex model of the deposit*, [Rozrobka uzagal'nenoi' metodyky geometryzatsii' masyviv pryrodnogo kamenju z metoju otrymannja kompleksnoi' modeli rodovyshha], *Bulletin of Zhytomyr State Technological University*, Vol. 4 (63), pp. 190–202.
6. Korobijchuk, V.V. (2012), *Ocinka rezul'tativ doslidzhennja zalezhnosti parametriv pruzhnykh hvyl' vid tysku v zrazkah pryrodnogo dekoratyvnogo kamenju* [Evaluation of study according to the parameters of elastic waves of pressure in samples of natural decorative stone], *Herald of the National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute". Series of Mining*, Vol. 22, pp. 101–105.
7. Stovpnyk, S.M., Han, A.E., Zahoruiko, E.A., Shaidetska, L.V. (2017), *Secondary sedimentation of underground structures in the water-consistent massive with basis ground deformation with slip prism formation* [Vtoryne osidanja pidzemnoi sporudy u vodonosuchenomu masyvi pry deformyvani gryntovoji osnovy z utvorenjam pryzmy spovzanja], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, no. 4(105), pp. 56–59.
8. Dobrovolska, A.O. (2016), *Vyznachennja styslyvosti tehnogenno porushenogo truntu metodom statychnoi' obrobky* [Determination of the compressibility of soil technogenic disturbed by static processing], *Proceedings of III All-Ukrainian scientific conference of students and young scientists "Prospects for the development of mining and natural resource management"*, April 27, 2016, ZhdTU, Zhytomyr, Ukraine, pp. 53–57.
9. Dobrovol'skaya, A.O. (2016), *Izuchenie deformatsionnykh kharakteristik tekhnologennogo grunta pri raznykh variantakh zamachivaniya* [The study of deformation characteristics of man-made soil at different variants of soaking], *Proceedings of the 10-th international scientific-practical conference of young scientists and students "Prospects for the development of construction technologies"*, April 21–22, 2016, Gos. Vysshee uchebnoe zavedene "Nats. Gornyy Universitet", Dnepropetrovsk, Ukraine, pp. 18–23.
10. Dobrovol'skaya, A.O. (2016) *Zmina geologich-noji budovu m. Kujeva z urahuvannjam tehnogenno-govplyvu na grunty* [Change in the geological of the city of Kyiv with the use of technogenic impacts on the soil], *Transactions of Zhytomyr State Technological University. Technical science*, Vol. 3 (78), pp. 136–143.

Стаття надійшла 22.02.2018.