
БІОНІКА – МІЖ СВІТАМИ ЖИВОГО Й ШТУЧНОГО

Бабак С. В.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-443-6-1>

ВСТУП

Людина є біосоціальною істотою, яка виникла і відобразила саму біосферу, яка існує в нерозривному зв'язку із Безмежністю. Людина володіє унікальною властивістю – здатністю до творчості, до творення, причому опосередкованими через індивідуальне відображення зовнішньо-внутрішнього світосприйняття. Людина є свідомим відображенням світу. Логічним є те, що, щоб людина не створювала – це є віддзеркаленням вже існуючого в природі. Людина володіє другою сигнальною системою і їй притаманна вербальність, основою якої є – слово, що за своєю суттю є абстракцією, яка містить безмежний фрактал понять, розпорощених в часовому триєдинстві – минулого, теперішнього і майбутнього. Абстрактне слово, яким мислить людина і є основою безмежної варіативності суб'єктного об'єкту, який твориться людиною. Такий стан людини відображається в суті проявленого наукового напрямку розвитку людини, який отримав назву – біоніка. Біоніка – досить давня наукова галузь людського пізнання. Скільки існує людина, стільки вона творить, відображаючи вже існуючі об'єкти, вдосконалюючи, вносячи індивідуальне заломлення розуміння Буття.

У процесі еволюції організми експериментували з формою та функціями щонайменше за 3 мільярди років до перших маніпуляцій людини з каменем та кісткою. Ми не можемо точно знати, якою мірою біологічні моделі надихнули наших раних предків, але недавні та новітні – вражають своїм різноманіттям, іноді – красою і гармонією (в архітектурі, техніці, ландшафтному дизайні та ін.) та прикладною значущістю.

Біоніка – це прикладна наука, що вивчає конструкцію та форму, принципи та технологічні процеси живої природи для створення їх аналогів в техніці, архітектурі та дизайні. Основу біоніки становлять дослідження з моделювання живих систем. Живі системи є набагато досконалішими за будь-яке творення людини, що і є постійним стимулом для вдосконалення цього олюдненого творчого процесу. Тому біоніка – досить давня наука, але й постійно молода та сучасна.

1. Біоніка – наука, що єднає минуле та майбутнє

Біоніка не просто досліджує живу природу, як це робить фізика, хімія, біологія, і т.п., а на основі вивчення закономірностей природи і використання досягнень інших галузей знань створює, за образом природи, нові конструкції та споруди в цілому, які безпосередньо не існують в природі.

Здавна існують декілька напрямків біонічної науки. Це:

1. Гідробіоніка – розділ біоніки, що вивчає структуру і функції органів локомоції водних тварин (гідробіонтів) з метою удосконалення пропульсації і маневреності плавальних технічних засобів, а також створення принципово нових систем.

2. Архітектурно-будівельна біоніка – спрямована на використання можливостей, закладених у живій природі, для вирішення проблем формоутворення і технічного забезпечення будівельних конструкцій і споруд, краси і гармонії архітектурних форм. Забезпечує зв'язок та синтез біоніки з іншими науками, такими, як: біомеханіка, біоенергетика, біокібернетика.

3. Технічна біоніка – вивчає форму біологічних об'єктів, природне покриття, способи з'єднання частин скелета для вирішення технічних інженерних задач.

4. Побутова біоніка – відтворює форму, запах, дизайн природних об'єктів у виробі повсякденного вжитку.

5. Біологічна біоніка – вивчає процеси, які відбуваються в біологічних системах.

6. Теоретична біоніка – будує математичні моделі цих процесів.

7. Нейробіоніка – розділ біоніки, метою якого є моделювання нервової системи, зокрема нейронів і нейронних мереж. Вивчає роботу мозку, пам'яті, зору, слуху, мови, нервову систему живих істот. Ці знання дозволяють вдосконалювати електроніку та обчислювальну техніку, на основі чого створювати та вдосконалювати технічні об'єкти та засоби безпеки. А також створювати біороботів.

Сьогодні в біоніці досить активно розвивається інформаційно-аналізаторний напрям, пов'язаний із дослідженням діяльності аналізаторів (зорового, слухового, дотикового тощо), закономірностей збору, обробки й використання інформації, а також здатності організму оперативно реагувати на зміни ззовні. Знання про рецептори, аналізатори, нейрони та їхні мережі, нервову систему тварин дозволяють розробляти й моделювати системи розпізнавання, адаптації, реагування тощо¹.

¹ Біологічні секрети для техносвіту. 30.05.2018. URL: <https://bigggidea.com/practices/bionica/>

Біоніка – наука давня і одночасно нова наука, яка розвивається дуже швидкими темпами, це спричинює появу нових напрямків науки, таких, як:

1. Біоніка в медицині:

1) створення біонічних протезів:

– розробка штучних рук, які можуть відчувати дотик і керуватися думкою,

– створення біонічних очей, що відновлюють зір,

– використання 3D-друку для створення біосумісних імплантів;

2) створення біонічних органів:

– розробка штучного серця, яке може повністю замінити людське,

– створення біонічної підшлункової залози, яка автоматично регулює рівень цукру в крові,

– вирощування штучних органів з використанням стовбурових клітин.

2. Біоніка в робототехніці:

1) роботи-тварини:

– створення роботів-пташок, які можуть літати і маневрувати, як справжні птахи,

– розробка роботів-комах, які можуть досліджувати вузькі простори і переносити важкі вантажі,

– використання принципів біомімікрії для створення роботів, які можуть адаптуватися до мінливих умов;

2) штучний інтелект, створений на базі знань про мозок:

– розробка нейрокомп'ютерів, які можуть обробляти інформацію, подібно до людського мозку,

– створення алгоритмів машинного навчання, які можуть навчатися і адаптуватися, як люди,

– використання штучного інтелекту для розробки нових методів лікування неврологічних захворювань.

3. Біоніка в архітектурі та дизайні (на сучасному рівні):

1) будівлі, що імітують природні форми:

– створення хмарочосів, які нагадують дерева,

– розробка стадіонів, які імітують форму мушлі,

– використання принципів біомімікрії для створення енергоефективних будівель;

2) біонічні матеріали:

– розробка нових матеріалів, які мають властивості, подібні до природних матеріалів, таких як павутиння або перламутр,

– створення самовідновлюваних матеріалів, які можуть імітувати процес регенерації у тварин,

– використання біонічних матеріалів для створення нових продуктів, таких як одяг, що регулює температуру.

4. Біоніка в екології:

1) біомімікрія для розробки стійких технологій:

– створення сонячних батарей, які імітують процес фотосинтезу,

– розробка вітряних турбін, які імітують політ птахів,

– використання принципів біомімікрії для створення систем очищення води;

2) відновлення екосистем за допомогою біоніки:

– використання штучних рифів для відновлення популяції риб,

– створення біонічних фільтрів для очищення забруднених водойм,

– розробка методів рекультивациі земель за допомогою біомімікрії.

5. Незвичні та новітні напрямки:

1) біоніка в моді:

створення одягу, який змінює колір або форму, подібно до хамелеона,

– розробка текстилю, який генерує тепло або електрику,

– використання біонічних матеріалів для створення одягу, який захищає від ультрафіолетового випромінювання або холоду;

2) біоніка в музиці:

– створення музичних інструментів, які імітують звуки природи,

– розробка алгоритмів для генерації музики.

Інші, дуже цікаві та новітні напрямки біоніки:

1. Біоніка в космонавтиці:

1) розробка біонічних скафандрів, які захищають космонавтів від екстремальних умов космосу;

2) створення штучних гравітаційних систем, що імітують земну гравітацію на космічних станціях;

3) використання біомімікрії для розробки нових методів терраформінгу (перетворення) планет.

2. Біоніка в кібербезпеці:

1) розробка алгоритмів шифрування, які імітують складні біологічні системи;

2) створення систем біометричної аутентифікації, які ідентифікують людей за їхніми унікальними біологічними характеристиками;

3) використання принципів біомімікрії для розробки нових методів захисту даних.

3. Біоніка в освіті:

1) розробка біонічних інтерактивних навчальних середовищ, які стимулюють природну цікавість дітей до навчання;

2) створення адаптивних систем навчання, які підлаштовуються під індивідуальні особливості кожного учня;

3) використання біомімікрії для розробки нових методів викладання та оцінювання знань.

4. Біоніка в мистецтві:

1) створення скульптур та інсталяцій, які імітують форми та структури живих організмів;

2) розробка біоінтерактивних арт-об'єктів, які реагують на присутність та дії людей;

3) використання принципів біомімікрії для створення нових форм мистецтва.

5. Біоніка в спорті:

1) розробка біонічного спортивного інвентарю, який покращує результати спортсменів;

2) створення біонічних протезів, які дозволяють людям з обмеженими можливостями займатися спортом;

3) використання принципів біомімікрії для розробки нових методів тренування та реабілітації.

Це лише декілька прикладів того, як біоніка може використовуватися для вирішення різних проблем та покращення життя людей.

Отже, біоніка – це наука, що динамічно розвивається та постійно відкриває нові горизонти.

Біоніку можна назвати містком – між світами живого й штучного, між природничими науками (фізіологія, анатомія, гістологія, біофізика, біохімія, зоологія, ботаніка, загальна біологія) й технічними дисциплінами (технічна кібернетика, молекулярна фізика, радіо- й мікроелектроніка, механіка, теорія автоматичного регулювання тощо).

На рівні досліджень в біоніці виокремлюють кілька етапів:

- вивчення, аналіз даних,
- розроблення гіпотези,
- її перевірка шляхом моделювання¹.

Так, функціональний підхід передбачає спершу математичне або програмне моделювання, що полягає у вивченні структурної схеми процесу, функцій об'єкту, числових характеристик цих функцій й залежно від результату – можливість технічного втілення моделі. Фізико-хімічне моделювання дає змогу вивчати біохімічні і біофізичні процеси з метою дослідження принципів перетворення речовин у живому організмі. І є ще безпосереднє використання біологічних систем і механізмів у технічних системах.

Звісно, не йдеться про банальне копіювання: у природному світі є немало обмежень (скажімо, здатність більшості живих організмів функціонувати в доволі вузьких температурних межах), та й дослідників цікавлять більше закладені в живих організмах алгоритми

й закономірності, які можна взяти за основу та вдосконалити, імплементуючи в технічних засобах. Проте якщо за чутливістю й швидкістю дії технічні інформаційно-управлінські системи можуть мати перевагу над біологічними, то за габаритами, рівнем енерговитрат й надійності, гнучкості й високої адаптивності, вмінням орієнтуватися у просторі, маневреності часто поступаються їм. Біоніків цікавлять саме ці, сильні сторони представників живої матерії¹.

Дослідження живих форм показують зв'язки між структурою та функцією, і, як такі знання, можна використати інженерам, які стикаються з аналогічними проблемами. Галузі біології, які використовують принципи будівельної інженерії та механіки рідини для визначення зв'язків між структурою та функціями, це функціональна морфологія або біомеханіка². Ці дисципліни особливо корисні для інженерів біоніки, оскільки поведінку та продуктивність природних структур можна охарактеризувати за допомогою методів і одиниць, які безпосередньо застосовуються до механічних аналогів.

Останніми роками біомеханіка стає все більш складною, чому сприяє ряд методів, включаючи рентгенівську кінематографію, атомно-силову мікроскопію, високошвидкісне відео, сономікрометрію, вимірювання швидкості зображення частинок і кінцево-елементний аналіз.

Успішні біоміметичні дизайни базуються на розумній морфології біологічних матеріалів³.

Ось, деякі приклади використання в техніці знань про морфологію живих організмів.

Інженери та дизайнери можуть імітувати та використовувати біологічні структури за умови, що є можливість виготовити штучний матеріал з точністю, необхідною для досягнення бажаного ефекту.

Наприклад. Багато швидко плаваючих морських організмів, у тому числі, акули мають великі метаболічні витрати, щоб подолати опір поверхні свого тіла. Луска шкіри деяких акул має крихітні виступи, які проходять паралельно поздовжній осі тіла. Рифлена поверхня корпусу зменшує опір завдяки впливу на прикордонний шар⁴. У випадку синтетичної шкіри акули, як тільки Інженери визначили правильну

¹ Біологічні секрети для техносвіту. 30.05.2018. URI: <https://biggggidea.com/practices/bionica/>

² Vogel Steven. *Life's Devices: The Physical World of Animals and Plants*. Publisher: Princeton University Press, Princeton, N.J., 1989. 384 p.

³ Dickinson Michael H. *Bionics: Biological insight into mechanical design*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1999. 96(25). P. 14208–14209.

⁴ Bechert D, Bruse M, Hage W, VanderHoeven J, Hoppe G. Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an adjustable geometry. *J Fluid Mech*. 1997. 338. P. 59–87.

геометрію канавки шкіри акули і створили відповідні пластикові листи, які відтворюють малюнок. Але імітувати біологічні структури не завжди легко.

Павуки виготовляють різноманітний шовк, який виконує різні функції, але більшість досліджень зосереджується на шовку, який павуки використовують для підйому та опускання свого тіла. Цей шовк може подовжуватися та розтягуватися на 30 % без розриву; він міцніший за найкращі металеві сплави чи синтетичні полімери. Ідея мотузок, парашутів і бронезилетів, сплетених із павукового шовку, спонукала до пошуку генів, які кодують білки шовку. Знати послідовність генів, білковий склад і третинну структуру шовку – це одне; а його виготовлення зовсім інше. Значною частиною того, що робить шовк шовковим, є продумані – трубопровід і конструкції сопел, які використовують павуки, щоб перетворити білок у його функціональну форму.

Павуки цікавлять вчених не тільки стосовно будови їхнього павутиння, ці безхребетні тварини мають досить досконалі органи чуття: павуки відчувають запахи, мають зір і слух, чудово уловлюють найменшу вібрацію і натяг павутиння. Найдивовижнішим, з огляду на біомеханіку є кінцівки павуків, які не містять м'язових волокон, проте рухаються досить швидко. Ноги павука – це дуже своєрідний гідравлічний устрій, рідиною для якого є – гемолімфа. За дуже короткий час, майже раптово, павук може підвищити свій кров'яний тиск на піватмосфери завдяки дуже різкій зміні об'єму порожнини кінцівок. Вчені це можуть пояснити, але вони не можуть зрозуміти, як павук робить це з такою блискавичною швидкістю? На основі знань про переміщення павуків із задіянням своїх специфічних за конструкцією кінцівок, інженери різних країн створили машини – всюдихід-павук. Пересування у машин – подібне до павуків, але щодо швидкості – вона незрівнянно мала.

Хоча будівельні блоки кісток, хрящів, кутикули, слизу та шовку можуть бути відносно простими, насправді, вони влаштовані досить складно, оскільки виробництво, депонування та секреція біологічних матеріалів регулюється на клітинному та субклітинному рівнях. Хорошим прикладом такої структурної складності є екзоскелет комах. Кутикула, що оточує комаху, складається з одного шару з білків, ліпідів і полісахариду хітину. Складні взаємодії генів і сигнальних молекул просторово регулюють точний склад, щільність і орієнтацію білків і молекул хітину під час формування кутикули (під час линьки).

Біоніки досліджують складну і дуже точну просторово-часову регуляцію складного екзоскелету, який має різні функціональні зони: кінцівки представлені міцними, жорсткими трубками, які з'єднані

складними твердими з'єднаннями, що розділені гумовою мембраною. Літаючі членистоногі мають найдосконаліший приклад суглоба – шарнір крила, морфологічний центр поведінки в польоті. Надзвичайним є те, що у більшості комах м'язи, які фактично живлять крила, не прикріплені до шарніра. Летючі м'язи – створюють невеликі напруги всередині стінок грудної клітки, які потім шарнір посилює до великих коливань крила. А невеликі керуючі м'язи, які прикріплені безпосередньо до шарніра, – дозволяють комасі змінювати рух крил під час маневрів. В будові такого суглобу – все неймовірне – властивості матеріалу, структурна складність.

Цікавим органом для біоніків є крило комах. Інженери та біологи довго намагалися пояснити, як джміль (або будь-яка комаха) залишається в повітрі, махаючи крилами. Кілька дослідницьких груп активно намагаються побудувати мініатюрні літаючі пристрої за зразком комах таким чином, щоб створити механізм, який працює так само ефективно⁵.

Вчені й інженери детально досліджують також принципи термолокації змії. Вчені вже створили термолокатори, аналогічні до природних. Інженери сконструювали інфрачервоні детектори більшої чутливості, ніж детектори змії. Але – це складний електронно-оптичний пристрій має значну масу й об'єм. Тому інтерес до розшифрування зміїного «теплого ока» не послаблюється.

Створено спеціальну службу теплобачення. Наприклад, прилади чутливо фіксують ділянки, де під шаром дерну горить торф.

Для прогнозування штормів, біоніки в ролі першого піддослідного об'єкта обрали медузу (Тип Кишковопорожнинні). У медузи є інфравухо, яке дає змогу вловлювати інфразвукові коливання (частотою 8-13 Гц), які добре поширюються у воді і приходять за 10–15 год до шторму.

Багато представників морської фауни завчасно й абсолютно безпомилково реагують на найменшу зміну погоди.

Зокрема, досить сприятливим до змін барометричного тиску є в'юн, який перед негодою піднімається до поверхні води, передбачаючи зміну погоди за добу. В'юн та інші види риб мають плавальний міхур, який сприймає найменші перепади тиску. Чутливість в'юнів лежить на межі можливостей технічних систем.

Реактивний рух, який зараз використовується в реактивних літаках, ракетах і космічних снарядах, взятий від живих організмів, таких, як: восьминоги, кальмари, каракатиці, медузи. Ці безхребетні тварини використовують для плавання реакцію (віддачу) струменя води, який

⁵ Dickinson M.H. The Initiation and Control of Rapid Flight Maneuvers in Fruit Flies. *Integr. Comp. Biol.* 2005. 45. P. 274–281.

викидається. Кальмари – це біологічні ракети. У м'язах кальмара в результаті складних перетворень хімічна енергія переходить у механічну (в енергію руху).

При плаванні тварина засмоктує воду через широко відкриту мантийну щілину в мантийну порожнину. Сила, що викликає рух тварини, створюється за рахунок викидання струменя води через вузьке сопло, розміщене в черевній поверхні кальмара, яке має спеціальний клапан для зміни напрямку руху: кальмар пливе однаково добре вперед, назад та вбік.

Інженери вже створили двигун, подібний до двигуна кальмара – водобій, але двигун кальмара ще й досі привертає увагу інженерів і біоніків.

Інший напрям біоніки зосереджує увагу на можливості технічного застосування особливостей структури та будови біосистем, механічних, хімічних, енергетичних процесів у них. Наприклад, вивчення конструкції тулуба китоподібних з точки зору гідродинамічних особливостей застосовують у кораблебудуванні, а спосіб пересування пінгвінів – у конструкції полярного всюдиходу. Ще один напрямок – вивчення біохімічних та біофізичних процесів у живій природі з точки зору ККД, аналіз процесів теплообміну й термодинаміки, принципів перетворення (синтез, розкладання) речовин в організмах. Тут результати цікаві для галузі хімічних технологій, енергетики, машинобудування.

Навіть найпростіші рослини та тварини відчувають свій світ, інтегрують інформацію та діють відповідно. Механізми зворотнього зв'язку є надзвичайно важливими властивостями, які наділяють організми гнучкістю та міцністю. Навіть рослини, у яких відсутня нервова система, можуть рости листям і гілками до світла, корінням до води або просторово регулювати ріст таким чином, щоб мінімізувати механічне навантаження. Функції біологічних структур неможливо повністю зрозуміти або точно імітувати без урахування цього складного динамічного зворотного зв'язку. З усіх властивостей біологічних істот (можливо, за винятком самовідтворення) саме їхній інтелект і гнучкість, можливо, найважче відтворити в штучному пристрої.

Науковці доводять, що будь-кого з представників тваринного й рослинного світу можна розглядати як високоорганізований механізм, структурне і функціональне об'єднання різних елементів – біологічну систему. Біоніка досліджує та використовує принципи їхньої будови й функціонування для створення і вдосконалення технічних систем, машин, будівельних конструкцій тощо.

Цікавим є використання біонічного методу у художньому конструюванні сьогодення та майбутнього. Це досягнення єдності між

живою природою та рукотворним середовищем, створення такої сфери, у якій людина існуватиме в гармонії з природою. «Вписування» в природу означає врахування під час проектування виробів технологічних, екологічних, естетичних чинників, водночас конкретні способи та засоби такого врахування можуть бути різні⁶.

Художнє конструювання передбачає творчу проектну діяльність. Проектування виробів здійснюють художники-конструктори, дизайнери. Об'єкти тваринного та рослинного світів «підказують» їм ідеї для художнього й технічного конструювання. Використання природних принципів формоутворення дає художникам-конструкторам змогу врізноманітнювати форми виробів, вводити нові конструктивні рішення, підвищувати їх раціональність й економічність, що в остаточному підсумку підвищує якість та асортимент виробів, дає змогу більш повно задовольняти споживчі потреби. Такий процес перетворення біоформи в техніку називається трансформацією.

Робота з урахуванням біоніки, яка виконується під час художнього конструювання, називається біодизайном.

В сьогоднішній, з огляду на те, що люди масово нищать екосистеми, біоніки, які займаються біодизайном, ставлять задачу – формування гармонійного середовища. Використання еволюційного досвіду природи сприяє появі інноваційних матеріалів і технологій у різних сферах, в тому числі і в дизайні.

Новим в останні десятиріччя є дослідження архітектурної біоніки, застосування біоніки у створенні нових матеріалів – біоміметики, застосування біоніки для енергоефективності.

В науковій літературі описано характерні риси біоніки в дизайні інтер'єру: стилізоване відтворення природних форм та їх структури; єдність елементів інтер'єру; використання екологічно чистих інноваційних матеріалів; застосування новітніх технологій: саморегулювання, рекуперації та енергоефективності.

Біонічний принцип зіставлення цілісності та єдності елементів живого організму доцільно використовувати в проектуванні для формування гармонійного середовища. Наразі розглядається симбіотичний зв'язок як між архітектурою та середовищем, так і між архітектурою та елементами інтер'єру не тільки для естетизації простору, а й для досягнення саморегуляції, самодостатності, енергоефективності та екологічності⁷.

⁶ Незвещук-Когут Т.С. Дизайн: навч. посіб. Чернівці: ЧТЕІ КНТЕУ, 2021. 340 с.

⁷ Bets S. Bionics and interior design. The use of bionics methods and structures to form a harmonious environment. *Theory and practice of design. Design.* 2022. 1(25). P. 150–157.

2. Біоніка XXI століття

Якщо ще в XX ст. біоніка відображала в основному макрорівень будови та функціонування живих організмів та систем (в техніці, в архітектурі, ...), то у XXI столітті відбувся колосальний прорив і перехід розвитку наукової галузі: завдяки інноваціям у матеріалознавстві, електротехніці, хімії та молекулярній генетиці стало можливим планувати та будувати складні структури на молекулярному рівні. Приклади включають бакіболи, нанотрубки та безліч мікроелектромеханічних пристроїв, створених за технологією, отриманою з промисловості кремнієвих мікросхем.

Перехід на новий рівень створення нової реальності на основі існуючої зумовлений також тим, що накопичились нові знання про будову та функціонування організмів – від доклітинного рівня до людини. Багато відкриттів про функціонування живого на клітинному, субклітинному та молекулярно-генетичному рівнях дали змогу зрозуміти та побудувати вертикаль до макрорівня і вдосконалити знання про цей рівень існування живого, а також вдосконалити саме поняття живої матерії.

Деякі приклади. Нанобіологія характеризується поєднанням знань з фізики, матеріалознавства, органічної хімії синтетичних матеріалів, інженерії та біології. Нанобіологія здатна призвести до революції у медицині та інших галузях, тому що:

- поєднує засоби, підходи та матеріали нанонауки та біології;
- займається вирішенням біологічних задач за допомогою нанотехнологій;
- розробляє способи створення молекулярних приладів із використанням біомакромолекул;
- створює наномашини шляхом імітації та запозичення підходів, використовуваних природою.

Поряд із нанобіологією введене поняття «біоміметика» – використання фундаментальних принципів природи для розробки та створення прикладних систем та сучасних технологічних засобів. Це новий перспективний науковий напрямок, у якому саме наноструктури будуть відігравати провідну роль.

На сьогодні дослідники приділяють увагу вивченню природних гідрофобних матеріалів, зокрема, – гідрофобного листа лотоса, який має великий кут контакту з водою та проявляє виражену властивість самоочистки – «лотос-ефект». Поверхні листа властива ієрархічна мікро- та наноструктура зі співіснуванням мікророзмірних горбків та нанорозмірних воскових ворсинок.

Ефект надгідрофобності лежить в основі самоочистки. Краплі води легко скочуються з надгідрофобного листка і адгезують частинки бруду.

Надгідрофобні матеріали є дуже перспективними завдяки зниженому тертю контактуючих з ними рідин та здатності до самоочистки, вони можуть знайти застосування у пристроях нанофлюїдики та лабораторіях на чипі.

Біоніки досліджують молекулярні наномотори (нанобіологічний аспект). Однією з основних властивостей живого є рух. Рух у біології – каскад механічних процесів на різних рівнях довжин, в основі якого лежить робота молекулярних моторів. До цитоплазматичних моторів відносять: міозини, кінезини, динеїни. У основі функціонування цих структур лежить процес гідролізу АТФ, завдяки якому відбуваються конформаційні зміни моторних ділянок, кінцевим результатом яких є рух наномоторів. Молекулярні мотори, об'єднуючись у великі скупчення, забезпечують можливість руху на макрорівні.

Біомотори можуть стати перспективним вибором у створенні систем силового приводу. Такі молекулярні мотори мають ряд переваг перед синтетичними приводами, але недоліком біомоторів є – інтеграція з електронними системами – це дуже складне на сьогодні завдання⁸.

Науковці проводять експерименти з розробки нового підходу – застосування у якості силового приводу бактеріальних джгутикових моторів, що може використовуватись у створенні гібридних плаваючих біомікро– та біонанороботів для різних медичних потреб, таких як неінвазивний скринінг, діагностика хвороб та адресна доставка лікарських засобів.

Віруси розглядаються біоніками як органічні наноструктури розміром від 20 до 300 нм. Ці організми у майбутньому можуть широко використовуватись у нанобіології.

Наномедицина покликана покращувати якість та подовжувати тривалість людського життя. Розвивається новий напрямок в науці та практиці – генна терапія, суть якої полягає у використанні генів у якості медикаментів. Багато захворювань людини мають генетичну основу, тому генна терапія є привабливою стратегією лікування. З цією метою використовують віруси, які розглядаються як природні переносники генетичного матеріалу. Водночас, віруси у організмі господаря можуть розпізнаватися як чужорідні частинки, тому терапевтичне застосування

⁸ Сімонов П.В., Цехмістер Я.В., Чекман І.С., Сирова Г.О., Нагорна О.О. Нанобіологія, біоміметика та природні наноструктури: фізико-хімічний та біологічний аспекти. *Український науково-медичний молодіжний журнал*. 2012. № 2. С. 25–29.

вірусних векторів має два аспекти: ефективна доставка генів та подолання захисних сил організму.

Іншим актуальним напрямком біонічних досліджень є дослідження наночастинок магнітних матеріалів, які зустрічаються в живих формах – магнетосом. Такі структури, як магнетит (Fe_3O_4), виявлені у здатних до магнітотаксису бактерій (наприклад, *Magnetospirillum magnetotacticum*) – тобто таких, які за допомогою магнітних нанозерен, синтезованих у процесі біомінералізації, орієнтуються у магнітному полі Землі. Такі наноструктури можуть використовуватись нанобіології, біотехнології та медицині.

В природних живих організмах є наноструктури, які забезпечують забарвлення та/або «камуфляж» живих організмів.

Багато комах, птахів та риб мають на поверхні тіла фотонні наноструктури, що дозволяє їм змінювати колір в залежності від кута огляду або надає тілу «металевого» блиску. Такі фотонні наноструктури називають ще – «антивідбиваючі покриття», що дозволяє очам метеликів бачити в умовах слабкого освітлення. Пір'я павича, має переливчасті кольори – це є відображенням будови фотонних наноструктур.

Вчені вважають, що природні фотонні кристали можуть виступати перспективними структурними матрицями при створенні новітніх оптичних пристроїв. У результаті синтезу *in situ* був отриманий композит нано-ZnO/пір'я павича, що здатний до фотолюмінесценції завдяки наночастинкам, які впорядковано розташовані у матриці. Отриманий наноматеріал виявляє дивовижні хімічні та фізичні властивості та може знайти широке використання у оптоелектроніці та оптичному зв'язку, фотокаталізі, газових датчиках, пластичній кераміці та напівпровідниковій технології⁹.

Багато років відбувалась конвергенція медицини, біології та інженерії, що призвело до створення біомедичної інженерії, яка пройшла шлях – від створення першого апарату для діалізу нирок до розробки протезів. Найяскравішим досягненням цієї науки стало – сполучення біоніки та нейропротезування. Ці дисципліни тісно пов'язані з розвитком технологій мікросистем, нанотехнологій, інформаційних технологій, біотехнологій та застосуванням нових матеріалів. Дані пристрої використовують електричні імпульси для стимуляції нейронних структур для підтримки, посилення або часткового відновлення порушеної або втраченої функції.

Основою біоніки та нейропротезування є бездоганна інтеграція біологічних систем із штучними механізмами з використанням таких

⁹ Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. – Київ: «Інтерсервіс», 2015. 350 с.

принципів, як біосумісність і нейропластичність. Прикладами, що імітують природні функції організму є: кохлеарні імплантати, імплантати сітківки та протези кінцівок¹⁰.

На сьогодні використовується кілька типів нейронних інтерфейсів. Одними із них є інтерфейси мозок-комп'ютер, які забезпечують прямий зв'язок між мозком і зовнішнім пристроєм, дозволяючи людям керувати пристроями за допомогою їхніх нейронних сигналів¹¹.

Цілями такого синтезу наук є також розробка та впровадження методологій і технологій, які забезпечують дієві рішення для встановлення зв'язку між центральною або периферичною нервовою системою та артефактами, щоб повною мірою використати потужність і витонченість контролю мозку.

Отже, конструкція організмів стала джерелом натхнення для багатьох геніальних та елегантних рішень у техніці. Настав час звернути погляд на вершину біологічної еволюції – мозок, що є, найвищим викликом¹².

Проектуються та розробляються машини, чиї функції дуже схожі на біологічні істоти, а не на спробах копіювати самі біологічні системи. Ці принципи допомагають подолати поточні обмеження біоінспірованої робототехніки через різницю в матеріалах і структурах біологічних істот і штучних машин. Ставиться задача – здійснити реальний перехід до м'якої робототехніки, де компоненти м'якого тіла складаються з м'яких приводів і датчиків.

Наразі є два напрямки розвитку такого симбіозу – створення біогібридних і біоморфних систем. Біогібридні системи використовують поєднання принаймні одного біологічного й одного штучного компонентів для створення штучних систем, які не лише імітують живі, але й мають схожі фундаментальні принципи.

Біоморфні системи намагаються перевірити узгодженість і здійсненність принципів, які, як вважають, діють у біологічних системах. Таке проектування спрямовано на створення штучних систем, які краще працюють у реальному світі з точки зору надійності, ефективності та автономності. Вони імітують сенсорну систему, архітектуру та механізми, що використовуються тваринами¹³. Мета –

¹⁰ Abrams Zara. A New Era for Bionic Limbs. March 28, 2023. URL: <https://www.embs.org/pulse/articles/a-new-era-for-bionic-limbs/>

¹¹ Bionics and Neuroprosthetics: The Future of Functionality with Biomedical Engineering. URL: <https://www.news-medical.net/health/Bionics-and-Neuroprosthetics-The-Future-of-Functionality-with-Biomedical-Engineering.aspx>

¹² Shan Y.U. New challenge for bionics – brain-inspired computing. *Dongwuxue Yanjiu*. 2016. 37(5). P. 261–262.

¹³ De Rossi Danilo, Pieroni Michael. Grand Challenges in Bionics. *Front Bioeng Biotechnol*. 2013. P. 1–3.

подолати обмеження, які існують через різницю між біологічними істотами та штучними артефактами з точки зору філософії дизайну та будівельних матеріалів.

Створення нематеріальних істот за допомогою симуляції штучного життя прагне отримати та зрозуміти складну обробку інформації, яка відрізняє живі системи від неживого світу. Великий виклик штучного життя полягає в переході від моделювання та імітації до реалізації конкретних систем.

Вчені ніколи не зупиняють свій пошук та відкриття. Настав час досконало вивчити вершину біологічної еволюції – мозок. Сьогодні нова тенденція в біоніці – Brain-Inspired Computing (BIC) – є новим найвищим викликом для біоніки, що прагне зрозуміти мозок потім використовувати його принципи роботи для досягнення потужної та ефективної обробки інформації та функціонування штучного інтелекту¹⁴. Наслідки цього ніхто не може передбачити. Головне, в гонитві за пануванням над усім живим не втратити здоровий глузд і не потрапити в пастку своїх творень.

ВИСНОВКИ

Творення людини є віддзеркаленням Буття. Вся історія існування людства демонструє його повну залежність від окремих видів живих істот, екосистем та біосфери в цілому. Природа володіє колосальним потенціалом – естетичним, ресурсним, оздоровчим, відновлювальним та ін. Людина – істота творча, в ній закладено прагнення до постійного розвитку, матеріалізації ідей, які і є відображенням цього світу. Людина творить постійно. Її творення не мають руйнувати середовище, тому все що створюється людиною, має нести в собі аналогічні до природи якості і властивості та бути гармонійними. Усвідомлення цього дають досягнення давньої і, одночасно досить молоді та перспективної науки, – біоніки. Біоніка досліджує та використовує принципи будови й функціонування живих організмів та систем на всіх рівнях життя для створення і вдосконалення технічних систем, машин, архітектурних та будівельних конструкцій, розвитку медицини, освіти, спорту, космонавтики, роботів, штучного інтелекту та ін.

Конструкція та функціонування організмів стала джерелом натхнення для багатьох геніальних та елегантних рішень в людській діяльності, зокрема, у техніці. Вчені ніколи не зупиняють свій пошук та відкриття. У зв'язку із тим, що нові знання стосовно живої матерії постійно розширюються та накопичуються, тому різні наукові біонічні напрямки мають безмежний потенціал у своєму розвитку. Вже настав

¹⁴ Wahl D.C. Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2006. Vol 87. P. 289–298.

час масштабного та досконалого вивчення вершини біологічної еволюції – мозку. Сьогодні нова тенденція в біоніці – Brain-Inspired Computing (BIC) – є новим найвищим викликом для біоніки, що прагне зрозуміти мозок для використання його принципів роботи для досягнення потужної та ефективної обробки інформації а створення штучного інтелекту.

Наступні десятиліття мають бути ще більш захоплюючими для галузі біоніки. У міру того як розрив у продуктивності між біологічними структурами та людськими створеними аналогами скорочується, вчені можуть відчувати все більше бажання шукати та приймати концепції дизайну від природи, а також створювати штучні частини організму, а в цілому і мозку людини у вигляді штучного інтелекту. Головне в цій неспинній гонитві – не втратити себе і не стати залежними від свого ж творіння.

АНОТАЦІЯ

На сьогодні біоніка – це наука, яка розвивається неймовірно швидкими темпами. Це досить давня наука, яка є прикладною наукою. Її призначення – дослідити форми живої матерії на всіх рівнях її прояву з метою – втілення основних принципів будови та функцій живого в творення людини.

У зв'язку із тим, що пізнання є безмежним, як і цей світ, то науковці постійно мають натхнення від нових відкриттів і бажають втілити їхні результати в свої амбітні проекти в найрізноманітніших сферах людської діяльності: в архітектурі, будівництві, техніці, дизайні, медицині, освіті, спорті, космонавтиці та ін.

Вчені вже перейшли від повторення того, що є в живій природі до створення штучних частин живого або, навіть, до штучного життя та інтелекту. Як і все в дуальному світі, має свої плюси та мінуси. Головне – розтавити правильні вектори у використання своїх штучних творень.

Література

1. Біологічні секрети для техносвіту. 30.05.2018. URL: <https://biggggidea.com/practices/bionica/>
2. Vogel Steven. Life's Devices: The Physical World of Animals and Plants. Publisher: Princeton University Press, Princeton, N.J., 1989. 384 p.
3. Dickinson Michael H. Bionics: Biological insight into mechanical design. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1999. 96(25). P. 14208–14209. doi: 10.1073/pnas.96.25.14208
4. Bechert D, Bruse M, Hage W, VanderHoeven J, Hoppe G. Experiments on drag-reducing surfaces and their optimization with an

adjustable geometry. *J Fluid Mech.* 1997. 338. P. 59–87. doi.org/10.1017/S0022112096004673

5. Dickinson M.H. The Initiation and Control of Rapid Flight Maneuvers in Fruit Flies. *Integr. Comp. Biol.* 2005. 45. P. 274–281. doi: 10.1093/icb/45.2.274.

6. Незвещук-Когут Т.С. Дизайн: навч. посіб. Чернівці: ЧТЕІ КНТЕУ, 2021. 340 с.

7. Bets S. Bionics and interior design. The use of bionics methods and structures to form a harmonious environment. *Theory and practice of design. Design.* 2022. 1(25). P. 150–157. doi: 10.18372/2415-8151.25.16791

8. Сімонов П.В., Цехмістер Я.В., Чекман І.С., Сирова Г.О., Нагорна О.О. Нанобіологія, біоміметика та природні наноструктури: фізико-хімічний та біологічний аспекти. *Український науково-медичний молодіжний журнал.* 2012. № 2. С. 25–29.

9. Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої. – Київ: «Інтерсервіс», 2015. 350 с.

10. Abrams Zara. A New Era for Bionic Limbs. March 28, 2023. URL: <https://www.embs.org/pulse/articles/a-new-era-for-bionic-limbs/>

11. Bionics and Neuroprosthetics: The Future of Functionality with Biomedical Engineering. URL: <https://www.news-medical.net/health/Bionics-and-Neuroprosthetics-The-Future-of-Functionality-with-Biomedical-Engineering.aspx>

12. Shan Y.U. New challenge for bionics – brain-inspired computing. *Dongwuxue Yanjiu.* 2016. 37(5). P. 261–262. doi: 10.13918/j.issn.2095-8137.2016.5.261

13. De Rossi Danilo, Pieroni Michael. Grand Challenges in Bionics. *Front Bioeng Biotechnol.* 2013. P. 1–3. doi: 10.3389/fbioe.2013.00003

14. Wahl D.C. Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature. *WIT Transactions on Ecology and the Environment.* 2006. Vol 87. P. 289–298. doi: 10.2495/DN060281

Information about the author:

Babak Svitlana Vitaliivna,

Candidate of Biological Sciences,

Associate Professor at the Department of medical
and biological disciplines,

National University of Ukraine on Physical Education and Sport
1, Fizkultury str., Kyiv, 03150, Ukraine