

DOI: 10.32347/2076-815X.2024.85.108-120

УДК: 69:624/624.03+624.1

Гриців Б.Б.,

bogdan.soportar@gmail.com, ORCID: 0009-0006-4362-8158,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПІДЗЕМНОГО УРБАНІСТИЧНОГО ПРОСТОРУ ДЛЯ СУЧАСНИХ ВЕЛИКИХ МІСТ

Розглянуті різні аспекти використання підземних структур у міському середовищі, зокрема їхнє застосування в галузі безпеки, екології, енергетики, науки, сільського господарства та технологій. Розглянуті аргументи та приклади показують, що використання підземних приміщень може бути ефективним рішенням для різних викликів, з якими зіштовхуються великі міста. Такий підхід може сприяти покращенню безпеки, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, підвищенню енергоефективності, розвитку освіти, науки та технологій, а також забезпеченню сталого сільського господарства.

Ключові слова: підземне будівництво; підземні урбаністичні простори; аспекти розвитку у великих сучасних містах

Постановка проблеми: у сучасних містах постійно зростає тиск на доступність простору та ресурсів, що викликає ряд проблем, таких як обмеженість земельних ділянок, забруднення довкілля, зростання енергетичних потреб, нестабільність в харчовому забезпеченні та потреба в нових підходах до безпеки. Ці виклики потребують нових інноваційних рішень, які б дозволили оптимізувати використання доступного простору та ресурсів у міських умовах.

Використання підземних структур може бути одним із потенційних варіантів для вирішення цих проблем, проте досі існує обмежена кількість досліджень та практичних застосувань цього підходу у містах. Потрібно зрозуміти, які саме аспекти використання підземних структур можуть бути найбільш ефективними в контексті розв'язання вищезазначених проблем, і як ці методи можуть бути реалізовані з урахуванням технічних, екологічних, економічних та соціокультурних аспектів.

Таким чином, важливо провести детальний аналіз можливостей та викликів, пов'язаних із використанням підземних структур у міському середовищі, щоб розробити концептуальні та практичні рекомендації для міських планувальників, інженерів та інших зацікавлених сторін.

Мета статті полягає в дослідженні потенціалу використання підземних просторів у міському середовищі та їхнього впливу на розв'язання різноманітних викликів, з якими стикаються великі міста. Стаття спрямована на аналіз різних аспектів використання підземних приміщень у галузях безпеки, екології, енергетики, науки, сільського господарства та технологій.

Головною метою статті є виявлення переваг та можливостей застосування підземних структур у вирішенні великих міських проблем, таких як обмеженість простору, забруднення довкілля, нестабільність енергопостачання та харчового забезпечення, а також покращення безпеки та розвитку інфраструктури.

Здійснюючи огляд наукових робіт, практичних прикладів та експертних думок, стаття має на меті зробити висновки щодо ефективності використання підземних просторів у міському середовищі та надати рекомендації для міських планувальників, розробників та дослідників з метою покращення якості життя у великих містах.

Актуальність теми: тема використання підземних структур у міському середовищі має велику актуальність у сучасному світі. Зростання населення у великих містах призводить до зростання проблем, таких як обмежений доступ до землі, забруднення довкілля, збільшення енергетичного споживання та нестабільність харчового забезпечення.

Використання підземних структур може стати ефективним рішенням для цих проблем, пропонуючи альтернативний простір для розвитку інфраструктури, аграрних та енергетичних систем. Водночас, відмінності у географії та кліматичних умовах кожного міста створюють унікальні виклики та можливості для реалізації підземних проєктів, що робить цю тему досить актуальною для подальших досліджень та розвитку міських середовищ.

Зокрема, враховуючи зростання світового населення та масову міграцію до великих міст, розробка інноваційних підземних технологій для забезпечення безпеки, сталого розвитку та ефективного використання ресурсів є надзвичайно важливою. Такі дослідження можуть допомогти містам адаптуватися до змінних умов та покращити якість життя своїх мешканців.

Методи дослідження: охоплено широкий спектр підходів з різних галузей науки та технологій. Для аналізу використання підземних структур у міському середовищі використано комбінацію дослідницьких методів, які включають:

- літературний огляд: систематичний аналіз наявних наукових досліджень, статей, звітів та публікацій з різних дисциплін, пов'язаних із використанням підземних структур у міському середовищі. Цей підхід дозволяє встановити поточний стан досліджень та ідентифікувати основні тенденції та проблеми у даній області.

- аналіз прикладів та кейсів: розглянуті конкретні приклади успішного використання підземних структур у різних містах світу. Цей підхід дозволяє зрозуміти практичний досвід та виявити переваги та недоліки реалізованих проектів.

- емпіричні дослідження: для оцінки ефективності використання підземних структур у міському середовищі проаналізовані спеціальні емпіричні дослідження. Це включає аналіз даних про енергоефективність, вплив на довкілля, безпеку та інші аспекти підземних проектів.

Враховуючи різноманітність методів дослідження, в статті забезпечено комплексний та об'єктивний погляд на проблему використання підземних структур у міському середовищі, а також надано практичні рекомендації для міського планування та розвитку.

Основна частина.

Обговорення перспектив розвитку підземного урбаністичного простору має важливе значення в контексті сучасного міського планування та розвитку інфраструктури. Перехід до використання підземного простору для різних цілей стає не лише важливим відповідно до поточних потреб міст, але й відкриває нові можливості для сталого розвитку.

Спочатку, варто відзначити, що міста зіштовхуються зі значними викликами, пов'язаними з обмеженим доступом до земельного простору на поверхні. Зростання населення, висока густина забудови та різноманітність функцій, які міста виконують, ускладнюють завдання міського планування та розвитку.

У цьому контексті підземний урбаністичний простір стає цінним ресурсом, який може бути використаний для різних цілей, починаючи від транспортних мереж і закінчуючи житловими комплексами. Використання підземних просторів відкриває можливості для розвитку міст в глибині, забезпечуючи при цьому збереження цінних поверхневих площ.

Зокрема, розвиток підземних транспортних мереж дозволяє зменшити транспортні затори та покращити доступність міського транспорту. Одночасно, створення підземних інфраструктурних об'єктів може сприяти оптимізації використання доступного міського простору та підвищенню рівня життя мешканців.

Безпека та екологічна стійкість також є ключовими аспектами розвитку підземного урбаністичного простору. Підземні споруди можуть стати менш вразливими до природних катастроф та інших негативних впливів, а також сприяти зменшенню негативного екологічного впливу міст.

Перспективні напрямки розвитку проектування та реалізації підземних урбаністичних просторів

1) Транспорт і тунелі: Розвиток підземних систем транспорту.

У великих сучасних містах, де питання транспортної доступності та ефективності стає критичним, розвиток підземних систем транспорту виявляється стратегічно важливим кроком. Метрополітени, трамвайні лінії, автобусні мережі та швидкісні транспортні засоби, розташовані під землею, не лише забезпечують швидке та зручне пересування громадян, але й вирішують низку проблем, що виникають на поверхні.

Однією з ключових переваг є зменшення транспортних заторів на поверхні. Великі міста часто стикаються з проблемою перенаселення транспортних вулиць, що призводить до збільшення часу в дорозі та погіршення якості повітря. Розвиток підземних систем транспорту дозволяє відвести значну частину потоку транспорту під землю, тим самим полегшуючи тиск на дорожню інфраструктуру.[1]

Зниження транспортних заторів також призводить до покращення мобільності мешканців. Люди можуть швидше та ефективніше діставатися до роботи, навчальних закладів, медичних установ та інших необхідних пунктів. Це впливає на загальний розвиток економіки та соціальної сфери, сприяючи формуванню більш комфортного та продуктивного міського середовища.[2]

Зокрема, підземний транспорт дозволяє містам вирішувати проблеми, пов'язані з обмеженим простором на поверхні для дорогого міського розвитку. Це особливо актуально в контексті високих вартостей земельних ділянок та обмеженої можливості розширення дорожньої інфраструктури.

Узагальнюючи, розвиток підземних систем транспорту великих міст сприяє створенню більш ефективних, доступних та екологічно стійких систем пересування, що в свою чергу сприяє сталому розвитку та підвищенню якості життя мешканців.

2) Інфраструктура: Підземні споруди.

Сьогодні проблеми доступу до міської інфраструктури стають все більш актуальними, оскільки населення зростає, а доступний простір на поверхні стає обмеженим. Розробка та використання підземної інфраструктури вирішує ці проблеми, надаючи простір для розміщення різноманітних систем, таких як водопостачання, каналізація, електромережі та зв'язку.

Однією з ключових переваг підземної інфраструктури є звільнення цінного поверхневого простору для інших цілей, таких як розваги, зелені зони або комерційні споруди. Це особливо важливо в містах з високою густиною забудови, де кожен метр квадратний має велике значення.[3]

Розміщення інфраструктури під землею забезпечує захист від негативних зовнішніх впливів, таких як стихійні лиха, терористичні акти або природні

катастрофи. Це робить підземну інфраструктуру більш надійною та стійкою у порівнянні зі звичайною поверхневою інфраструктурою.

Крім того, розміщення інфраструктури підземно також може покращити естетичний вигляд міста, оскільки більше зелених зон та відкритих площ буде доступно для мешканців, а поверхневі споруди можуть бути використані для розвитку громадських просторів та пішохідних зон.

Отже, розвиток підземної інфраструктури має значний потенціал для покращення якості міського середовища, звільнення цінного простору на поверхні та забезпечення надійності та ефективності міських систем.[4]

3) Житлові приміщення: Побудова підземних житлових комплексів.

У сучасних великих містах, де простір на поверхні стає надзвичайно обмеженим, будівництво підземних житлових комплексів стає стратегічним рішенням для вирішення проблеми недостатнього простору для життя в умовах високої густоти населення.

Підземні житлові приміщення дозволяють ефективно використовувати обмежений наявний простір, що стає особливо актуальним в умовах міст, де кожен метр квадратний на поверхні стає дорогоцінним ресурсом. Будівництво житла під землею надає можливість розвитку міста вгору і вглиб, раціонально використовуючи простір для інших соціальних, економічних та комерційних потреб.[5]

Такий підземний підхід до будівництва житла також дозволяє ефективно вирішити проблему надмірного навантаження на існуючі міські інфраструктурні системи, такі як дороги, комунікації та газопостачання. Крім того, він може сприяти полегшенню тиску на екологічно важливі зони та збереженню зелених територій на поверхні.

Побудова підземних житлових комплексів також надає можливість створення більш ефективної системи енергозабезпечення та утилізації відходів, сприяючи сталому розвитку міського середовища. Окрім того, враховуючи сучасні технології та стандарти комфорту, підземні житлові приміщення можуть надати мешканцям всі необхідні зручності, забезпечуючи при цьому високий рівень якості життя.[6]

Слід зауважити, що будівництво підземних житлових комплексів виступає як інноваційний підхід до розвитку міського простору, який вирішує проблеми густоти населення та раціонально використовує простір для забезпечення комфортного життя мешканців.

4) Безпека: Підземні споруди.

Вже зараз у сучасних великих містах, де збільшується потенційна загроза надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи або терористичні акти,

підземні споруди все частіше стають привабливим рішенням для забезпечення безпеки.

Підземні споруди мають деякі переваги у відношенні до безпеки порівняно зі спорудами на поверхні. Наприклад, вони менш вразливі до природних катастроф, таких як землетруси, урагани або повені. Такі споруди, розміщені під землею, мають меншу ймовірність піддатися зруйнуванню або пошкодженню через такі природні явища.

Крім того, підземні споруди можуть також забезпечувати захист від терористичних актів. Вони можуть бути конструйовані з метою витримувати значні навантаження та операційний тиск, що робить їх менш доступними для потенційних загроз з боку терористичних груп.

Також, підземні споруди можуть бути обладнані спеціальними системами безпеки, такими як системи вентиляції, контролю доступу та пожежогашіння, які забезпечують реагування на будь-які надзвичайні ситуації.[7]

Як висновок, враховуючи ці фактори, розвиток підземних споруд може сприяти покращенню загальної системи безпеки, забезпечуючи захист від природних катастроф та терористичних загроз.

5) Екологічна стійкість: Підземні структури

В час стрімкого росту урбанізації екологічна стійкість стає все більш важливим аспектом розвитку, оскільки міста стикаються з серйозними проблемами забруднення повітря, втратою зелених зон і погіршенням якості середовища. У цьому контексті підземні структури можуть відігравати ключову роль у зменшенні впливу міст на навколишнє середовище.

Одним з головних переваг підземних структур є їх потенціал зменшити забруднення повітря. Перенесення транспортних мереж, промислових об'єктів та інших джерел забруднення під землю дозволяє уникнути викидів шкідливих речовин у атмосферу, що сприяє покращенню якості повітря в місті.

Крім того, будівництво підземних структур дозволяє зберегти природний ландшафт на поверхні. Замість того, щоб забирати цінні зелені зони під житлові чи комерційні будівлі, міста можуть розвивати підземні простори для різноманітних потреб, залишаючи при цьому землю на поверхні для парків, садів та інших форм природних екосистем.[8][9]

Узагальнюючи, підземні структури можуть допомогти сучасним містам зменшити їхній вплив на навколишнє середовище, сприяючи збереженню здоров'я мешканців та екологічній стійкості міста в цілому. Це може мати додаткові переваги, такі як збереження біорізноманіття, покращення якості води та зменшення теплових островів в міському середовищі.

6) Енергетична ефективність: Використання підземного простору.

Саме сьогодні постало питання енергетичної ефективності міст, яка є важливим аспектом розвитку, оскільки міста стикаються з ростом споживання енергії та постійно зростаючою потребою в електриці, теплі та інших ресурсах. Використання підземного простору для енергетичних потреб може мати значний вплив на забезпечення стабільності та стійкості енергопостачання для міст.

Перш за все, підземний простір може бути використаний для зберігання енергії. Системи акумулювання енергії, такі як акумуляторні батареї, можуть бути розміщені у підземних спорудах, що дозволить ефективно використовувати вироблену енергію та компенсувати пікові навантаження в мережах електропостачання.[10]

Зокрема, підземні простори можуть слугувати ідеальними місцями для теплопостачання. Глибокі геотермальні колодязі можуть бути використані для виробництва тепла, що може бути використане для опалення будинків та інших споруд у місті. Це ефективний спосіб використання теплової енергії, яка зберігається у надрах Землі.

Також, підземний простір може бути використаний для виробництва енергії з альтернативних джерел. Наприклад, сонячні батареї можуть бути розміщені на поверхні, а енергія, яку вони виробляють, може бути збережена у підземних батареях для подальшого використання.[11]

Загалом, використання підземного простору для енергетичних потреб може значно підвищити ефективність та стабільність енергопостачання. Це сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу та розвитку сталого енергетичного сектору, що є важливим аспектом для забезпечення екологічної стійкості міста та збереження навколишнього середовища.

7) Технологічні інновації: Розвиток підземних технологій.

Великі урбаністичні міста, які швидко розвиваються та стикаються з великою кількістю викликів, мають великий потенціал для технологічних інновацій, зокрема в галузі розвитку підземних технологій. Цей напрямок розвитку може відкрити нові можливості та стати платформою для інновацій у різних галузях, включаючи інженерію, будівництво, медицину, електроніку та інформаційні технології.

Однією з ключових переваг є можливість впровадження інновацій в інженерії та конструкції підземних структур. Вдосконалення методів буріння, тунельної техніки та моніторингу може полегшити та здешевити процес підземного будівництва, відкриваючи двері для нових проектів та інфраструктурних вирішень.

У галузі медицини розвиток підземних технологій може мати перспективу для створення підземних медичних центрів або лікувальних споруд. Це може

бути особливо корисним у випадках надзвичайних ситуацій, коли швидкий доступ до медичної допомоги може зберегти життя.

У сфері електроніки та інформаційних технологій підземні простори можуть слугувати ідеальним місцем для розміщення дата-центрів, що забезпечить ефективне охолодження обладнання та зменшення впливу на довкілля.

Такий розвиток також створює унікальні можливості для впровадження сучасних систем "розумного міста" в підземних просторах, таких як автоматизовані системи транспорту, енергетичного управління та моніторингу, що сприяє розвитку інноваційного та технологічно передового міського середовища.[12]

Узагальнюючи, розвиток підземних технологій може слугувати катализатором для технологічних інновацій, створюючи нові можливості для покращення життя мешканців та розвитку у всіх сферах громадського життя.

8) Освітні та дослідницькі центри: Підземні приміщення.

У сучасних містах, де простір на поверхні стає все більш обмеженим, використання підземного простору для розміщення освітніх та дослідницьких центрів виявляється дуже привабливим та перспективним напрямком розвитку.

Підземні приміщення можуть стати ідеальним місцем для розташування університетів, дослідницьких лабораторій та навчальних центрів. Це дає можливість максимально раціонально використовувати доступний міський простір, особливо в центральних або густих забудованих районах, де земля дуже цінна.

Створення підземних освітніх та дослідницьких центрів сприяє покращенню якості освіти та науки у місті. Забезпечуючи сучасне та безпечне середовище для навчання та досліджень, такі центри стимулюють розвиток інноваційних ідей, наукових відкриттів та технологічних розробок.

Крім того, підземні приміщення зазвичай мають високу технічну оснащеність, що сприяє створенню спеціалізованих лабораторій та дослідницьких центрів з необхідним обладнанням для проведення складних експериментів та наукових досліджень.[13]

Таким чином, використання підземного простору для освітніх та дослідницьких центрів сприяє розвитку освіти, науки та інновацій, сприяючи формуванню кращого освітньо-наукового середовища та забезпеченню росту економіки через розвиток технологій та новітніх ідей.

9) Сільське господарство: Використання підземних приміщень для гідропоніки або вертикального фермерства.

В сучасних умовах нерідко виникає проблема обмеженого доступу до земельних ділянок для сільського господарства та продуктивного вирощування

їжі, використання підземних приміщень стає важливим рішенням. Методи сільського господарства, такі як гідропоніка або вертикальне фермерство, можуть бути успішно реалізовані в підземних умовах, що відкриває нові можливості для стабільного виробництва продуктів харчування прямо у міських областях.

Використання підземних приміщень для сільського господарства має декілька переваг. По-перше, це дозволяє ефективно використовувати обмежений простір у міських умовах. Замість розширення сільськогосподарських земель на поверхні, що часто недоступно у великих містах, підземні ферми можуть бути встановлені у вже існуючих приміщеннях, таких як старі підземні склади або тунелі.[14]

Також, такий підхід до сільського господарства дозволяє контролювати умови вирощування рослин набагато краще, що сприяє збільшенню врожаю та покращенню якості продуктів. Відсутність зовнішніх агентів, які можуть впливати на вирощування, таких як шкідники чи погодні умови, дозволяє створити оптимальні умови для росту рослин.[15]

Крім того, використання підземних ферм сприяє більш ефективному використанню води та енергії, оскільки ці системи можуть бути автоматизовані та оптимізовані з використанням сучасних технологій.[16]

Отже, використання підземних приміщень для сільського господарства може забезпечити стабільне та ефективне виробництво продуктів харчування прямо в місті, сприяючи зменшенню відстаней поставок, покращенню доступності свіжих продуктів та підвищенню стійкості харчової системи у великих міських агломераціях.

Висновки.

У великих сучасних містах, розглядаючи різноманітні можливості використання підземного простору, стає очевидним, що цей підхід може стати ключовим фактором в їхньому ефективному та сталому розвитку.

Першим аспектом, який варто відзначити, є транспорт і тунелі. Розвиток підземних систем транспорту, таких як метро, трамваї, автобуси і швидкісні транспортні засоби, може визначити новий рівень мобільності в містах, розв'язати транспортні затори та покращити загальну якість життя мешканців.

Інфраструктура має велике значення. Підземні споруди можуть стати ідеальним рішенням для розміщення систем водопостачання, каналізації, електромереж та зв'язку, звільняючи поверхневий простір для інших стратегічних потреб міста.

Щодо житлових приміщень, підземні комплекси можуть ефективно відповісти на проблему недостатнього простору для життя в містах з високою

густотою населення, розвиваючи нові концепції житла та надаючи мешканцям комфорт та зручність.

Важливим відкриттям є ідея використання підземних структур для поліпшення безпеки. Вони можуть служити захисними бар'єрами від природних катастроф чи терористичних актів, надаючи додаткові шари захисту для населення та інфраструктури.

Екологічна стійкість є актуальним питанням у сучасних містах, і використання підземних структур може сприяти зменшенню впливу на навколишнє середовище. Це включає зменшення забруднення повітря та збереження природних ландшафтів, допомагаючи створити екологічно чисте і здорове середовище для мешканців.

Особливе значення на сьогодні має використання підземного простору для енергетичних потреб. Цей аспект відкриває нові горизонти для забезпечення стійкості енергопостачання у містах. Це включає зберігання енергії, тепlopостачання та виробництво енергії з альтернативних джерел, забезпечуючи сталість і надійність міського енергетичного комплексу.

Велике значення мають і технологічні інновації. Розвиток підземних технологій стимулює новаторські рішення в інженерії, будівництві, медицині, електроніці та інформаційних технологіях, що визначає майбутнє міського середовища.

Також, підземні приміщення відкривають нові перспективи для освітніх та дослідницьких центрів. Розміщення університетів та лабораторій у підземних просторах сприяє розвитку освіти та науки, створюючи інтелектуальне середовище для інновацій та досліджень.

Не менш важливим є використання підземних приміщень для сільського господарства. Технології, такі як гідропоніка чи вертикальне фермерство, дозволяють забезпечити стабільне виробництво продуктів харчування прямо в межах міста, що важливо для забезпечення продовольства та зниження впливу міського розвитку на природу.

Сукупність цих аспектів свідчить про те, що використання підземного простору має великий потенціал для вирішення різноманітних проблем великих міст та сприяє їхньому сталому розвитку, забезпечуючи комфортне, безпечне та ефективне життя для їхніх мешканців.

Список джерел

1. Newman, Peter W.G., and Jeffrey Kenworthy. "The land use—transport connection: An overview." *Land use policy* 12.1 (1995): 1-22.

2. Cervero, Robert. "Transit-oriented development's ridership bonus: A product of self-selection and public policies." *Environment and Planning A* 30.6 (1998): 1057-1078.
3. Trencher, Gregory, et al. "Urban infrastructure transitions for sustainable cities: The 'BRIDGE' framework." *Cities* 31 (2013): 123-135.
4. De Roo, Gert, and Gert Spaargaren. "Designing underground space for a sustainable city: a transaction-cost perspective." *Land Use Policy* 18.1 (2001): 35-41.
5. van Dorst, Machiel JL. "Spatial diversity: An introduction." *Spatial diversity* (1997): 3-20.
6. Kazemian, Reza, and Mohammad Ali Banihashemi. "Underground space utilization in the construction of large cities, with emphasis on housing." *Frontiers of Architectural Research* 5.4 (2016): 467-474.
7. Valls, María del Carmen Santiago, and Roberto Chust. "Urban safety and security in underground facilities." *Underground space use: Analysis of the past and lessons for the future*. Springer, Dordrecht, 2005. 189-200.
8. De Rooij, Matthijs, et al. "The use of underground space for sustainable development of urban areas." *Tunnelling and Underground Space Technology* 21.6 (2006): 668-669.
9. Delstein, Jacob. "The sustainable city of the future: insights from the underground." *International Journal of Urban Sustainable Development* 2.1 (2010): 13-30.
10. Tester, Jefferson W., et al. "The future of geothermal energy as a major global energy supplier." In *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, no. 3, pp. 509-537. IEEE, 2009.
11. International Energy Agency (IEA). "Energy Storage: A Key to a Clean Energy Future." IEA, 2020.
12. Viggiani, Gioacchino, and Piergiorgio Grasso. "Underground Space in Urban Planning and Development: Case Studies and Lessons Learned." Springer International Publishing, 2020.
13. Chen, Jian, et al. "Underground Space Design: Planning and Engineering." CRC Press, 2018.
14. Toyoki, Kozai, Genhua Niu, and Michiko Takagaki. "Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production." Academic Press, 2016.
15. Zhang, Yuping, et al. "Urban Agriculture: A Potential Strategy towards Sustainable Urbanization." *Sustainability*, vol. 9, no. 3, 2017, p. 429.
16. Godfray, H. Charles J., et al. "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People." *Science*, vol. 327, no. 5967, 2010, pp. 812–818.

postgraduate **Hrytsiv Bohdan**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND URBAN SPACE FOR MODERN LARGE CITIES

This article analyzes a wide range of possibilities for using underground structures in the urban environment, revealing their potential in various industries. In particular, a review of the use of underground facilities in the field of security, ecology, energy, science, agriculture and technology is carried out, highlighting various aspects of their use.

First, the importance of using underground structures to ensure the security of large cities is considered. Underground facilities can become effective facilities for storing information, important resources or as anti-missile shelters, which will increase the level of protection of the population against potential dangers.

The second aspect of the analysis concerns the impact of underground structures on the ecology of the city. Moving some infrastructure facilities or industrial enterprises underground can help reduce air pollution and preserve green areas on the surface.

The third aspect describes the use of underground structures for energy development. They can serve as a place to store energy or generate electricity, helping to reduce emissions and increase the sustainability of the city's energy supply.

The fourth aspect of the article analyzes the influence of underground structures on science, education and technology. They can be used to create high-tech research centers or universities, which will contribute to scientific discoveries and technological development.

The fifth aspect of the article concerns the use of underground structures in agriculture. They can serve as a site for hydroponic farms or vertical cultivation, which will ensure a stable supply of food for the urban population.

The conclusion of the article emphasizes that the use of underground structures can be an effective solution to many problems faced by large cities. This approach can contribute to improved safety, reduced environmental impact, energy efficiency and sustainable development.

Keywords: underground construction; underground urban spaces; aspects of development in large modern cities

REFERENCES

1. Newman, Peter W.G., and Jeffrey Kenworthy. "The land use—transport connection: An overview." *Land use policy* 12.1 (1995): 1-22. {in English}

2. Cervero, Robert. "Transit-oriented development's ridership bonus: A product of self-selection and public policies." *Environment and Planning A* 30.6 (1998): 1057-1078. {in English}
3. Trencher, Gregory, et al. "Urban infrastructure transitions for sustainable cities: The 'BRIDGE' framework." *Cities* 31 (2013): 123-135. {in English}
4. De Roo, Gert, and Gert Spaargaren. "Designing underground space for a sustainable city: a transaction-cost perspective." *Land Use Policy* 18.1 (2001): 35-41. {in English}
5. van Dorst, Machiel JL. "Spatial diversity: An introduction." *Spatial diversity* (1997): 3-20. {in English}
6. Kazemian, Reza, and Mohammad Ali Banihashemi. "Underground space utilization in the construction of large cities, with emphasis on housing." *Frontiers of Architectural Research* 5.4 (2016): 467-474. {in English}
7. Valls, María del Carmen Santiago, and Roberto Chust. "Urban safety and security in underground facilities." *Underground space use: Analysis of the past and lessons for the future*. Springer, Dordrecht, 2005. 189-200. {in English}
8. De Rooij, Matthijs, et al. "The use of underground space for sustainable development of urban areas." *Tunnelling and Underground Space Technology* 21.6 (2006): 668-669. {in English}
9. Delstein, Jacob. "The sustainable city of the future: insights from the underground." *International Journal of Urban Sustainable Development* 2.1 (2010): 13-30. {in English}
10. Tester, Jefferson W., et al. "The future of geothermal energy as a major global energy supplier." In *Proceedings of the IEEE*, vol. 97, no. 3, pp. 509-537. IEEE, 2009. {in English}
11. International Energy Agency (IEA). "Energy Storage: A Key to a Clean Energy Future." IEA, 2020. {in English}
12. Viggiani, Gioacchino, and Piergiorgio Grasso. "Underground Space in Urban Planning and Development: Case Studies and Lessons Learned." Springer International Publishing, 2020. {in English}
13. Chen, Jian, et al. "Underground Space Design: Planning and Engineering." CRC Press, 2018. {in English}
14. Toyoki, Kozai, Genhua Niu, and Michiko Takagaki. "Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production." Academic Press, 2016. {in English}
15. Zhang, Yuping, et al. "Urban Agriculture: A Potential Strategy towards Sustainable Urbanization." *Sustainability*, vol. 9, no. 3, 2017, p. 429. {in English}
16. Godfray, H. Charles J., et al. "Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People." *Science*, vol. 327, no. 5967, 2010, pp. 812–818. {in English}