

4. Kazus' I.A. *Sovetskaya arkhitektura 1920-kh godov. Organizatsiya proyektirovaniya : monografiya* [Soviet architecture of the 1920s. Organization of design : monograph]. Moscow : Progress-Traditsiya, 2009, 464 p. (in Russian).

5. Meyerovich M.G. *Sotsial'no-arkhitekturnyye osnovy osushchestvleniya gosudarstvennoy zhilishchnoy politiki RSFSR (1917–1941) : diss. ... d-ra istor. Nauk : 24.00.01* [Social and architectural foundations of the state housing policy in the USSR (1917–1941) : diss. ... Dr. Sc. (History) : 24.00.01]. Irkutsk, 2004, 659 p. (in Russian).

Надійшла до редакції : 10.01.2020.

УДК 728.536:625.712.14

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260220.43.609

## ПРОПОЗИЦІЇ РІШЕНЬ ІЗ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПІДЗЕМНИХ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

ДЬЯЧЕНКО Л. Ю.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,

ДЬЯЧЕНКО О. С.<sup>2\*</sup>, асист.,

МЕХЕД М. М.<sup>3</sup>, студ.,

ПЕТРОВ В. В.<sup>4</sup>, студ.

<sup>1\*</sup> Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-65, e-mail: [olya\\_d1@ukr.net](mailto:olya_d1@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

<sup>2\*</sup> Кафедра архітектури, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail: [diachenko.olha@pgasa.dp.ua](mailto:diachenko.olha@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-2591-3274

<sup>3</sup> Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 461-62-73, e-mail: [mehed.maria@gmail.com](mailto:mehed.maria@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5444-3112

<sup>4</sup> Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (099) 197-72-28, e-mail: [killavvar@gmail.com](mailto:killavvar@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5897-2951

**Анотація. Постановка проблеми.** Вже сьогодні людство зіткнулося з необхідністю вирішення складних питань, пов'язаних зі зміною клімату, з викидами в атмосферу планети продуктів переробки промислових підприємств і, як наслідок, збільшенням «парникового ефекту», катастроф техногенного характеру, постійного збільшення населення планети. Людям необхідно навчитися виживати в цих непростих умовах і докласти всіх зусиль, щоб не допустити в майбутньому розвитку негативних явищ. Спробувати вирішити ці проблеми можна, побудувавши енергоефективні підземні багатофункціональні комплекси і громадські будівлі (готелі, соціальні й освітні установи, аптеки, магазини, спортивні зали тощо). Проте тривале перебування людини під землею тягне за собою низку трансформацій : зміни балансу рідини в організмі – вже за рік він значно зменшиться, в біохімічному складі з'являться декілька нових мінеральних речовин, які неминуче вдихає людина під землею, нестача вітаміну D, зміна гормонального фону, погіршення психологічного стану. У найближчому майбутньому формування здорового екологічного міського середовища, забезпечення оптимальних умов для праці, побуту, відпочинку та пересування міського населення буде залежати від ефективного використання підземного простору в містах. **Мета статті** – запропонувати рішення з розроблення проектів енергоефективних підземних багатофункціональних комплексів та громадських будівель в Україні. **Висновки.** Енергоефективні підземні будівлі громадського призначення вирішують проблему будівництва багатоповерхових будівель в історично цінній житловій забудові міста, звільняючи простір над землею для житлових будівель і рекреаційних зон, а також економлять природні ресурси, поліпшують стан навколишнього середовища, підвищують енергозбереження ресурсів в Україні.

**Ключові слова:** енергоефективні підземні будівлі; багатофункціональний комплекс; геотермальна енергія

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПОДЗЕМНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В УКРАИНЕ

ДЬЯЧЕНКО Л. Ю.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,  
ДЬЯЧЕНКО О. С.<sup>2\*</sup>, ассист.,  
МЕХЕД М. Н.<sup>3</sup>, студ.,  
ПЕТРОВ В. В.<sup>4</sup>, студ.

<sup>1\*</sup> Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-33-65, e-mail: [olya\\_d1@ukr.net](mailto:olya_d1@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

<sup>2\*</sup> Кафедра архитектуры, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail: [diachenko.olha@pgasa.dp.ua](mailto:diachenko.olha@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-2591-3274

<sup>3</sup> Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (093) 461-62-73, e-mail: [mehed.maria@gmail.com](mailto:mehed.maria@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5444-3112

<sup>4</sup> Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (099) 197-72-28, e-mail: [killavvar@gmail.com](mailto:killavvar@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5897-2951

**Аннотация. Постановка проблемы.** Уже сегодня человечество столкнулось с необходимостью решения сложных задач, связанных с изменением климата, с выбросами в атмосферу планеты продуктов переработки промышленных предприятий и, как следствие, увеличением «парникового эффекта», катастроф техногенного характера, постоянного увеличения населения планеты. Людям необходимо научиться выживать в этих непростых условиях и приложить все усилия, чтобы не допустить в будущем развития негативных явлений. Попытаться решить эти задачи можно построив энергоэффективные подземные многофункциональные комплексы и общественные здания (гостиницы, социальные и образовательные учреждения, аптеки, магазины, спортивные залы и т. д.). Однако длительное пребывание человека под землей влечет за собой ряд трансформаций организма: изменения баланса жидкости – уже через год он значительно уменьшится, в биохимическом составе появятся несколько новых минеральных веществ, которые неизбежно вдыхает человек под землей, недостаток витамина D, изменение гормонального фона, ухудшение психологического состояния. В ближайшем будущем формирование здоровой экологической городской среды, обеспечение оптимальных условий для труда, быта, отдыха и передвижения городского населения будет зависеть от эффективного использования подземного пространства в городах. **Цель статьи** – предложить решение по разработке проектов энергоэффективных подземных многофункциональных комплексов и общественных зданий в Украине. **Выводы.** Энергоэффективные подземные здания общественного назначения решают проблему строительства многоэтажных зданий в исторически ценной жилой застройке города, освобождая пространство над землей для жилых зданий и рекреационных зон, а также экономят природные ресурсы, улучшают состояние окружающей среды, повышают энергосбережение ресурсов в Украине.

**Ключевые слова:** энергоэффективные подземные здания; многофункциональный комплекс; геотермальная энергия

## OFFER OF SOLUTIONS ON THE DEVELOPMENT OF PROJECTS OF ENERGY-EFFICIENT UNDERGROUND MULTIFUNCTIONAL COMPLEXES AND PUBLIC BUILDINGS IN UKRAINE

DIACHENKO L.Yu.<sup>1\*</sup>, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,  
DIACHENKO O.S.<sup>2\*</sup>, Ass.,  
MEKHED M.M.<sup>3</sup>, Stud.,  
PETROV V.V.<sup>4</sup>, Stud.

<sup>1\*</sup> Department of Planning and Organization of Production, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-65, e-mail: [olya\\_d1@ukr.net](mailto:olya_d1@ukr.net), ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

<sup>2\*</sup> Department of Architecture, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-32, e-mail: [diachenko.olha@pgasa.dp.ua](mailto:diachenko.olha@pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-2591-3274

<sup>3</sup> State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (093) 461-62-73, e-mail: [mehed.maria@gmail.com](mailto:mehed.maria@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5444-3112

<sup>4</sup> State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (099) 197-72-28, e-mail: [killavvar@gmail.com](mailto:killavvar@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-5897-2951

**Abstract. Problem statement.** Today, mankind is faced with the need to solve complex problems related to climate change, emissions of products of the industrial enterprises into the atmosphere of the planet and as a consequence an increase of the greenhouse effect, man-made disasters, the constant increase of the world population. People need to learn to survive in these difficult conditions and make every effort to prevent in the future the development of negative phenomena. Try to solve these tasks by building energy-efficient underground multifunctional complexes and public buildings (hotels, social and educational institutions, pharmacies, shops, gyms). A long staying under the ground entails a series of transformations of the body: changes in the balance of fluid in the body – within a year, it significantly reduces in the biochemical composition of the human body there will be several new minerals, which are unavoidably inhaled by the person under the ground, vitamin D deficiency, hormonal changes, deterioration in psychological state. In the near future, healthy living environments, providing optimal conditions for work, life, leisure and movement of the urban population will depend on the effective use of underground space in urban areas. **The purpose of the article is** to offer a solution for the development of projects of energy-efficient underground multifunctional complexes and public buildings in Ukraine. **Conclusions:** energy-efficient underground public buildings solve the problem of construction of high-rise buildings in historically valuable urban residential development, freeing up space above ground for residential buildings and recreational areas as well as conserving natural resources, improving the environmental condition, increasing energy conservation resources in Ukraine.

**Keywords:** *energy-efficient underground buildings; multifunctional complex; geothermal energy*

**Постановка проблеми.** Вже сьогодні людство зіткнулося з необхідністю вирішення складних питань, пов'язаних зі зміною клімату, з викидами в атмосферу планети продуктів переробки промислових підприємств і, як наслідок, збільшенням «парникового ефекту», катастроф техногенного характеру, постійного збільшення населення планети. Людям необхідно навчитися виживати в цих непростих умовах і докласти всіх зусиль, щоб не допустити в майбутньому розвитку негативних явищ.

Спробувати вирішити ці проблеми можна побудувавши енергоефективні підземні багатофункціональні комплекси і громадські будівлі (готелі, соціальні й освітні установи, аптеки, магазини, спортивні зали тощо) [2].

Проте тривале перебування людини під землею тягне за собою низку трансформацій організму: зміни балансу рідини – вже за рік він значно зменшиться, в біохімічному складі з'являться декілька нових

мінеральних речовин, які неминуче вдихає людина під землею, нестача вітаміну D, зміна гормонального фону, погіршення психологічного стану [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** Останнім часом у світі ведеться проектування та будівництво не тільки громадських і адміністративних підземних будівель, а і містобудівних комплексів.

Підземні багатофункціональні комплекси перебувають у тісному зв'язку з транспортними спорудами і потребують значного підземного простору [2; 7].



Рис. 1. Підземний готельний комплекс Songjiang Beauty Spot в Шанхаї

У Китаї на місці колишнього 88-метрового кар'єру побудовано оригінальний підземний готельний комплекс Songjiang Beauty Spot (рис. 1); 18 поверхів готелю розташовані нижче рівня землі, в тому числі два під водою. Верхній поверх розміщений над рівнем землі і має «зелений» дах. Готель побудований за принципами екологічного проектування з використанням сонячної та геотермальної енергії. Через розташування будівлі на великій глибині технічно складно було забезпечити протипожежний захист, гідроізоляцію і сейсмостійкість (готель витримує землетрус у 9 балів). Унікальний мікроклімат створюється тепловими властивостями гірської маси і кар'єрного озера [4].

Каркасом будівлі виступають сталеві конструкції, перекриття та покриття з монолітного залізобетону, а зовнішні огорожувальні конструкції – навісні фасадні системи: сталеві профілі і легкі навісні панелі з прозорого скла, алюмінію, полімерів.

Центральний Олімпійський підземний зал у Норвегії обсягом 140 тисяч кубічних метрів розташований на глибині 55 метрів. Усередині скельного ґрунту розташований Гірський олімпійський комплекс Йєвік, який досі залишається найбільшою громадською будівлею у світі [4; 5; 9].

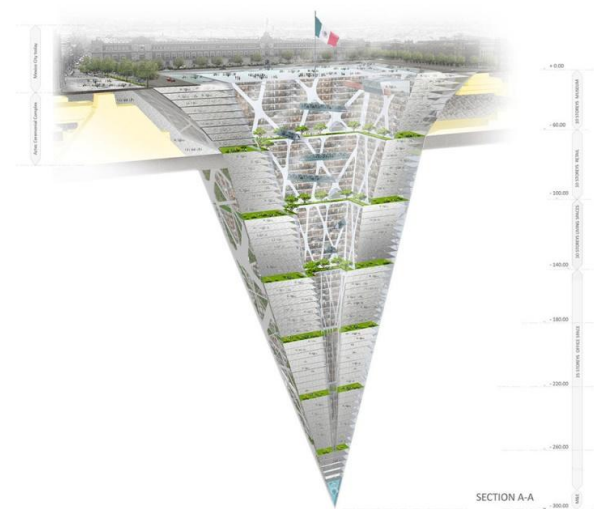


Рис. 2. Архітектурна концепція проекту підземного 65-поверхового багатофункціонального комплексу в Мехіко

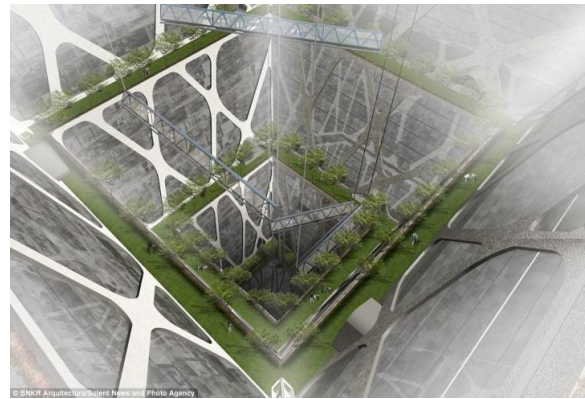


Рис. 3. Підземний 65-поверховий багатофункціональний комплекс у Мехіко, вигляд зверху

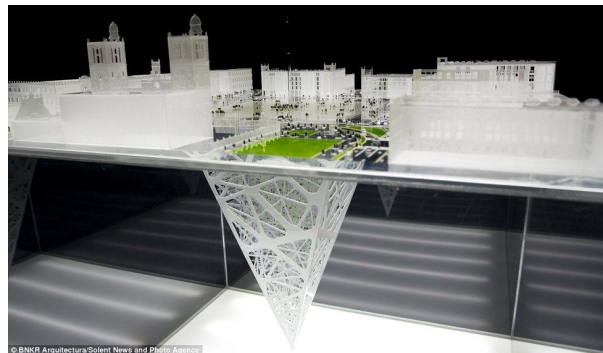


Рис. 4. Підземний 65-поверховий багатофункціональний комплекс у Мехіко, вигляд збоку

Витрати на опалення та охолодження приміщень дозволила вполовину скоротити природна температура всередині гірського масиву.

Мексиканський архітектор Естебан Суарез запроєктував перший підземний 65-поверховий багатофункціональний комплекс у центрі м. Мехіко, де дуже потрібні нові офісні будівлі (рис. 2).

Законом Мексики заборонено в історичному центрі столиці зносити старі або будувати нові будівлі вище 8 поверхів.

Архітектор прийняв рішення побудувати під центральною площею міста підземний 65-поверховий 300-метровий багатофункціональний комплекс у вигляді перевернутої піраміди. Головну площу міста замінить дах будівлі розмірами 240 × 240 метрів.

По всій висоті будівлі проходить центральний стовп вільного простору, який забезпечить достатнє постачання повітря і світла (рис. 3).

Для цього дах будівлі буде виконано з високоміцного скла. Це скло пропускатиме сонячне світло, що знизить витрати на

електроенергію. Джерелом енергії для будівлі служитиме геотермальна енергія [8].

Перші десять поверхів підземного багатофункціонального комплексу будуть туристичним центром. Наступний десяток поверхів відводиться під магазини і житло, а найглибші – аж до 55-го – займуть офісні приміщення. Щоб зробити перебування людей у підземній будівлі більш комфортним, запроєктовані зелені рекреаційні зони (рис. 4).

**Мета статті** - запропонувати рішення з розроблення проєктів енергоефективних підземних багатофункціональних комплексів та громадських будівель в Україні.

**Виклад матеріалу.** Основне завдання у будівництві підземних громадських будівель в Україні – це підвищення ефективності застосовуваних конструкцій будівель шляхом розроблення та впровадження в практику будівництва енергоефективних конструктивно-технологічних рішень.

Пріоритетні напрямки підвищення енергоефективності підземних будівель такі: ефективна теплоізоляція огорожувальних конструкцій; застосування джерел відновлюваної енергії (промениста енергія сонця, теплова енергія ґрунту); вибір енергозберігальної форми будівлі; використання систем примусової вентиляції з рекуперацією.

У підземних будівлях найбільш ефективно використовувати геотермальну енергію.

Вона буває двох типів: високопотенційна і низькопотенційна. Перша залежно від способу застосування поділяється на гідротермальну і петротермальну.

Гідротермальна система використовує природні водні ресурси (наприклад, гарячий водоносний горизонт). Отримана енергія може використовуватися безпосередньо (тепло в опалювальних системах) або побічно – електрика, що виробляється паровими турбінами. За петротермальним методом енергію добувають з гарячого горизонту гірської породи [5; 8].

### **Пропозиції рішень із розроблення проєктів енергоефективних підземних багатофункціональних комплексів та громадських будівель в Україні:**

1. Розташовувати будівлі на структурно-стійких неводоносних ґрунтах, що залягають шаром великої потужності, у відпрацьованих кар'єрах, гірських виробках, під центральними майданами в історичній забудові [6].

2. За глибокого закладення будівель використовувати просторові конструкції покриттів, стін і фундаментів, застосовувати також цільну просторову систему, сферичну, циліндричну, овоїдальну оболонки [10].

3. Застосовувати енергоефективні технології (геотермальну та сонячну енергію).

4. Влаштувати зелену покрівлю з метою звукоізоляції, збільшення терміну експлуатації конструкції, теплоізоляції покрівлі, гармонійного поєднання з ландшафтом [3].

5. Як протипожежні заходи влаштувати спеціальні плаваючі ліфти в евакуаційних шахтах; такий ліфт являє собою багатоповерхову металеву конструкцію на понтоні з вантажопідйомністю до тисячі чоловік.

6. Необхідно приділяти увагу ізоляції від радону. З огляду на те, що цей газ рухається знизу доверху, конструкцію будівлі необхідно виконувати обтічною знизу, опуклою у бік ґрунту.

7. Застосовувати пристрої, які обмежать проникнення пару в повітря під час використання санітарно-технічного обладнання.

8. Відбудувати припливно-витяжну вентиляцію з подачею свіжого і видаленням забрудненого повітря.

Системи вентиляції залежать від розмірів підземної будівлі, її призначення, часу перебування людей.

Проектують системи вентиляції: повздовжню, повздовжньо-струменеву, поперечну, напівпоперечну, змішану.

**Висновки.** Енергоефективні підземні будівлі громадського призначення

вирішують проблему зведення природні ресурси, поліпшують стан багатоповерхових споруд в історично цінній навколишнього середовища, сприяють житловій забудові міста, звільняючи простір енергозбереженню ресурсів в Україні над землею для житлових будівель і рекреаційних зон, а також економлять

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беснер Ж. Подземный город в Монреале : планирование, развитие, управление. *Grado. Журнал о градостроительстве и архитектуре*. 2011. № 2. С. 50–57.
2. Голубев Г. Е. Подземная урбанистика и город : учеб. пособие. Москва : ИПИ МИКХиС, 2005. 124 с.
3. Дьяченко Л. Ю., Дьяченко О. С., Сovenko В. В. Предложение решений по разработке проектов энергоэффективных высотных зданий в Украине. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 4. С. 80–85.
4. Конохов С. Д. Использование подземного пространства : учеб. пособ. для вузов. Москва : Архитектура-С, 2004. 296 с.
5. Миласечкина О. Н., Ежова И. К. Энергосберегающие здания : монография. Саратов : СГТУ, 2006. 75 с.
6. Семенова О. С., Коломасова С. А. Методические подходы выявления потребности размещения объектов многофункционального общественного пространства в подземной части современных городов. *Современные тенденции в науке и образовании*. Ч. V. 2014. 164 с.
7. Семенова О. С. Методология выявления зон размещения объектов многофункционального общественного пространства как части транспортной системы, при функциональном зонировании подземной территории крупных городов. *Градостроительство*. № 2. 2014. 62 с.
8. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания : монография. Москва : Авок-пресс, 2003. 196 с.
9. Kibert C. J., Sendzimi J., Bradley G. J. Construction ecology : nature as the basis for green buildings. London : Spon Press, 2002. 336 p.
10. Wines J. Green architecture. Koln : Taschen, 2000. 240 p.

### REFERENCES

1. Besner Zh. *Podzemnyy gorod v Monreale : planirovaniye, razvitiye, upravleniye* [The Underground City of Montreal : Planning, Development, Management]. *Grado. Zhurnal o gradostroitel'stve i arkhitekture* [Grado. Journal of Urban Planning and Architecture]. 2011, no. 2, pp. 50–57. (in Russian).
  2. Golubev G.E. *Podzemnaya urbanistika i gorod : ucheb. posobie* [Underground urbanism and city]. Moscow : IPIMIKHiC Publ., 2005, 124 p. (in Russian).
  3. Konjuhov S.D. *Ispol'zovanie podzemnogo prostranstva : uchebnoe posobie dlja vuzov* [The use of underground space : a manual for schools]. Moscow, 2004, 296 p. (in Russian).
  4. D'yachenko L.Yu., D'yachenko O.S. and Sovenko V.V. *Predlozheniye resheniy po razrabotke proyektov energoeffektivnykh vysotnykh zdaniy v Ukraine* [Offer solutions for the development of projects of energy-efficient high-rise buildings in Ukraine]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnyctva ta arkhitektury* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2016, no. 4, pp. 80–85. (in Russian).
  5. Milashechkina O.N. and Ezhova I.K. *Energoberegayushchie zdaniya* [Energy conservation buildings]. Saratov : SGTU, 2006, 75 p. (in Russian).
  6. Semenova O.S. and Kolomasova S.A. *Metodicheskie podhody vyjavleniya potrebnosti razmeshheniya ob#ektov mnogofunktional'nogo obshhestvennogo prostranstva v podzemnoj chasti sovremennykh gorodov* [Methodological approaches to identify the needs of multi-siting of public space in the underground part of modern cities]. *Sbornik nauchnykh trudov Sovremennyye tendencii v nauke i obrazovanii*. [Proceedings of the modern trends in science and education]. 2014, part V, 164 p. (in Russian).
  7. Semenova O.S. *Metodologiya vyjavleniya zon razmeshheniya ob#ektov mnogofunktional'nogo obshhestvennogo prostranstva, kak chasti transportnoj sistemy, pri funktsional'nom zonirovaniy podzemnoj territorii krupnykh gorodov* [Methodology for identifying areas of siting multifunctional public space as part of the transport system, functional zoning underground areas of large cities]. *Zhurnal Gradostroitel'stvo* [Journal of Urban Planning]. 2014, no. 2, 62 p. (in Russian).
  8. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M. and Shilkin N.V. *Energoeffektivnye zdaniya* [Energy-efficient buildings]. Moscow : Avok-press, 2003, 196 p. (in Russian).
  9. Kibert C.J., Sendzimir J. and Bradley G.J. Construction ecology: nature as the basis for green buildings. London : Spon Press Publ., 2002, 336 p.
  10. Wines J. Green architecture. Koln : Taschen Publ., 2000, 240 p.
- Надійшла до редакції : 02.02.2020.