

С. В. Риндюк<sup>1</sup>  
В. А. Манько<sup>1</sup>  
О. В. Зачоса<sup>2</sup>

## БУДИНКИ ПІД ЗЕМЛЕЮ – ІННОВАЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ У СУЧАСНОМУ СВІТІ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва та архітектури

*Дана стаття досліджує будівництво будинків під землею та розглядає їхні застосування в різних історичних та сучасних контекстах. Проаналізовано вплив природних умов на вибір підземних будинків, їх енергоефективність та здатність забезпечувати комфортні умови проживання. З розвитком технологій та зростанням екологічних проблем, розглянуто новаторські підходи до будівництва, зокрема підземні міста та будівлі, які можуть вирішити проблеми перенаселення та забруднення великих міст. Наведено приклади успішних підземних будівель по всьому світу, включаючи історичні міста та сучасні проекти підземних будинків.*

*Розглянуті як позитивні, так і негативні сторони підземних будинків. За переваги визначено зменшення витрат, тривалість служби, оптимізацію просторового використання та стійкість до стихійних природних явищ. З недоліків – психологічні бар'єри, нестача денного світла, можливість проблем з вентиляцією та теплоізоляцією. Проте такі будинки можуть не лише забезпечити нові житлові простори, але і позитивно вплинути на екосистему та вирішити актуальні проблеми сучасних міст.*

**Ключові слова:** будівництво, підземні будинки, земля, ландшафт, екологічність.

### Вступ

Протягом століть люди пристосовували своє оточення до умов природи, керуючись передусім інстинктом виживання. Підземні житла мали численні переваги у відповіді на потреби того часу. Наприклад, вони забезпечували тепло у холодних умовах і прохолоду в спекотну пору року. Крім того, вони можуть бути легше приховані від природних небезпек, таких як вітри, повені чи хижі тварини.

Для спорудження перших примітивних житлових будівель вони використовували природні матеріали, доступні під час полювання. Їх оселі зосереджувалися в поселеннях, що забезпечувало відчуття безпеки. Ці будівлі будували як на поверхні землі, так і під землею, наприклад, у скелях. Підземні житлові споруди зустрічалися як у гарячих, так і в холодних регіонах, оскільки земля слугувала ефективним теплоізолятором, забезпечуючи комфортні температурні умови.

Із розвитком технологій та суспільства будівництво житла дедалі більше стають витвором архітектури, технологій та естетики. Однак деякі принципи адаптації до довкілля залишаються актуальними й у сучасному будівництві, зокрема у сфері сталого будівництва та використання енергоефективних технологій.

Сучасні екологічні проблеми, такі як зміни клімату, забруднення довкілля та деградація ландшафту, безперечно, сприятимуть новому погляду на питання будівництва будинків, а також міського дизайну відмінними від традиційного [1].

### Основна частина

У сучасному світі все більше говорять про ідею будівництва будинків, що розташовані під землею або в скелях. В майбутньому таке будівництво зможе відновити природне середовище територій в містах, які стали об'єктом змін або спустошення внаслідок людської діяльності. Справжнє значення цього підходу полягає в поверненні до первісних рішень, де захист від непередбачуваних погодних умов та підтримання балансу між людською діяльністю та природою визнаються ключовими елементами.

Цей підхід може виявитися не лише інноваційним, але й ефективним з точки зору сталого розвитку. Використання просторів під землею дозволяє зберігати енергію, зменшувати вплив на навколишнє середовище та оптимізувати використання ресурсів.

Окрім того, такий тип житла може бути чудовим варіантом вирішення проблеми забруднення та перенаселення міських територій. Підземні споруди можуть стати не лише просторово-економічно обґрунтованим вибором, але й сприяти покращенню якості життя та зменшенню екологічного тиску на поверхню екосистеми.

Впровадження ідеї життя під землею відкриває шлях до новаторських рішень у будівництві та управлінні ресурсами. Це може відзначитися як важливий крок у розвитку сучасного суспільства, спрямованого на більш екологічно чистий та збалансований спосіб існування.

Концепція будівництва підземних будинків не нова. Усюди по світу можна виявити численні будівлі такого типу, включаючи поселення та невеликі міста. Прикладами можуть служити будинки у різних провінціях Китаю, зокрема Хунань, Хенань, Шеньсі та Ганьсу, де проживає приблизно 10 мільйонів людей. Наприклад, Санменся в провінції Хенань увійшов до Національного списку пам'яток у 2005 році через високу оцінку його культурної та історичної цінності владою Китаю.

Перші поселення в цьому регіоні виникли у бронзовому столітті (близько 2000-1500 років до н.е.), але справжній розквіт міста відбувся під час династії Мін у 14 столітті. Перші жителі майже повністю вбудували свої поселення у землю, щоб вижити в екстремальних кліматичних умовах. Місто, складається з 10 000 будинків, було вирізане в лісосмузі, приблизно на глибині 6-7 метрів під поверхнею землі, з середньою довжиною будинку 10-12 метрів [2].

Всі будинки мали аналогічну структуру: кухню, ванну кімнату, кілька спалень та приміщення для домашніх тварин. Це конструкційно було схоже на куб, із центральним двором, що слугував представницькою зоною без даху. Кожен будинок мав свою власну криницю, яка також функціонувала як збірник надлишкової води під час сильних дощів. Використання даху будинку могло бути різноманітним, від додаткової корисної площі до сільськогосподарського використання.

Такі підземні будинки вирізнялися високою міцністю, енергоефективністю та постійною температурою всередині, забезпечуючи великий комфорт. Вони також володіли властивостями звукоізоляції та сейсмостійкості. Однак між будинками відсутній був прямий підземний зв'язок, і для переміщення до іншого будинку людям доводилося виходити на поверхню та спускатися по сходах.

У сучасному світі існує безліч прикладів споруд, які були виконані під землею і виконують різні функції, будь то житлові приміщення або об'єкти комерційного призначення. Наприклад, офіси та магазини можуть розташовуватися під землею [3]. Метрополітени, які працюють в багатьох містах, також є частиною підземного середовища, так само як і бункери, які були споруджені, головним чином, у Європі, а також навіть у Сполучених Штатах чи Китаї під час холодної війни. Однак важко говорити про їхню екологічну функцію, оскільки вони переважно створювалися для військових цілей, а притулки - для цивільного населення. У сучасний період, коли дизайн все більше орієнтується на свідомий захист природного середовища та ландшафтних цінностей, багато дизайнерів адаптують свої проекти до нових викликів, отримуючи визнання серед екологів та прихильників сталої архітектури.

В даний час активно будують не лише окремі підземні будинки, але й цілі підземні міста. Прикладом якого є **Кубер-Педі** в Австралії (рис. 1), віддалене приблизно на 680 км на південь від Аліс-Спрінгс. Кубер-Педі розпочало своє існування як шахтарське село після Першої світової війни, коли шахтарі почали заселяти цей регіон. Його будинки повністю втоплені в скелі та сполучені мережею коридорів, створюючи враження вузьких вуличок. Зараз в місті проживає приблизно 3500 мешканців, серед яких є будинки, кафе та театр. Місто ефективно функціонує і водночас визнане як туристична атракція [4].



Рисунок 1 – Підземне місто Кубер-Педі, Австралія [4].

**Берберське місто Матмате** [5], яке розташоване на півдні Тунісу (рис.2) із населенням близько двох тисяч людей. Люди тут мешкають у незвичайних напівпідземних будинках-печерах.

Оригінальні напівпідземні будинки у цих місцях з'явилися ще за часів стародавніх римлян. Тоді поселенням доводилося рятуватися від навали чужоземців та ховатися у печерах. Згодом підземні укриття перетворилися на традиційне для цієї місцевості житло.

Зараз багато хто з місцевих продовжує проживати в обладнаних підземних будинках. Як і сторіччя тому, тут немає звичного для цивілізованого світу комфорту. І хоча в житлах, як і раніше, відсутній водогін, як джерело енергії місцеві жителі тепер використовують сонячні батареї.



Рисунок 2 - Берберське місто Матмате, Туніс [5].

**Екологічні підземні житлові будинки**, які розташовані у селі Боудон, поруч із Манчестером, і з висоти пташиного польоту виглядає як сад із ідеально підстриженим газоном, а сама форма будинку нагадує п'ять пелюсток. Ці будівлі складається з підземних будинків, що поєднує свою функціональність та незвичайну красу. Одноповерхова резиденція під землею займає близько 743 квадратні метри, яка складається з одноповерхових будинків, побудованими під землею.

Площа, яку займають підземні будинки, майже повністю знаходиться на схилі пагорба, при цьому така архітектура дозволяє легко інтегруватися в навколишнє середовище. Якщо подивитися зверху, то резиденція нагадує квітку, в якій кожна пелюстка має свій номер і розташовані пелюстки навколо центру-кухні. Вночі з нічним освітленням будинок виглядає саме як квітка. Однією з головних цілей при проектуванні цього будинку була ідея створити особливу будівлю, в якій споживання енергії буде зведене до мінімуму. Плюс до всього, це ще має бути і екологічно чистий варіант стандартного будинку.



Рисунок 3 - Підземна резиденція в Боудон, Англія [6].

**Підземний житловий будинок еліптичної форми**, що розташований в селі Вальс, що у Швейцарії. Такий підземний будинок також збудований на схилі пагорба, він має еліптичну форму, його досить важко виявити, оскільки він є частиною кластеру гірських порід. Будинок складається з двох під'їздів і побудований практично з каменю. Один вхід головний і показує відкриту площу з розвагами, а другий вхід веде до підземного коридору. У круглому викруті є багато вікон, через які надходить світло в будинок, з них відкривається чудовий краєвид на околиці.

Будинок складається переважно з кам'яних будівель та має два входи. Основний, що слугує головним входом, відкривається великою зоною для відпочинку, тоді як другий вхід із прилеглих будівель, що веде до підземного коридору. У круглому отворі розташовано численні вікна, які не лише забезпечують будинок природним світлом, а й відкривають чудовий вид на навколишню територію. Навіть як підземне спорудження, будинок дуже світлий та насичений природним сонячним світлом [7].





Рисунок 4 - Підземний житловий будинок в Вальс, Швейцарія [7].

**Екологічно чисті житлові будинки Bella Vista Hotel в Італії.** Це перший еко-готель орієнтований на стійкість та екологію. Усі підземні будівлі оснащені екологічно чистою системою опалення та охолодження, використовують місцеві ресурси і матеріали з прилеглих районів. Щодо архітектури та дизайну цих будинків, вони суттєво вплинули на місцеву культуру. Основний акцент був зроблений на встановленні міцного зв'язку з природою, спробі поєднати природні та штучні елементи для створення гармонійного образу [7].



Рисунок 5 - Екологічно чисті житлові будинки Bella Vista Hotel, Італія [7].

**Будинок, збудований у печері.** Будинок у печері розташований у Фест, Міссурі, відзначається сучасним інтер'єром, який вражає багатством унікальних текстур, особливо з необробленого пісковика, що додає шарму дизайну. Це енергоефективне житло з геотермальним опаленням та розумним проектуванням, що усуває потребу в кондиціонуванні повітря. Складається будинок із печери із трьох кімнат, кожна з яких має стіни, що залишилися незакінченими.



Рисунок 6 - Будинок у печері розташований у Фест, Міссурі [7].

**Підземні житлові будинки.** Розташовані в Дітікон, Швейцарія, ці неординарні підземні житлові комплекси привносять нову та оригінальну концепцію, пов'язану з екологічно чистою та передовою архітектурою. Складаючись із дев'яти будинків, три з яких мають три спальні, один - чотири спальні, один - п'ять спалень, і три - шість спалень, а також один будинок із сімома спальнями.

Підземні будинки, хоча й мають великі розміри, сприймаються як невеликі, переважно завдяки тому, що вони майже повністю вкриті землею та травою. Будинки розташовані навколо невеликого штучного озера. Усі ці структури використовують землю як ізоляційний шар, що забезпечує захист від спеки та холоду, дощу та вітру. Органічні форми цих будинків сприяють їхній природній інтеграції у оточуюче середовище та роблять їх частиною ландшафту.



Рисунок 7 – Підземні житлові будинки в Дітікон, Швейцарія [7].

**Підземний будинок Aloni.** Розташований у районі Кікладських островів підземний будинок повністю адаптований до природного пейзажу, взаємодіючи з навколишніми земляними валами та полями. Для цього проекту дизайнери віддали перевагу традиційній типології, використовуючи матеріали з низьким впливом на навколишнє середовище та високо ефективні як ізоляційні компоненти. Будинок складається із єдиного рівня та має площу 240 квадратних метрів. Земляна стіна регулює температуру, а зелений дах не лише забезпечує ізоляцію, але й допомагає вбудованому об'єкту гармонійно вписатися у природний ландшафт.



Рисунок 8 – Підземний будинок Aloni, Греція [7].

Не зважаючи на великі переваги будинків, збудованих під землею, існують певні недоліки, які часто породжують суперечки. Стверджується, що підземне проживання може бути пов'язане з проблемами вологості, темряви, наявності комах та гризунів і т.п., що часто стає об'єктом табу. Крім того, психологічний аспект грає важливу роль, де почуття безпеки, контролю або навіть клаустрофобії може визначити наші емоційні реакції на такий тип житла. Матеріали, які використовуються для будівництва, також мають значення для багатьох людей. Наприклад, підземні будинки не можуть бути зведені із дерева, але стіни можна облицювати деревом. Приймаючи рішення щодо будівництва підземного будинку, важливо врахувати всі плюси та мінуси такої інвестиції [8-9].

До основних переваг будинків під землею можна віднести: зменшення витрат на будівництво порівняно з традиційними методами; зменшення витрат на експлуатацію будинку; довготривала житлова система; ефективне використання просторового потенціалу місцевості; стійкість до



землетрусів; безпечне проживання в екстремальних погодних умовах; висока вогнестійкість; висока термічна ефективність; збереження енергії; висока акустична ізоляція; мінімізація використання матеріалів, зокрема, використання перероблених матеріалів; створення простору для рослин і тварин, сприяння природним екологічним процесам та забезпечення високоякісного середовища проживання; зменшення викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу через зменшення енергопотребі, підтримку рослинного покриву на поверхні землі та підтримку біотопів та біорізноманіття; мінімальний вплив на ландшафт.

До основних недоліків будинків під землею можна віднести: психологічні бар'єри, особливо в приміщеннях без вікон; недостатня кількість денного світла; поганий дизайн будівлі може призвести до проблем з вентиляцією та якістю повітря у окремих приміщеннях; погана теплоізоляція може спричинити вологість, появу гризунів та комах; у випадку повені існує ризик затоплення підземних приміщень; можливість обвалення будинку при наявності структурних дефектів та неправильному використанні ділянки над будівлею, також проблеми з дахом та рослинністю на ньому; необхідність ефективного захисту даху спеціальною антикорозійною плівкою для запобігання пошкодження рослинами; при будівництві житлових комплексів або підземних міст потрібні спеціалізовані технічні та інфраструктурні рішення, що можуть значно збільшити витрати; відсутність чітко визначених будівельних норм або їх повна відсутність.

У наш час будівництво підземних міст є величезною проблемою з погляду техніки, інфраструктури та логістики. Перенесення міст, доріг та підприємств під землю викликає ряд труднощів, таких як забезпечення водопостачання, каналізації, управління відходами, вентиляції, освітлення і подолання психосоматичних бар'єрів. Частково технічні вирішення вже існують, оскільки є досвід використання підземних міст наших предків. Крім того, у нас розвинені мережі метро, які використовуються щоденно, і торгові центри з площами на підземних рівнях. Психологічний бар'єр використання метро поступово зменшується, оскільки люди навіть не завжди усвідомлюють, як довго вони перебувають під землею. Тому, використання підземного простору в майбутньому стане перспективним напрямком для розвитку структури міст.

## Висновки

Розглянуті приклади та аналізуючи досвід попередників, можна визначити напрямок подальшого розвитку міст в їхній підземній частині, що значно допоможе протистояти стрімко зростаючим проблемам в сучасних містах. Зрозуміло, що цей процес буде етапним і розгортатиметься протягом багатьох років, проте завдяки його ініціації та подальшій реалізації можна отримати не лише нові простори для життя людей на нашій планеті, але також суттєво вплинути на екосистему рослин і тварин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бібік Н. В. Екологічне будівництво як інноваційний підхід формування сталого розвитку України. *Економіка будівництва і міського господарства*. 2014. Т. 10, № 1. С. 23-29. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg\\_2014\\_10\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg_2014_10_1_5)
2. Alkaff S.A., Sim S.C., Efsan M.N.E., Renew and Sustain. *Energ. Review* 60, 2016, pp.692–713.
3. Риндюк С. В., Максименко М.А. Освоєння підземного простору як вирішення проблем урбанізації міст *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2021. Т. 31, № 2. С. 101-107.
4. Підземне місто в Австралії, де живе 2 000 людей. URL: <https://antonivtours.com/2017/11/pidzemne-misto-v-avstrali%D1%97-de-zhive-2-000-lyudej/>
5. Matmata. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B0>
6. 9 дивовижних підземних будинків. URL: <https://mors.in.ua/interer/2136-9-dyvovyzhnyh-pidzemnyh-budynkiv-foto.html>
7. Незвичайний будинок-нора в швейцарських Альпах. URL: <https://vikna.if.ua/cikavo/40460/view>
8. Kaliampakos D., Underground Development: A Springboard to Make City life Better in the 21st Century. *Proced. Engineer*. 2016, pp. 205–213.
9. Kaliampakos D., Benardos A., WIT Transactions on the Built Environment 102, 2017, pp.1743–3509.

## REFERENCES

1. Bibik N. Ecological construction as an innovative approach to the formation of sustainable development of Ukraine. *Economics of construction and urban economy*. 2014. Т. 10, № 1. С. 23-29. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg\\_2014\\_10\\_1\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg_2014_10_1_5)
2. Alkaff S.A., Sim S.C., Efsan M.N.E., Renew and Sustain. *Energ. Review* 60, 2016, pp.692–713.
3. Ryndyuk S., Maksimenko M.. Development of underground space as a solution to urban urbanization problems. *Modern technologies, materials and structures in construction*. 2021. Т. 31, № 2. С. 101-107.
4. An underground city in Australia, home to 2,000 people. URL: <https://antonivtours.com/2017/11/pidzemne-misto-v-avstrali%D1%97-de-zhive-2-000-lyudej/>
5. Matmata. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B0>
6. 9 amazing underground houses. URL: <https://mors.in.ua/interer/2136-9-dyvovyzhnyh-pidzemnyh-budynkiv-foto.html>

7. An unusual house-burrow in the Swiss Alps. URL: <https://vikna.if.ua/cikavo/40460/view>
8. Kaliampakos D., Underground Development: A Springboard to Make City life Better in the 21st Century. *Proced. Engineer.* 2016, pp. 205–213.
9. Kaliampakos D., Benardos A., WIT Transactions on the Built Environment 102, 2017, pp.1743–3509.

**Риндюк Світлана Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва, містобудування та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com) ORCID ID: 0000-0001-5779-5949.

**Манько Володимир Андрійович** – студент групи БМ-21б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [cigkolhl@gmail.com](mailto:cigkolhl@gmail.com)

**Зачоса Ольга В'ячеславівна** – студентка групи МБГ-33с, факультет урбаністики та просторового планування, Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, e-mail: [zachosa\\_ov@knuba.edu.ua](mailto:zachosa_ov@knuba.edu.ua) ORCID ID: 0000-0002-0956-1088

**S. Ryndiuk<sup>1</sup>**  
**V. Manko<sup>1</sup>**  
**O. Zachosa<sup>2</sup>**

## UNDERGROUND HOUSES - AN INNOVATIVE CONCEPT IN THE MODERN WORLD

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

<sup>2</sup>Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

*This article explores the construction of houses underground and examines their applications in various historical and contemporary contexts. The impact of natural conditions on the choice of underground buildings, their energy efficiency and ability to provide comfortable living conditions was analyzed. With the development of technology and the rise of environmental problems, innovative approaches to construction, including underground cities and buildings that can solve the problems of overcrowding and pollution in large cities, have been considered. Examples of successful underground buildings around the world are given, including historic cities and modern underground house projects.*

*Both positive and negative sides of underground houses are considered. Cost reduction, service life, optimization of spatial use and resistance to natural phenomena are identified as advantages. Disadvantages include psychological barriers, lack of daylight, and the possibility of problems with ventilation and thermal insulation. However, such houses can not only provide new living spaces, but also have a positive effect on the ecosystem and solve the current problems of modern cities.*

**Keywords:** construction, underground houses, land, landscape, environmental friendliness.

**Svitlana Ryndiuk** - PhD, senior lecturer of department construction, urban and architectural Vinnitsia National Technical University, e-mail: [rundyksv@gmail.com](mailto:rundyksv@gmail.com) ORCID ID: 0000-0001-5779-5949.

**Manko Volodymyr** - student of group BM-21b, Faculty of Construction, Civil and Environmental Safety, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [cigkolhl@gmail.com](mailto:cigkolhl@gmail.com)

**Olha Zachosa** - student of the MBG-33c group, Faculty of Urbanism and Spatial Planning, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: [zachosa\\_ov@knuba.edu.ua](mailto:zachosa_ov@knuba.edu.ua) ORCID ID: 0000-0002-0956-1088