

DOI: 10.32347/2786-7269.2025.13.98-107

УДК 72.01:721/725

к.арх., доцент **Дорохіна Г.І.**,
a.dorohina1982@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2348-1743,
Галат С.Е.,
galatproject@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2348-1743,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВПЛИВ БІОМІМІКРІЇ НА ФОРМУВАННЯ БІОНІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Розглядається концепція біомімікрії як одного з ефективних інструментів формування біонічної архітектури. Біомімікрія, що передбачає адаптацію форм, структур і процесів, притаманних природним організмам, слугує джерелом інновацій для створення архітектурних рішень, що поєднують естетику, функціональність та екологічну доцільність. Досліджуються історичні передумови виникнення біонічного підходу в архітектурі та роль біомімікрії у цьому процесі. Аналізуються приклади архітектурних об'єктів, у яких біомімікрія була використана як метод проектування, що дозволяє досягти сталого розвитку, ефективного використання ресурсів та гармонійної інтеграції споруд у навколишнє середовище.

Особливу увагу приділено класифікації підходів до біомімікрії (на рівні форми, матеріалів і процесів), а також розгляду потенціалу цих підходів у сучасній архітектурній практиці.

У результаті дослідження зроблено висновок, що біомімікрія може виступати не лише джерелом натхнення, але й практичним інструментом для розвитку біонічної архітектури, спрямованої на досягнення інноваційних та сталих рішень у проектуванні.

Ключові слова: біонічна архітектура; архітектурне проектування; біомімікрія.

Постановка проблеми. У контексті постійного пошуку нових підходів у сучасній архітектурі та враховуючи зростаючий інтерес до використання природних принципів у дизайні будівель, проблематика використання біометричних принципів для формотворення біонічної архітектури набуває важливого значення. Ця проблема виникає з потреби збалансованого поєднання інноваційних концепцій, що беруть початок від природних систем, із врахуванням їхньої ефективності та адаптивності, та одночасної уваги до

можливих обмежень і ризиків, пов'язаних із впровадженням біоміметричних принципів у архітектурні рішення.

Стаття має на меті розкрити сутність проблеми, дослідити, наскільки успішно можливо інтегрувати біоміметричні принципи в біонічну архітектуру, а також визначити ключові переваги та недоліки цього підходу. Серед основних аспектів проблематики можуть бути визначені технічні виклики, фінансові обмеження, аспекти етики та безпеки, а також питання збереження індивідуальності в архітектурному дизайні при використанні біомімікрії.

Дослідження проблеми переваг і недоліків біоміметричних принципів у контексті біонічної архітектури є актуальним завданням, яке може сприяти розвитку нових технологій та підходів у сучасній архітектурі, а також сприяти формуванню ефективних стратегій врахування природних принципів у дизайні будівель з урахуванням їхнього впливу на навколишнє середовище та комфорт користувачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В сучасному науковому середовищі на сьогоднішній день є багато досліджень біомімікрійних принципів в архітектурі. Різні вчені та архітектори активно працюють над інтеграцією природних принципів в архітектурні концепції для досягнення більшої ефективності та стійкості [1-8]. Їх дослідження спрямовані на створення новаторських архітектурних рішень, і вони можуть визначити майбутнє використання біомімікрії в архітектурній практиці.

У роботах Майкла Поуліна - британського архітектора та дослідника, спостерігається основний фокус на вивченні використання біомімікрійних принципів у архітектурі для створення екологічно стійких та інноваційних дизайнів. Його дослідження ставлять за мету підвищення ефективності використання матеріалів та ресурсів у будівельному процесі [1].

Янін Беньюс - біолог та авторка книги "Біомімікрія: Інновації натхненні природою", розкриває природні принципи та їх застосуванні в архітектурному дизайні з орієнтацією на сталість та ефективність [2].

Голова міжнародної архітектурної фірми «Gensler» - Бені Генслер займається дослідженнями, що зосереджені на можливостях використання біомімікрійних концепцій для розробки більш стійких та інтелектуальних архітектурних рішень. [3].

Сема Каган - досліджує використання біомімікрії для розробки енергоефективних та екологічно чистих будівель та вивчає матеріали, інспіровані природними процесами. [4].

Дослідження Бартона Праута спрямовані на використання біомімікрійних принципів для розробки інтелектуальних та ефективних архітектурних систем [5].

В статті розглядаються аспекти робіт вищезгаданих науковців, що впливають на формування біонічної архітектури. Визначено питання, що не були досліджені за цим напрямком.

Данна тематика знаходиться на піці своєї актуальності та безумовно є цікавою для подальшого розвитку напрямку у наукових.

Метою публікації є дослідження потенційного впливу біомімікрії на формування біонічної архітектури.

Основна частина. Спочатку необхідно провести аналіз поняття біомімікрія та визначити його відмінність від біонічної архітектури.

Термін "біомімікрія" (англ. biomimicry) був вперше введений біологом та автором Янін Беньюс (Janine Benyus) в 1997 році у її книзі "Біомімікрія: Інновації, натхненні природою" (Biomimicry: Innovation Inspired by Nature) [2]. Визначення біомімікрії, яке запропонувала Томпсон, звучить наступним чином: "Біомімікрія - це імітація життєвих форм, функцій, процесів та стратегій природи для розв'язання складних технічних, інженерних та дизайнерських викликів в людській сфері."

Термін походить від грецького слова "bios" (життя) та "mimesis" (імітація), що вказує на ідею наслідування живого світу для досягнення новаторських та ефективних рішень в різних галузях.

Біомімікрійна архітектура - це підхід до архітектурного проектування, що ґрунтується на використанні принципів, форм та процесів природи для створення інноваційних архітектурних рішень. Цей підхід використовує інсайти з біології, екології та інших наук про живу природу для розробки стійких, функціональних та естетично привабливих будівель та інженерних систем.

Термін "біомімікрійна архітектура" був введений Майклом Поуліном (Michael Pawlyn) [1], британським архітектором та піонером в цій області.

Біонічна архітектура — напрям архітектурної діяльності, що полягає у вивченні й практичному використанні принципів природи для створення архітектурних форм і конструкцій.

Біомімікрійна архітектура та біонічна архітектура - це два різних підходи до архітектурного проектування, які базуються на ідеях, запозичених з природи (табл.1).

У статті представлені реалізовані приклади використання біомімікрійних принципів при формуванні біонічної архітектури.

У сфері енергоефективності та теплорегуляції біоміметика вивчає природні механізми регулювання температури, аби створювати ефективні системи для будівель. Моделювання терморегуляційних структур дозволяє використовувати форми та структури для підвищення ефективності ізоляції та енергозбереження будівель.

Таблиця 1.

Аналіз понять біомімікрії в архітектурі та біонічної архітектури [1; 9-11].

	Біомімікрія в архітектурі	Біонічна архітектура
Тип	Метод	Стилістика
Підхід	Використовує конкретні біологічні принципи, які можна спостерігати в живій природі, для розробки інноваційних технологій та матеріалів.	Використовує загальні природні форми та структури, такі як вітрила листя, павутиння або скелети тварин.
Джерело інспірації	Фокус на конкретних функціях або процесах у природі, таких як біомеханіка, біохімія або біологічна морфологія.	Загальні природні форми та структури, такі як вітрила листя, павутиння або скелети тварин
Приклади застосування	Розробки матеріалів, які ефективно використовуються для ізоляції будівель або для створення самоочищувальних поверхонь на будівлях.	Форми будівель, які емулюють структури листя для оптимізації освітлення та вентиляції, або в конструкціях, які застосовують принципи живих організмів для створення стійких та ефективних систем.

Структурна мімікрія в архітектурі передбачає використання принципів структур для створення легких, але міцних конструкцій, аналогічних до природних скелетів рослин чи кісток тварин. Також розробляються гнучкі та адаптивні структури, які можуть адаптуватися до змінних умов навколишнього середовища.

Біоміметика в будівельних матеріалах полягає в застосуванні властивостей матеріалів, інспірованих природними зразками, такими як бамбук чи міцелій грибів, для створення стійких та екологічно чистих конструкцій. Деякі концепції також використовують принципи фотосинтезу та збору сонячної енергії у дизайні будівель для створення енергоефективних систем.

Біоміметичний дизайн форм і структур базується на використанні природних форм та геометричних принципів для покращення якостей будівель. Вивчення принципів комунікації в природі також сприяє розробці ефективних архітектурних систем.

Один з найвідоміших прикладів використання геометричних структур з природи в будівельних матеріалах - це Таємниця Генезису (The Eden Project) (рис.1) в Великій Британії. У цьому проєкті використовуються геодезичні куполи, які інспіровані структурою морських губок. Морські губки відомі своєю міцністю та легкістю, що дозволяє їм стійко зберігати свою форму в умовах великого тиску води. Аналогічно, геодезичні куполи, використані в проєкті, забезпечують міцність та легкість конструкції, дозволяючи зберігати оптимальні умови внутрішнього середовища для рослинного життя.

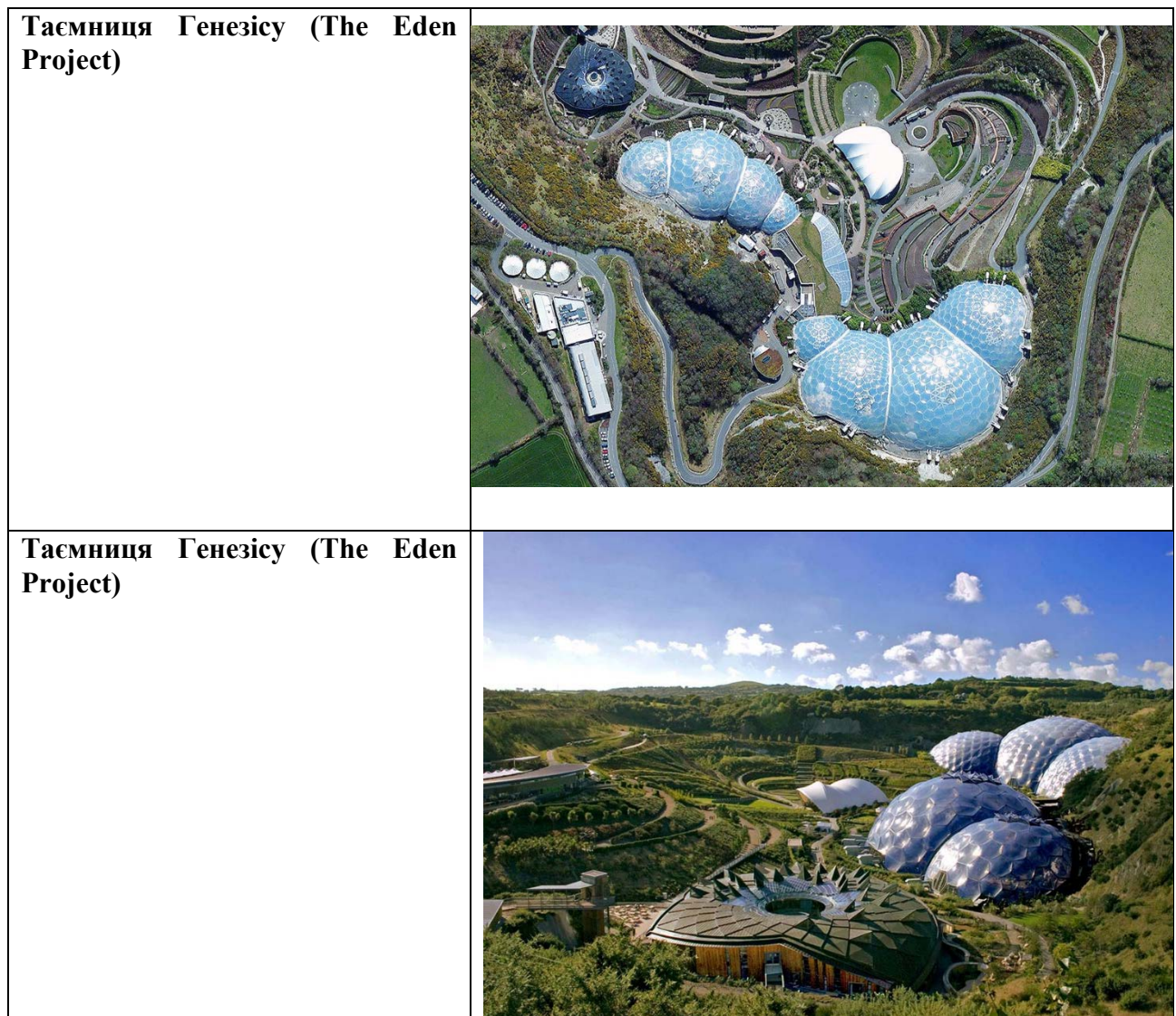


Рис.1.Таємниця Генезису (The Eden Project) [1]

Ці приклади показують, як геометричні структури природи використовуються для створення міцних, легких та ефективних будівельних конструкцій в сфері архітектури та інженерії.

Інноваційні технології включають робототехніку та автоматизацію, що використовує ідеї біологічних організмів для створення роботів та автоматизованих систем у будівництві та обслуговуванні. Також використовуються інформаційні технології для моніторингу та оптимізації функціонування біонічних архітектурних об'єктів.

Загалом, застосування біоніки в архітектурі дозволяє створювати не лише естетичні, але й функціонально ефективні та екологічно стійкі будівлі та споруди. Цей напрямок відкриває нові горизонти для архітекторів та інженерів, які використовують природу як джерело натхнення для розв'язання сучасних викликів у будівництві.

Біоніка в архітектурі – це підхід, що базується на використанні природних принципів та рішень для створення оптимізованих та екологічно стійких конструкцій. Архітектура є відображенням природи, вивчаючи її механізми та адаптації, щоб застосовувати отримані знання у своїх проектах. Успішні приклади біоміметики включають терморегуляцію термітників, структурну мімікрію в крилах метеликів, та використання енергоефективних стратегій термофільних рослин.

Наприклад, терморегуляційні механізми термітників можуть надихнути на створення систем терморегуляції у будівлях. Крила метеликів надають ідеї легких, але міцних конструкцій. Також, природні механізми терморегуляції та енергоефективності в рослин можуть бути використані для покращення внутрішнього середовища будівель [12].

У біонічній архітектурі також важлива роль мікробіоти. В цьому контексті мікробіота стосується концепції використання або імітації мікроорганізмів для створення стійких, самоорганізованих та адаптивних систем у будівлях [13]. Це може включати розробку матеріалів, що взаємодіють із довкіллям або самовідновлюються завдяки процесам, схожим на біологічні. Вона може бути використана для створення здорового та комфортного внутрішнього середовища у будівлях, зокрема, через ефективне очищення повітря та води. Мікробіота також може слугувати джерелом інспірації для біонічних фасадів, які імітують природний ріст та розвиток мікроорганізмів. Наприклад, архітектурні матеріали, що очищають себе, або фасади, які змінюють свої властивості під впливом умов навколишнього середовища, можуть бути створені з використанням мікробних процесів.

Ці приклади свідчать про потенціал біомімікрії в біонічній архітектурі як джерела інновацій для створення енергоефективних, екологічно чистих та естетично привабливих будівель та інфраструктури.

Важливим аспектом є аналіз факторів, що впливають на формування біонічних об'єктів. Розглядаються екологічні, технологічні та соціокультурні аспекти, враховуючи використання екологічно чистих матеріалів, технологічний прогрес у виробництві, а також взаємодію з місцевими спільнотами [14-16].

Біологічні принципи та механізми взаємодії організмів з їхнім середовищем є важливим фактором формування біонічних об'єктів в архітектурі. Аналіз адаптації природи до навколишнього середовища дозволяє архітекторам використовувати ці принципи для створення об'єктів, які ефективно взаємодіють з оточенням.

Споживання енергії та енергоефективність визначаються за допомогою вивчення механізмів терморегуляції в природі [12]. Розробка систем опалення

та охолодження, інспірованих цими механізмами, спрямована на створення енергоефективних архітектурних рішень, які підтримують оптимальні температурні умови.

Матеріали та технології в біонічній архітектурі включають в себе використання біоміметичних матеріалів та розробку нових технологій у будівництві [14-16]. Властивості, взяті з природних об'єктів, дозволяють створювати міцні та функціональні конструкції.

Функціональність та комфорт архітектурних об'єктів визначаються їхньою ергономікою та адаптивністю до потреб користувачів. Оптимізація внутрішнього середовища залежить від використання природних принципів для створення ефективних систем вентиляції та освітлення.

Естетика та дизайн біонічних об'єктів базується на біоміметичному дизайні, що використовує форми, кольори та текстури, інспіровані природою. Створення просторів, які інтегруються в природне середовище, сприяє їхній естетичності та взаємодії з екологічною урбанізацією.

У статті представлені типові приклади архітектурної класифікації, і на базі міждисциплінарних наукових досліджень [17-18], висвітлено новий підхід до таксономічної системи об'єктно-орієнтованого проектування, який може слугувати основою для створення об'єктів у сфері біонічної та біоміметичної архітектури.

Висновки. Застосування біомімікрії в архітектурі відкриває нові перспективи для створення сталих, енергоефективних та адаптивних архітектурних рішень. Вивчення природних структур і процесів дозволяє інтегрувати принципи біонічного проектування, що сприяє оптимізації будівельних матеріалів, конструкцій і функціональних можливостей споруд.

Аналіз практичних прикладів використання біомімікрії демонструє її значний потенціал у формуванні інноваційних архітектурних підходів. Природні системи слугують ефективною моделлю для розробки адаптивних фасадів, вдосконалення вентиляційних стратегій і мінімізації екологічного впливу будівель.

Подальші дослідження у цій сфері сприятимуть розвитку біонічної архітектури, інтеграції розумних матеріалів та вдосконаленню технологій, що наслідують природні механізми. Таким чином, біомімікрія є не лише джерелом натхнення, а й важливим інструментом для сталого розвитку сучасної архітектури.

Список джерел

1. Pawlyn M. *Biomimicry in Architecture*.
2. Benyus J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow, 1997.

3. Imani N., Vale B. *Biomimetic Design for Building Energy Efficiency*. Biomimetics. 2022;7(3):106. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics7030106>
4. Fechey-Lippens D., Bhiwapurkar P. Applying biomimicry to design building envelopes that lower energy consumption in a hot-humid climate. *Architectural Science Review*. 2017;60(5):360–370. DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1359145>
5. Nessim M.A. Biomimetic Architecture as a New Approach for Energy Efficient Buildings through Smart Building Materials. *Journal of Green Building*. 2015;10(4):73–86. DOI: <https://doi.org/10.3992/jgb.10.4.73>
6. Abunnasr Y., Ali A.K., El-Eman N. Biomimetics in Architectural Design for Energy Efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.015>
7. Lazarus M.A., Wilson A. Biomimicry and the Design of Energy-Effective Building Enclosures. *ASHRAE Journal*. 2010. Посилання: ASHRAE Journal
8. Mahdavi A., Tahmasebi F. Biomimicry for the Optimization of Thermal Comfort in Buildings. *Energy and Buildings*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.004>
9. Amorim C., et al. Biomimicry and biophilic design: innovation for sustainable architecture. *Sustainability*. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11040970>
10. Ganesh Babu U., Mounika V. Bionic Architecture – A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Посилання (PDF): <https://www.ijert.org>
11. Zari M.P. Biomimicry in architecture – a review. *International Journal of Sustainable Built Environment*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijse.2014.05.004>
12. Leidi M., Aziz A. Thermal Regulation Efficiency in Architecture through Biomimetic Design. *Procedia Engineering*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.199>
13. Armstrong R. *Living Architecture: How Synthetic Biology Can Remake Our Cities and Reshape Our Lives*.
14. Andersson T., Meyer L. Role of Circular Economy in Post-Conflict Reconstruction. *Journal of Environmental Planning and Management*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1722110>
15. Fernandez J., Liu P. Sustainable Materials for Reconstruction in the Context of Climate Change. *Construction and Building Materials*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123456>
16. Колотов М.В. Інноваційні підходи до проєктування архітектурних об'єктів в умовах кризи. *Архітектура та будівництво України*. Київ: 2019. Вип. 91. С. 45–57. DOI: <https://doi.org/10.31210/1815-1234-2019-91-45>
17. Буч Г., Максимчук Р.А., Енгл М.У. та ін. Об'єктно-орієнтований аналіз і проєктування з прикладами застосувань. Переклад з англійської кандидата фізико-математичних наук Д.А. Ключина. 3-є видання. — Київ: ТОВ "Вільямс", 2008. — 720 с.
18. Змеул С.Г., Маханько Б.А. Архітектурна типологія будівель і споруд: Підручник для вищих навчальних закладів. — Київ: Архітектура – С, 2007. — 240 с.

PhD., Associate Professor **Dorokhina Hanna, Halat Sofia**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

THE INFLUENCE OF BIOMIMICRY ON THE FORMATION OF BIONIC ARCHITECTURE

The article explores the concept of biomimicry as one of the effective tools for shaping bionic architecture. Biomimicry, which involves the adaptation of forms,

structures, and processes found in natural organisms, serves as a source of innovation for creating architectural solutions that combine aesthetics, functionality, and environmental appropriateness. The study examines the historical background of the emergence of the bionic approach in architecture and the role of biomimicry in this process. It analyzes examples of architectural projects where biomimicry has been applied as a design method that enables sustainable development, efficient use of resources, and harmonious integration of buildings into the surrounding environment.

Special attention is paid to the classification of biomimicry approaches (at the level of form, materials, and processes), as well as the exploration of the potential of these approaches in contemporary architectural practice.

As a result of the study, it is concluded that biomimicry can serve not only as a source of inspiration but also as a practical tool for the development of bionic architecture aimed at achieving innovative and sustainable design solutions.

Keywords: bionic architecture; architectural design; biomimicry

REFERENCES

1. Pawlyn M. *Biomimicry in Architecture*. {in English}
2. Benyus J.M. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow, 1997. {in English}
3. Imani N., Vale B. Biomimetic Design for Building Energy Efficiency. *Biomimetics*. 2022;7(3):106. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomimetics7030106> {in English}
4. Fecheyr-Lippens D., Bhiwapurkar P. Applying biomimicry to design building envelopes that lower energy consumption in a hot-humid climate. *Architectural Science Review*. 2017;60(5):360–370. DOI: <https://doi.org/10.1080/00038628.2017.1359145> {in English}
5. Nessim M.A. Biomimetic Architecture as a New Approach for Energy Efficient Buildings through Smart Building Materials. *Journal of Green Building*. 2015;10(4):73–86. DOI: <https://doi.org/10.3992/jgb.10.4.73> {in English}
6. Abunnasr Y., Ali A.K., El-Eman N. Biomimetics in Architectural Design for Energy Efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.015> {in English}
7. Lazarus M.A., Wilson A. Biomimicry and the Design of Energy-Effective Building Enclosures. *ASHRAE Journal*. 2010. Reference: *ASHRAE Journal* {in English}
8. Mahdavi A., Tahmasebi F. Biomimicry for the Optimization of Thermal Comfort in Buildings. *Energy and Buildings*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.004> {in English}

9. Amorim C., et al. Biomimicry and biophilic design: innovation for sustainable architecture. Sustainability. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11040970> {in English}
10. Ganesh Babu U., Mounika V. Bionic Architecture – A Review. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). URL (PDF): <https://www.ijert.org> {in English}
11. Zari M.P. Biomimicry in architecture – a review. International Journal of Sustainable Built Environment. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijse.2014.05.004> {in English}
12. Leidi M., Aziz A. Thermal Regulation Efficiency in Architecture through Biomimetic Design. Procedia Engineering. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.199> {in English}
13. Armstrong R. Living Architecture: How Synthetic Biology Can Remake Our Cities and Reshape Our Lives. {in English}
14. Andersson T., Meyer L. Role of Circular Economy in Post-Conflict Reconstruction. Journal of Environmental Planning and Management. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1722110> {in English}
15. Fernandez J., Liu P. Sustainable Materials for Reconstruction in the Context of Climate Change. Construction and Building Materials. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123456> {in English}
16. Kolotov M.V. Innovatsiini pidkhody do proiektuvannia arkhitekturnykh ob'ektiv v umovakh kryzy. Arkhitektura ta budivnytstvo Ukrainy. [Innovative Approaches to Designing Architectural Objects in Crisis Conditions. Architecture and Construction of Ukraine.] Kyiv: 2019. Issue 91. Pp. 45–57. DOI: <https://doi.org/10.31210/1815-1234-2019-91-45> {in Ukrainian}
17. Buch G., Maksimchuk R.A., Engl M.U. i dr. Ob'ektno-orientovanyi analiz i proiektuvannia z prykladamy zastosuvan. [Object-Oriented Analysis and Design with Application Examples.] Per. z anhl. kand. fiz.-mat. nauk D.A. Kliuchyna. 3-e vyd. Kyiv: TOV "Viliams", 2008. 720 s. {in Ukrainian}
18. Zmeul S.H., Makhan'ko B.A. Arkhitekturnaia tipolohiia zdanii i sooruzhenii: Ucheb. dlia vuzov. [Architectural Typology of Buildings and Structures: A Textbook for Universities.] Kyiv: Arkhitektura – S, 2007. 240 p. {in Ukrainian}