

АНОТАЦІЯ

Матвійчук І. О. Планування підземного простору мегаполісів у змінному геологічному середовищі. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 18 Виробництво та технології за спеціальністю 184. Гірництво. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2020.

Сучасний розвиток мегаполісів супроводжується широким освоєнням георесурсів і веде до суттєвого ускладнення функціонально-просторової організації міста. Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення урбаністичних проблем (територіальних, транспортних, енергетичних, екологічних, водопостачальних, а також збереження архітектурної ідентичності й культурної спадщини міст) є будівництво підземних споруд і багатофункціональних комплексів різного призначення з використанням прогресивних геоінженерних технологій.

Серед проблем планування підземного простору великих міст значну актуальність зберігають задачі впливу змінності геологічного середовища на стійкість підземних споруд та прогнозна оцінка його сприятливості будівництву та експлуатації підземних об'єктів.

Метою дисертаційного дослідження є системне обґрунтування планування підземного простору мегаполісів в змінному геологічному середовищі.

Для вирішення поставлених завдань використаний комплекс методів теоретичних і експериментальних досліджень, зокрема модифікований метод морфологічного аналізу, метод експертних оцінок, метод скінчених елементів і метод Монте-Карло (а також їх синтез), методика натурних обстежень технічного стану підземних споруд, методика лабораторного визначення фізичних властивостей ґрунтів (згідно ДСТУ Б В.2.1-17:2009) та ін.

В дисертації отримані значимі наукові результати:

На основі сформованої бази даних геологічного середовища в межах правобережного Києва встановлено характер залежностей механічних властивостей ґрунтів від зміни показника текучості (I_L) та коефіцієнта пористості (e) і виявлена тенденція значного (в 2 – 4 рази) зниження показників питомого зчеплення та модулю деформації супісків та суглинків і дещо меншого (в 1,3 – 1,7 рази) для глин у діапазоні $0 < I_L < 0,50$, з тенденцією подальшого повільного зменшення у діапазоні $0,50 < I_L < 0,75$.

Встановлено, що характер зміни модулю деформації та питомого зчеплення ґрунтового масиву, що вміщує виробку мілкого закладання, коректно описується поверхнями залежностей від комбінації показника текучості та пористості ґрунту, причому зміщення показника текучості ґрунту з діапазону $0 < I_L < 0,50$ в діапазон $0,50 < I_L < 0,75$ призводить до формування призми сповзання на всю глибину закладання виробки й збільшення середніх значень згинальних моментів у вершині склепіння виробки в 1,3-1,6 рази в умовах супісків, у 1,2 – 1,4 рази в умовах суглинків, у 1,3 – 1,5 рази в умовах глин.

Розроблені морфологічні моделі, що враховують впливи таких факторів як рівень динамічного навантаження, показник статичного навантаження від поверхневої забудови, показник статичного навантаження оточуючого ґрунтового масиву, вплив існуючих підземних об'єктів, генетичний тип та літологічний склад ґрунтів, розрахунковий опір ґрунту, вплив водоносних горизонтів і верховодки, тип рельєфу і морфометрія, інженерно-геологічні процеси, геотехнології будівництва підземних споруд. Із залученням методу модифікованого морфологічного аналізу проведена прогнозна оцінка сприятливості геологічного середовища будівництву об'єктів підземної урбаністики, що дозволило оцінити рівень і ступень ризику на різних ділянках будівництва, причому фактори статичного навантаження оточуючого ґрунтового масиву (з урахуванням показника текучості) та інженерно-геологічні процеси в масиві зумовили найбільший вплив на альтернативи ступеню та рівня ризиків.

Методика та інструментарій планування будівництва підземних споруд вперше дозволили поєднати оцінку впливів і зв'язків факторів геологічного,

техногенного та структурно-функціонального типів для аналізу сприятливості міських територій будівництву підземних паркінгів (як з боку економічних факторів будівництва й експлуатації підземної споруди в змінному геологічному середовищі, так і ризиків щодо затребуваності паркінга). Основою інструментарію обрано модифікований метод морфологічного аналізу, який добре зарекомендував себе у моделюванні проблемних ситуацій, об'єкти яких можуть мати велику кількість альтернативних конфігурацій. Він дозволив, спираючись на виділені групи геологічних і техногенних факторів, а також функціональних характеристик ділянок розглянути низку рішень і груп ризиків для оцінки доцільності освоєння підземного простору на розглянутих територіях.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в тому, що:

Сформована база даних геологічного середовища в межах правобережного Києва, яка в поєднанні з модифікованим методом морфологічного аналізу та напрацьованим інструментарієм його застосування для освоєння георесурсів столиці можуть бути використані для побудови стратегічного майстер-плану розвитку підземної урбаністики Києва.

Розроблена «Методика прогнозної оцінки сприятливості геологічного середовища будівництву об'єктів підземної урбаністики», яка дозволяє прогнозувати різноманітні ризики, оцінювати імовірність реалізації негативних сценаріїв та додаткові витрати пов'язані з ними ще на передпроектній стадії спорудження підземних об'єктів. Це дає в руки інвесторів та міських державних адміністрацій ефективний інструмент управління ризиками та інвестиціями при освоєнні підземного простору мегаполісів.

Результати роботи у вигляді «Методики прогнозної оцінки сприятливості геологічного середовища будівництву об'єктів підземної урбаністики» впроваджені в Корпорації «ДБК-ЖИТЛОБУД», м. Київ (акт впровадження від 02.12.2019), результати натурних і лабораторних досліджень змінного геологічного середовища та конструкцій кріплення штольні Сирецького самопливного колектору впроваджені в ТОВ «ГЕС ГРУП» (акт впровадження від 02.03.2020), «Рекомендації щодо стратегічного розвитку підземної урбаністики

міста Києва» передані в КМДА та в Академію будівництва України для подальшого застосування.

За матеріалами дисертації опубліковано 6 статей, з яких 2 – у фахових виданнях України, 2 у виданнях, що входять до наукометричних баз даних Scopus та Web of Science, з них 1 – що входить до другого квартилю Q2 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank та Journal Citation Reports.

Ключові слова: підземна урбаністика, підземні споруди, підземний простір, георесурси, геологічне середовище, морфологічний аналіз, морфологічна модель, механіка ґрунтів, показник текучості, формування навантажень, згинальний момент, оцінка ризиків, системний підхід.

SUMMARY

Matviychuk I. Planning of underground space of megacities in the changing geological environment. - Qualifying scientific work, the manuscript.

PhD thesis in the field of knowledge 18 Production and technologies in specialty 184 Mining. - National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2020.

The modern development of megacities is accompanied by extensive development of georesources and leads to a significant complication of the functional and spatial organization of the city. One of the most effective ways to solve urban problems (territorial, transport, energy, environmental, water supply, as well as preserving the architectural identity and cultural heritage of cities) is the construction of underground structures and multifunctional complexes for various purposes using advanced geoengineering technologies.

Among the problems of planning the underground space of large cities, the tasks of the impact of variability of the geological environment on the stability of underground structures and the forecast assessment of its favorable construction and operation of underground facilities remain significant.

The purpose of the dissertation research is a systematic substantiation of the planning of the underground space of megacities in a changing geological environment.

A set of methods of theoretical and experimental researches, in particular the modified method of morphological analysis, a method of expert estimations, a method of finite elements and a Monte Carlo method (and also their synthesis), a technique of field inspections of a technical condition of underground constructions, a technique of laboratory definition of physical properties are used. soils (according to DSTU B B.2.1-17: 2009), etc.

In the dissertation significant scientific results are received:

Based on the formed database of the geological environment within the right-bank Kyiv, the nature of the dependences of mechanical properties of soils on changes

in yield capacity (IL) and porosity coefficient (e) was established and a tendency of significant (2 - 4 times) decrease in specific adhesion and sand deformation modulus was revealed. loams and slightly less (1.3 - 1.7 times) for clays in the range $0 < IL < 0.50$, with a tendency of further slow decrease in the range $0.50 < IL < 0.75$.

It is established that the nature of the change of the modulus of deformation and specific adhesion of the soil mass, containing the development of shallow laying, is correctly described by the surfaces of dependences on the combination of soil flow and porosity, and the displacement of soil flow from $0 < IL < 0.50$ to $0.50 < IL < 0,75$ leads to formation of a sliding prism on all depth of laying of working out and increase in average values of bending moments in the top of a vault of working out in 1,3-1,6 times in the conditions of sandy loams, in 1,2 - 1,4 times in the conditions loams, 1.3 - 1.5 times in clay.

Morphological models have been developed that take into account the effects of such factors as the level of dynamic load, static load from surface construction, static load of the surrounding soil mass, the impact of existing underground objects, genetic type and lithological composition of soils, calculated soil resistance, aquifers and verkhovodki, type of relief and morphometry, engineering-geological processes, geotechnologies of construction of underground structures. Using the method of modified morphological analysis, a forecast assessment of the favorable geological environment for the construction of underground urban facilities, which allowed to assess the level and degree of risk in different construction sites, and the factors of static load of the surrounding soil (flow rate) and other arrays have had the greatest impact on alternatives to the degree and level of risk.

Methods and tools for planning the construction of underground structures for the first time allowed to combine the assessment of impacts and relationships of geological, man-made and structural-functional factors to analyze the suitability of urban areas for underground parking (both economic factors of construction and operation of underground structures in changing geological environment and risks in terms of parking demand). The tool is based on a modified method of morphological analysis, which has proven itself in modeling problem situations, the objects of which can have a

large number of alternative configurations. He allowed, based on the selected groups of geological and man-made factors, as well as the functional characteristics of the sites to consider a number of solutions and risk groups to assess the feasibility of developing underground space in the areas.

The practical value of the dissertation is that:

The database of the geological environment within the right-bank Kyiv, which in combination with the modified method of morphological analysis and the developed tools of its application for development of georesources of the capital can be used to build a strategic master plan for underground urban development in Kyiv.

The "Methodology for forecasting the favorable geological environment for the construction of underground urban facilities" has been developed, which allows forecasting various risks, assessing the probability of implementation of negative scenarios and additional costs associated with them at the pre-project stage of underground construction. This gives investors and city administrations an effective tool for managing risks and investments in the development of the underground space of megacities.

The results of work in the form of "Methods of forecast assessment of the favorable geological environment for the construction of underground urban planning" implemented in the Corporation "DBK-ZHYTLOBUD", Kyiv (act of implementation from 02.12.2019), the results of field and laboratory studies of variable geological environment and fastening structures the galleries of the Syretsky self-flowing collector have been implemented in GES GROUP LLC (implementation act dated 02.03.2020), "Recommendations on strategic development of underground urban planning of the city of Kyiv" have been transferred to the Kyiv City State Administration and the Academy of Civil Engineering of Ukraine for further use.

Based on the materials of the dissertation, 6 articles were published, of which 2 - in professional publications of Ukraine, 2 in publications included in the scientometric databases Scopus and Web of Science, of which 1 - included in the second quartile Q2 according to the SCImago Journal and Country Rank and Journal Citation Reports.

Key words: underground urban planning, underground constructions, underground space, georesources, geological environment, morphological analysis, morphological model, soil mechanics, yield index, load formation, bending moment, risk assessment, system approach.

List of applicant's publications:

1. Haiko H. I., Savchenko I.O., Matviichuk I.O. Development of a morphological model for territorial development of underground city space// *Naukovyi Visnyk NHU*, 2019, № 3. – P. 92-98. (Scopus, квартиль Q2).
2. Гайко Г.І., Матвійчук І.О., Білецький В.С., Салуга П.. Методи прогнозної оцінки сприятливості геологічного середовища будівництву об'єктів підземної урбаністики/ *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. – 2018. – № 48. – С. 39 – 51 (фахове видання України, індексується в б. д. Web of Science).
3. Гайко Г.І., Савченко І.О., Матвійчук І.О. Оцінювання ділянок будівництва підземних паркінгів на основі модифікованого методу морфологічного аналізу// *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 2019, № 15. – С. 18-25 (фахове видання України).
4. Гайко, Г.І., Матвійчук І.О. Вплив зміни властивостей геологічного середовища на формування навантажень на підземні споруди мілкового закладання// *Геоінженерія*, 2020, №2. – С. 27-36.
5. Гайко Г.І., Матвійчук І.О. Постановка імовірнісної задачі оцінки факторів впливу на міські підземні споруди з використанням методу Монте-Карло// *Матеріали 11-ої міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективи розвитку будівельних технологій»*. – Дніпро: НГУ, 2017. С. 57–61.
6. Гайко Г.І., Матвійчук І.О. Аналіз залежностей міцнісних властивостей глинистих ґрунтів від зміни вологості // *Матеріали 13-ої міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Перспективи розвитку будівельних технологій»*. – Дніпро, 2019. – С. 149-152.