

**GENESIS OF THE TYPOLOGICAL MORPHOLOGY
OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT
AS AN ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE**

**ГЕНЕЗА ТИПОЛОГІЧНОЇ МОРФОЛОГІЇ
АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА
ЯК АДАПТАЦІЯ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН**

Natalia Kryvoruchko¹

Maksym Tymashkov²

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-531-0-13>

Abstract. The scientific work reveals the problems of anthropogenic impact on natural processes, which have become more acute with global climate change. First, industrialization and expansion of agricultural territories have led to the large-scale replacement of natural biocenoses with artificial structures, which has caused a rupture of natural ecological connections. The reduction of open green spaces and large-scale construction have disrupted the natural circulation of water, which has led to the degradation and pollution of water systems. These negative processes have caused numerous environmental problems in the urban environment, as a result of which heat islands are formed, air quality deteriorates, water supply sources are polluted, problems with drainage are exacerbated, and the living environment deteriorates, which affects the general condition of people and their health.

Secondly, the industrial approach to the formation and transformation of the architectural environment affected not only environmental aspects, but also the cultural sphere. The international style that emerged as a result of industrial development required the mass construction of structures made of reinforced concrete, glass and metal. Due to the standardization and

¹ PhD, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Architecture of Buildings and Structures,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

² PhD Student of the Department of Architecture of Buildings and Structures,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

unification of architecture, regional identity was lost, and the cultural and historical landscape was overshadowed by massive modern structures.

Thirdly, as a result, the architectural environment formed under the conditions of industrial development turned out to be extremely vulnerable to modern global climate change.

The above-mentioned problems revealed an *urgent scientific problem*: the lack of comprehensive, scientifically based approaches to the formation and modernization of the architectural environment that would meet current and projected climate challenges, while preserving and taking into account the cultural and historical identity of the regions.

For this purpose, the research was to develop scientifically based comprehensive approaches to the formation and transformation of the architectural environment as a strategy for adapting to the existing and predicted climatic features of the region, taking into account and preserving its cultural and historical identity.

To achieve the goal, the following *research tasks* were set:

1. Analysis of the impact of climate change on the architectural environment;
2. Research on the cultural and historical identity of the architectural environment;
3. Development of comprehensive approaches to the formation and reform of the architectural environment;
4. Creation of models of an adaptive architectural environment;

The *object of the research* is the architectural environment, and the *subject* is scientifically substantiated comprehensive approaches to the formation and transformation of the architectural environment, as strategies for adapting to existing and projected regional climatic features while preserving and taking into account cultural and historical identity.

Research methods: historical and modern approaches to the adaptation of the architectural environment under the influence of climate change are analyzed. Based on a systematic analysis, the results obtained are summarized and a comprehensive approach to the design of a sustainable architectural environment is formed. Models of adaptation of the architectural environment are proposed, taking into account regional climatic features, using the example of «Sponge city», «Smart City», etc.

Research hypothesis. The cultural and historical identity of the architectural environment is formed through the interrelationship between adaptation strategies aimed at preserving the historical and cultural context and regional climatic features. Taking into account the relief, climatic conditions and traditional construction methods allows for the creation of architectural solutions that are resistant to climate change, minimize energy consumption and harmoniously fit into the natural and socio-cultural environment.

Conclusions of the scientific work. A modern approach to the formation and transformation of the architectural environment, which must meet the challenges of the 21st century, requires comprehensive and methodologically sound approaches, such as greening and sustainability – architecture as part of the ecosystem; regional identity – preservation of the cultural context; social integration – cities for people; technological innovations – adaptive and «smart» solutions.

The strategy for implementing a comprehensive approach to the formation and transformation of the architectural environment consists of the following models:

1. *Design of adaptive development:* green roofs and vertical gardens. This model demonstrates the implementation of green roofs and vertical gardens in the urban environment as key elements of ecological architecture. The implementation of such elements allows you to create a more comfortable and environmentally safe environment for urban residents.

2. *Design of an energy-efficient city:* implementation and use of renewable energy. The model illustrates the use of renewable energy sources in the urban environment to reduce CO₂ emissions and ensure energy independence. This strategy helps cities adapt to energy challenges and reduce their environmental impact.

3. *Sustainable Water Management Design:* Using Rainwater and Permeable Pavements. The models show solutions for effective water management in urban environments. Using these approaches helps cities better adapt to climate change and reduce the risks associated with extreme weather conditions.

These models demonstrate a comprehensive approach to an adaptive built environment that ensures its environmental friendliness, efficiency and sustainability in today's climate change environment.

1. Вступ

Природно-кліматичні фактори завжди відігравали ключову роль у формуванні архітектурного простору – середовища людської життєдіяльності. Протягом усього розвитку цивілізації такі чинники, як середня температура, кількість опадів, вітрове навантаження, структура рельєфу та багато інших, ставали рушійною силою для впровадження різноманітних стратегій адаптації архітектурних рішень.

Наприклад, житло північноамериканських корінних народів – іглу – зводиться з великих блоків пресованого снігу, і завдяки своїй куполоподібній формі та зниженій теплопровідності, забезпечує ефективний захист від сильних морозів і вітрів. Натомість у Південно-Східній Азії традиційні будівлі часто споруджували на високих палях, що дозволяло уникнути підтоплень, характерних для цього регіону.

Клімат постійно змінюється, проходячи через малі та великі цикли, що змушує цивілізації шукати нові способи адаптації свого життєвого середовища або мігрувати в пошуках сприятливіших умов. Традиційно зміни клімату зумовлені природними чинниками, такими як сонячна радіація, сейсмічна активність, кругообіг вуглецю тощо. Однак останні десятиліття додали новий потужний фактор – негативний вплив людської діяльності, зокрема інтенсивний індустріальний розвиток. Це призвело до порушення екологічного балансу та значного прискорення глобальних кліматичних змін.

Збільшення антропогенного впливу на природні процеси стало наслідком індустріальних революцій, які супроводжувалися швидкими темпами урбанізації. Підтримка технологічного прогресу вимагала дедалі більше ресурсів і робочої сили, що створило хаотичне розростання міст та неконтрольоване втручання у природні екосистеми.

Індустріалізація та розширення аграрних територій призвели до масштабного заміщення природних біоценозів штучними структурами, що спричинило розрив природних екологічних зв'язків. Це особливо відчутно в містах, де через скорочення відкритих зелених просторів та масштабну забудову порушується природна циркуляція води, вирубуються дерева, деградують і забруднюються водні системи. Такий підхід спричинив численні екологічні проблеми міського середовища, зокрема: утворення теплових островів, погіршення якості повітря, забруднення джерел водопостачання, проблеми з водовідве-

денням, шумове забруднення. Це завдало серйозної шкоди як екосистемам, так і самому людському існуванню, негативно впливаючи на фізичне та психологічне здоров'я мешканців міст.

Індустріальний підхід до формування та трансформації архітектурного середовища позначився не лише на екологічних аспектах, а й на культурній сфері. Інтернаціональний стиль, що виник унаслідок індустріального розвитку, вимагав масового будівництва споруд із залізобетону, скла та металу. Це спричинило значне зростання виробництва будівельних матеріалів і, відповідно, посилення екологічного навантаження. Водночас цей стиль ігнорував кліматичні особливості регіонів, що збільшувало енерговитрати як під час будівництва, так і в процесі експлуатації будівель. Крім того, через стандартизацію та уніфікацію архітектури відбувалася втрата регіональної ідентичності, а культурно-історичний ландшафт опинявся в тіні масивних сучасних споруд.

Як наслідок, архітектурне середовище, сформоване в умовах індустріального розвитку, виявилось надзвичайно вразливим до сучасних глобальних кліматичних змін. А наукові дослідження розглядають проблеми дискретно. Усе вище сказане, породжує **нагальну наукову проблему**: відсутність комплексних, науково обґрунтованих підходів до формування та модернізації архітектурного середовища, яке б відповідало поточним і прогнозованим кліматичним викликам, водночас зберігаючи та враховуючи культурно-історичну ідентичність регіонів.

Мета дослідження. Розробка науково обґрунтованих комплексних підходів до формування та трансформації архітектурного середовища як стратегії адаптації до наявних і прогнозованих кліматичних особливостей регіону з урахуванням та збереженням його культурно-історичної ідентичності.

Задачі дослідження:

1. Аналіз впливу кліматичних змін на архітектурне середовище – вивчення природних і антропогенних факторів, що визначають адаптаційні стратегії в архітектурному плануванні.

2. Дослідження культурно-історичної ідентичності архітектурного середовища – визначення принципів гармонійного поєднання традиційних архітектурних форм із сучасними адаптаційними стратегіями.

3. Розробка комплексних підходів до формування та реформування архітектурного середовища – розроблення методологічної бази для створення архітектурних рішень, які відповідають екологічним викликам і зберігають регіональні особливості.

4. Створення моделей адаптивного архітектурного середовища – моделювання просторових рішень, що забезпечують стійкість та ефективність архітектурного середовища в умовах змін клімату.

Об’єкт дослідження: архітектурне середовище.

Предмет дослідження: науково обгрунтовані комплексні підходи формування і трансформації архітектурного середовища, як стратегії адаптації до наявних та прогнозованих кліматичних регіональних особливостей при збереженні і врахуванні культурно-історичної ідентичності.

Методи дослідження:

1. Аналіз і синтез

– Аналіз історичних та сучасних підходів до адаптації архітектурного середовища під впливом кліматичних змін.

– Дослідження існуючих архітектурних рішень різних регіонів з метою виокремлення ефективних стратегій адаптації.

– Синтез отриманих результатів для формування комплексного підходу до проектування стійкого архітектурного середовища.

2. Моделювання

– Створення моделей адаптивних архітектурних середовищ з урахуванням регіональних кліматичних особливостей.

– Розробка просторових концепцій, які поєднують традиційні архітектурні принципи з сучасними технологіями стійкого будівництва.

– Оцінка ефективності запропонованих моделей за допомогою комп’ютерного моделювання та прогнозування їхнього впливу на навколишнє середовище.

3. Міждисциплінарний метод

– Використання знань із суміжних наук (екології, кліматології, соціології, культурології) для формування цілісного підходу до адаптації архітектурного середовища.

– Аналіз взаємозв’язку між соціальними, культурними та екологічними чинниками у процесі архітектурного проектування.

– Інтеграція сучасних технологій сталого розвитку та біокліматичних принципів у проєктні рішення.

4. Системний аналіз

– Виявлення взаємозв'язків між природними, технічними та соціальними аспектами формування архітектурного середовища.

– Оцінка впливу змін клімату на архітектурні об'єкти з урахуванням екологічної та економічної ефективності.

– Розробка комплексної методики адаптації архітектурного середовища до змінних умов із збереженням його культурно-історичної ідентичності.

Гіпотеза дослідження. Культурно-історична ідентичність архітектурного середовища формується через взаємозв'язок між адаптаційними стратегіями, спрямованими на збереження історико-культурного контексту, та регіональними кліматичними особливостями. Врахування рельєфу, кліматичних умов і традиційних методів будівництва дозволяє створювати архітектурні рішення, які є стійкими до змін клімату, мінімізують енергоспоживання та гармонійно вписуються у природне та соціокультурне середовище.

Межі дослідження: розглядається архітектурне середовище великих, дуже великих і міст мільйонників.

2. Формування термінологічного апарату дослідження

2.1 Сучасні виклики глобальної зміни клімату

Останніми десятиліттями глобальне потепління та пов'язані з ним зміни клімату стали однією з основних проблем подальшого розвитку людства. За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) фіксується збільшення викидів в атмосферу парникових газів (ПГ), що стає причиною підвищення середньої температури Земної поверхні. Так, у 2019 році викиди були на 12% більшими ніж у 2010 і на 54% ніж у 1990 [1, с. 217-219].

Збільшення антропогенного впливу на природні процеси нашої планети стає причиною прискорення циклів зміни клімату та продукує широкий спектр екологічних, економічних та соціальних проблем, які становлять загрозу для подальшого існування людського суспільства. Підвищення рівня моря, через прискорене танення льодовиків, загрожує прибережним містам і стає причиною порушення наявного еколо-

гічного балансу та виникнення різноманітних екстремальних погодних явищ, таких як: повені, урагани, опустелювання, тощо. В свою чергу, збільшення частоти та серйозності кліматичних катаклізмів несе за собою масштабні економічні виклики. Знищується інфраструктура необхідна для людської життєдіяльності – сільськогосподарські угіддя, транспортні шляхи, джерела водопостачання, міста, тощо. Це призводить до зниження продуктивності та доходів, а також значних фінансових витрат для відновлення пошкодженої інфраструктури. Також, інтенсивні зміни погодного режиму наносять серйозну шкоду людському здоров'ю. Погіршується якість повітря, зменшується якість продуктів харчування і води, підвищується імовірність захворювання, що несе серйозну загрозу вразливим верствам населення – дітям, хронічним хворим та людям похилого віку. Таким чином, через накладення економічної нестабільності на ризики для здоров'я, загострюється соціальна напруга, що стає рушієм для масштабних міграційних процесів. Це створює додатковий тиск на ресурси приймаючих країн, що призводить до соціальних конфліктів та погіршення загальної ситуації.

Місцем проживання переважної більшості людей на планеті є міста, які на сьогоднішній день є найбільшими джерелами забруднення навколишнього середовища. До 1950 року переважна більшість викидів ПГ була пов'язана з сільськогосподарською промисловістю, але з початком більш інтенсивної індустріалізації суспільства вона почала поступатися містам, а вже у 2020 році на міське середовище припадало близько 67-78% від загальних викидів. Погіршує ситуацію глобальна тенденція урбанізації, міське населення збільшується шаленими темпами продукуючи швидке розширення міст і потребуючи більшу кількість ресурсів, особливо це виражено в країнах, що розвиваються. Так, за період 2000 по 2015 роки, в Африці вона збільшилася з 28% до 38%, в Азії і Тихоокеанському регіоні з 46% до 54%, в Латинській Америці і Карибському регіоні з 55% до 66%, в Східній Європі і Західно-Центральній Азії з 57% до 62%. За прогнозами щодо урбанізації міська територія буде невпинно зростати і у 2050 році буде на 211% більшою ніж у 2015 [1, с. 863-865].

Розширення міської території переважно відбувається за трьома основними видами:

- Інфільтраційне. Передбачає забудову та ревіталізацію покинутих, деградованих та функціонально застарілих територій.

- Вертикальне. Передбачає збільшення щільності забудови та поверховості будівель і споруд.

- Горизонтальне. Передбачає розростання міської території за рахунок прилеглих територій.

Часто дані види комбінуються, але найбільшого поширення, особливо в країнах що розвиваються, набуло саме горизонтальне розширення міської території. Одночасно з таким розширенням міст спостерігається зниження щільності міського населення. Так, у період з 1970 по 2010 рік площа міської території подвоїлася, але у більшості країн було зафіксовано зниження щільності населення, що свідчить про інтенсивне та експансивне розростання. Ця тенденція характерна для міст усіх розмірів у Європі, Північній Америці, Південній Азії, Австралії, Японії та Новій Зеландії, причому найнижчу щільність населення традиційно мають США та Канада. При цьому, найдинамічніші процеси горизонтальної урбанізації спостерігаються в малих і середніх містах, що останніми роками активно збільшують свою територію.

Через постійне швидке і подекуди хаотичне розростання міст його населення опинилося в найбільш вразливому становищі щодо глобальних змін клімату. Пов'язано це з тим, що більша частина міських територій була сформована в періоди інтенсивної індустріалізації. Тобто з обширним заміщенням площі природно сформованих територій із використанням бетону, асфальту, металу, резини та інших подібних шкідливих будівельних матеріалів, які через свою структуру заважають природним процесам.

Однією з основних сучасних проблем міського середовища є явище, відоме як «ефект теплового острова», через яке температура у містах завжди більша в порівнянні з природною і сільською місцевістю. Це явище утворюється завдяки зміні в енергетичному балансі викликаної індустріальними будівельними матеріалами, які через свої теплоємні і теплопровідні властивості зберігають значно більше енергії від сонячного проміння відносно відкритої природної поверхні. Допоміжним фактором для підвищення температури внаслідок даного явища є енергія вироблена внаслідок людської життєдіяльності.

Водночас, існує пряма кореляція між розміром міста і ефектом теплового острова. У 2022 році працівники Об'єднаного дослідницького центру Європейської комісії зафіксували, що температура поверхні в міських районах може перевищувати показники сільської місцевості з аналогічними кліматичними умовами на 10–15°C. Наприклад, в Нью Йорку і Лондоні температура була на 4,5°C вищою ніж у їх передмісті, в Мадриді на 8,5°C, а в Мумбаях на 7°C [2].

Через підвищення середньої температури міське середовище починає стикатися з проблемами пов'язаними з водою. Внаслідок глобальних змін клімату зростає загальний рівень моря, а також кількість опадів, що особливо становить серйозну загрозу для міст [3]. Міська територія через скорочення площ озеленення має низьку здатність поглинати вологу, що викликає значне накопичення стічної води і як наслідок повені і підтоплення. Також, важливу роль відіграє історична близькість населених пунктів до річок та озер, які знов ж таки, через посилення опадів виходять з берегів затоплюючи оточуючі території. Такі процеси несуть деструктивну діяльність не тільки міському середовищу, але й самим джерелам водопостачання, адже антропогенне середовище стає завадою для природнього кругообігу води. Проходячи через міське середовище волога так чи інакше потрапляє в ґрунтові води, річки або озера, несучи з собою різне сміття, хімічні речовини та інші відходи, що забруднює, а подекуди і знищує їх, скорочуючи доступ населення до питної води.

Також, погіршує ефект від глобальної зміни клімату – вирубка дерев задля розширення міської території. Деревя являються своєрідними природніми бар'єрами, які захищають населення від надмірного шумового забруднення та сильного вітрового навантаження, формуючи комфортне середовище життєдіяльності.

Ще одна проблема з якою стикаються жителі міст пов'язана з продовольчим забезпеченням. Інтенсивне горизонтальне розширення міської території, як правило, відбувається за рахунок оточуючих лісових масивів або сільськогосподарських угідь. Через це втрачаються обсяги вирощування та населення втрачає доступ до свіжої і корисної продукції.

Вище перелічені проблеми міського середовища, які виникли внаслідок глобальної зміни клімату, несуть серйозну шкоду здоров'ю

і працездатності людей, а також являються значною завадою для подальшого розвитку людського суспільства. Водночас, найбільш вразливими до наслідків кліматичних трансформацій, не залежно від рівня їхньої участі в індустріальному розвитку, є країни з низьким і середнім забезпеченням. На них накладається непосильний для їх економічної спроможності тягар, а сучасні тенденції урбанізації лише ускладняють ситуацію.

Однією з країн, що розвиваються, є і Україна, в міському середовищі якої до негативних глобальних тенденцій зміни клімату і інтенсивного розростання міських територій, додається проблема повномасштабного військового вторгнення. Різноманітними техногенними катастрофами було нанесено і продовжує наноситися величезна і не виправна шкода українському навколишньому середовищу, включаючи водні системи, ліси, сільськогосподарські угіддя, тощо. При цьому, техногенна природа цих явищ ускладнює подолання їх наслідків у майбутньому, адже на відміну від кліматичних катаклізмів, вони не мають стандартизованих планів вирішення, а потребують складного індивідуального підходу.

На даний момент, внаслідок військових дій вже втрачено близько 425 000 гектарів лісових масивів. Найбільше постраждали східні області, де на місці колишніх лісів залишилися поля з поламаних стовбурів. Водночас, конфлікт посилив наявні в Україні проблеми інтенсивної втрати площ лісів, спричинених нелегальною вирубкою. За даними українських екологів, повне очищення територій колишніх лісів може зайняти близько 70 років, а подальше їх відновлення є надзвичайно складним і потребуватиме значних фінансових інвестицій [4].

Інша вагома екологічна проблема пов'язана з водними системами України. Військові дії спричинили масштабне забруднення водоймищ, а також масову загибель їхнього біорізноманіття, що є вкрай важливим для підтримки функціонування водного середовища. Так, інтоксикація річки Десни, розташованої на Півдні України, призвела до зникнення великої кількості організмів на ділянці довжиною 650 кілометрів [5].

Також, значного техногенного забруднення зазнали сільськогосподарські угіддя, що сильно вдарило по аграрній промисловості України. Це відобразилося не тільки в зменшенні експортної здатності, але й в збільшенні цін для населення і як наслідок проблемами в продо-

вольчому забезпечені. Особливо вразливими виявились жителів міст, для яких суттєво зменшився доступ до свіжих і корисних продуктів сільськогосподарської промисловості.

Серйозна шкода, внаслідок військових дій, була нанесена не тільки українським природним структурам, але й містам і селам. Зруйновано величезну кількість інфраструктурних об'єктів, таких як житлові будівлі, транспортні шляхи, системи постачання води і електрики, тощо. Це спричинило значні економічні збитки, а також соціальні і психологічні випробування для населення. Також, важливим фактором є знищення об'єктів культурної спадщини внаслідок бойових дій, що однозначно позначиться на ідентичності майбутнього архітектурного середовища.

Техногенні катастрофи, спричинені бойовими діями, завдали серйозної шкоди екосистемам, водним ресурсам, лісам та інфраструктурі України, що ускладнює їх адаптацію до глобальних змін клімату. Подібна ситуація вимагає розробки комплексних і цілеспрямованих заходів для мінімізації наслідків та збереження культурної спадщини, що є ключовим задля формування і трансформації майбутнього українського архітектурного середовища.

З вище сказаного, можна підсумувати, що:

1. Глобальна зміна клімату стає однією з основних загроз для подальшого розвитку людства, викликаючи і посилюючи значну кількість природних катаклізмів.

2. Людський вплив на екосистеми постійно підвищується, що обумовлює появу суто антропогенних проблем в екологічному, економічному і соціальному секторах.

3. Сучасні тенденції урбанізації, в яких переважає горизонтальний підхід розширення міської території, заважають нормальному протіканню природних процесів, що посилює ефект від глобальної зміни клімату для жителів міст.

4. Теплові острови, що є явищем притаманним суто міській території, значно ускладнюють процеси життєдіяльності жителів міст, що продукує економічні і соціальні проблеми.

5. Порушення водного балансу у містах посилюються через недбале водокористування, що спричинює знищення і забруднення існуючих водних систем.

6. Вирубка лісових масивів та скорочення площ сільсько-господарських угідь, для подальшого розширення міської території, негативно впливає на продовольчу безпеку населення і погіршує їх раціон.

7. Сучасні виклики в Україні, погіршуються внаслідок повномасштабного військового вторгнення, що спричинило велику кількість техногенних катастроф.

8. Необхідні комплексні заходи, направлені на подолання антагонізації міст і екосистем та будуть враховувати екологічні, економічні і соціальні аспекти певного регіону.

2.2 Поняття архітектурного середовища

Архітектурне середовище є багатовимірним феноменом, що формується під впливом соціальних, природних та техногенних факторів. Його визначають як систему просторових структур, що об'єднують природні та антропогенні елементи, забезпечуючи життєдіяльність людини [6].

Середовищний підхід розглядає архітектурне середовище не лише як фон для життя, а як активну систему взаємодії людини і простору, що враховує психологічні, соціокультурні та екологічні аспекти. Так, архітектурне середовище українського села розглядають як унікальне явище культурно-мистецького простору України, показуючи гармонію функціональності і естетичності, що виразилась у ієрархії композиційно-просторового розвитку. Середовищний підхід розглядається від просторів – хата, садиба, село, не лише як спосіб життя, що склалося внаслідок кліматичних, географічних, історичних умов, але і як сакральний світ українського селянина, його світобачення. [7]. Ця концепція була розвинена у працях Ле Корбузе, К. Лінча, А. Аалто, які наголошували на зв'язку між архітектурною формою та середовищем людини [8].

У рамках ноосферної теорії В. І. Вернадського, архітектурне середовище є частиною антропосфери – сфери свідомої діяльності людини, що змінює біосферу [9]. Це підкреслює важливість екологічного підходу до архітектури, що сприяє балансу між природними та штучними системами.

В період індустріального розвитку архітектурне середовище розглядається, як урбанізоване з техногенним порушенням і проблемами,

що накопичувалися за ХХ століття. Урбанізоване середовище – це результат антропогенного впливу, що визначає структуру міст та архітектурних об'єктів. Розвиваючи ідеї В.І. Вернадського – про середовищеві властивості «живої речовини» біосфери та про біогеоценоз як екосистему в межах фітоценозу, вчені поділяють біотичні засоби оптимізації середовища на три групи: фітомеліоранти, зоомеліоранти, протомеліоранти [10]. З цього приводу, можна визначити урбанізоване середовище як ареали зміненої природної території, що були заміщені урбо- та агроценозами. У багатьох наукових дослідженнях виділяють кілька підходів до визначення урбанізованого архітектурного середовища: це **функціонально-просторовий, психологічний, екологічний**.

Сутність функціонально-просторового підходу до формування архітектурного середовища, визначається як структурована система, що забезпечує життєві процеси людини. Воно створюється з урахуванням функціональних зв'язків між різними типами простору: житловими, робочими, рекреаційними, комерційними тощо.

Основними характеристиками у формуванні функціонально-просторового середовища є організація простору, яке відповідає потребам людини і виражається в розміщенні об'єктів згідно загальній структурі і транспортним комунікаціям. Сценарій використання середовища базується на відповідності архітектурним реаліям, які відповідають функціональним процесам. Це в свою чергу вирішує ефективність просторового використання міської території, її компактність, гнучкість та адаптивність. При цьому, спрацьовує принцип інтерактивності: архітектурне середовище реагує на зміну потреб суспільства, через гнучке планування та адаптивність архітектури до кліматичних змін, історичного контексту та інших факторів.

Ці принципи були розкриті в ключових концепціях, таких як: просторові моделі міста, на основі теорії «зонального планування» (К. Лінч, Л. Мамфорд), яке було основане на чіткій організації міського простору [8]; теорія «життєвого простору» Л. Берталанфі, який розглядав місто як біосоціальну систему, що розвивається за законами просторового метаболізму була розширена науковцями під керівництвом Ганг Лін до поняття «Виробництво–Життя–Екологія» (виробничий простір, життєвий простір та екологічний простір), як основний

орган оптимізації просторової структури, що став важливою основою для планування та реалізації функціональних зон на всіх рівнях [11].

Прикладами функціонально-просторового підходу є міста та великі багатфункціональні комплекси (mixed-use), «розумні» міста (smart cities) ХХІ століття, в яких була реалізована програма інтеграції транспортних, екологічних та соціальних інфраструктур.

Сутність психологічного підходу до трансформації урбанізованого архітектурного середовища розглядається як система знаків, символів і архетипів, що впливають на свідомість і підсвідомість людини, її поведінку, емоційний стан та культурну ідентичність. Основними характеристиками цього підходу є спосіб сприйняття людиною масштабних співвідношень архітектурно-просторових, об'ємно-пластичних та кольорово-фактурних категорій архітектури і його реакцію на це середовище. Людина сприймає середовище на рівні образно-асоціативних ознак, які мають символічне значення. При цьому архітектура виступає, як носій історичної пам'яті та культурної ідентичності. Людина має позитивний емоційний стан і сприймає комфортність та гармонічність середовища і його цілісність, якщо відчуває психологічну безпеку, масштабне просторове співвідношення до оточуючих елементів середовища (ергономіка) і орієнтується в складному мультифункціональному середовищі. Перцептивне сприйняття архітектурних форм і ритму утворює аперцепцію (ментальні образи місць) – **феноменологію простору** – «переживання» людиною міського простору, як систему «когнітивних карт міста» (К. Лінч) [8]. Це співпадає з теорією архетипів К. Юнга, який пояснював, що архітектурні образи можуть впливати на підсвідомість людини, і що традиційні міські простори викликають почуття стабільності. Феноменологія простору розглядається в теорії В. Л. Антонова, як «переживання» людиною катарсису, через світло-просторову та часову ритміку архітектурного середовища в процесі руху [12].

Ці концепції підтверджуються архітектурними шедеврами різних часів. Так, порив уверх простору центральних і бокових нефів готичної архітектури символізує духовне піднесення і прагнення адептів до Бога. А, православна архітектура, наприклад, Спаський собор Чернігівського дитинця, символізує Покрова – захист і духовне вознесення, через світло-просторову категорію архітектури. Сприйняття архітек-

тури модернізму – різноманітне. Так, каплиця архітектора Ле Корбузье в Роншані символізує філософію екзистенціалізму, як «переживання» відчуженості, нестабільності і самотності. Це виразилося в складній архітектурно-просторовій формі каплиці і в світло-часовій категорії архітектури: через різно направлені отвори в стіні пробиваються промені сонця і падають світловими плямами на стіни і підлогу споруди. Цей процес відбувається на протязі цілого дня і формує у людини образ нестабільності і втрати, що відчував архітектор після Другої світової війни. І навпаки, комфортний міський простір сприймається людиною при гармонійному освітленні, пропорційній ширині тротуарів, відсутності агресивних форм, легкій орієнтації в містах, які мають виразні архітектурні орієнтири.

При екологічному підході архітектурне середовище розглядається, як елемент екосистеми, що повинен мінімізувати антропогенний вплив на природу, сприяти збереженню ресурсів та стійкому розвитку. Основними характеристиками є енергоефективність – використання пасивних енергоощадних технологій (сонячні батареї, зелені дахи); сталий розвиток – інтеграція архітектури в природний ландшафт, використання екологічних матеріалів; екологічна рівновага – баланс між урбанізованими територіями та природними зонами; «жива» архітектура – створення середовища, що імітує природні процеси (біомімікрійна архітектура, «зелені» міста, тощо).

Цей підхід підтверджується ключовими концепціями, такими як: ноосферна теорія В. І. Вернадського, де розвиток цивілізації має бути гармонійним із біосферою [9]; біоінспірована, біосновні та живі матеріали в архітектурі, що самостійно підтримують екобаланс та адаптуються до кліматичних умов [13]; теорія екологічної сталості Л. де Гаррідо, який критикує «технологічні гаджети» в архітектурі, пропонуючи інтеграцію будівель у природний ландшафт [14]; концепція «розумного будинку», як сучасні екотехнології, що мають бути доповненням, а не заміною традиційних енергоефективних методів [15].

Ці теорії підтверджуються багатьма прикладами, такими як: екостійке місто – Ліхтенраде, Берлін – місто з пасивними будівлями та «розумними» енергомережами; архітектура біомімікрії – будівля «Eastgate Centre» в Зімбабве, що використовує принципи терміт-

ників для пасивного охолодження; вертикальні сади в проєкті «Bosco Verticale» в Італії – «зелені» фасади, що поглинають вуглекислий газ.

Як **висновок**, можна констатувати, що три підходи – функціонально-просторовий, психологічний та екологічний – не є взаємовиключними, а навпаки, доповнюють один одного. В сучасному архітектурному проєктуванні використовується інтегрований підхід, що поєднує функціональність, комфорт людини та екологічну стійкість, сприяючи гармонійному розвитку міських середовищ.

Таким чином, архітектурне середовище – це система просторово-предметних форм, що забезпечують комфорт і адаптацію людини в штучно створеному середовищі, з урахуванням екологічних, соціальних та естетичних чинників.

2.3 Культурно-історична ідентичність архітектурного середовища

Культурно-історична ідентичність є важливим фактором, що визначає унікальність архітектурного середовища. Вона відображає історичний розвиток, соціальні цінності, традиції та просторові архетипи, які формують генетичний код міста.

Шубович С.О. аналізує архітектурний зв'язок міфопоетичних моделей світу з архітектурною формою, підкреслюючи, що архітектурна домінанта виступає медіатором між історичним контекстом і сучасністю [16].

Криворучко Н.І. наголошує, що традиційні архітектурні моделі впливають на психологічне сприйняття міського простору, створюючи відчуття гармонії та приналежності до місця [17].

Можна виділити, що ідентичність архітектурного середовища визначається через: символіку та семантику просторових форм (історичні стилі, міські домінанти); культурні традиції містобудування (етнічні особливості, національні стилі); емоційне сприйняття простору (ефект катарсису, естетична єдність) [18].

Ідентичність архітектурного середовища – це унікальний характер простору, що визначається історичним, культурним, соціальним та естетичним контекстом. Вона відображає зв'язок між людиною, середовищем та історичною пам'яттю, формуючи неповторний образ місця (Геній Місця – *Genius Loci*).

Основними аспектами є символіка та семантика просторових форм. Архітектурне середовище як знаково-семантична система включає в себе символи, знаки та архетипи, що мають культурне, історичне та соціальне значення.

Ключовими характеристиками ідентичності архітектурного середовища є: історичні стилі – архітектурні стилі як носії історичної пам'яті (готика – духовне піднесення, бароко – урочистість, модерн – експериментальність); міські доміанти – ключові об'єкти міського простору, що виконують роль символів міста (собори, ратуші, монументи); архетипи архітектурних форм – елементи, що мають колективне несвідоме значення (колонни – велич, купол – духовність, арка – перехід); легенди та міфи міста – культурні наративи, що формують його особливий статус (Ейфелева вежа – символ Парижа, Колізей – символ Риму).

Ключовими концепціями ідентичності архітектурного середовища є: теорія символів та семіотики архітектури – Умберто Еко, Кевін Лінч; теорія когнітивного образу міста – Кевін Лінч: «образні ментальні карти міста» формують його ідентичність [8]; Геній Місця (Genius Loci) – Крістіан Норберг-Шульц: кожне місто має унікальну духовну атмосферу [19].

Культурно-історична ідентичність міст втілюється в традиціях містобудування, етнічних архітектурних стилях та просторових композиціях, що відповідають національним та регіональним особливостям. Вона визначається такими ключовими характеристиками, як: етнічна архітектура – специфічні конструктивні, матеріальні та естетичні рішення, що відображають традиції народу (японський мінімалізм, українські дерев'яні церкви); просторова організація – історично сформовані міські структури, адаптовані до клімату та способу життя (медина в арабських містах, середньовічні європейські міста з ратушами та площами); інтеграція з природою – гармонія з ландшафтом (італійські пагорбові міста, фінська органічна архітектура); національні стилі – унікальні художньо-архітектурні традиції (українське бароко, швейцарські шале, скандинавський функціоналізм).

Ключовими концепціями культурно-історичної ідентичності міст є: теорія «народного зодчества» А. Рапопорта, де традиційна архітек-

тура відображає ментальні та соціокультурні особливості народу [20]; теорія регіоналізму К. Фрамптона, в якій розкрито протиставлення глобалізації та втрати локальної ідентичності [21]; ноосферна теорія Вернадського, де містобудування розкрито, як процес синтезу природного та соціального середовища [9].

Приклади культурно-історичної ідентичності міст: японський рьокан (традиційний готель) – використання татамі, дерева та мінімалістичного дизайну; українські дерев'яні церкви Карпатського регіону – гармонія з природним ландшафтом, горизонтальна структура; фінська архітектура Алвара Аалто – органічне поєднання природи та модернізму.

Емоційне сприйняття архітектурного середовища формується через естетичний, ритмічний, світловий та просторовий вплив, що може викликати ефект катарсису, відчуття гармонії або напруги.

Ключовими концепціями емоційного сприйняття архітектурного середовища є: психологія просторового сприйняття, в якій розкривається вплив архітектурної форми на емоційний стан людини [22]; композиційна екологізація простору, як гармонізація архітектури через оптимальне поєднання маси, світла, кольору [6].

Так, в будинку Френка Ллойда Райта «Над водоспадом» створюється плавний перехід між внутрішнім і зовнішнім просторами, що викликає відчуття спокою, динаміки та гармонії.

Ідентичність архітектурного середовища визначається трьома ключовими складовими: символікою та семантикою, які проявляються в історичній пам'яті, міських домінантах, архетипах; культурними традиціями – етнічна архітектура, національні стилі, інтеграція з природою; емоційним сприйняттям – ритм, гармонія, ефект катарсису.

Як **висновок**, можна зазначити, що ці три підходи формують унікальний характер місця та забезпечують зв'язок між людиною, архітектурою та культурою.

Таким чином, збереження культурно-історичної ідентичності архітектурного середовища є ключовим для сталого розвитку міст, оскільки воно забезпечує спадкоємність традицій та гармонійну інтеграцію сучасної архітектури в історичний контекст.

3. Стратегії формування і трансформації архітектурного середовища

3.1 Формування архітектурного середовища до індустріальної революції

Доіндустріальний період формування і трансформації архітектурного середовища характеризувався поверненням ідей античності і Класицизму, які втілювалися в новому стилі – Нео класицизмі. Цей стиль використовував основні ідеї і елементи античної архітектури, такі як прості геометричні форми, симетрія фасадів, колони і фронтони, «благородні» матеріали. При цьому, вони в ньому не сліпо копіювалися, а переосмислювалися і доповнювалися ідеями і технологіями того часу.

Натхнення античністю не закінчувалося проєктуванням окремих будівель, а використовувалося в повноцінному формуванні архітектурного середовища. Міське планування періоду Нео класицизму, відтворювали строгу сіткову або радіальну систему міст Римської імперії з просторими майданами і вулиць із замкненими перспективами.

Видатними архітекторами, які працювали в даному стилі, є Жак-Жермен Суффло з проєктом Пантеон, Карл Фрідріх Шинкель з проєктом музею в Берліні та Томас Джефферсон з будівлею університету Вірджинії та садибою Монтічелло. Також, вагомий вплив на нео класичну архітектуру спричинив Андреа Палладіо, хоча він не жив в цей період.

Ідеї Палладіо, пов'язані з монументалізмом архітектури, вплинули на тогочасний взаємозв'язок архітектурного середовища з навколишньою природою. Зберігалося уявлення про будівлю, як об'єкт мистецтва та пам'ятник, що має величати над своїм оточенням, а не бути органічною і повноправною його частиною. При цьому, зберігалося суцільно естетичне надихання природними системами, яке переважно відображалося в елементах оздоблення фасадів та внутрішнього простору будівель і споруд. При проєктуванні існуюче природне оточення здебільшого ігнорувалося, але не знищувалося і не забруднювалося, як в наступних періодах. Це скоріше було зумовлено нездатністю тогочасних технологій до значного антропогенного впливу, чим заду-маним рішенням.

В країнах з переважно помірними кліматичними умовами, до яких відноситься держави регіону Європи і Північної Америки, Нео класи-

цизм набув широкого розповсюдження і практично не видозмінювався в залежності від кліматичних умов місця проєктування, а основними відмінностями, в цьому контексті, були використані будівельні матеріали. Проте, в колоніальній архітектурі того часу, у зв'язку з більш екстремальними погодними умовами, існували певні винятки.

В кінці XIX століття, в Малайзії, в той час колонії Британської імперії, будівлі громадського призначення проєктувалися підходом модернізації народного малайського архітектурного стилю. Таке культурне наслідування зберігало ключові елементи будівель і споруд місцевого дизайну, що були сформовані внаслідок тривалих випробувань локальними погодними умовами. Це дало можливість адаптувати європейський Неокласицизм до вологого клімату Південно-Східної Азії [23, с. 2-6].

Прикладом такого підходу проєктування є поштовий офіс в місті Іпох, розташоване в штаті Перак. В цій будівлі присутні симетрія, прості геометричні форми та ряди колонад, але в цей же час крутий схил даху, декоративні елементи та широкі вікна, що були притаманні місцевій архітектурі. Ще одним прикладом є перша залізнична станція, яка розташовувалась на Заході від міста Куала Лумпур і забезпечувала його сполучення з містом Кланг. Дана будівля була побудована суцільно з деревини і мала певні ознаки вікторіанського стилю. Проте, багат шаровість і конструкція покрівлі, а також елементи оздоблення повторювали традиційний малайський стиль, що віддзеркалював з однієї сторони культурні особливості ідентичності, а з іншої – вирішував питання адаптації архітектурного середовища до природних умов [23, с. 7].

З вище сказаного, можна зробити наступні висновки:

1. Доіндустріальний період відзначався **відродженням ідей античності та Класицизму**, що знайшло своє відображення у формуванні нового архітектурного стилю – неокласицизму, який поєднував класичні елементи з новітніми технологіями та ідеями того часу.

2. Неокласицизм проявлявся не лише в окремих будівлях, а й у загальному міському плануванні, де використовувалися принципи античних систем – **сіткові або радіальні схеми міст** із відкритими просторами, що створювало відчуття порядку та монументальності.

3. **Естетичне, а не функціональне інтегрування природи:** Хоча архітектурні форми надихалися природними мотивами, існуюче природне оточення зазвичай не інтегрувалося в архітектурне середовище, що було зумовлено обмеженнями технологій того часу, а також періодом до-урбанізованих процесів, які виникнуть пізніше.

4. У регіонах з екстремальними кліматичними умовами, як, наприклад, у Малайзії, європейський неокласицизм **адаптувався шляхом інтеграції місцевих архітектурних елементів**, що дозволяло ефективно реагувати на специфіку погодних умов.

3.2 Формування архітектурного середовища від середини XIX до XX століття

Епоха індустріальних революцій глибоко змінила парадигму мислення і загальні стратегії до планування архітектурного середовища. Кардинально змінилися суспільні потреби, які намагалися відобразити синтез здобутків технологічного прогресу. Водночас, саме в цей період історії, почалися наймасштабніші процеси урбанізації. Будувалася велика кількість масивних заводів і фабрик, що збільшувало промислові можливості, але потребувало значної кількості робочих рук. Через це пришвидшилися темпи росту міського населення та території. Непропорційне і подекуди хаотичне розширення міст, породило нові ідеї і частково змінило філософію формування і трансформації архітектурного середовища [24].

Одним з основних рушіїв пришвидшення темпів будівництва, стало масове виробництво індустріальних будівельних матеріалів, а саме залізобетону, чавуну, сталі, скла, тощо. Вони замінили популярні на той час цеглу і деревину, а також дали змогу проєктувати нові форми і елементи. Впровадження використання нових матеріалів кардинально змінили конструктив будівель, прибравши необхідність несучих стін. Це сприяло прискоренню темпів будівництва та створенню більш вільніших планувальних рішень. Така свобода у видозміні планування суттєво вплинула на вигляд фасадних рішень та естетику архітектури в цілому.

Нові технології не тільки дозволили виготовляти будівельні матеріали в більших масштабах, але й прискорили темпи зведення будівель і споруд, що значно здешевило і пришвидшило терміни будівництва.

Також, поява нових конструктивних елементів дозволи збільшувати висотність будівель, що заклало основу для перших хмарочосів та істотно змінило міську панораму цієї епохи.

Інтенсивні темпи індустріалізації змінили існуючу типологію будівель, які потребували нових архітектурних рішень для фабрик, складів і великих виробничих об'єктів. В таких об'єктах, основний акцент проектування робився на функціональності, що відображалось в просторій внутрішній структурі для ефективного розміщення промислового обладнання та формування робочих процесів. Дизайн індустріальних споруд передусім відображав практичність та утилітарність даного періоду історії.

Масштабне будівництво нових промислових об'єктів суттєво вплинуло на міське планування, спричинивши утворення містоутворюючих підприємств, навколо яких швидко формувалося міське середовище, часто без належної інфраструктури. Такий підхід, створював проблеми перенаселення, санітарних умов, росту кримінальної активності, що значно знижувало комфортність і рентабельність даного міського середовища.

Під кінець XIX – початок XX століття виникає серйозна криза класичного уявлення про формування і трансформації архітектурного середовища, що спричинило перегляд існуючих цінностей мистецтва і науки. Цей період ознаменується появою течій функціоналізму та модерну, що відображали зміни у сприйнятті простору, часу й матерії.

Французький архітектор Ле Корбюзьє, який був яскравим представником функціоналізму та модернізму, розробив нову систему під назвою «Модулар», для масштабування архітектурних об'єктів під людські пропорції [25], для якої він спирався на ідеї античних та ренесансних зодчих. Однак, після Другої світової війни, він переосмислив свої підходи, відмовившись від пропорційності, як головної характеристики формоутворення, на користь духовного символізму.

Стрімкі темпи технологічного прогресу та пов'язані з ним процеси урбанізації, поступово почали формувати відчуття антагонізації міського середовища з природним оточенням і самою людиною, що стало причиною пошуку альтернативних архітектурних концепцій. Так, XX століття ознаменувало радикальні зміни у мистецтві, науці, філософії, а також в архітектурному ремеслі. На противагу індустрі-

альним урбаністичним тенденціям виникла нова течія – органічна архітектура, яка прагнула відновлення балансу міста з його природним оточенням. Започаткував цю течію американський архітектор Луїс Саллівен, але велику роль у її популяризації відіграв його учень Френк Ллойд Райт. Їхні ідеї перейняв фінський архітектор Алвар Аалто, який поширив цей стиль в Європі. Органічна архітектура стала підґрунтям сучасної екологічної архітектури, орієнтованої на відновлення балансу між антропогенним і природним середовищем.

Великий вплив на створення органічної архітектури відіграла східна філософія, зокрема в буддистському вченні, гармонія постає як баланс між природою і людиною, добром і злом [26]. Важливо зазначити, що в тогочасній Японії виник свій аналог органічної архітектури, ідеї якого втілювались в русі метаболістів. Яскравими представниками даної течії були Кікутаке Кійонорі та Курокава Кісьо.

З розвиток органічної архітектури, стало з'являтися дедалі більше екологічно направлених стратегій формування і трансформації архітектурного середовища, а його основними ідеями була – мінімізація впливу на оточуюче довкілля із зменшення використання технологічних процесів. Фахівці того часу, представляли майбутнє «зеленої» архітектури, яке має спиратися на знання природних систем і процесів, інтегруючи суцього необхідні технології. Таким чином, вона повинна синтезувати природне оточення, соціальну складову та мінімальний техногенний вплив, забезпечуючи довготривалий баланс між людиною та екосистемою.

Однак, такий підхід викликав хвилю критики в послідовних періодах історії. Іспанський архітектор Л. Гаррідо охарактеризовує «зелені» стратегії як маркетинговий хід, що ніяк не зменшує антропогенний вплив на екосистеми. За його оцінками, архітектурне планування забезпечує близько 80% екологічної направленості будівлі, в той час, «зелені» технології відповідають лише за 5% [14].

Це послужило виникненню альтернативних підходів до формування екологічної архітектури. Наприклад, біоінспірована архітектура, яка повинна була: мінімізувати споживання ресурсів, впровадити відновлювальні екосистеми та інтегруватися у природне середовище. Водночас, японський архітектор Кен Янг запропонував свою концепцію «екологічного проектування», де архітектура є рівноправною

частиною біосфери, а відходи одних систем стають ресурсами для інших [27].

З вище сказаного, можна зробити наступні висновки:

1. Індустріальні революції кардинально змінили стратегії формування і трансформації архітектурного середовища, **впровадивши нові будівельні матеріали та технології**. Це дозволило створити нові конструктивні рішення та змінити планувальні системи.

2. Прискорення темпів індустріалізації призвели до **появи нових типів будівель**, фабрик, складів і інших великих промислових об'єктів, в яких головними принципами виступали функціональність, ефективність і рентабельність. Обширне будівництво породило значну кількість проблем, пов'язаних з перенаселенням, санітарними умовами та кримінальною активністю.

3. Інноваційні архітектурні підходи того часу, були представлені стилями – **функціоналізмом і модернізмом**, які відображали здобутки технологічного прогресу. Проте згодом виникала потреба в перегляді цих концепцій на користь більш глибокого символізму та людських пропорцій.

4. Зростаючий антропогенний став поштовхом до розвитку альтернативних архітектурних течій – **органічної та потім екологічної архітектури**. Головною ідеєю яких стало прагнення відновити баланс між архітектурним середовищем та оточуючою природою.

3.3 Стратегії адаптації архітектурного середовища в новітню епоху

На відмінну від попередніх періодів розвитку людської цивілізації, ХХІ століття демонструє найбільші здобутки в сталих, екологічних та природо орієнтовних підходах до формування та трансформації архітектурного середовища. Основними ідеями в яких є не тільки мінімізація ефекту погодних змін, але й підвищення сталості міст до майбутніх можливих кліматичних трансформацій. Проте, головною їх проблемою є вузька направленість на вирішення однієї чітко визначеної проблеми, а не створення комплексного підходу протидії кліматичним викликам.

Наприклад, ефективним вирішення проблем формування архітектурного середовища в умовах високих температур є проєкт міста

«Masdar City», розташованого в ОАЕ. Головною задачею при будівництві даного міста було вироблення стратегій задля мінімізації створення і зберігання тепла, зменшення споживання енергії та максимізація природної вентиляції. В першу чергу, це було досягнуто за допомогою компактного розташування будівель для створення вузьких затінених вулиць, через що зменшується вплив сонячного проміння та знижується температура. Також, при плануванні вуличної мережі враховувалися напрямки переважаючих вітрів, що дало змогу природного охолодження. Будівлі міста розроблялися із спеціальними конструкціями затінення розміщених на фасадах, які були натхнені традиційними арабськими «машрабіями». Вони ефективно блокують пряме сонячне світло, розсіюючи його, при цьому залишають можливість циркуляції повітря всередині приміщення. Також, фасади проєктувалися із використанням сучасних низько-вуглецевих матеріалів, які мають здатність відбивати, а не поглинати тепло. На покрівлях будівель розміщували фотоелектричні сонячні панелі, що одночасно виробляють енергії і затіняють простори для відпочинку. Важливою особливістю проєкту даного міста було використання традиційних для цього регіону архітектурних елементів, таких як вітрові вежі для вловлювання прохолодного вітру на висоті та спрямування його на рівень перехожих [28].

Стратегія планування «Masdar City» ефективно інтегрує сучасні технології з традиційними містобудівними практиками для створення комфортного архітектурного середовища адаптованого до умов високих температур. Такий підхід запобігає утворенню теплових островів, створюючи комфортне середовище життєдіяльності людей. Також, він продовжує історичний розвиток архітектури даного регіону, зберігаючи його традиції та ідентичність.

В свою чергу, для вирішення проблем надмірних опадів, заболочення, повеней та підтоплень розроблено містобудівну концепцію «Sponge city» (місто губка), яка вперше була представлена весною 2012 року на форумі міського розвитку в Шеньчжені, КНР. Основною причиною запровадження даної концепції було вирішення проблем пов'язаних з водою в китайських містах, а саме: повені, забруднення, заболочення, деградація та дефіцит водних ресурсів.

Це досягалося за рахунок чотирьох основних принципів водного користування: поглинання, зберігання, фільтрація та повторне використання.

Впровадження даної концепції завжди починалося з широкого аналізу наявних водних систем, визначалася їх кількість, об'ємність, протяжність та ступінь забрудненості. Після цього, починала проектуватися спеціальна «губчаста» інфраструктура, яка включає в себе зелені насадження, водно-болотні угіддя, ландшафтні елементи (сухі струмки, трав'яні канали, дощові сади), водопроникне мощення, резервуари збору води та технологічні системи моніторингу і управління потоками.

На сьогоднішній день «Sponge city» ефективно застосована в багатьох містах Китаю, включаючи Ухань, Пінгсян, Хайкоу та багато інших [29]. При цьому, відмічається її гнучкість і здатність пристосовуватися до найрізноманітніших кліматичних умов, задля вирішення проблем пов'язаних з надмірними опадами та водними системами в умовах сучасних інтенсивних погодних змін.

В сучасний період розвитку людського суспільства серйозно постає проблема продовольчого забезпечення, особливо по відношенню до жителів міст. Вирішення якої розробила компанія «Exploration Architecture» та яке представляє собою мережу міських ферм і теплиць. Проект, під назвою «Sahara Forest», поєднує технології натхнені природою та відновлювальні джерела енергії [30]. Основною ідеєю проекту стало вивчення механізмів адаптації місцевої флори та фауни до навколишніх умов клімату. Було досліджено здатність локальних видів комах регулювати температуру завдяки ранковій росі та можливість місцевих рослин накопичувати й зберігати вологу.

Використання такого підходу посприяло впровадженню новітніх технологій, серед яких:

1. Теплиці з морським охолодженням. Випарне охолодження та зволоження повітря за допомогою морської води дозволяє підтримувати стабільне цілорічне виробництво. Врожайність таких теплиць співставна з традиційними аналогами, проте вони взагалі не потребують прісної води.

2. Комбінація двох типів сонячних панелей. Проект використовує фотоелектричні та концентровані сонячні панелі, що виробляють елек-

тричну та теплову енергію відповідно. Навколишня рослинність ферм сприяє підвищенню ефективності панелей, оскільки вона зменшує запиленість, а наявність систем накопичення води сприяє регулярній очистці. Завдяки високій енергоефективності, даний «Sahara Forest» не лише забезпечує власні потреби в електроенергії, а й експортує її надлишок.

3. Системи відновлення рослинності. Впровадження ефективних систем поливу, меліорації ґрунтів та технологій випарного охолодження сприяє відновленню рослинного покриву в пустельних умовах. Використання азото-фіксуючих рослин та відходів аграрної промисловості дозволяє підвищити врожайність.

Ефективність міських ферм «Sahara Forest» сприяє формуванню нових економічних зв'язків, створюючи торговельно-збутові ланцюги, що позитивно впливають на економіку регіону. Крім того, ці ферми відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, забезпечуючи місцеве населення свіжими та екологічно чистими продуктами.

Хоча окремі архітектурні об'єкти направлені на вирішення індивідуальних проблем, які пов'язані з глобальною зміною клімату, виділяються певні рекомендації щодо проєктування сталого архітектурного середовища. Американський Інститут Архітекторів (AIA) зазначає основні способи зменшення ефекту кліматичних змін на архітектуру [31]. По-перше, зосередитися на модернізації та трансформації існуючого фонду будівель і споруд, адже будівельна промисловість являється дуже великим джерелом викидів парникових газів і забруднення навколишньої природи. Оновлення існуючих об'єктів підвищить загальну сталість архітектурного середовища, а також усуває антропогенний вплив спричинений процесами будівництва. По-друге, використовувати будівельні матеріали з малим вмістом вуглецю. Використання традиційних індустриальних матеріалів, таких як бетон і сталь, підвищує вуглецевий вплив будівлі на своє оточення. Найпростіший і найефективніший спосіб – замінити їх екологічно чистими матеріалами, таким як деревина, глина, біоцемент, очерет, тощо. По-третє, інтегрувати відновлювальні джерела енергії. Впровадження замкнутого циклу використання необхідних ресурсів значно знизить вплив об'єкту проєктування на навколишнє середовище, а також полегшить подальшу його експлуатацію.

З вище сказаного, можна зробити наступні висновки:

1. XXI століття характеризується значним **впровадженням сталих і екологічних підходів** у формуванні і трансформації архітектурного середовища, задля його адаптації до глобальних змін клімату.

2. Проекти, як «Masdar City» **інтегрують традиційні архітектурні практики з сучасними технологіями** для мінімізації ефекту теплових островів та збереження ідентичності архітектурного середовища.

3. Містобудівна концепція «Sponge city» демонструє **екологічні підходи до користування водними ресурсами**, що ефективно бореться з проблемами надмірних опадів, викликаних глобальною зміною клімату.

4. Проект «Sahara Forest», підкреслює важливість поєднання **сучасні аграрних технології та відновлюваних джерел енергії** для забезпечення продовольчої безпеки, в особливості для мешканців міст.

5. Світова архітектурна спільнота активно просуває важливість модернізації існуючих будівельних фондів, використання екологічно чистих матеріалів та інтеграції відновлюваних джерел енергії для **зниження впливу архітектури на навколишнє середовище**.

4. Висновки

Сучасне архітектурне середовище має відповідати викликам XXI століття, що вимагає комплексного та методологічно обґрунтованого підходу до його формування та реформування. Можна виділити основні аспекти. До них відносяться: екологічна сталість – архітектура як частина екосистеми; регіональна ідентичність – збереження культурного контексту; соціальна інтеграція – міста для людей; технологічні інновації – адаптивні та «розумні» рішення.

Комплексний підхід до архітектурного середовища характеризується поєднанням традицій, екології, функціональності та інновацій, що створюють гармонійний простір для сучасного суспільства. Стратегія запровадження комплексного підходу до формування і трансформації архітектурного середовища, полягає у наступних моделях:

1. **Проектування адаптивної забудови:** зелені дахи та вертикальні сади. Дана модель демонструє впровадження зелених дахів і вертикальних садів у міському середовищі як ключових елементів екологічної архітектури. Зелені дахи сприяють охолодженню будівель, змен-

шуючи енергоспоживання і поглинають вуглекислий газ, зменшуючи викиди в атмосферу. Вертикальні сади покращують мікроклімат міста, забезпечуючи додаткову ізоляцію та зменшуючи теплове навантаження на оточуючі будівлі. Впровадження таких елементів дозволяє створити більш комфортне та екологічно безпечне середовище для міських жителів.

2. Проєктування енергоефективного міста: впровадження і використання відновлюваної енергії. Модель ілюструє застосування відновлюваних джерел енергії у міському середовищі для зменшення викидів вуглекислого газу та забезпечення енергетичної незалежності. Сонячні панелі дозволяють отримувати автономне енергозабезпечення для будівель та громадських просторів, скорочуючи потребу у викопному паливі. Вітрові турбіни сприяють сталому розвитку, генеруючи екологічно чисту електроенергію для міської інфраструктури. Така стратегія допомагає містам адаптуватися до енергетичних викликів та зменшити вплив на навколишнє середовище.

3. Проєктування стійкого водного управління: використання дощової води та проникних покриттів. У моделях показані рішення для ефективного управління водними ресурсами в міському середовищі. Рекуперація дощової води дозволяє зменшити навантаження на каналізаційну систему та використовувати воду для поливу зелених зон. Проникні покриття запобігають підтопленням, дозволяючи воді природним чином проникати у ґрунт, що сприяє покращенню водного балансу, що підтверджують програми «Sponge city». Використання цих підходів допомагає містам краще пристосовуватися до змін клімату та зменшувати ризики, пов'язані з екстремальними погодними умовами.

4. Інтегрований підхід в архітектурному проєктуванні забезпечує баланс між функціональністю, комфортом людини та екологічною стійкістю, що сприяє гармонійному розвитку міського середовища. Архітектурне середовище формується як система просторово-предметних структур, які не лише відповідають потребам адаптації людини до штучно створеного простору, але й враховують екологічні, соціальні та естетичні чинники.

5. Збереження культурно-історичної ідентичності є ключовим чинником сталого розвитку міст, оскільки воно забезпечує спадко-

смість традицій та інтеграцію сучасної архітектури в історичний контекст. В регіонах з екстремальними кліматичними умовами архітектурне середовище адаптується через використання локальних будівельних традицій, що дозволяє ефективно реагувати на специфіку погодних змін і забезпечує сталість середовища.

Ці моделі демонструють комплексний підхід до адаптивного архітектурного середовища, що забезпечує його стійкість, ефективність та екологічність у сучасних умовах кліматичних змін.

Список літератури:

1. Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change. New York, 2022. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf (дата звернення: 13.02.2025).
2. Mooney A. Global cities grapple with how to cool urban heat islands. *Financial Times*. 2025. URL: https://www.ft.com/content/e598e669-046e-4fb4-87a3-cf7f69f6c7e3?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 13.02.2025).
3. Murray S. Cities harness nature in the fight against flooding. *Financial Times*. 2025. URL: https://www.ft.com/content/2e1c89f2-e993-490d-981d-bbca83dd99da?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 13.02.2025).
4. Hudner M. Ukraine's vast forests devastated in hellscape of war. *Reuters*. 2024. URL: <https://www.reuters.com/investigates/special-report/ukraine-crisis-environment-forests/> (дата звернення: 13.02.2025).
5. Hardling L., Mazhulin A. «Everything is dead»: Ukraine rushes to stem ecocide after river poisoning. *The Guardian*. 2024. URL: https://www.theguardian.com/world/2024/oct/01/ukraine-seim-river-poisoning-chernihiv-ecocide-?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 13.02.2025).
6. Русевич, Т., Цись, А. Екзистенційний підхід до проектування дизайну інтер'єрів. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2020. № 58. С. 272–282. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.58.272-282>
7. Kiuntzli R. Architectural environment of village as unique phenomenon of cultural and artistic space of Ukraine. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв*. 2015. № 5. С. 23–25. URL: <https://visnik.org.ua/pdf/v2015-05-04-kiuntzli.pdf> (дата звернення: 13.02.2025).
8. Чепелюк Ю В. Композиція архітектурного середовища як вираження «цілого» – «єдиного»: автореф. дис. ... канд. архіт.: 18.00.01. Харків, 2001. 31 с.
9. Сова. А. Вчення В.І. Вернадського про біосферу та перехід, становлення її в ноосферу. *Геологія*. 2013. № 3(62). С. 47–50. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU_geol_2013_3_14 (дата звернення: 13.02.2025).
10. Кучерявий В.П. Урбоекологія, фітомеліорація: витoki і шляхи розвитку. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2011. № 2(4). С. 25–30. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/2182> (дата звернення: 13.02.2025).

11. Lin G., Jiang D., Fu J., Zhao Y. A Review on the Overall Optimization of Production–Living–Ecological Space: Theoretical Basis and Conceptual Framework. *Land*. 2022. Vol. 11, №3. P. 345. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11030345>
12. Антонов В. Л. Історія соціального розвитку, мистецтва та архітектури. Стародавня Греція: навч. посібник. Київ: ІСДО, 1993. 156 с.
13. Chayaamor-Heil N., Perricone V., Gruber P., Guena F. Bioinspired, biobased and living material designs: a review of recent research in architecture and construction. *Bioinspiration & Biomimetics*. 2023. Vol. 18, № 4. DOI: <https://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/acd82e>
14. Garrido L. Self sufficient: green architecture. Barcelona, 2012. 95 p.
15. Gram-Hanssen K., Darby J.D. «Home is where the smart is»? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. *Energy Research & Social Science*. 2018. Vol. 37. P. 94–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.037>
16. Шубович О.С. Міфопоетична культура в естетиці міста (наукові основи – мистецтво – архітектура): навч. посібник. Харків : ХНАМГ, 2008. 120 с.
17. Kryvoruchko N., Yuhan L. Parametric design as a method of forming the architectural environment. *Trends, theories and ways of improving science: proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. (Madrid, February 28 – March 03 2023). Madrid, 2023. P. 16–20.
18. Шубович С.О., Панова Л.П., Гамалей Г.В. та інші. Курс лекцій з дисципліни «Теоретичні та методичні основи архітектурного проектування» (для студентів 3 курсу денної форми навчання напрям 1201 (6.060102)–«Архітектура» спеціальність 6.060100–«Містобудування»). Харків: ХНАМГ, 2009. 113 с.
19. Norberg-Schulz C. *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. New York, 1979. 216 p.
20. Rapoport A. *House Form and Culture*. Prentice Hall, 1969. 150 p.
21. Wines J. *Green Architecture*. Taschen, 2000. 240 p.
22. Rey F. Vygotsky's «The Psychology of Art»: A foundational and still unexplored text. *Estudos de Psicologia (Campinas)*. 2018. Vol. 35, № 4. P. 339–350. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-02752018000400002>
23. Raja Abdul Kadir Tengku Anis Qariyah, Mohd Nawawi Norwina. Architectural Regionalism during the Neo-Classical Era: Classifying the Architectural «Hybrid» Stylistic Forms. *Cultural Syndrome*. 2021. Vol. 3, № 1. P. 46–82. URL: https://www.researchgate.net/publication/366905327_Architectural_Regionalism_during_the_Neo-Classical_Era_Classifying_the_Architectural_Hybrid_Stylistic_Forms
24. Menga L. Industrial Revolution And The Birth Of Modern Architecture. *Vision International Scientific Journal*. 2022. Vol. 7, № 1. P. 105–123. DOI: <https://doi.org/10.55843/ivisum2271105m>
25. Le Corbusier. *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally applicable to Architecture and Mechanics*. London, 1961. 243 p.

26. Buddha // Stanford Encyclopedia of Philosophy. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/buddha/> (дата звернення: 16.02.2025).

27. Yeang K. Ecodesign: a manual for ecological design. Wiley-Academy, 2006. 499 p.

28. Sustainable Design // Masdar City. URL: https://www.masdarcity.ae/sustainable-urban-development/sustainable-design?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 16.02.2025).

29. Криворучко Н.І., Тіماشков М.П. Програма «Sponge City» як система методів адаптації до змін клімату у реформуванні і формуванні архітектурного середовища. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2024. № 69. С. 252–269. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.252-269>

30. Kerin B. Lessons from the Sahara Forest Project. *Sustaining People*. 2014. URL: <https://sustainingpeople.org/2014/09/18/lessons-from-the-sahara-forest-project/> (дата звернення: 16.02.2025).

31. Four ways architects can fight climate change. *AIA*. 2023. URL: https://www.aia.org/resource-center/four-ways-architects-can-fight-climate-change?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 16.02.2025).

References:

1. IPCC. (2022). *Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change*. Retrieved from https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf

2. Mooney A. (2025, February 11). Global cities grapple with how to cool urban heat islands. *Financial Times*. Retrieved from https://www.ft.com/content/e598e669-046e-4fb4-87a3-cf7f69f6c7e3?utm_source=chatgpt.com

3. Murray S. (2025, February 11). Cities harness nature in the fight against flooding. *Financial Times*. Retrieved from https://www.ft.com/content/2e1c89f2-e993-490d-981d-bbca83dd99da?utm_source=chatgpt.com

4. Hudner M. (2024, October 10). Ukraine's vast forests devastated in hellscape of war. *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/investigates/special-report/ukraine-crisis-environment-forests/>

5. Hardling L., Mazhulin A. (2024, October 1). «Everything is dead»: Ukraine rushes to stem ecocide after river poisoning. *The Guardian*. Retrieved from https://www.theguardian.com/world/2024/oct/01/ukraine-seim-river-poisoning-chernihiv-ecocide-?utm_source=chatgpt.com

6. Rusevich, T., Tsys, A. (2020). Ekzystentsiyni pidkhid do proiektuvannia dyzainu interieriv [An existential approach to interior design]. *Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannia*, vol. (58), pp. 272–282. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2020.58.272-282> (in Ukrainian)

7. Kiuntzli R. (2015). Architectural environment of village as unique phenomenon of cultural and artistic space of Ukraine. *Visnyk Kharkivskoi derzhavnoi akademii dyzainu i mystetstv*, (5), 23–25. Retrieved from <https://visnik.org.ua/pdf/v2015-05-04-kiuntzli.pdf> (accessed February 13, 2025)

8. Chepeliuk Y. V. (2001). *Kompozytsiia arkhitekturnoho seredovyscha yak vyrazhennia «tsiloho» – «iedynoho»* [The composition of the architectural environment as an expression of the «whole» – «united»]: avtoref. dys. ... kand. arch.: 18.00.01. Kharkiv, 31 p. (in Ukrainian)

9. Sova. A. (2013). Vchennia V.I. Vernadskoho pro biosferu ta perekhid, stanovlennia yii v noosferu [The teachings of V.I. Vernadsky about the biosphere and its transition and formation into the noosphere]. *Geologiiia*, vol. 3(62), pp. 47–50. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU_geol_2013_3_14 (accessed February 13, 2025) (in Ukrainian)

10. Kucheriavyi V.P. (2011). Urboekolohiia, fitomelioratsiia: vytoky i shliakhy rozvytku [Urban ecology, phytomelioration: origins and development paths]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia*, vol. 2(4), pp. 25–30. Available at: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/2182> (accessed February 13, 2025) (in Ukrainian)

11. Lin G., Jiang D., Fu J., Zhao Y. A. (2022). Review on the Overall Optimization of Production–Living–Ecological Space: Theoretical Basis and Conceptual Framework. *Land*, 11(3), 345. <https://doi.org/10.3390/land11030345>

12. Antonov V. L. (1993) *Istoriia sotsialnoho rozvytku, mystetstva ta arkhitektury. Starodavnia Hretsii: navch. posibnyk* [History of social development, art and architecture. Ancient Greece: textbook]. Kyiv: ISDO, 156 p. (in Ukrainian)

13. Chayaamor-Heil N., Perricone V., Gruber P., Guena F. (2023). Bioinspired, biobased and living material designs: a review of recent research in architecture and construction. *Bioinspiration & Biomimetics*, 18(4). <https://dx.doi.org/10.1088/1748-3190/acd82e>

14. Garrido L. (2012). *Self sufficient: green architecture*. Barcelona: Sant Adrià del Besòs : Instituto Monsa.

15. Gram-Hanssen K., Darby J.D. (2018). «Home is where the smart is»? Evaluating smart home research and approaches against the concept of home. *Energy Research & Social Science*, 37, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.037>

16. Shubovych O.S. (2008) *Mifopoetychna kultura v estetytsi mista (naukovi osnovy – mystetstvo – arkhitektura): navch. posibnyk* [Mythopoetic culture in the aesthetics of the city (scientific foundations – art – architecture): textbook]. Kharkiv: KhNAMG, 120 p. (in Ukrainian)

17. Kryvoruchko N., Yuhan L. (2023) Parametric design as a method of forming the architectural environment. *Trends, theories and ways of improving science: proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. (Madrid, February 28 – March 03, 2023). Madrid: pp. 16–20.

18. Shubovych S.O., Panova L.P., Hamaliei H.V. ta insh. (2009) *Kurs leksii z dystsypliny «Teoretychni ta metodychni osnovy arkhitekturnoho proektuvannia»(dlia studentiv 3 kursu dennoi formy navchannia napriamu 1201 (6.060102)-«Arkhitektura» spetsialnist 6.060100–«Mistobuduvannia»)* [Course of lectures on the discipline "Theoretical and methodological foundations of architectural design" (for 3rd year full-time students of the direction 1201 (6.060102) – «Architecture» specialty 6.060100 – «Urban Planning»)]. Kharkiv: KhNAMG, 113 p. (in Ukrainian)

19. Norberg-Schulz C. (1979) *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture*. New York: Rizzoli.
20. Rapoport A. (1969). *House Form and Culture*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
21. Wines J. (2000). *Green Architecture*. Koln: Taschen.
22. Rey F. (2018). Vygotsky's «The Psychology of Art»: A foundational and still unexplored text. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 35(4), 339–350. <https://doi.org/10.1590/1982-02752018000400002>
23. Raja Abdul Kadir Tengku Anis Qariah, Mohd Nawawi Norwina (2021). Architectural Regionalism during the Neo-Classical Era: Classifying the Architectural «Hybrid» Stylistic Forms. *Cultural Syndrome*, 3(1), 46-82. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/366905327_Architectural_Regionalism_during_the_Neo-Classical_Era_Classifying_the_Architectural_Hybrid_Stylistic_Forms
24. Menga L. (2022). Industrial Revolution And The Birth Of Modern Architecture. *Vision International Scientific Journal*. 7(1), 105–123. <https://doi.org/10.55843/ivisum2271105m>
25. Le Corbusier (1961). *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally applicable to Architecture and Mechanics*. London: Faber & Faber.
26. Stanford Encyclopedia of Philosophy. (2011). *Buddha*. Retrieved February 16, 2025, from <https://plato.stanford.edu/entries/buddha/>
27. Yeang K. (2006) *Ecodesign: a manual for ecological design*. Great Britain: Wiley-Academy.
28. Masdar City. *Sustainable Design*. Retrieved February 16, 2025, from https://www.masdarcity.ae/sustainable-urban-development/sustainable-design?utm_source=chatgpt.com
29. Kryvoruchko N.I., Timashkov M.P. (2024) Prohrama «Sponge City» yak systema metodiv adaptatsii do zmin klimatu u reformuvanni i formuvanni arkhitekturnoho seredovyshcha [The «sponge city» program as a system of adaptation methods to climate changes in reforming and forming the architectural environment]. *Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannia – Current Problems of Architecture and Urban Planning*. (69), pp. 252–269. DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.69.252-269> (in Ukrainian)
30. Kerin B. Sustaining People. (2014). *Lessons from the Sahara Forest Project*. Retrieved February 16, 2025, from <https://sustainingpeople.org/2014/09/18/lessons-from-the-sahara-forest-project/>
31. AIA. (2023). *Four ways architects can fight climate change*. Retrieve February 16, 2025, from https://www.aia.org/resource-center/four-ways-architects-can-fight-climate-change?utm_source=chatgpt.com