

doi.org/10.29295/2311-7257-2021-104-2-133-139

УДК 72.01

**Сопов Д.В., Проценко О.М.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [dcopov1993@gmail.com](mailto:dcopov1993@gmail.com); [orcid.org/0000-0002-1067-6835](https://orcid.org/0000-0002-1067-6835),  
[orcid.org/0000-0002-8591-4324](https://orcid.org/0000-0002-8591-4324))*

## **ПАРАМЕТРИЗМ ЯК КОНСТРУКТИВНИЙ СПОСІБ СТВОРЕННЯ ПРИРОДНО-АДАПТИВНИХ ФОРМ В АРХІТЕКТУРІ**

У статті розглядається комплексне рішення по створенню сучасних екопоселень шляхом використання сучасних методів проектування в середовищі адаптивної архітектури. Наведено біоміметичні принципи заповнення в адаптивної архітектурі, які базуються на розгляді трьох рівнів природних об'єктів (організм, поведінка, екосистема) і застосуванні п'яти типів (форма, конструкція, матеріал, процес, функція). Розглянуто проблему створення екодоброзичливого архітектурного середовища за допомогою параметричних методів проектування.

**Ключові слова:** екопоселення, біоміметика, адаптивна архітектура, екосистема, параметризм.

**Вступ.** Швидкий розвиток технологій в сучасному світі невідворотно призводить до зміни навколишнього середовища. Здебільшого ці зміни носять негативний характер і порушують екологічну рівновагу системи «людина - довкілля». Зсув екологічної рівноваги викликає відповідну реакцію природи, яка виявляється у вигляді різного виду катаклізмів: шторми, виверження вулканів, цунамі тощо. Подібні природні процеси носять все більш планетарний характер і викликають серйозні побоювання вже не тільки у езотериків і членів релігійних сект. Давно звучать заклики організації Грінпіс звернути серйозну увагу на реальні наслідки збитку, що завдається екології планети, при споживчому відношенні людини до природних ресурсів, які в більшості своїй не є «невичерпними» і «поновлюваними» [1]. Кліматичні колізії свідчать про те, що природою уже запущені якісь деструктивні процеси, природа яких поки не піддається поясненню і має катастрофічний характер. Велику тривогу викликає зростаюча частота, руйнівна сила і, головне, фактична неможливість довгострокового прогнозу щодо їх виникнення і запобігання.

Центральна і східна частина України на сьогоднішній момент поки знаходяться в ілюзорній безпеці, але більшу тривогу викликає вже зараз стан стратегічних водних артерій держави, критичне забруднення малих річок, що живлять їх (водних ресурсів), безперервний процес горіння і тління торф'яних родовищ і широкомасштабні лісові пожежі. Смог, що навис над столицею держави, світова пандемія невивченою вірусу COVID-19, загроза активізації сейсмічно небезпечних зон, які географічно наближені до України, вимагають вже не просто констатації факту погіршення екології звичного для нас місця існування, а дуже серйозного і відповідального ставлення до даного питання, оскільки мова йде про виживання людської раси як такої на нашій планеті в рамках звичних і необхідних умов існування.

Високі темпи урбанізації, гіпертрофоване розростання міст і глобальна технізація порушують гармонію між природним і штучним середовищем існування. У табл. 1 наведені значення комплексного індексу забруднення атмосферного повітря, який характеризує ступінь екологічної забрудненості міст в Україні.

В табл. 1 наведено дані щодо першого півріччя 2020 р. Показники України за 2020 рік погіршилися: в 2019 році наша країна займала 60 місце, а в 2020 році - 43-є; серед країн Європи в торішньому звіті Україна була 13-й, а тепер 8-й, а Київ серед світових столиць був на 49 місці, а тепер на 39 рядку по забрудненню повітря [2].

Все це свідчить про необхідність прийняття невідкладних мір щодо поліпшення екологічної ситуації в нашій країні.

Адаптувавшись в штучному міському середовищі, людина не тільки пішла від природних об'єктів, а й відбулася трансформація її сприйняття самої природи як місця відпочинку, а не місця існування.

Таблиця 1 – Комплексний індекс забруднення атмосферного повітря Із міст України

Місто	Із	Місто	Із	Місто	Із
Маріуполь	12,7	Рівне	7,5	Харків	3,8
Кам'янське	12,2	Херсон	7,3	Українка	3,7
Дніпро	11,7	Ужгород	7,1	Житомир	3,6
Одеса	11,0	Сєверодонецьк	6,9	Чернігів	3,6
Слов'янськ	10,2	Кременчук	6,3	Олександрія	3,4
Лисичанськ	8,9	Львів	6,2	Івано-Франківськ	3,4
Луцьк	8,7	Суми	5,4	Бровари	3,4
Київ	8,4	Черкаси	5,1	Обухів	3,3
Миколаїв	7,9	Кропивницький	4,9	Світловодськ	2,9
Запоріжжя	7,8	Хмельницький	4,6	Чернівці	2,9
Краматорськ	7,8	Полтава	4,1	Ізмаїл	2,7
Кривий Ріг	7,8	Біла Церква	4,1	Горішні Плавні	2,6
Рубіжне	7,7	Вінниця	4,0	Тернопіль	2,5

**Виклад основного матеріалу.** В реаліях існуючої екологічної кризи гостро стоїть питання про необхідність створення нових методів проектування міст адаптованих до навколишнього середовища і органічно вписаних в неї. По суті мова йде про створення екологічних систем «середовище проживання (місто) - навколишнє середовище». Нове місце існування вже не можна назвати просто терміном «житло» в звичному для нас розумінні цього слова. Це повинна бути повністю ізольована, самодостатня, замкнута на себе система, яка буде повністю відповідати всім необхідним вимогам для біологічного функціонування людського організму.

Тобто, повинна розглядатися модель сукупностей і зв'язків цієї системи в такому ракурсі:

- споруда повинна бути орієнтована на всі питання життєдіяльності в рамках замкнутого циклу порівняно невеликого конгломерату людей;

- повинні бути повністю вирішені питання захисту навколишнього середовища шляхом створення циклу безперервного очищення стоків з метою їх повторного використання як поновлюване ресурсу, утилізації твердих відходів з використанням неенергоємних технологій і їх повторне використання в якості сировини для отримання нових будівельних матеріалів, палива, добрив;

- забезпечення харчовими та матеріальними ресурсами в необхідній кількості засобами переважно внутрішніх виробництв;

- енергозабезпечення всіх технологічних процесів і т. п.

На першому етапі проектування подібних складних систем, на наш погляд, виникає необхідність постановки і вирішення таких питань:

- 1 – створення такої форми споруди, яка ідеально впишеться в контекст навколишнього середовища;

- 2 – рішення проблем надійного функціонування циклів життєзабезпечення шляхом максимально економного споживання доступних природних ресурсів та утилізації відходів життєдіяльності шляхом їх переробки і повторного використання;

- 3 – правильний вибір засобів і методів проектування на всіх етапах створення проєкту;

- 4 – вибір виконавця для реалізації поставлених проектного та будівельного етапів, тобто питання пошуку підготовлених кадрів і забезпечення їх на кінцевому етапі матеріалами для будівництва.

Пошук відповідей на поставлені питання призводить до комплексного вирішення шляхом використання сучасних методів проектування в середовищі адаптивної архітектури.

Пошук форми, звичайно ж, залежить від функціонального призначення комплексу споруд і обраної під будівництво майданчика. У нашому дослідженні не розглядається в якості будівельного майданчика існуюча міське середовище. У зв'язку з різкою зміною звичних географічних кордонів кліматичних зон, в якості території під забудову доцільно розглядати насамперед віддалені і не охоплені благами цивілізації території. Необхідно взяти до уваги тенденцію неухильного підвищення температурних режимів в регіонах України, повзуче розширення зон посушливих територій в напрямку від Одеської та Херсонської областей в напрямку центру України і, навпаки, надлишок опадів на території Прикарпаття і всіх західних областей.

Тому одним з варіантів вибору форми може бути використання ідей і досягнень в одному з напрямків адаптивної архітектури біоміметичі (лат. Bios - життя і mimesis - наслідування). Це особливий метод створення об'єктів при запозиченні ідей у живої природи. При біоміметичному підході архітектори не просто копіюють природні створення, а здійснюють детальний аналіз принципів їх устрою, організації та характеру взаємодії з навколишнім середовищем [3-4]. На думку Джанін Беніус [5] «... все найдосконаліше вже створено і людині варто вчитися у природи, спостерігати за її устроєм і взаємозв'язками, використовувати природні системи в сучасній промисловості, архітектурі і дизайні». Основною метою архітектурної біоміметики є вивчення та використання «досягнень природи» для підвищення якості архітектури, а також гармонізації природного і міського середовищ.

Біоміметичні принципи, тобто застосування єдиних підходів до розвитку природної та архітектурної середовищ, здатні вирішити ряд завдань, що виникли в архітектурній сфері діяльності людини. Такий підхід дозволить підвищити виразність архітектури, зробити архітектурні споруди більш стійкими до зовнішніх впливів, більш комфортними та зручними для людини і менш шкідливими для навколишнього середовища. При цьому штучне середовище повинне володіти адаптаційними можливостями, характерними для живого організму – її прообразу.

Біоміметичні принципи запозичення [6] базуються на розгляді трьох рівнів природних об'єктів (організм, поведінка, екосистема) і застосуванні п'яти типів (форма, конструкція, матеріал, процес, функція).

Типи запозичення відображають елементи живого організму, які піддаються дослідженню, аналізу і використанню необхідних характеристик. Рівні запозичення відображають те, який конкретно об'єкт або група об'єктів піддані вивченню. На рівні організму вивчаються живі організми, їх будова, поведінка, життєдіяльність (рис. 1). На рівні поведінки досліджується те, що було зроблено живим організмом, наприклад його споруди або принципи життєзабезпечення (рис. 2).

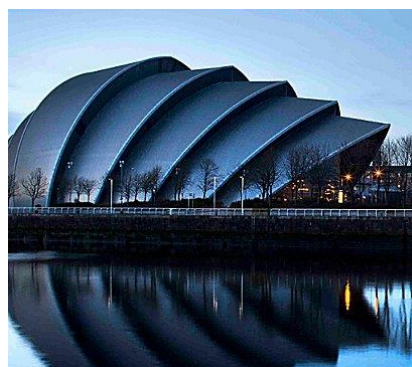


Рис. 1. Запозичення типу форми на рівні організму



Рис. 2. Запозичення типу конструкції на рівні поведінки

На третьому рівні вивчаються природні екосистеми з позиції взаємодії різних живих організмів між собою і з навколишнім середовищем (рис. 3). Третій рівень найбільш складний для вивчення і для досягнення максимального ефекту вимагає тісної співпраці фахівців природничих наук і архітекторів. Але в той же самий час він максимально ефективний при створенні стійкого і комфортного архітектурного середовища, здатного існувати в гармонії з природою.



Рис. 3. Будинок-гніздо (запозичення на рівні екосистеми)

Аналіз складних взаємодій між живими організмами, які становлять екосистеми, є для людства, з одного боку, прикладом гармонійного співіснування в природі і, з іншого боку, захоплюючою перспективою для створення в майбутньому штучних місць існування, адаптованих в навколишнє середовище.

Аналіз вирішення питань два і три розглянемо в комплексі. Обидва вони вимагають серйозного підходу в аналізі і виборі засобів проектування.

Є різні методи реалізації завдань проектування геометрично складних форм і їх адаптації в існуючий природний, здебільше проблемний, ландшафт. На наш погляд, параметрична архітектура є найбільш потужним засобом реалізації ідеї створення повної моделі екологічного поселення адаптованого в навколишнє середовище, що краще всього відповідає сучасній концепції екопоселень, в якій основним критерієм при проектуванні і створенні такого роду поселень є використання інноваційних технологій і «зелені» стандарти будівництва [7-8]. Проблема створення екодружелюбного архітектурного середовища досліджується досить давно [9-11]. У багатьох країнах вже вступили в дію сертифікати вимірювання енергоефективності та екологічності проектів і будівель, якості архітектурних об'єктів, які свідчать про дбайливе ставлення до навколишнього середовища, про застосування енергозберігаючих технологій, використання сучасних будівельних матеріалів з

нестандартними властивостями – LEED в США, BREEAM в Англії, HQE у Франції та ін. [12-13]. Такі стандарти визначають приналежність до «зеленого будівництва» за наступними критеріями:

- гармонійна взаємодія між будівлями і навколишнім середовищем;
- інтегрований вибір будівельних матеріалів і методів зведення;
- мінімізація незручностей, викликаних споруджуваним об'єктом;
- мінімізація енерговитрат;
- мінімізація водовитрат;
- мінімізація підтримки будівлі в належному стані і її ремонту.

Для досягнення належних показників, які відповідають цим критеріям, необхідно ще на стадії проєктування передбачати з яких матеріалів треба зводити будівлю, із застосуванням яких інженерних систем планується її життєзабезпечення та обслуговування.

Настання 21-го сторіччя показало масове збільшення числа будівельних задач. Архітектурна композиція нарешті позбулася класичних обмежень глобального геометричного прообразу, симетрії і пропорції. Композиційний процес тепер може йти зсередини, з майже повною відкритістю заключної конфігурації проєкту, яку, що правда, не можна назвати заключною. В останній час архітектурні об'єкти все більш не є статичними спорудами. Для них характерні динамічні зміни форми, зовнішнього вигляду, місця розташування.

В параметризмі вирішення питань «реальної динаміки» пов'язано не тільки з використанням ексклюзивних інженерних систем, які обслуговують будинки, а й безпосередньо з формою архітектурних об'єктів. Складні, багатошарові оболонки, з яких, як правило, складаються зовнішні динамічні форми неоавангардної архітектури; напіввідкритий інтер'єрний простір, що перетікає при різних режимах експлуатації (рис. 4); елементи артикуляції форми, як правило, представляють собою подібні один одному і здатні до трансформацій фрагменти єдиної поверхні архітектурної споруди – все це може і повинно працювати в режимі «дружелюбної співдружності» штучного і природного середовища проживання людини.



Рис. 4. Будинок в пустелі за проєктом архітектора Кена Келлога з елементами артикуляції внутрішнього простору [14].

Параметричне проєктування має низку переваг, які вигідно відокремлюють його від інших методів і засобів архітектурного проєктування:

- гнучкість метаморфоз форми в ретроспективі поставлених завдань і розрахункових параметрів;
- можливість значно більш швидкої зміни внутрішнього наповнення проєктованого об'єкту;
- можливість комбінаторики форми і завдання (складна форма, створена в RINO реалізується за допомогою BIM-технологій, які надає, наприклад, Revit (рис. 5);
- використання різних стилів, способів і форм моделювання з метою створення найбільш адаптованої до природного ландшафту системи;
- робота «під замовника», але з урахуванням екологічної сумісності архітектурного об'єкту і навколишнього середовища.

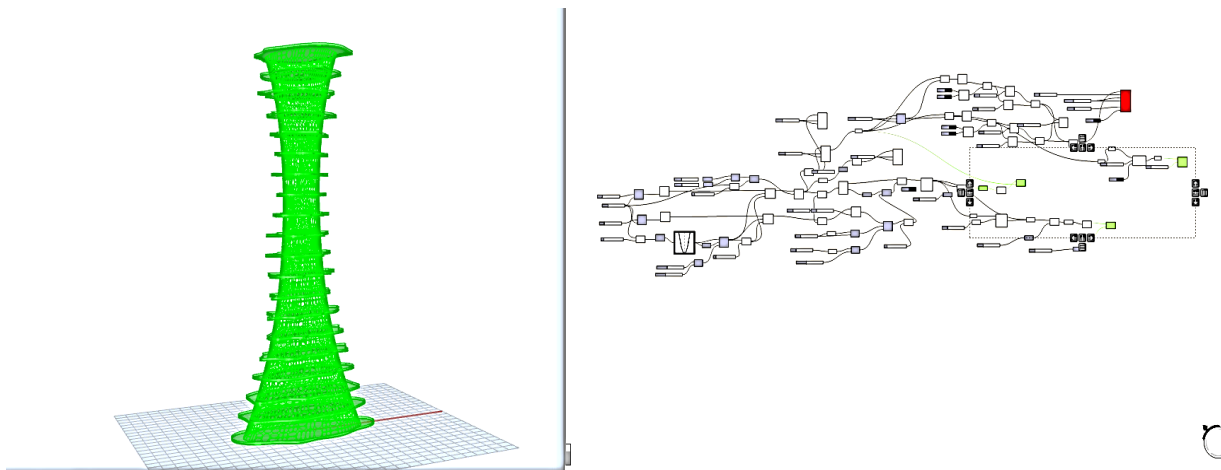


Рис. 5. Скрипти вежі, створені в середовищі RINO Grasshopper

Широке втілення комп'ютерних технологій призвело до радикальних змін акценту в інформаційних потоках, які супроводжують процес проектування, з двовимірних креслень на тривимірні моделі з подальшим переходом на моделі інформаційні. Зараз вже робляться перші кроки в архітектурному проектуванні, які передбачають всеосяжне пов'язування і співвіднесення інформації не тільки в процесі розробки і оформлення архітектурного об'єкта, але і в процесі формування його початкового образу.

**Висновки.** Параметричний підхід вимагає нового проектного мислення і поглибленого знання комп'ютерних програм, що дозволяє відображати в єдиній моделі всі зміни що відбуваються в процесі проектування. При генеруванні архітектурних форм складної геометрії такий підхід дає можливість «індивідуалізації» конструктивно-інженерних систем і матеріалів, а також сприяє створенню принципово нових і навіть непередбачених форм. Симбіоз творчого задуму архітектора і можливостей цифрових технологій моделювання віртуальної реальності дозволяє по-новому подивитися не тільки на перерозподіл ролей між архітекторами та суміжниками, а й вимагає переосмислення ролі форми в архітектурі в контексті формування комфортного та екологічно безпечного просторового середовища проживання.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Greenpeace. URL: <https://www.greenpeace.org/international/>.
2. Українська правда. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2021/03/16/7286775/>.
3. Yurtkuran S., Kirli G., Taneli Y. Learning from Nature: Biomimetic Design in Architectural Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 89, 10. P. 633-639. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.907>
4. Berkebile B., McLennan J. The Living Building. Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature. *BioInspire* 18. 2004.
5. TED Ideas worth spreading. URL: [https://www.ted.com/speakers/janine\\_benyus](https://www.ted.com/speakers/janine_benyus).
6. Feuerstein G. Biomorphic Architecture – Human and Animal Forms in Architecture. Stuttgart: Edition Axel Menges, 2002. 208 p.
7. Kennedy M., Kennedy D. Designing Ecological Settlements. Berlin: Reimer, 2000. 229 p.
8. Немцев И.А. Зеленое строительство: экопоселения в концепции устойчивого развития. *Урбанистика*. 2014. № 3. С. 8-25. <https://doi.org/10.7256/2310-8673.2014.3.13525>.

#### REFERENCES:

1. Greenpeace. URL: <https://www.greenpeace.org/international/>.
2. Ukrain'ska pravda. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2021/03/16/7286775/>.
3. Yurtkuran S., Kirli G., Taneli Y. Learning from Nature: Biomimetic Design in Architectural Education. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013. Vol. 89, 10. P. 633-639. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.907>
4. Berkebile B., McLennan J. The Living Building. Biomimicry in Architecture, Integrating Technology with Nature. *BioInspire* 18. 2004.
5. TED Ideas worth spreading. URL: [https://www.ted.com/speakers/janine\\_benyus](https://www.ted.com/speakers/janine_benyus).
6. Feuerstein G. Biomorphic Architecture – Human and Animal Forms in Architecture. Stuttgart: Edition Axel Menges, 2002. 208 p.
7. Kennedy M., Kennedy D. Designing Ecological Settlements. Berlin: Reimer, 2000. 229 p.
8. Nemcev I.A. Zelenoe stroitel'stvo: ekoposeleniya v koncepcii ustojchivogo razvitiya. *Urbanistika*. 2014. № 3. S. 8-25. <https://doi.org/10.7256/2310-8673.2014.3.13525>.

9. Graham P. Building Ecology: First Principles For A Sustainable Built Environment. Oxford: John Wiley & Sons, 2002. 304 p.
10. Kibert C. J., Sendzimir J., Guy G. B. Construction Ecology. New York: Spon Press, 2002. 336 p.
11. Keoleian G.A., Menerey D. Sustainable development by design. Air & Waste. 1995. 44. Pp. 645-648.
12. BREEAM. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. URL: <http://www.breeam.org/>.
13. Promoting LEED Certification and Green Building Technologies. URL: <http://leed.net/>.
14. Самый необычный дом в мире. URL: <https://trendymen.ru/lifestyle/design/119832>.
9. Graham P. Building Ecology: First Principles For A Sustainable Built Environment. Oxford: John Wiley & Sons, 2002. 304 p.
10. Kibert C. J., Sendzimir J., Guy G. B. Construction Ecology. New York: Spon Press, 2002. 336 p.
11. Keoleian G.A., Menerey D. Sustainable development by design. Air & Waste. 1995. 44. Pp. 645-648.
12. BREEAM. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. URL: <http://www.breeam.org/>.
13. Promoting LEED Certification and Green Building Technologies. URL: <http://leed.net/>.
14. Samyj neobychnyj dom v mire. URL: <https://trendymen.ru/lifestyle/design/119832>.

**Sopov D.V., Protsenko O.M. PARAMETRICISM AS A CONSTRUCTIVE WAY OF CREATING NATURAL-ADAPTIVE FORMS IN ARCHITECTURE.** The article considers a comprehensive solution for the creation of modern eco-settlements through the use of modern design methods in an environment of adaptive architecture. Biomimetic principles of borrowing in adaptive architecture are given, which are based on consideration of three levels of natural objects (organism, behavior, ecosystem) and application of five types (form, construction, material, process, function). The problem of creating an environmentally friendly architectural environment using parametric design methods is considered.

**Key words:** ecosettlement, biomimetics, adaptive architecture, ecosystem, parametricism.