

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.178-186>

УДК 721, 727.57

Сало Валерія Володимирівна,

асистент кафедри дизайну архітектурного середовища

Київського національного університету будівництва і архітектури

salo.vav@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0002-0695-0731>

ОСОБЛИВОСТІ МІСТОБУДІВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ КОМПЛЕКСІВ

Анотація: у статті наведено ряд передумов, що впливають на вибір ділянки проєктування підземних науково-дослідних комплексів в Україні. Представлена їх коротка характеристика. На основі попереднього аналізу світового досвіду проєктування даного типу об'єктів визначені важливі критерії, якими доцільно керуватися при виборі ділянки проєктування. Визначений повний набір функціональних зон генерального плану наземної території підземного науково-дослідного комплексу. Сформульовано низку основних рекомендацій, котрими має керуватися проєктант при розробці генерального плану.

Ключові слова: підземна урбаністика; науково-дослідні комплекси; підземні лабораторії; містобудівна організація.

Постановка проблеми. Актуальність зведення та експлуатації підземних науково-дослідних комплексів, що спеціалізуються в галузях наукових досліджень в областях астрофізики, фізики елементарних частинок, геофізики та біології, набула значного розвитку за останні 30 років. Підземні науково-дослідні комплекси здатні забезпечити необхідні умови для проведення експериментальних досліджень тих фізичних явищ, що виходять за межі Стандартної Моделі фізики [12]. Містобудівна організація підземного науково-дослідного комплексу є важливим аспектом в процесі проєктування, оскільки вибір розташування комплексу має вплив на групи експериментальних та соціальних функціональних процесів, від котрих в свою чергу залежить архітектурно-планувальне та об'ємно-просторове вирішення комплексу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед публікацій присвячених теоретичним основам розвитку підземної урбаністики доцільно зазначити праці Е. Рейнольдс [10], В. Броера [5], Г. Гайко [13]. Основні аспекти архітектурно-планувальної та об'ємно-просторової структури підземних будівель та споруд окреслені в роботах Х. Адміраала [1,2], А. Корнаро [2], Дж. Беснера [3].

Експлуатація підземного простору в умовах сталого розвитку сучасних міст досліджена в роботах Л. фон дер Танн [11] та С. Ріттера [11], Фанг-Ле Пенга

[8], Йонг-Канг Сяо [9]. Значний внесок в теоретичні питання розвитку підземної урбаністики зробили українські науковці: С.В. Риндюк [17], М.А. Максименко [17]. Перспективи комплексного освоєння підземного простору в Україні висвітлені в працях Т.О. Ніщик [16]. Наукові праці Г.І. Гайко [13, 14] присвячені пріоритетним задачам розвитку підземної урбаністики в Україні, оцінці ризиків підземного будівництва, історичному освоєнню підземного простору в Україні. Історичний розвиток підземних будівель та споруд досліджений також в працях В. Білецького [14], Л. М. Коркушко [15], А.М. Плешкановської [15].

Оглядово планувальна структура сучасних підземних науково-дослідних комплексів представлена в статтях А. Іанні [7], А. Беттіні [4], Е. Коцці [6].

Метою публікації є визначення основних містобудівних засад формування підземних науково-дослідних комплексів.

Основна частина. Аналіз світового досвіду проектування підземних науково-дослідних комплексів дозволяє визначити основні засади містобудівного розташування даних комплексів в контексті існуючої підземної забудови – інженерних комунікацій, шахт, тунелів. Спираючись на проведений аналіз, доцільно виокремити ряд умов, що мають вплив на вибір ділянки забудови:

1. Запит Європейської організації з ядерних досліджень (ЦЕРН) про потребу зведення підземного науково-дослідного комплексу на території України для проведення досліджень в одній із зазначених галузей: фізики елементарних частинок, ядерної фізики, геології, біології.
2. Рішення НАН України та органу виконавчої влади про потребу будівництва підземного науково-дослідного комплексу.
3. Містобудівні умови включають в себе можливість організації транспортної інфраструктури, формування науково-дослідного осередку на попередньо обраній території, зв'язок з мережею наукових закладів. Насамперед важливо врахувати інженерно-геологічні умови, наявність підземних комунікацій.
4. Інженерно-геологічні умови включають в себе характер ґрунтів, наявність та глибину залягання ґрунтових вод, сейсмічні характеристики ділянки.
5. Економічні умови характеризуються можливістю держави забезпечити як процес проектування та будівництва, так і процес експлуатації підземного комплексу.
6. Природо-кліматичні умови визначаються характеристиками температури та вологості, індексом якості вхідного повітря, його хімічним складом.

7. Екологічні умови залежать від придатності підземних надр до використання, взаємовпливу навколишнього середовища та об'єкту, що проєктується.

Важливою передумовою у виборі ділянки проєктування також є специфіка наукової галузі та експериментальних досліджень, що проводяться, що впливає на кількість та об'ємно-просторове вирішення експериментальних залів та науково-дослідних лабораторій. Зважаючи на специфіку досліджень в галузях фізики елементарних частинок, ядерної фізики та біології, а також враховуючи можливі ризики, при проєктуванні та виборі ділянки важливо передбачити розвиток наземної частини комплексу, котра має включати в себе необхідні функціональні блоки для задоволення потреб персоналу, що перебуває на території.

При виборі ділянки проєктування необхідно керуватися й контекстуальною забудовою – враховувати наявність підземних інженерних комунікацій, транспортних тунелів чи вертикальних шахт. Горизонтальні транзитні шляхи здатні вмістити в собі додаткове обладнання, забезпечити доступ вантажного транспорту та забезпечити влаштування комунікацій. Вертикальний доступ забезпечує зв'язок підземної та наземної частин, спрощуючи процес доступу наукового та інженерного персоналу до об'єкта.

Не менш важливим критерієм, що впливає на вибір ділянки розміщення комплексу, є можливість подальшого розширення території підземного науково-дослідного комплексу, як наземної його частини, так і підземної. Необхідно врахувати потребу забезпечення транспортно-логістичних зв'язків між існуючими зонами та тими, що будуть проєктуватися як за територією комплексу, так і між його функціональними зонами.

Функціональне зонування генерального плану території комплексу має підпорядковуватися низці рекомендацій: чітке функціональне зонування, розмежування транспортних та пішохідних шляхів, розмежування наукових потоків та потоків відвідувачів, розмежування житлової зони. При проєктуванні генерального плану підземного науково-дослідного комплексу доцільно створити логічні та чіткі взаємозв'язки між основними функціональними зонами: вхідна, науково-дослідна, навчально-просвітницька, інженерна, адміністративна, господарсько-побутова, житлова, службова, медична, рекреаційна, безпекова, зона паркінгу та транспортних шляхів.

В межах вхідної зони має бути передбачений головний в'їзд на територію комплексу для персоналу та відвідувачів, контрольно-пропускний пункт, служба охорони, рецепція. При вхідній зоні мають бути передбачені стоянки для автомобілів як працівників, так і відвідувачів, місця для екскурсійних автобусів,

технічного та службового транспорту. При цьому транспортні шляхи не мають перетинатися між собою та заважати пішохідному руху.

До *науково-дослідної зони* належать будівлі та споруди наземних науково-дослідних та механічних лабораторій, відкритих експериментальних площадок, вимірювальних приладів та систем збору даних про стан навколишнього середовища. Влаштування експозицій та представлення виставкових зразків в рамках конференцій, семінарів та інших науково-практичних заходів доцільне в межах *навчально-просвітницької зони*. В її межах також варто передбачити зали планетарію, бібліотеки, зону віртуальної реальності, які доцільно розмістити в багатофункціональній будівлі.

В *інженерній зоні* мають бути передбачені комунікації електропостачання, водопостачання, опалення та систем забезпечення життєдіяльності і автономності комплексу: влаштування свердловин, розподільних пунктів, генераторів. Облаштування *службової зони* передбачає наявність ремонтних та виробничих цехів, майданчиків. В *адміністративній зоні* варто передбачити штаб-квартиру, офіси, харчовий блок, санітарні приміщення. До *господарсько-побутової зони* належать складські території, підсобні будівлі, зона утилізації відходів.

Задля забезпечення регулярного перебування персоналу на території комплексу та тимчасового перебування відвідувачів важливо передбачити *житлову зону*, розмежовуючи житлові кластери. На території підземного науково-дослідного комплексу необхідно передбачити *рекреаційну зону* шляхом облаштування скверу, місць для сидіння та відпочинку, використовуючи елементи ландшафтного дизайну.

Чи не найважливішою зоною є *безпекова*. В її межах необхідно передбачити облаштування укриттів, що не будуть межувати з підземною частиною комплексу, інженерними комунікаціями чи транзитними тунелями. Мають бути передбачені і шляхи евакуації з підземної частини комплексу та з території в цілому.

Висновки. Характерною вимогою до проектування підземних науково-дослідних комплексів в світі є, насамперед, необхідність їх розташування за межами населених пунктів. Ряд визначених передумов містобудівного розташування підземних науково-дослідних комплексів дозволяє стверджувати, що процес вибору ділянки проектування є надзвичайно кропітким та вимагає врахування багатьох умов. Серед важливих критеріїв, якими необхідно керуватися при виборі місця розташування об'єкта, варто зазначити: специфіку наукової галузі, що має вплив на об'ємно-просторове рішення, контекстуальну забудову підземного простору – врахувати інженерні комунікації, транспортні тунелі чи гірничодобувні шахти. Вагомий вплив на можливість забудови також

має і перспективне розширення території комплексу, шляхом перетворення його на окреме поселення.

При розробці генерального плану наземної території підземного науково-дослідного комплексу важливо врахувати наукові та соціальні потреби персоналу, забезпечивши повний набір функціональних зон. Варто дотримуватися і рекомендацій щодо проєктування генерального плану території: мінімальна зміна території, мінімальні функціональні зв'язки, площа наземної частини має бути меншою за площу підземної, дотримання чіткого функціонального зонування, розмежування транспортно-пішохідних шляхів, розмежування службових та загальнодоступних шляхів, передбачення доступності укриттів для персоналу та відвідувачів.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у розробці рекомендацій щодо оптимальної моделі організації підземних просторів у відповідності до одної з ведучих умов з ряду зазначених у даній статті.

Список джерел

1. Admiraal H., ed. Think deep: planning, development and use of underground spaces in cities. ISOCARP, 2015. 59 p.
2. Admiraal H., Cornaro A. Underground Spaces Unveiled: Planning and Creating the Cities of the Future. I C E Publishing, 2018. 232 p.
3. Besner J. Cities Think Underground – Underground Space (also) for People. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 209. P. 49–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.129>
4. Bettini A. New underground laboratories: Europe, Asia and the Americas. *Physics of the Dark Universe*. 2014. Vol. 4. P. 36–40. URL: <https://doi.org/10.1016/j.dark.2014.05.006>
5. Broere W. Urban underground space: Solving the problems of today's cities. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2016. Vol. 55. P. 245–248. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.11.012>
6. Coccia E. Underground laboratories in Europe. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2006. Vol. 39. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/39/1/134>
7. Ianni A. Considerations on Underground Laboratories. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2020. Vol. 1342. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1342/1/012003>
8. Peng F.-L. et al. A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*. 2021. Vol. 15, no. 1. P. 20–45. URL: <https://doi.org/10.1007/s11709-021-0716-x>

9. Qiao Y.-K. et al. Rethinking underground land value and pricing: A sustainability perspective. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2022. Vol. 127. P. 104573. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104573>
10. Reynolds E., Reynolds P. Planning for underground spaces “NY-LON” underground. *Think Deep: Planning, Development and Use of Underground Space in Cities*; Admiraal, H., Shipra, N.S. ISOCARP, 2015. 34-54 p.
11. Von der Tann, L. et al. Systems approaches to urban underground space planning and management – A review. *Underground Space*. 2020. Vol. 5, no. 2. P. 144–166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2019.03.003>
12. Votano L. "Underground Laboratories." *PATRAS 2010*. 176-179 p.
13. Гайко Г.І. ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ В КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВЕЛИКИХ МІСТ. ГЕОТЕХНОЛОГІЇ. Харків: ХПІ, 2018. Вип. 1. С. 60-64. Journal homepage: <http://library.kpi.kharkov.ua>
14. Гайко Г.І., Білецький В.С., Мікось Т., Хмура Я. Гірництво й підземні споруди в Україні та Польщі (нариси з історії). Донецьк: УКЦентр, Донецьке відділенн НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», 2009. – 296 с.
15. Коркушко Л.М. Етапи розвитку підземної урбаністики / Л. М. Коркушко, А. М. Плешкановська // Містобудування та територіальне планування. 2010. Вип. 37. С. 227 - 234. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2010_37_35
16. Ніщик Т.О. ПІДЗЕМНИЙ ПРОСТІР ЯК ЕФЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ МІСТА. Коммунальное хозяйство городов. 2010. Вип. 94. С. 125-130 URL: https://eprints.kname.edu.ua/17254/1/125-130_%D0%9D%D1%96%D1%89%D0%B8%D0%BA_%D0%A2%D0%9E.pdf
17. Риндюк С.В., Максименко М.А. ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ ЯК ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ УРБАНІЗАЦІЇ МІСТ. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2021. Вип. 29, вип. 2, с. 101-107, DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-2-101-107>

References

1. Admiraal, H., ed. (2015). *Think deep: planning, development and use of underground spaces in cities*. ISOCARP. 59 p. (in English)
2. Admiraal, H. & Cornaro, A. (2018). *Underground Spaces Unveiled Planning and Creating the Cities of the Future*. I C E Publishing. 232 p. (in English)
3. Besner, J. (2017). Cities think underground–Underground space (also) for people. *Procedia engineering* (209): 49-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.129> (in English)
4. Bettini, A. (2014). New underground laboratories: Europe, Asia and the Americas. *Physics of the Dark Universe* 4: 36-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dark.2014.05.006> (in English)

5. Broere, W. (2016). Urban underground space: Solving the problems of today's cities. *Tunnelling and Underground Space Technology* 55: 245-248 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2015.11.012> (in English)
6. Coccia, E. (2006). Underground laboratories in Europe. *Journal of Physics: Conference Series. Vol. 39. No. 1.* IOP Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/39/1/134> (in English)
7. Ianni, A. (2020). Considerations on Underground Laboratories. *Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1342. No. 1.* IOP Publishing. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1342/1/012003> (in English)
8. Peng, F.-L. et al. (2021). A collaborative approach for urban underground space development toward sustainable development goals: Critical dimensions and future directions. *Frontiers of Structural and Civil Engineering Vol. 15, no. 1.* P. 20–45. URL: <https://doi.org/10.1007/s11709-021-0716-x> (in English)
9. Qiao, Y.-K. et al. (2022). Rethinking underground land value and pricing: A sustainability perspective. *Tunnelling and Underground Space Technology. Vol. 127.* P. 104573. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104573> (in English)
10. Reynolds, E., Reynolds, P. (2015). Planning for underground spaces “NY-LON” underground. Think Deep: Planning, Development and Use of Underground Space in Cities; Admiraal, H., Shipra, NS, Eds: 34-54. (in English)
11. Von der Tann, L., et al. (2020). Systems approaches to urban underground space planning and management—A review. *Underground Space* 5.2: 144-166 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2019.03.003> (in English)
12. Votano, L. (2010). Underground Laboratories. *PATRAS 2010*: 176-179. (in English)
13. Haiko, H.I. (2018). OSVOIeNNIa PIDZEMNOHO PROSTORU V KONTsEPTsII STALOHO ROZVYTKU VELYKYKh MIST [DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE IN THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LARGE CITIES] HEOTEKhnOLOHII 1: 60-64 Journal homepage: <http://library.kpi.kharkov.ua> (in Ukrainian)
14. Haiko, H. I., Biletskyi, V. S., Mikos, T., & Khmura, Ya. (2009). Hirnyctvo y pidzemni sporudy v Ukraini ta Polshchi (narysy z istorii) [Mining and Underground Structures in Ukraine and Poland (Essays on History)] Donetsk: UKTSentr, Donetsk branch of the Scientific and Technical School of Mining, "Editorial Office of the Mining Encyclopedia". 296 p. (in Ukrainian)
15. Korkushko, L. M., Pleshkanovska, A. M. (2010). Etapy rozvytku pidzemnoi urbanistyky [Stages of underground urbanism development] *Urban development and territorial planning. Issue 37.* P.227-234. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/MTP_2010_37_35 (in Ukrainian)

16. Nishchuk, T.O. (2010). PIDZEMNYI PROSTIR YaK EFEKTYVNYI NAPRIAM PROSTOROVOHO ROZVYTKU MISTA [UNDERGROUND SPACE AS AN EFFECTIVE DIRECTION OF SPATIAL DEVELOPMENT OF THE CITY] *Kommunalnoe khoziaistvo horodov* 94: 125-130 URL: https://eprints.kname.edu.ua/17254/1/125-130_%D0%9D%D1%96%D1%89%D0%B8%D0%BA_%D0%A2%D0%9E.pdf (in Ukrainian)

17. Ryndiuk, S. V., Maksymenko, M. A. (2021). Osvoiennia pidzemnoho prostoru yak vyrishennia problem urbanizatsii mist [Development of underground space as a solution to urbanization problems] *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi. № 2*: 101-107. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-2-101-107> (in Ukrainian)

Annotation

Valeriia Salo, assistant, Department of Design of architectural environment, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Peculiarities of urban planning organization of underground research complexes

The relevance of the construction and operation of underground research facilities specializing in the fields of astrophysics, particle physics, geophysics and biology has developed significantly over the past 30 years. Underground research facilities are able to provide the necessary conditions for conducting experimental studies of physical phenomena that go beyond the Standard Model of Physics. Among the publications devoted to the theoretical foundations of the development of underground urbanism, it is worth noting the works of E. Reynolds, R. Sterling, W. Breuer, and G. Haiko. The main aspects of the architectural and planning and volumetric-spatial structure of underground buildings and structures are outlined in the works of H. Admiral, A. Cornaro, J. Besner. The exploitation of underground space in the conditions of sustainable development of modern cities is studied in the works of L. von der Tann and S. Ritter, Fang-Le Peng, Yong-Kang Xiao. Ukrainian scientists have made a significant contribution to the theoretical issues of underground urbanism: S.V. Ryndyuk, M.A. Maksymenko. Prospects for the integrated development of underground space in Ukraine are highlighted in the works of T.O. Nishchuk. Scientific works of G.I. Gayko are devoted to the priority tasks of development of underground urbanism in Ukraine, assessment of risks of underground construction, historical development of underground space in Ukraine. The historical development of underground buildings and structures is also studied in the works of V. Biletskyi, L. Korkushko, A. Pleshkanovska. The overview of the planning structure of modern underground research complexes is presented in the articles by A. Ianni, A. Bettini, E.

Coccia. The article presents a number of prerequisites that influence the choice of a site for the design of underground research complexes in Ukraine. Their brief description is presented. Based on a preliminary analysis of the world experience in designing this type of facilities, important criteria that should be used when choosing a design site are identified. A complete set of functional zones of the master plan of the above-ground territory of the underground research complex is defined. A number of basic recommendations have been formulated that should guide the designer in the development of the master plan.

Keywords: underground urbanism; research facilities; underground laboratories; urban planning.