

УДК 620.3:687.03

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/87-1-23>**Ірина ЄРЕМЕНКО,***orcid.org/0000-0002-3676-4892*

кандидат мистецтвознавства (PhD),

доцент кафедри дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) *ieremenko.ira@gmail.com***Марія МАЛЮЧЕНКО,***orcid.org/0009-0001-8185-6534*

студентка I курсу магістратури факультету дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) *mushka.rump21@gmail.com*

БІОМІМЕТИКА ЯК РУШІЙ ІННОВАЦІЙ У ДИЗАЙНІ

У статті біоміметика розглядається як сучасний підхід до дизайну, який базується на вивченні та використанні природних рішень. Досліджується, як дизайнери можуть використовувати принципи, структури та процеси, які існують у природі, у своїй роботі. Біоміметика розглядається не як інструмент копіювання форм, а як комплексний спосіб мислення, який дозволяє дизайнерам генерувати інноваційні продукти, орієнтуючись на ефективність, адаптивність і екологічність, властиві природнім організмам. Автори наголошують про важливість системного підходу до використання біоміметичних рішень та необхідності формування методології, яка дозволить переосмислювати біологічні моделі як основу для дизайну.

У статті подається короткий огляд історії розвитку біоміметики, починаючи від часів появи концепцій Леонардо да Вінчі та Джорджа Кейлі, які базувалися на спостереженні за живою природою в ранніх періодах технічного розвитку, і закінчуючи сучасністю, коли біоміметика широко використовується в архітектурному дизайні, дизайні предметів побуту, транспортних засобів і робототехнічних систем. Увага приділяється формулюванню наукової проблеми: велика частина дизайнерських рішень зосереджується на поверхневому естетичному наслідуванні, тоді як потенціал природи як джерела функціональних рішень не використовується належним чином. В статті запропоновано ідею біоміметичного мислення, яка включає такі елементи, як системний аналіз, алгоритмічне моделювання та міждисциплінарна співпраця. Проаналізовано наукові публікації та приклади практики, щоб продемонструвати, як біоміметика працює на різних рівнях: комп'ютерне моделювання, аналіз природних систем і співпраця між біологами, дизайнерами та інженерами.

Результати дослідження показали, що парадигма дизайнерської практики повинна змінитися, та має враховувати не лише наслідування природних форм, але й функційний аналіз природних систем. Головний акцент наголошується на тому, що біоміметику потрібно розглядати як не просто джерело ідей, а як інструмент, який допомагає створювати продукти, які є ефективними, інноваційними та екологічно чистими. Цей спосіб дозволяє по-новому розглядати дизайн як взаємодію з природою, а не просто її копіювання.

Ключові слова: біоміметика, дизайн, інновації, сталий розвиток, природні системи, міждисциплінарність, екологічність, адаптивність.

Iryna IEREMENKO,*orcid.org/0000-0002-3676-4892*

Candidate of Art History,

Associate Professor at the Department of Design

Kharkiv State Academy of Design and Arts

(Kharkiv, Ukraine) *ieremenko.ira@gmail.com***Mariia MALIUCHENKO,***orcid.org/0009-0001-8185-6534*

1st year master's student at the Faculty of Design

Kharkiv State Academy of Design and Arts

(Kharkiv, Ukraine) *mushka.rump21@gmail.com*

BIOMIMETICS AS A DRIVER OF INNOVATIONS IN DESIGN

The article considers biomimicry as a modern design approach based on studying and utilizing natural solutions. It explores how designers can apply principles, structures, and processes found in nature in their work. Biomimicry is

viewed not merely as a tool for copying forms, but as a comprehensive way of thinking that enables designers to generate innovative products focused on efficiency, adaptability, and environmental sustainability inherent in natural organisms. The authors emphasize the importance of a systemic approach to applying biomimetic solutions and the need to develop a methodology that allows rethinking biological models as a foundation for design.

The article provides a brief overview of the history of biomimicry development, starting from the early concepts of Leonardo da Vinci and George Cayley, who based their work on observations of living nature during early periods of technological advancement, up to the present day, where biomimicry is widely used in architectural design, household product design, transportation, and robotic systems. Attention is given to formulating the scientific problem: a large portion of design solutions focus on superficial aesthetic imitation, while the potential of nature as a source of functional solutions remains underutilized. The article proposes the idea of biomimetic thinking, which includes elements such as systems analysis, algorithmic modeling, and interdisciplinary collaboration. Scientific publications and practical examples are analyzed to demonstrate how biomimicry operates on various levels: computer modeling, natural system analysis, and cooperation between biologists, designers, and engineers.

The research results show that the paradigm of design practice should shift to consider not only the form but also the function of natural phenomena. The main emphasis is placed on viewing biomimicry not just as a source of ideas but as a tool that helps create products that are efficient, user-friendly, and environmentally clean. This approach enables a new perspective on design as an interaction with nature, rather than mere copying.

Key words: biomimicry, design, innovation, sustainable development, natural systems, interdisciplinarity, environmental sustainability, adaptability.

Постановка проблеми. Попри значний розвиток біоміметики, багато дизайнерів обмежуються лише наслідуванням форми природних об'єктів, не враховуючи глибинні принципи їхньої роботи. Виникає питання: як зробити біоміметичне мислення більш системним та ефективним для створення інновацій у дизайні?

Головні проблеми:

1. Локальність застосування біоміметичних рішень. Часто дизайнерські рішення запозичуються лише в одній сфері, без аналізу їхньої можливої адаптації в інших галузях.

2. Відсутність чіткої методології мислення для дизайнерів. Немає універсального алгоритму, що дозволяв би дизайнерам ефективно адаптувати біологічні принципи в своїх проєктах.

3. Неповне використання потенціалу біоміметики. Замість системного аналізу природних механізмів дизайнери часто фокусуються лише на візуальних аспектах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біоміметика як напрямок дизайну є предметом багатьох досліджень, оскільки вона відкриває нові шляхи створення продуктів, які є корисними, екологічними та функціональними. В основі біоміметики лежить дослідження природних механізмів і те, як їх можна використовувати для розробки технічних і дизайнерських рішень. Це міждисциплінарний підхід, що поєднує біологію, матеріалознавство, інженерію та дизайн.

У далекому минулому, коли люди копіювали структури природних матеріалів і форм, можна знайти перші приклади біоміметичних рішень. Згідно з Kennedy (2017), ще в епоху Відродження Леонардо да Вінчі планував літаки, натхнені польотом птахів і кажанів. Він створив моделі

літаків, спостерігаючи за птахами. Ці моделі стали основою для інженерних досліджень авіації в майбутньому. Натхненний природою, Джордж Кейлі запропонував дизайн планера в 1800-х роках. Проте справжній розвиток біоміметики як наукової дисципліни розпочався у XX столітті. Коли інженери звернули увагу на природні механізми та структури для розв'язання технічних завдань у 1950-х роках, термін «біоніка» почав широко використовуватися в науці. Згодом, у 1997 році, Дженін Беньюс сформулювала основи біоміметики як науки, підкреслюючи, що природа служить прикладом, моделлю та мірою ефективності (Benyus, 1997).

Біоміметика почала поступово впроваджуватися в різні прикладні сфери, зокрема в *архітектурному дизайні*. Архітектори все частіше звертаються до природи як джерела функціональних рішень і форм. Як зазначає Zari (2007), біоміметика в архітектурі реалізується на трьох рівнях: формальному (наслідування форм), функціональному (впровадження природних механізмів) та екосистемному (інтеграція архітектури в природні системи). Одним із яскравих прикладів є Пекінський національний стадіон, відомий як «пташине гніздо», спроектований бюро Herzog & de Meuron до Олімпійських ігор 2008 року. Стадіон має форму пташиного гнізда завдяки хаотичному, але інженерно вивіреному з'єднанню сталевих елементів. Захищаючи від атмосферних впливів і зменшуючи шум, між просторовими секціями розміщено напівпрозорі панелі з матеріалу, який нагадує ізоляційні властивості природних гнізд. Цей приклад демонструє, як біологічні принципи можуть бути інтегровані як у форму, так і у функціональну структуру будівлі (Verma, 2023).

Після того, як архітектура стала однією з наймасштабніших сфер застосування біоміметики, природні принципи почали активно інтегруватися в менші, але не менш важливі сфери дизайну, як *дизайн інтер'єрів*. У статті Бець (2022) розглядається застосування біонічних принципів у дизайні інтер'єру, зокрема стилізоване відтворення природних форм, структурна єдність елементів, використання екологічних матеріалів і технологій.

Біоміметичні концепції, які успішно застосовуються в архітектурі, природно поширилися на *предметний дизайн*. Дизайнери створюють об'єкти, які не лише функціональні та ергономічні, але й естетично привабливі. Наприклад, вивчення морфологічних характеристик природних форм дозволяє дизайнерам створювати продукти з найкращими характеристиками, такими як міцність, легкість і гнучкість.

Паралельно з розвитком предметного дизайну, біоміметичні принципи все активніше впроваджуються й у *меблевій галузі*, де екологічність і адаптивність стають ключовими вимогами до сучасних інтер'єрних рішень. У дослідженні, проведеному Wen et al. (2024), дослідники окреслили нові підходи до біоміметичного проектування меблів, які дозволяють оптимізувати використання ресурсів і мінімізувати вплив на довкілля.

Від предметного середовища біоміметика закономірно поширюється на більш технічно складні системи – зокрема, *дизайн транспорту*. Інженери та дизайнери створюють транспортні засоби з покращеними аеродинамічними характеристиками, енергоефективністю та безпекою, спираючись на природні форми та механізми. У 2005 році компанія Daimler Chrysler представила концептуальний автомобіль Bionic Car. Його форма була натхненна тілом коробкоподібної риби – boxfish, яка має чудові гідродинамічні властивості. Таким чином, автомобіль економніше використовує паливо та має зниження опору повітрю на 65% порівняно з традиційними автомобілями (Benyus, 1997). Крім того, біоміметика впливає на дизайн міської інфраструктури, зокрема, транспортних зупинок. Використання зелених технологій під час проектування покращує міське середовище та покращує якість життя мешканців.

Найскладнішим технологічним аспектом застосування біоміметики є *дизайн робототехніки*. У цій галузі натхнення природними механізмами дозволяє створювати пристрої, що імітують адаптивність і рухливість живих організмів. У роботі Bar-Cohen (2005) розглядаються приклади пристроїв, що імітують біологічні системи за допо-

могою електроактивних полімерів. Дослідження показує, що можна створити робототехнічні системи, які можуть відтворювати функції та гнучкість живих організмів. Робот BigDog від Boston Dynamics є одним із найвідоміших прикладів біоміметичного дизайну робототехніки. Його структура та форма наслідують пропорції та кінематику тварин, а ергономічний корпус гарантує стійкість і баланс. Він був створений для використання в ситуаціях, де потрібна висока стійкість і маневреність, наприклад, у військових або рятувальних операціях (Raibert et al., 2008).

Мета дослідження – розробити систему дизайнерського мислення, що базується на закономірностях перенесення біоміметичних технологій між різними сферами.

Гіпотеза дослідження – інновації в дизайні виникають не лише шляхом безпосереднього наслідування природних форм, а й завдяки перенесенню біоміметичних принципів між різними сферами дизайну, що розширює можливості створення нових продуктів та рішень.

Виклад основного матеріалу. Що таке біоміметичне мислення? Біоміметичне мислення – це підхід у дизайні та інженерії, який передбачає дослідження та використання принципів, структур і процесів, які існують у природі. Він базується на розумінні того, що природа розробила ефективні та стійкі рішення для багатьох проблем протягом мільйонів років еволюції. Біоміметичні принципи дають дизайнерам можливість створювати продукти та системи, які є більш ефективними, екологічно чистими та естетично привабливими.

Як змінюється процес розробки дизайну при використанні біоміметичних принципів? Інтеграція біоміметичних принципів у процес розробки дизайну змінює традиційний підхід до проектування. Дизайнери спочатку шукають натхнення та рішення в природі, а не в технічних вимогах або ринкових тенденціях. Це включає спостереження за природними формами, структурами та процесами, аналіз того, як вони працюють, і адаптацію цих принципів до завдань, пов'язаних із дизайном. Таким чином можна створити нові продукти, які поєднують дизайн і функції, а також підвищують екологічність.

Як знайти аналогію між природою і дизайном? Під перенесенням біоміметичних принципів розуміється процес адаптації рішень, запозичених із природи, в нові галузі дизайну. У цьому підході важливим етапом є пошук аналогій між дизайнерськими завданнями та природними явищами. Це вимагає глибокого розуміння біологічних систем і того, як вони виконують свої функції. Часто різні

дисципліни співпрацюють разом, щоб знайти та змінити природні рішення. Наприклад, біологи, інженери та дизайнери працювали разом у проєкті ColorFolds, розробленому архітекторкою Дженні Сабін в Корнельському університеті (Sabin, 2014). Біологи надали дані про структуру клітинних матриць, інженери створили алгоритми та фізичні моделі, а дизайнери втілили ідеї у вигляді матеріальних інсталяцій, що адаптуються до навколишнього середовища. Такий підхід дозволяє поєднати естетику, функціональність і наукову обґрунтованість у створенні інноваційних продуктів.

Як правильно інтерпретувати біологічні механізми у проєктуванні? Для того, щоб правильно інтерпретувати біологічні механізми в дизайні, необхідно мати не лише знання біології, але й здатність адаптувати ці механізми до технічних і естетичних вимог проєкту. Це включає вивчення функціональних елементів природних систем, а також переклад цих елементів на мову дизайну. Наприклад, структура кісток птахів, яка поєднує легкість і міцність, може бути використана в архітектурі для створення легких і міцних будівель. Щоб гарантувати ефективну інтеграцію біоміметичних принципів, важливо враховувати контекст і особливості проєкту.

Методи пошуку біоміметичних рішень у дизайні. Перший метод – це системний аналіз природних процесів. Він розглядає біологічні системи комплексно, де кожен елемент виконує певну роботу. Це допомагає дизайнерам зрозуміти, як окремі компоненти взаємодіють один з одним, і як ці взаємодії можна використовувати в проєктуванні. Наприклад, вивчення екосистем може призвести до створення стійких міських середовищ, де ресурси використовуються ефективно та відходи мінімізуються.

Другий метод це – алгоритмічний аналіз. Він використовує математичні моделі та алгоритми для відтворення природних процесів. Це дає можливість вивчати складні біологічні системи та адаптувати їхні основні принципи до дизайну. Теоретичні принципи, описані вище, знаходять підтвердження у великій кількості практичних реалізацій, що демонструють механізми перенесення біоміметичних рішень між різними сферами.

Практичні приклади застосування методології. Біоміметика не лише допомагає створювати інноваційні продукти, але й відкриває можливість адаптації успішних рішень з однієї сфери дизайну в іншу. Щоб покращити ефективність розробок, дизайнери можуть використовувати ідеї з архітектури, транспорту або предметного дизайну.

Від аеродинаміки птахів – до швидкісних потягів і човнів. Японські інженери створили передню частину швидкісного електропотяга серії 500 мережі Shinkansen на основі того, як дзьоб зимородка занурюється у воду майже без звуку (Smith et al., 2006). Це дозволило зменшити шум при виході з тунелю і скоротити енергоспоживання. Аналогічний принцип був використаний для створення швидкісних катерів. На основі образу дзьоба зимородка інженери створили носову частину судна, яка зменшує опір води, підвищує ефективність руху та зменшує витрати пального. Цей приклад показує, як біоміметичні принципи можуть бути адаптовані для вирішення подібних проблем у багатьох галузях, від залізничного транспорту до морського суднобудування.

Від вентиляційних схем термітників – до системи охолодження будівель та міських просторів. Принцип природної вентиляції, запозичений у термітів, відкриває широкі можливості для використання в сферах дизайну. Будівля Eastgate Centre в Зімбабве (Smith et al., 2006), спроектована архітектором Міком Пірсом, є одним із найвідоміших прикладів застосування цього методу. Регуляторна циркуляція повітря є основою системи охолодження, яка дозволяє знижувати температуру без використання традиційних кондиціонерів. Подібна стратегія може бути використана при проєктуванні інших громадських і житлових будівель, щоб зменшити споживання енергії та створити приємний мікроклімат. Дизайн міських просторів також є перспективною сферою. Як показано в проєкті зеленого міста «Masdar City» в Абу-Дабі, ОАЕ, використання принципів природної вентиляції під час планування вулиць або відкритих павільйонів може допомогти створити зони з ідеальними температурами без надмірного використання електроенергії. У спекотному кліматі міста можна ефективно охолодити, розташовуючи будинки, навіси та зелені насадження в правильному місці разом з природними потоками повітря.

Від здатності листя лотоса до самоочищення – до фасадів будівель та автомобільних покриттів. У 1997 році Вільгельм Бартлотт виявив так званий «ефект лотоса», який пояснює, як мікроструктура листя запобігає накопиченню бруду та води (Barthlott et al., 1997). Цей принцип спочатку використовувався для фасадних фарб, таких як Lotusan, німецького виробника. Пізніше подібні технології були використані у гідрофобних матеріалах для текстилю та автомобільних покриттях Nissan, що дозволило виробляти одяг, стійкий до забруднення.

Методологічний аналіз на прикладі Eastgate Centre. У проєкті Eastgate Centre використовується концепція «живої» архітектури, адаптованої до навколишнього середовища (Smith et al., 2006). Вона не просто існує в просторі; вона працює в гармонії з навколишнім середовищем і, як живий організм, адаптується до змін. У своїй роботі над проєктом архітектор Мік Пірс використав саме таку ідею. Він звернувся до природи, щоб дізнатися, як створити ефективну систему охолодження без використання енерговитратних кондиціонерів у палючому кліматі Африки. Він шукав правила, які можна використовувати для інновацій, а не просто копіював природні форми. Одним із найкращих природних інженерів є терміти. Завдяки складним вентиляційним системам їхні колонії підтримували постійну температуру в гніздах незалежно від змін зовнішніх умов. Для архітектора це стало важливою аналогією: якщо терміти можуть охолоджувати свої будівлі за допомогою лише спрямованих повітряних потоків, люди можуть створити подібний механізм у масштабі міста. Група дослідників та інженерів ретельно вивчала термітники, щоб перетворити їх на природний механізм для впровадження в архітектурну систему. Їх основним завданням є регулювання потоку повітря через систему каналів, які змінюють напрямок залежно від температури. Цей принцип був реалізований у Центрі Eastgate через внутрішні повітряні канали, вентилятори та димоходи, які забезпечують постійну циркуляцію повітря. Таким чином, будівля адаптується до змін температури, що означає, що не потрібно використовувати активне кондиціювання. Але тут важливо підкреслити той факт, що принцип природної вентиляції не просто відтворився, а й адаптувався до конкретних умов. Це важливий аспект біоміметики.

Зрештою, інновація виникає через осмислення природи та трансформацію її в нові рішення, а не через механічне копіювання. Архітектори використовували універсальні методи біоміметичного дизайну. Один з них – *системний аналіз* природних процесів. Термітники існують у контексті клімату, потоків вітру та температурних коливань, і

так само архітектори розглядали будівлю не як ізольовану структуру, а як елемент екосистеми міста. Ще один підхід – *алгоритмічний аналіз*. Зрозумівши алгоритми дії повітряних потоків, вони змогли налаштувати систему вентиляції таким чином, щоб вона працювала з максимальною ефективністю. Сьогодні подібні алгоритми використовуються в архітектурі, міському плануванні, аеродинаміці та навіть транспортному дизайні.

Принципи Eastgate Centre можуть знайти застосування у багатьох сферах. У міському плануванні – створення кварталів із природною циркуляцією повітря, які зменшують теплове навантаження. У транспорті – адаптація системи вентиляції для поїздів чи літаків. І найголовніше: аналізуючи подібні проєкти, можна створювати щось своє, унікальне. Інновація – це не просто слідування за природою, а осмислення її логіки, що відкриває шлях до нових технологій.

Висновки. Біоміметика в дизайні – це не просто технічний інструмент, а цілісний підхід до проектування, заснований на законах природи. Завдяки аналізу та адаптації природних процесів, систем і структур вона дозволяє створювати ефективні, стійкі та інноваційні рішення.

Дослідження показали, що взаємодія між фахівцями (біологами, інженерами та дизайнерами) є важливою для успішного застосування біоміметики. Це допомагає краще зрозуміти як працюють природні механізми. Особливу увагу було приділено механізмам, за допомогою яких біоміметичні ідеї можна перенести між різними сферами дизайну. На прикладах дизайну з архітектури, транспорту, матеріалознавства та міського середовища продемонстровано, що інновації виникають не лише внаслідок прямого копіювання природних форм, а й завдяки осмисленій трансформації функціональних принципів природи у відповідь на нові виклики. Таким чином, біоміметика є основою для нового дизайну, який поєднує наукові знання, технології та глибоку повагу до природи. Подальші дослідження в цій галузі допоможуть розробити системи, які можуть адаптуватися, відновлюватися та функціонувати відповідно до навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривуц С. Методичні рекомендації з дисципліни «Екологічний дизайн». Харків, ХДАДМ. 2022. URL: https://ksada.org/wp-content/uploads/2025/03/metodychni-recomendatsyy_ekologich.dyzayn_2022-23.pdf (дата звернення 16.05.2025)
2. Бець С. Біоніка та дизайн інтер'єру. Використання біологічних методів та структур для формування гармонійного середовища. Теорія та практика дизайну: зб. наук. праць. К.: НАУ. 2022. Вип. 25. С. 150–157. URL: doi: 10.18372/2415-8151.25.16791 (дата звернення 16.05.2025)
3. Wen X., Pashkevych K. Innovative applications of biodesign and biomimicry in sustainable furniture design. Актуальні проблеми сучасного дизайну : збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 25 квітня 2024 року. Київ : КНУТД. 2024. С. 41–44.

4. Benyus J. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York : Harper Perennial. 1997. URL: https://elmoukrie.com/wp-content/uploads/2021/11/janine-m-benyus-biomimicry_innovation-inspired-by-nature-harper-perennial-2002-2.pdf (дата звернення 16.05.2025)
5. Bar-Cohen Y. *Biomimetics: mimicking and inspired-by biology. Smart Structures and Materials 2005: Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD)*. Proc. SPIE. 2005. URL: <https://doi.org/10.1117/12.597436> (дата звернення 16.05.2025)
6. Kennedy E. *Biomimicry: Design by Analogy to Biology*. Research-Technology Management. 2017. № 6. С. 51–56. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08956308.2017.1373052> (дата звернення 16.05.2025)
7. Smith M., Hargroves K. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. 2002. URL: https://www.researchgate.net/publication/285805738_Innovation_inspired_by_nature_Biomimicry (дата звернення: 16.05.2024)
8. Verma S. *Biomimetic Design in Architecture: Origin, Pros, Cons, and its Application*. NovaTR. 2023. URL: <https://www.novatr.com/blog/biomimetic-design-in-architecture> (дата звернення: 16.05.2024)
9. Barthlott W., Neinhuis C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 1997. URL: <https://doi.org/10.1007/s004250050096> (дата звернення 16.05.2025)
10. Zari M. *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. Sustainable Building Conference, Auckland. 2007. URL: (PDF) *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability* (дата звернення 16.05.2025)
11. Raibert M., Blankespoor K., Nelson G., Playter R. BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot. *Proceedings of the 17th World Congress, The International Federation of Automatic Control*, Seoul, Korea, July 6–11, 2008. URL: <https://www.cs.swarthmore.edu/~meeden/DevelopmentalRobotics/bigdog.pdf> (дата звернення 16.05.2025)
12. Masdar City. *Sustainability at Masdar City*. 2025. URL: <https://masdarcity.ae/sustainable-urban-development/Sustainability-at-masdar-city> (дата звернення 16.05.2025)
13. Sabin J. *ColorFolds: Architecture That Responds Like a Living Organism*. *Wired*. 2014. URL: <https://www.wired.com/2014/11/jenny-sabin> (дата звернення 16.05.2025)

REFERENCES

1. Kryvuts S. (2022) *Metodychni rekomendatsii z dyscypliny «Ekolohichniy dyzain»*. Kharkiv, KhDADM. [Methodical recommendations on the discipline "Ecological Design"]. Kharkiv, KhDADM. [in Ukrainian]. URL: https://ksada.org/wp-content/uploads/2025/03/metodychni-recomendatsyy_ekologich.dyzayn_2022-23.pdf (Accessed: 16.05.2024)
2. Bets S. (2022) *Bionika ta dyzain inter'yeru. Vykorystannia biolohichnykh metodiv ta struktur dlia formuvannia harmoniinoho seredovyscha*. [Bionics and interior design. The use of biological methods and structures for forming a harmonious environment]. *Teoriia ta praktyka dyzainu: zb. nauk. prats*. Kyiv: NAU. Vyp. 25. S. 150–157. [in Ukrainian]. URL: doi: 10.18372/2415-8151.25.16791 (Accessed: 16.05.2024)
3. Wen X., Pashkevych K. (2024) *Innovative applications of biodesign and biomimicry in sustainable furniture design*. [Innovative applications of biodesign and biomimicry in sustainable furniture design]. *Aktualni problemy suchasnoho dyzainu: zbirnyk materialiv VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, m. Kyiv, 25 kvitnia 2024 roku. Kyiv: KNUTD. S. 41–44.
4. Benyus J. (1997) *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: Harper Perennial. URL: https://elmoukrie.com/wp-content/uploads/2021/11/janine-m-benyus-biomimicry_innovation-inspired-by-nature-harper-perennial-2002-2.pdf (Accessed: 16.05.2024)
5. Bar-Cohen Y. (2005) *Biomimetics: mimicking and inspired-by biology. Smart Structures and Materials 2005: Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD)*. Proc. SPIE. URL: <https://doi.org/10.1117/12.597436> (Accessed: 16.05.2024)
6. Kennedy E. *Biomimicry: Design by Analogy to Biology*. Research-Technology Management. 2017. № 6. S. 51–56. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08956308.2017.1373052> (Accessed: 16.05.2024)
7. Smith M., Hargroves K. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. 2002. URL: https://www.researchgate.net/publication/285805738_Innovation_inspired_by_nature_Biomimicry (Accessed: 16.05.2024)
8. Verma S. *Biomimetic Design in Architecture: Origin, Pros, Cons, and its Application*. NovaTR. 2023. URL: <https://www.novatr.com/blog/biomimetic-design-in-architecture> (Accessed: 16.05.2024)
9. Barthlott W., Neinhuis C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*. 1997. URL: <https://doi.org/10.1007/s004250050096> (Accessed: 16.05.2024)
10. Zari M. P. *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. Sustainable Building Conference, Auckland. 2007. URL: https://www.researchgate.net/publication/228717291_Biomimetic_approaches_to_architectural_design_for_increased_sustainability (Accessed: 16.05.2024)
11. Raibert M., Blankespoor K., Nelson G., Playter R. BigDog, the Rough-Terrain Quadruped Robot. *Proceedings of the 17th World Congress, The International Federation of Automatic Control*, Seoul, Korea, July 6–11, 2008. URL: <https://www.cs.swarthmore.edu/~meeden/DevelopmentalRobotics/bigdog.pdf> (Accessed: 16.05.2024)
12. Masdar City. *Sustainability at Masdar City*. 2025. URL: <https://masdarcity.ae/sustainable-urban-development/Sustainability-at-masdar-city> (Accessed: 16.05.2024)
13. Sabin J. *ColorFolds: Architecture That Responds Like a Living Organism*. *Wired*. 2014. URL: <https://www.wired.com/2014/11/jenny-sabin> (Accessed: 16.05.2024)