

М.П. Тімашков

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

БІОМІМІКРІЯ ЯК МЕТОД АДАПТАЦІЇ У ФОРМУВАННІ АРХІТЕКТУРНОГО СЕРЕДОВИЩА

Глобальне потепління та урбанізація негативно впливають на архітектурне середовище України, спричиняючи природні та антропогенні проблеми. Підхід біомімікрії, що наслідує природні форми й процеси, допомагає адаптувати архітектуру до нових кліматичних викликів. В Україні підхід біомімікрії знаходиться на початковому етапі та потребує більшого поширення та інтеграції.

Ключові слова: глобальна зміна клімату, біомімікрія, архітектурне середовище, кліматична адаптація, сталий розвиток, паводки, засухи.

Постановка проблеми

Впродовж останніх десятиліть спостерігається значне прискорення процесів глобального потепління, що дуже негативно впливає на архітектурне середовище. Підвищення середньої температури стає причиною зміни клімату у всіх куточках нашої планети. Україна не є винятком, де загальні світові тенденції викликають серйозні зміни в наявних екосистемах [1]. Так, в північних і західних регіонах збільшується кількість опадів, що підвищує імовірність паводків, підтоплення та заболочення. В свою чергу, Південь і Схід ризикує зіткнутися з проблемами водопостачання та продовольчої безпеки, через посилення процесів опустелювання і засух.

Негативний ефект від природних змін примножувався темпами розростання міст, спричинених індустріалізацією та урбанізацією. Особливо загострилися ці проблеми в період другої індустріальної революції ХХ століття. На сьогодні сучасний стан міст характеризується значною водонепроникною площею, невідповідною зливовою системою, шкідливими будівельними матеріалами, автомобільно орієнтованими просторами, що в сукупності відображає доволі анти природний підхід до архітектурного проєктування. Заміщення натурально сформованих біотипів і біоценозів аграрними або індустріальними структурами порушує наявні органічні процеси і впливає в суто антропогенні проблеми (телові острови, перевантаження міської каналізації, забруднення ґрунтових вод, тощо). Адаптація до природних умов вважалася основною програмою виживання людства на протязі всього свого існування.

Сучасне міське середовище являє собою полігон своєрідної адаптації людини до навколишніх умов та

тісно пов'язане з ними. В контексті України всі глобальні проблеми ускладнюються повномасштабним військовим вторгненням, що нанесло серйозну шкоду екології та міському середовищу країни.

Сучасні виклики глобальної зміни клімату і сьогоднішні потреби людства, викликають критичну необхідність у пошуку нових більш сталих і екологічних методів реформування і формування архітектурного середовища. Одним із перспективних підходів є біомімікрія, що базується на адаптації технічних і інженерних задач архітектурного проєктування до природних процесів і форм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогоднішній день методи біомімікрії в архітектурному проєктуванні широко використовується в країнах Заходу, де ефективно покращують енергоефективність та сталість будівель і споруд [2,3]. Сам термін був популяризований американською дослідницею природничих наук Джанін Бенюс і поступово почав застосовуватися в дизайні, архітектурі та містобудуванні [4]. Серед відомих архітекторів, які працюють в цьому напрямку, є Майкл Паулін, Кен Янг, Нері Оксман, Іларія Мацзоліні.

В контексті України вже доволі часто зустрічаються терміни енергоефективності і сталості, наприклад в роботах Данілова С. М., Фоменко О.О. та Блінової М.С. [5,6]. метод біомімікрії частково можна зустріти в теоретичних працях Кравцова Д.С., Цвіговської І.К., Крижановського О.А., Співак І.П., Вергунової Н.С. та Вергунова С.В., в яких значний фокус приділяється саме біоніці [7-9]. В архітектурній практиці підхід біомімікрії поступово впроваджується в дизайнах інтер'єру, наприклад проєкти Makhno studio, але в

проектувані будівель і споруд практично не застосовується та потребує більш широкого поширення і розроблення [10].

Мета статті

Метою публікації є виявлення підходу біомімікрії, як методу реформування і формування архітектурного середовища, як стратегії адаптації до глобальних змін клімату, а також аналіз інтеграції прийомів біомімікрії в архітектурну практику України. Розробка рекомендацій для подальшого впровадження біомімікрічних рішень у проектування стає задачею наукових досліджень.

Виклад основного матеріалу

Біомімікрія є відносно новим методом архітектурного проектування. Цей термін через свою схожість в значеннях часто пересікається з біоміметикою та біонікою. Всі ці терміни мають за основну ідею наслідування природним системам і їх процесам. Бенюс розділяє цей підхід на три рівні: наслідування форми і структури, наслідування природних процесів та наслідування екосистеми [4]. Перший рівень – наслідування форм – характеризується копіюванням різноманітних природньо сформованих форм для функціональних або естетичних цілей. Подібне наслідування також широко використовується в біоніці. Другий рівень імітує різні природні процеси, якими об'єкт наслідування адаптується на навколишніх умов. В свою чергу, третій рівень імітує ієрархію системи природніх об'єктів, їх зв'язки і взаємозалежності з іншими об'єктами, як це відбувається в екосистемах.

Наслідування природніх форм використовується в архітектурному проектуванні впродовж останніх десятиліть і продовжує активно розвиватися. Водночас, наслідування процесів і ієрархії екосистем використовують в меншій мірі. Проте, саме в задіянні трьох рівнів біомімікрії одразу розкривається цілісний системний підхід до формування архітектурного середовища, який більш ефективно вирішує проблеми міського проектування і доповнює існуючі екологічно направлені напрацювання [11-13].

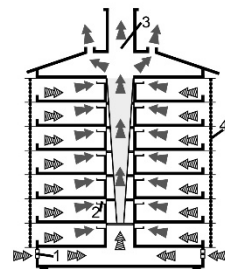
На сьогоднішній день, ми можемо спостерігати успішні приклади застосування різних принципів і рівнів даного підходу практично в усіх кутках нашої планети. Наприклад, прикладом наслідування першого рівня є проєкт комерційного хмарочосу Нормана Фостера в Лондоні під назвою «30 St Mary Axe». Об'єктом наслідування став вид підводних губок «Кошик Венери». При чому, дана адаптація служить не тільки для естетичних цілей але й технічних, адже конструктивні елементи будівлі наслідують форму екзоскелету губок [14].

Прикладом наслідування другого рівня процесів є будівля «Eastgate Center» запроєктована зimbabwe'йським архітектором Міком Пірсом в місті Хараре. Зімбабве – африканська країна з гарячим кліматом, тому традиційні торгові центри у вигляді скляних блоків є дуже енергозатратним рішенням. Для кращої енергоефективності свого проєкту Мік Пірс використав підхід біомімікрії, а саме адаптував форму і функціонування системи вентиляції термітників. Складна структура тунелів термітників працює як пасивна система охолодження, яку змогли успішно адаптувати під потреби торгового центру (рис. 1).

Схема пасивного охолодження термітника



Схема вентиляції торгового центру



Анотація

- ▲ Потік теплого повітря 2 Теплова коробка
- ▲ Потік холодного повітря 3 Ядро теплового потоку
- 1 Вентиляційні отвори 4 Вертикальне озелення

Рис. 1. Порівняння повітряних потоків теплого і холодного повітря в термітнику і «Eastgate Center» [15]

Торговий центр практично складається з двох окремих будівель з'єднаних покрівлею, а простір між ними виконує функцію теплообмінника. Тепле повітря, яке вироблене людською діяльністю впродовж дня, спрямовується по теплопроводах до центрального простору, звідки піднімається до покрівлі і покидає будівлю через спеціальні отвори. З заходом Сонця споруда ефективно охолоджується, пропускаючи прохолодне повітря через спеціальні порожнини на фасаді [15]. Такий підхід допоміг зменшити кількість необхідної енергії для охолодження будівлі приблизно на 90%, в порівнянні з традиційними аналогами, що позитивно сказалося на енергоефективності та на настрої відвідувачів.

Прикладом наслідування третього рівня екосистеми є проєкт «Sahara Forest», який складається з мережі міських заводів-ферм. Перший пілотний об'єкт, який розробила фірма «Exploration Architecture», було збудовано в Катарі [16]. В ньому задіяно велику кількість природніх адаптаційних процесів, наприклад здатність місцевих комах регулювати свою температуру за допомогою

ранішньої роси або можливості накопичування і зберігання вологи локальними видами рослин (рис. 2).



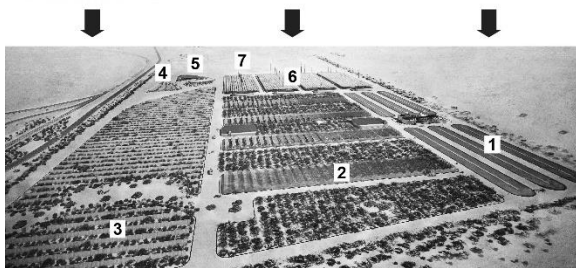
Процеси конденсації та збору води, які притаманні пустельному жуку **Намібії**



Енергоефективна форма **кактусів та сукулентів**, що дозволяє більш ефективно утримувати вологу та сповільнює процеси випаровування



Галогенні рослини, які здатні акумулювати або виводити зайву сіль з води за допомогою спеціальних клітин на листках



1. Ферма водоростей; 2. Теплиці з морською водою; 3. Зовнішня рослинність і живоплоти; 4. Розроблений ступінчастий захист від раптових паводків; 5. Приміщення для дослідження; 6. Концентровані сонячні електростанції; 7. Ставки для випаровування

Рис. 2. Адаптовані природні наслідування у проєкті ферми «Sahara Forest» і розташування її основних компонентів [16-19]

Наслідування природи стало підґрунтям для інтеграції новітніх технологій, таких як:

1) Теплиці на морському охолодженні. Застосування солоної води для випарного охолодження та зволоження дозволяє підтримувати цілорічне виробництво. Такі теплиці демонструють врожайність співставну з показниками традиційних аналогів, при цьому споживання прісної води майже не використовується.

2) Панелі для фотоелектричної та концентрованої сонячної енергії. Проєкт Sahara Forest використовує два різних типи сонячних панелей – фотоелектричні та концентровані, які відповідно перетворюють сонячну енергію в електричну або теплову. Велика кількість озеленення підвищує ефективність панелей затримуючи велику кількість пилу з пустелі, а накопичення води дає змогу регулярної очистки. У межах об'єкту в Катарі, таке обширне використання сонячної енергії повністю задовольнило всі енергетичні потреби

міської ферми з можливістю експортувати не використовуваний надлишок.

3) Системи відновлення рослинності. Завдяки поєднанню ефективних стратегій поливу, методів меліорації ґрунтів та технологій випарного охолодження стало можливим відновлення рослинності в навколишніх пустельних умовах. Вирощування локальних пустельних рослин, які здатні фіксувати азот, використання сільськогосподарських відходів та випаровування солоної води сприяє збільшенню врожайності.

Значна ефективність міських ферм «Sahara Forest» створює сприятливе підґрунтя для інших потенційних підприємств, цим самим формуючи торговельно-збутові ланцюги для покращення економічної ситуації в регіоні. Також, ці об'єкти покращують продовольчу безпеку населення надаючи йому доступ до свіжих і корисних продуктів харчування.

В природі всі живі і не живі об'єкти підпорядковуються дії різноманітних екологічних законів. На основі чого, Джанін Бенюс розробила низку принципів імплементації біомімікрії:

1) Використання сонячної енергії: життєва енергія практично всіх живих організмів нашої планети залежить від сонячної енергії;

2) Функція породжує форму: природне формоутворення відповідає певним життєвим процесам організмів;

3) Циклічність процесів життєдіяльності: основна властивість притаманна природі – кругообіг речовин і енергії;

4) Мінімізація ресурсів: в природі організми економлять енергію і діють максимально ефективно;

5) Співпраця та взаємна вигода: колаборація є взаємовигідною для всіх учасників процесу;

6) Витривалість та адаптивність: природні системи надзвичайно ефективно розвиваються і адаптуються до навколишніх умов;

7) Різноманіття: більша кількість біомімікрічних систем забезпечує більшу сталість і енергоефективність;

Сам процес наслідування природньої форми і її процесів має підпорядковуватися певній послідовності дій. Однією з яких, є спіраль дизайну біомімікрії Карла Хастріха, де він окреслив шість етапів створення збалансованої структури, натхненною природою [20]:

1) Визначення функції, яка необхідна для процесів в архітектурному середовищі.

2) Коригування функції у зв'язку з біологічними термінами: від добових і часових змін до річних.

3) Етап аналізу вибору прототипів. В цьому етапі йдеться пошук

і відбір природніх патернів, технік або моделей, які притаманні тій функції, яка була визначена на другому етапі.

4) Стратегічний етап, під час якого досліджуються критичні характеристики, механізми та біологічні тактики вибраних прототипів.

5) Імітація (емпіричні вишукування і моделювання) з використанням найважливіших наукових впроваджень природознавства.

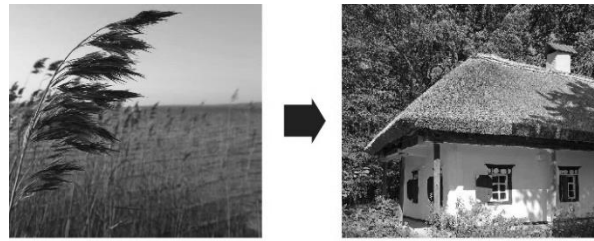
6) Перевірка проєкту у світлі практичних обмежень, де визначають зв'язок попередніх теоретичних етапів з робочим рішенням.

Алгоритм наслідування, принципи імплементації та задіяння різних масштабних рівнів розкривають біомімікрію, як повноцінний цілісний системний підхід до реформування і формування архітектурного середовища. В свою чергу, розділення на безліч компонентів і тісний зв'язок з природою, дозволяють цьому підходу досягти значної енергоефективності та сталості в проєктах, що критично необхідно в умовах сучасних кліматичних змін.

Важлива сьогодні адаптація до глобальних змін клімату вносить певні пріоритети в формування архітектурного середовища підходом біомімікрії. Так, на перший план наслідування виходять саме локальні екосистеми, які пройшли тисячолітній шлях адаптації і пристосування.

На теренах України є значна різноманітність природньо сформованих регіональних систем, які можуть стати джерелом для імітації та наслідування, а також своєрідними полігонами для адаптації. Тут розташована одна з найбільших пустель Європи – «Олешківські піски», а також повністю протилежний регіон «Українського Полісся», якому притаманна велика кількість опадів, заболочення, паводки, тощо. Обмін адаптаційним досвідом між різними регіонами сприятиме пошуку рівноваги загальної екосистеми.

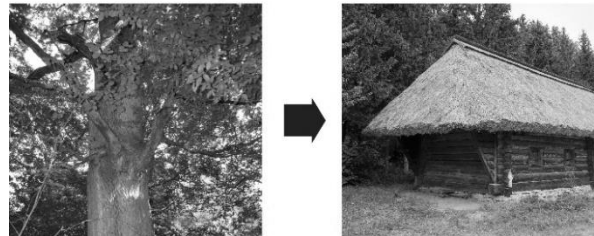
Варто відмітити, що українській народній архітектурі притаманні певні елементи наслідування природи, які несли естетичний і конструктивний характер (рис. 3). Сюди можна віднести – використання очерету для покрівлі, адже ця рослина відома своїми водонепроникними та теплоізоляційними властивостями за рахунок пустотілої структури. При чому, вирубка очерету для будівництва житла покращувало загальну екосистему річки, адже зупиняло сильне розростання цієї рослини. Також, підхід біомімікрії проявлявся в будіванні будівель на палях для захисту від підтоплення, виступах на верхніх точках зрубів, що нагадують крони дерев та захищають зовнішнє оздоблення стін від вологи, різне різьблення і малювання рослинних орнаментів, тощо.



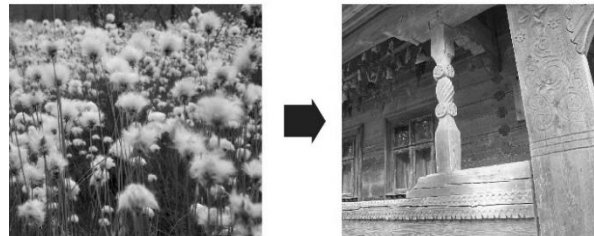
Очерет завдяки своїй структурі та властивостям довговічності став прообразом для створення природної, екологічно дружньої покрівлі.



У вологих чи підтоплюваних місцевостях дерева формують високі крони, щоб уникнути надмірної вологи та покращити циркуляцію повітря. Цей принцип ліг в основу зведення будинків на палях.



Розлогі крони дерев слугують природним захистом стовбура від дощу та надмірного сонця. Для цих же цілей у зрубних будівлях використовується подовжений виступ даху.



Спостерігаючи за багатством форм пелюсток, листя та інших частин рослин, майстри перейняли органічні мотиви для прикрашання будівель.

Рис. 3. Наслідування природніх форм в елементах традиційної української архітектури [21-24]

Окрім естетичних і технічних цілей, важливим був і культурний аспект. Зведення будівлі супроводжувалося великою кількістю звичаїв, які мали на меті «не розізнати стихію» [25]. Наприклад, на чотирьох кутах майбутнього житла висівалося жито і якщо воно проростало то місце вважалося хорошим. Ріст жита слугував не тільки символічним знаком добробуту майбутньої будівлі, але й показував задовільність складу ґрунту для будівництва.

Такий підхід, що демонструє великий зв'язок і прихильність до оточуючого природного середовища, повинен бути представлений заново в сучасному архітектурному проектуванні України.

Використання підходу біомімікрії у формуванні українського архітектурного середовища покращить ефективність адаптації будівель і споруд до оточуючих природних екосистем, а в свою чергу, використання міжнародно досвіду дасть змогу протистояти майбутнім викликам, які виникнуть у зв'язку з глобальною зміною клімату. Тому, на основні вище сказаного, можна сформулювати певні рекомендації для впровадження даного підходу:

1) Використання природно-орієнтованих форм (наслідування першого рівня). Використовувати природні структури для створення естетично привабливих і функціональних будівель. Дослідити природні форми локальних екосистем, які можуть сприяти зниженню впливу надмірних опадів, опустелювання, тощо. Застосовувати локальні матеріали з властивостями природного захисту, наприклад очерет чи деревину-кругляк, що забезпечують екологічність і гармонійність із довкіллям.

2) Застосування процесів природного регулювання (наслідування другого рівня). Використовувати механізми пасивного охолодження та вентиляції, що у регіонах України з теплим кліматом значно скоротять енергоспоживання будівель. Впроваджувати природні методи теплообміну, що сприяють регулюванню мікроклімату через використання пористих матеріалів чи адаптивних фасадів.

3) Імітація екосистем для сталого розвитку (наслідування третього рівня). Створювати інтегровані системи з замкненим використанням ресурсів, які включають відновлювані джерела енергії, ефективні методи утилізації відходів та виробництво продовольства. Інтегрувати локальні рослинні екосистеми для регулювання мікроклімату, очищення повітря та зменшення шумового забруднення. Застосовувати інноваційні системи поливу, меліорації ґрунтів і відновлення рослинності, що дозволяють відновлювати деградовані території.

4) Впровадження сучасних енергоефективних технологій. Використовувати фотоелектричні і концентровані сонячні панелі для покриття енергетичних потреб будівель. Інтегрувати панелі з озеленими системами для підвищення їх ефективності. Розробляти теплиці, які використовують морську солону воду для охолодження й зволоження, особливо для посушливих регіонів України.

5) Локалізація об'єктів наслідування та культурна інтеграція. Використовувати елементи

народної архітектури України, які наслідують природні риси, наприклад: очеретяні покрівлі або підняті конструкції на палях. Досліджувати природні адаптації локальних екосистем для застосування їх у будівництві, наприклад, вологолюбні рослини Полісся, або посухостійкі системи Олешківських пісків.

6) Впровадження в нормативну-правову базу. Розробити стандарти, які стимулюватимуть застосування біомімікрії в будівництві. Забезпечити фінансову підтримку через гранти, субсидії чи податкові пільги для проєктів, які враховують принципи біомімікрії.

7) Популяризація та обмін досвідом. Створити національну платформу для обміну знаннями, досвідом і прикладами успішних проєктів з біомімікрії. Співпрацювати з міжнародними організаціями для адаптації кращих світових практик до українських умов.

Висновки

Сучасні кліматичні виклики та екологічні проблеми, посилені урбанізацією й техногенним впливом, вимагають перегляду традиційних підходів до архітектурного проектування. Біомімікрія, що базується на наслідуванні природних форм, процесів та екосистем, є перспективним напрямком для створення сталого архітектурного середовища.

Для України, з її різноманітними кліматичними зонами й екосистемами, біомімікрія може стати основою для екологічно орієнтованих рішень в архітектурі. Поєднання міжнародного досвіду з локальними природними особливостями та культурною спадщиною дозволить створювати адаптивні, енергоефективні та стійкі проєкти. Впровадження цього підходу потребує більшої популяризації та інтеграції у архітектурну практику України.

Література

1. Вілсон Л., Нью С., Дарон Д. Голдінг Н. Вплив зміни клімату в Україні [Електронний ресурс] / Вілсон Л., Нью С., Дарон Д. // Met Office. – 2021. – С. 10-17. – Режим доступу: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2_Vplyv-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
2. Pedersen M. Z. Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability [Electronic resource] / Pedersen M. Z. // Sustainable Building Conference (SB07). – 2007. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/237460476_BIOMIMETIC_APPROACHES_TO_ARCHITECTURAL_DESIGN_FOR_INCREASED (date of access: 18.01.2025). — Title from screen.
3. Bajaj G. Comprehensive analysis of application of Biomimicry in architecture to enhance functionality [Electronic resource] / Bajaj G. // World University of Design. – 2021. –

- Mode of access: https://www.academia.edu/45606848/Comprehensive_analysis_of_application_of_Biomimicry_in_architecture_to_enhance_functionality?utm_source=chatgpt.com (date of access: 18.01.2025). — Title from screen.
4. Benyus J.M. *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York. 1997. 361 c.
5. Fomenko O., Danylov S., Izbash A., Iliencko O. Sustainable Development of Architecture “Beyond Growth” [Electronic resource] / Fomenko O., Danylov S., Izbash A., Iliencko O. // *Smart Technologies in Urban Engineering*. – 2023. – P. 77-88. – Mode of access: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46877-3_7 (date of access: 18.01.2025). — Title from screen.
6. Blinova M., Rodyk Y. Analysis of the implementation of the Sustainable Urban Development Goal in Ukraine [Electronic resource] / Blinova M., Rodyk Y. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2024. – №1376. – Mode of access: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1376/1/012040> (date of access: 18.01.2025). — Title from screen.
7. Кравцов Д.С., Цвіговська І.К. Передумови формування та розвиток біоніки в архітектурі [Електронний ресурс] / Кравцов Д.С., Цвіговська І.К. // *Регіональні проблеми архітектури та містобудування*. – 2020. – №16. – С. 106-113. – Режим доступу: <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/10416/1/Передумови%20формування%20та%20розвиток%20біоніки%20в%20архітектурі.pdf> (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
8. Крижанівський О.А., Співак І.Р. Біонічні принципи в архітектурі та дизайні [Електронний ресурс] / Крижанівський О.А., Співак І.Р. // *Теорія та практика дизайну*. – 2023. – №29-30. – С. 72-81. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.8> (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
9. Вергунова Н.С., Вергунов С.В. Концепція цифрового морфогенезу в дизайні. емергентність та самоорганізація [Електронний ресурс] / Вергунова Н.С., Вергунов С.В. // *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв*. – 2019. – №3. – С. 226-231. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32461/2226-3209.3.2019.191762> (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
10. Вавовна. Нова колекція ламп від Makhno studio [Електронний ресурс] // *Pragmatika*. – Режим доступу: <https://pragmatika.media/news/bavovna-nova-kolekciya-lamp-vid-makhno-studio/> (Дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
11. Криворучко Н.І., Кривіцька А.С. Екологічна регенерація урбанізованого середовища найкрупніших міст [Електронний ресурс] / Криворучко Н.І., Кривіцька А.С. // *Досвід та перспективи розвитку міст України*. – 2016. – №31. – С. 41-51. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dprmu_2016_31_6 (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
12. Криворучко Н.І. Інноваційні архітектурно-будівельні технології енергозбереження при реконструкції урбанізованого середовища [Електронний ресурс] / Криворучко Н.І. // *Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions*. – 2023. – С. 461. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/technical-and-agricultural-sciences-in-modern-realities-problems-prospects-and-solutions/> (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
13. Тімашков М. Методи і прийоми формування архітектурного середовища в умовах глобальної зміни клімату: проблеми повеней і підтоплень [Електронний ресурс] / Тімашков М. // *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. – 2024. – №. 68. – С. 335–348. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.335-348> (дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
14. The Gherkin and The Swiss Re Tower in London [Електронний ресурс] // *Trendhunter*. – Режим доступу: <https://www.trendhunter.com/trends/gherkin-like-sea-sponge> (Дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
15. EASTGATE [Електронний ресурс] // *Mick Pierce*. – Режим доступу: <https://www.mickpearce.com/Eastgate.html> (Дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
16. Lessons from the Sahara Forest Project [Електронний ресурс] // *Sustaining people*. – Режим доступу: <https://sustainingpeople.org/2014/09/18/lessons-from-the-sahara-forest-project/> (Дата звернення 18.01.2025) — Назва з екрана
17. The Beetles That Drink Water From Air [Електронний ресурс] // *Ask Nature*. – Режим доступу: <https://asknature.org/strategy/water-vapor-harvesting/> (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
18. *Opuntia ficus-indica* [Електронний ресурс] // *Tropical Forages*. – Режим доступу: https://tropicalforages.info/text/entities/opuntia_ficusindica.htm (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
19. *Salicornia bigelovii* [Електронний ресурс] // *Plants of Louisiana*. – Режим доступу: <https://warccaps.usgs.gov/PlantID/Species/Details/2298> (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
20. Alanbari D.H.A., Alkindi S.K., Al Ahbabi S.H. Biomimicry Design Spiral :Nature as a model. *Journal of algebraic statistics*. – 2022. – №13. – P. 2335-2345. . – Mode of access: <https://publishoa.com/index.php/journal/article/view/428> (date of access: 23.01.2025). — Title from screen.
21. Очерет звичайний [Електронний ресурс] // *Wikipedia*. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Очерет_звичайний (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
22. Природно-заповідна мережа парку території загальнодержавного значення михельський заказник [Електронний ресурс] // *Мале Полісся, національний природний парк*. – Режим доступу: <http://malepolisja.in.ua/priroda/prirodno-zapovidna-merezha> (дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
23. Українська хата [Електронний ресурс] // *Wikipedia*. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Українська_хата (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
24. Кисоричі [Електронний ресурс] // *Wikipedia*. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кисоричі> (Дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана
25. Файник Т. Звичай, пов'язані з будівництвом житла на території українсько-молдовського пограниччя (на матеріалах наукових експедицій) [Електронний ресурс] / Файник Т. // *Народознавчі зошити*. – 2019. – №13(146). – С. 416-422. – Режим доступу:

<https://doi.org/10.15407/nz2019.02.416> (дата звернення 23.01.2025) — Назва з екрана

References

1. Wilson, L., New, S., Daron, D., Golding, N. Impact of climate change in Ukraine [Vplyv zminy klimatu v Ukraini]. Met Office. Велика Британія, 2021. С. 10-17. [Electronic resource]. Access mode: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2_Vplyv-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf (date of application 18.01.2025) (in Ukrainian)
2. Pedersen M. Z. (2007) Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability. Sustainable Building Conference (SB07). [Electronic resource]. Access mode: https://www.researchgate.net/publication/237460476_BIOMIMETIC_APPROACHES_TO_ARCHITECTURAL_DESIGN_FOR_INCREASED (date of application 18.01.2025) (in English)
3. Bajaj G. (2021) Comprehensive analysis of application of Biomimicry in architecture to enhance functionality. World University of Design. [Electronic resource]. Access mode: https://www.academia.edu/45606848/Comprehensive_analysis_of_application_of_Biomimicry_in_architecture_to_enhance_functionality?utm_source=chatgpt.com (date of application 18.01.2025) (in English)
4. Benyus J.M. (1997) Biomimicry : innovation inspired by nature. New York. P 361. (in English)
5. Fomenko O., Danylov S., Izbash A., Iliencko O. Sustainable Development of Architecture “Beyond Growth” [Electronic resource] / Fomenko O., Danylov S., Izbash A., Iliencko O. // Smart Technologies in Urban Engineering. – 2023. – P. 77-88. – Mode of access: https://doi.org/10.1007/978-3-031-46877-3_7 (date of access: 18.01.2025). — Title from screen. (in English)
6. Blinova M., Rodyk Y. Analysis of the implementation of the Sustainable Urban Development Goal in Ukraine [Electronic resource] / Blinova M., Rodyk Y. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2024. – №1376. – Mode of access: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1376/1/012040> (date of access: 18.01.2025). — Title from screen. (in English)
7. Kravtsov, D. S., Tsvihovska, I. K. (2020). Prerequisites for the formation and development of bionics in architecture. [Peredumovy formuvannia ta rozvytok bioniky v arkhitekturi] Rehionalni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, (16), 106–113. [Electronic resource]. Access mode: http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/10416/1/Передумови_формування_та_розвиток_біоніки_2020_архітектури.pdf (date of application 18.01.2025) (in Ukrainian)
8. Kryzhanivskiy, O. A., Spivak, I. R. (2023). BIONIC PRINCIPLES IN ARCHITECTURE AND DESIGN. [Bionichni pryntsypy v arkhitekturi ta dyzaini] Teoria ta praktyka dyzainu, 29-30, 72-81. doi: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.8> (in Ukrainian)
9. Vergunova, N. S., Vergunov, S. V. (2019). THE CONCEPT OF DIGITAL MORPHOGENESIS IN DESIGN. EMERGENCY AND SELF-ORGANIZATION. [Kontseptsiiia tsyfrovoho morfohenezu v dyzaini. Emergentnist ta samoorganizatsiia] Visnyk Natsionalnoi akademii kerivnykh kadrov kultury i mystetstv, 3, 226–231. doi: <https://doi.org/10.32461/2226-3209.3.2019.191762> (in Ukrainian)
10. Pragmatika (2022) Bavovna A new lamp collection by Makhno studio [Nova kolektsiia lamp vid Makhno studio]. [Electronic resource]. Access mode: <https://pragmatika.media/news/bavovna-nova-kolekcija-lamp-vid-makhno-studio/> (date of application 18.01.2025). (in Ukrainian)
11. Kryvoruchko N.I., Krivitska A.S. (2016). Ecological regeneration of the urban environment of the largest cities. [Ekolohichna reheneratsiia urbanizovanoho seredovyshcha naikrupnishykh mist] Dosvid ta perspektyvy rozvytku mist Ukrainy, 31, 41-51. [Electronic resource]. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dprmu_2016_31_6 (date of application 18.01.2025) (in Ukrainian)
12. Kryvoruchko N.I. (2023). Innovative architectural and construction energy-saving technologies for the reconstruction of the urban environment. [Innovatsiini arkhitekturno–budivelni tekhnologii enerhozberezhennia pry rekonstruktsii urbanizovanoho seredovyshcha] Technical and agricultural sciences in modern realities: problems, prospects and solutions, 461. [Electronic resource]. Access mode: <https://isg-konf.com/technical-and-agricultural-sciences-in-modern-realities-problems-prospects-and-solutions/> (date of application 18.01.2025) (in Ukrainian)
13. Timashkov M.P. (2024). Methods and techniques of architectural environment forming under the conditions of global climate change: the problems of flooding. [Metody i pryomy formuvannia arkhitekturnoho seredovyshcha v umovakh hlobalnoi zminy klimatu: problemy povnei i pidtoplen]. Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia, 68, 335-348. doi: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.335-348> (in Ukrainian)
14. Davidson E.A. (2009). The Gherkin and The Swiss Re Tower in London. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.trendhunter.com/trends/gherkin-like-sea-sponge> (date of application 18.01.2025) (in English)
15. Mick Pierce (n.d.). EASTGATE. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.mickpearce.com/Eastgate.html> (date of application 18.01.2025) (in English)
16. Kerin B. (2014). Lessons from the Sahara Forest Project. [Electronic resource]. Access mode: <https://sustainingpeople.org/2014/09/18/lessons-from-the-sahara-forest-project/> (date of application 18.01.2025) (in English)
17. Ask Nature (2017). The Beetles That Drink Water From Air. [Electronic resource]. Access mode: <https://asknature.org/strategy/water-vapor-harvesting/> (date of application 23.01.2025) (in English)
18. Tropical Forages (2020). Opuntia ficus-indica. [Electronic resource]. Access mode: https://tropicalforages.info/text/entities/opuntia_ficusindica.htm (date of application 23.01.2025) (in English)
19. Plants of Louisiana (n.d.) Salicornia bigelovii. [Electronic resource]. Access mode: <https://warccapps.usgs.gov/PlantID/Species/Details/2298> (date of application 23.01.2025) (in English)
20. Alanbari D.H.A., Alkindi S.K., Al Ahbabi S.H. (2022). Biomimicry Design Spiral :Nature as a model. Journal of algebraic statistics, 13. 2335-2345. [Electronic resource]. Access mode:

<https://publishoa.com/index.php/journal/article/view/428> (date of application 23.01.2025) (in English)

21. Wikipedia (n.d.). Common reed. [Ocheret zvychaynyi], [Electronic resource]. Access mode: https://uk.wikipedia.org/wiki/Очерет_звичайний (date of application 23.01.2025) (in Ukrainian)

22. Male Polissia, natsionalnyi pryrodnyi park (2015). The nature reserve network of the nationally significant "Mikhelskyi Zakaznyk" park. [Pryrodno-zapovidna mrezhha parku terytorii zahalnodorzhavnoho znachennia "Mikhelskyi zakaznyk"], [Electronic resource]. Access mode: <http://malepolisja.in.ua/priroda/prirodno-zapovidna-mrezhha> (date of application 23.01.2025) (in Ukrainian)

23. Wikipedia (n.d.). Ukrainian house. [Ukrainska khata], [Electronic resource]. Access mode: https://uk.wikipedia.org/wiki/Українська_хата (date of application 23.01.2025) (in Ukrainian)

24. Wikipedia (n.d.). Kysorychi. [Kysorychi], [Electronic resource]. Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Кисоричи> (date of application 23.01.2025) (in Ukrainian)

25. Faynyk, T. (2019). Customs related to the construction of dwellings in the Ukrainian-Moldovan border region (based on

scientific expeditions). [Zvychai, pov'iazani z budivnytstvom zhyttia na terytorii ukrainsko-moldovskoho pohranychchia (na materialakh naukovykh ekspedytsii)] The Ethnology Notebooks, 2 (146), 416–422. doi: <https://doi.org/10.15407/nz2019.02.416> (in Ukrainian)

Рецензент: д-р арх., проф., зав. каф. інноваційних технологій у дизайні архітектурного середовища О.О. Фоменко, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Автор: ТИМАШКОВ Максим Петрович
аспірант кафедри Архітектури будівель і споруд
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – maksym.timashkov@kname.edu.ua
ID ORCID – <https://orcid.org/0009-0006-0399-1235>

BIOMIMICRY AS A METHOD OF ADAPTATION IN THE FORMATION OF THE ARCHITECTURAL ENVIRONMENT

M.P. Timashkov

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Over the past decades, global warming has led to significant climate changes, severely affecting the architectural environment. The rise in average temperatures has caused extreme weather conditions, including increased precipitation in northern and western regions of Ukraine, resulting in floods and waterlogging, as well as droughts and desertification in southern and eastern regions, threatening water supply and food security. These natural challenges are further exacerbated by anthropogenic impacts, such as urbanization, which introduces issues like impermeable surfaces, inefficient stormwater systems, and urban heat islands. The need for architectural environment reform is particularly critical in Ukraine, which is also facing the ecological consequences of military invasion.

Biomimicry, as a promising approach, offers solutions by imitating natural forms, processes, and ecosystems to create sustainable and adaptive architectural environments. In international practice, this method has proven effective in enhancing energy efficiency and resilience in buildings, as demonstrated in projects by Norman Foster, Mick Pearce, and initiatives like the "Sahara Forest" project in Qatar. Biomimicry encompasses three levels of adaptation: emulating forms, natural processes, and ecosystems. Its implementation ensures a holistic systems-based approach to architectural design. In Ukraine, this approach is still in its infancy. Theoretical studies and isolated examples in interior design highlight the potential of biomimicry. However, there is substantial room for integrating biomimetic solutions into the design of buildings and structures.

The aim of this study is to identify biomimicry as an effective method for adapting architectural environments to global climate change and to develop recommendations for its implementation in Ukraine. The paper analyzes global and local experiences, outlines algorithms for mimicking natural processes, and describes the advantages of this approach.

Applying biomimicry in Ukraine opens new opportunities for the reformation and adaptation of architectural environments, considering the country's climatic and cultural diversity. Recommendations include using nature-inspired forms and materials, emulating natural processes, integrating local ecosystems into urban environments, and adapting international experiences to regional conditions.

Keywords: global climate change, biomimicry, architectural environment, climate adaptation, sustainable development, floods, droughts.