

BIONIKA – REALIZACJA PRAKTYCZNYCH CELÓW INSPIROWANYCH PRZYRODĄ

Bionics – the implementation of practical goals inspired by nature

Katarzyna Stachowicz (Kraków)

Streszczenie

Jednostki zdolne do analizy i interpretacji otaczającego nas świata przyrody zostawały słynnymi przyrodnikami czy botanikami. Najsłynniejszym botanikiem Polski, twórcą pojęcia mikoryzy był Franciszek Dionizy Kamieński. Kolejnego znawcy przyrody, którym był Karol Darwin nie trzeba przedstawiać. Jednakże istnieją jednostki, które nie poprzestają na obserwacji, ale pragną podglądać przyrodę, wydrzeć jej tajemnice i przenieść jej fenomen na grunt inżynierii, budownictwa czy innych dziedzin służących człowiekowi. Podglądanie pomysłów najlepszego Mistrza okazuje się być rewolucyjne. Artykuł przedstawi przyrodę w trochę inny sposób, pokaże jak podglądając jej tajemnice można udoskonalić życie ludzkie – tym pokrótce zajmuje się bionika.

Abstract

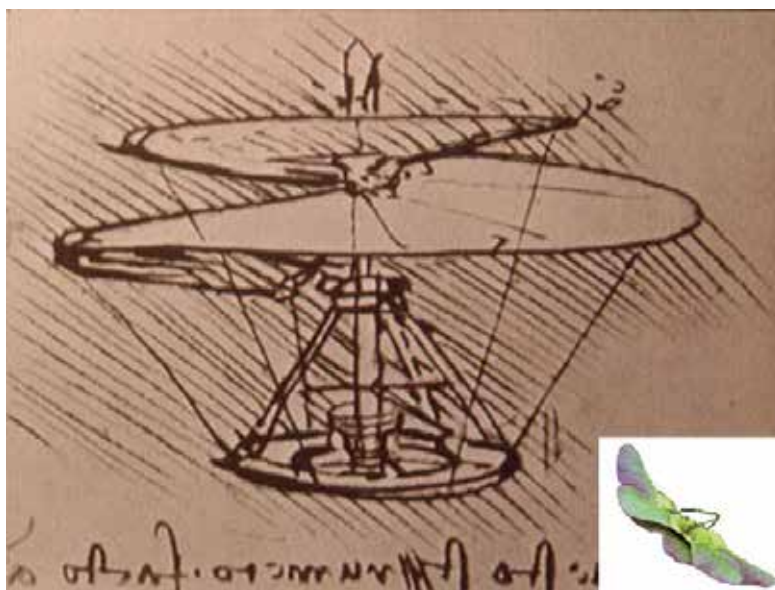
Individuals capable of analyzing and interpreting the natural world around us became famous naturalists and botanists. The most famous Polish botanist, the creator of the concept of mycorrhiza, was Franciszek Dionizy Kamieński. Another expert on nature, Charles Darwin, needs no introduction. However, there are individuals who do not limit themselves to observation but want to peek at nature, tear its secrets and transfer its phenomenon to engineering, construction or other fields that serve humans. Peeking at the ideas of the best Master turns out to be revolutionary. The article will present nature in a slightly different way, it will show how human life can be improved by watching its secrets - this is what bionic deals with in a nutshell.

Bionika, biomimetyka czy biomimikra – to synonimy określające szeroko pojętą naukę inspirowaną naturą, „podglądającą” naturę (bionic – *biologically inspired engineering*). Przez szeroko pojętą naukę rozumiem inżynierię, informatykę, elektronikę, mechanikę, budownictwo, medycynę, wzornictwo użytkowe – czyli wszelkie przejawy ludzkiego umysłu, które mogą czerpać natchnienie z przyrody. Encyklopedyczna definicja mówi, że: „bionika [gr.], dziedzina wiedzy z pogranicza biologii i nauk technicznych, zajmująca się technicznymi zastosowaniami zasad funkcjonowania żywych organizmów lub procesów obserwowanych w tych organizmach albo w ich zbiorowiskach” [5]. Musimy więc najpierw odkryć tajemnice ukryte w przyrodzie, aby wykorzystać je w nauce, są one zatem ponownie ukryte, tym razem pod płaszczykiem geniuszu myśli ludzkiej, często rów-

nież patentu. Skąd pochodzi bionika? Za twórcę inżynierii biomedycznej uważa się amerykańskiego inżyniera i biofizyka Otto Herberta Schmitta urodzonego w Missouri (1913-1998). Jako student Uniwersytetu Washingtona pracował nad przewodzeniem impulsów we włóknach nerwowych. Swoją wiedzę przeniósł na grunt inżynierii, wynalazł układ elektroniczny znany dziś jako przerzutnik Schmitta (ang.: *Schmitt trigger*). Sam termin bionika pojawił się prawdopodobnie po raz pierwszy na konferencji w Dayton (USA) w 1960 roku [6, 8]. Jednakże wszyscy zdajemy sobie sprawę z faktu, iż cała przygoda zaczęła się dużo wcześniej. Ludzie od dawna podglądali przyrodę, aby poprawić komfort swojego życia oraz zaspokoić ciekawość. Za prawdziwego pioniera inżynierii inspirowanej przyrodą uważa się Leonarda da Vinci. To właśnie w projektach Leonarda możemy odnaleźć geniusz

przyrody. Analogia jego słynnych maszyn latających do nasion rozsiewanych wiatrem nasuwa się sama (Ryc. 1). Już sam pomysł, aby człowiek mógł latać stosując maszyny latające był rewolucyjny, zaś wskazanie praktycznych rozwiązań w oparciu o obserwacje przyrodnicze świadczą o geniuszu Leonarda i stanowią bionikę w czystszej postaci. Pomysł wyko-

sprawia, że ten ogrom porusza się w wodzie z taką swobodą. Okazuje się, że płetwy tego typu olbrzymów posiadają charakterystyczne „ząbkowanie” na brzegu. Na modelach eksperymentalnych porównano wydajność łopaty wirnika o gładkich krawędziach z taką, na której krawędzi zastosowano „ząbkowanie”. Wyniki wykazały znaczącą poprawę parametrów pra-



Ryc. 1. Konceptyjna maszyna latająca Leonarda da Vinci oraz nasiona klonu. Przykład inspiracji zaczerpniętej z przyrody jako podwaliny biomimetyki.

rzystania ruchu wirowego jest rozwijany intensywnie przez naukowców XXI wieku. Badacze z Kalifornijskiego Instytutu Technologii opublikowali na łamach „Science” w 2009 roku wyjaśnienie zagadki, w jaki sposób nasiona klonu potrafią, wykorzystując ruch wirowy, przemieszczać się na duże odległości [2]. Okazuje się, że nasionka klonu dzięki swojej budowie wytwarzają w trakcie lotu wir krawędzi czołowej (ang.: *leading-edge vortex, LEV*). Powstaje tunel powietrzny oraz dochodzi do zmiany ciśnienia, które jest niższe nad krawędzią nasionka, co pozwala mu unosić się w powietrzu. Podobny mechanizm wykorzystują owady. Chętnych do zgłębienia tematu i prześledzenia modelu eksperymentalnego odsyłam do artykułu [2]. W technice ruch wirowy wykorzystuje się między innymi w dronach, śmigłowcach, w wirnikach łodzi podwodnych czy w śmigłach ferm wiatrowych. Udoskonalanie pracy powyższych przekłada się na postęp technologiczny. Odkryciem ostatnich lat jest zwiększenie mocy śmigieł, przekładające się na niższe zużycie paliwa. Poprawę parametrów technicznych śmigieł dokonano na podstawie obserwacji budowy płetw humberka. Długopłetwiec oceaniczny – bo tak brzmi pełna nazwa gatunkowa tego stworzenia, osiąga długość ciała od 14 do 17 metrów przy wadze do 45 ton [8]. Zadano sobie pytanie, co

cy takiego śmigła, wynoszącą ok. 20%. Osiągnięcie to może być wykorzystywane w śmigłach farm wiatrowych, dzięki czemu nawet przy niewielkim wietrze będzie można gromadzić energię [6]. Jednakże pomysły Leonarda to nie tylko ruch wirowy. Podglądał on również ptaki, aby konstruować skrzydła. To jego projekty były inspiracją dla konstruktorów pionierskich projektów szybowców. Aby rozwiązać problemy konstrukcyjne, nie wystarcza podglądanie przyrody, potrzebna jest dogłębna analiza praw fizyki, pochylenie się nad tematem oraz przeprowadzenie setek eksperymentów. Tak właśnie postępował Leonardo. Analizował długość skrzydeł ptaków w stosunku do długości i ciężaru ich ciała, dedukując, iż do lotu potrzebne są odpowiednie proporcje matematyczne. Na tej podstawie skonstruował on prototyp skrzydeł poruszanych przez człowieka leżącego na desce. Niestety próbny lot okazał się nie udany, jakkolwiek zapoczątkował rozwój lotnictwa. Dziś naukowiec zadając pytanie: „jak to jest możliwe, że trzmiel lata?” i rozwiązując zagadkę praw fizyki lotu tego „grubaska” przyczynia się do postępu technologicznego oraz polepszenia osiągnięć maszyn latających.

Poprawę osiągnięć aerodynamicznych można uzyskać podpatrując nie tylko humberki. Japońska szybka

kolej Shinkansen, przekraczająca prędkość 300 km/h, zawdzięcza swoje osiągi zimorodkom. Zimorodek zwyczajny (*Alcedo atthis*) to niewielki kolorowy ptak o długości ciała dochodzącej do około 16 cm. Jego cechą charakterystyczną jest głowa i dziób, których długość stanowi prawie całkowitą długość jego tułowia. Ten charakterystyczny długi dziób stał się podstawą konstrukcji szybkiej kolei. Przed modyfikacją kolej była niestabilna na zakrętach, zaś opuszczaniu tunelu przez kolej towarzyszył huk powietrza. Modyfikacja jej kabiny oraz przedniej części tak, aby naśladowała dziób zimorodka, nie tylko usunęła istniejące problemy, ale również poprawiła osiągi o ok. 10%, równocześnie redukując zużycie prądu [6, 8].

Różnorodne bioinspirowane kształty znalazły zastosowanie również w procesie produkcji kadłubów statków. Jednakże nie tylko kształty są inspirowane naturą, ale również właściwości materiałów konstrukcyjnych, powłok oraz odzieży. Czytając artykuły i opracowania na temat bioniki, najczęściej opisywanymi przykładami osiągnięć tej dziedziny są samooczyszczające się powierzchnie hybrydowe oraz rzepy - pochyłmy się więc chwilę nad nimi. Samooczyszczające się powierzchnie hybrydowe są wynikiem inspiracji zaczerpniętej z liści lotosu. Lotos (*Nelumbo Adans*) to wieloletnia bylina wodna o sezonowych liściach. Występuje w Ameryce Północnej, Azji i Europie. Cechą charakterystyczną liści tej rośliny jest właściwość samooczyszczania. Liście te, pomimo że roślina rośnie często w zanieczyszczonych zbiornikach, są zawsze czyste. Budowa liścia oraz jego skład chemiczny powodują, że roślina ta nie nasiąka. Konsekwencją jest to, że staczające się z liści krople wody zabierają ze sobą wszelkie drobiny zanieczyszczeń. Właściwości te przeniesiono na tkaniny, farby, a nawet materiały budowlane. Produkowane są między innymi szyby samoczyszczące się, wykorzystywane w motoryzacji czy w szklarniach, farby elewacyjne nie pozwalające na zabrudzenie ścian przez czynniki atmosferyczne oraz nie brudzące się ubrania. Jednym ze zjawisk fizycznych ukrytym pod tą technologią jest adhezja. Zjawisko adhezji opisywałam szczegółowo, poświęcając mu cały artykuł, stąd chętnych do zgłębienia tematu odsyłam do numeru 120 Wszechświata [4]. Historię produkcji rzepa znamy wszyscy. Szeroko rozpowszechniony również w naszym kraju łopian mniejszy (*Arctium minus*) do rozsiewu wykorzystuje haczykowato zakończone łuski okrywki koszyczka kwiatowego. Dzięki haczykom roślina przyczepia się do futra zwierząt i jest transportowana na duże odległości. W 1941 roku szwajcarski inżynier George de Mestral zainteresował się kuleczkami przyczepionymi do sierści psa.

Zabrał kuleczkę do domu, zbadał pod mikroskopem i odkrył, że roślina posiada haczyki, dzięki którym chwyta sierść przechodzących zwierząt. Odkrycie to przyczyniło się, po kilkunastu latach intensywnych badań, do produkcji taśmy z rzepem jako alternatywy dla zamka błyskawicznego.

Bionika czy science fiction

Nie tylko kształty obserwowane w świecie przyrody stanowią inspirację dla bioniki, ale również związki chemiczne występujące w organizmach roślinnych i zwierzęcych, jak również procesy biologiczne zachodzące w ich wnętrzu. Wszyscy pamiętamy scenę z filmu „Avatar”, w której główny bohater Jake Sully przemierzając lasy Pandory wzbudza świecenie dotykanych roślin. Powstaje bajkowy krajobraz rozświetlony przez „chodniki świetlne”. Motyw świecących roślin i zwierząt przewija się w wielu bajkach i filmach; ale czy wyobrażenie sobie bajkowych chodników bioluminescencyjnych na ulicach naszych miast to science fiction? Otóż nie. Zjawisko bioluminescencji, czyli efekt świetlny materii organicznej, odkryto u wielu gatunków, zarówno roślin, jak i zwierząt. Bioluminescencja występuje między innymi u bakterii *Vibrio harveyi*, *Photobacterium phosphoreum*, u meduz, jak również u chrząszczy znanych jako robaczki świętojańskie (*Lampyridae*). Przykład bioluminescencji w świecie ożywionym ilustruje Ryc. 2. Bioluminescencja jest efektem utleniania białka zwanego lucyferyną. Enzymem utleniającym jest lucyferaza. Reakcja bioluminescencji zachodzi więc na zasadzie działania enzym-substrat. Sklasyfikowano kilka typów lucyferyny, charakterystycznych dla gatunków, w których je odnaleziono [3]. U meduz znaleziono białko zwane białkiem zielonej fluorescencji, które świeci na zielono w trakcie ekspozycji na światło z zakresu od barwy niebieskiej do ultrafioletu. Są to tylko dwa przykłady mechanizmów wzbudzania światła przez organizmy żywe. Bioluminescencję wykazuje około 10 000 gatunków istniejących na ziemi, nie znane są jednak mechanizmy emisji przez nie światła [1]. Aby wspomnieć o kilku białkach emitujących światło (ang.: *photoprotein*), należy wymienić: aequorin, obelin, mnemiopsin [3]. Powracając do wątku świecących chodników, latarni czy budynków, nie jest to tematyka science fiction, a badania nad takimi rozwiązaniami trwają. Problemami, z którymi borykają się naukowcy, to sposoby na przedłużenie efektu bioluminescencji, która trwa dość krótko, jeśli myślimy o użyteczności technologicznej. Ponadto nie znane są mechanizmy, w jaki sposób można wyłączyć i włączyć światło, tak jak



Ryc. 2. „Bioluminescencyjne meduzy”. Bioluminescencję w świecie zwierząt wykazują między innymi meduzy. Za odkrycie białka GFP (green fluorescent protein) w 2008 roku przyznano nagrodę Nobla japońskiemu biologowi morskemu i chemikowi Osamu Shimomura.

robią to świetliki – „na żądanie” – my umiemy wzbudzić światło, ale jak przerwać reakcję, aby białko znowu świeciło za chwilę lub co chwilę? Zjawisko bioluminescencji wprowadzone w obszar budownictwa byłoby niezwykle oszczędne energetycznie, obniżając koszty oświetlenia. Proces bioluminescencji jest bardzo korzystny energetycznie, gdyż w trakcie produkcji światła produkcja energii cieplnej jest znikoma. Dlatego też badania te wzbudzają wiele emocji i realnie trwają na świecie. Wśród podmiotów zaangażowanych w takie badania należy wymienić Glowee, Megaman czy Uniwersytet Syracuse. Chętnych do zgłębienia tematu odsyłam na odpowiednie strony przytoczonych podmiotów.

Czy z grzyba można zrobić cegłę?

Żyjemy w erze plastiku, metalu, betonu i drewna. Wykorzystanie tych surowców służy do produkcji opakowań, urządzeń oraz budowli. Negatywną stroną stosowanej technologii jest fakt, iż jej produkty nie są biodegradowalne lub degradacja trwa kilkadziesiąt lat, nie są energooszczędne oraz często są szkodliwe dla zdrowia. Ponadto wspomniane surowce znajdują się na wyczerpaniu. Dlatego też nie dziwi fakt, iż bionika wkracza coraz śmielej w ten obszar naszego życia. Jak wspomniałam wcześniej, jednym z kierunków bioniki/biomimetyki jest naśladowanie form i kształtów zaczerpniętych z przyrody. Eastgate w Harare (Zimbabwe) to budynek inspirowany kopcem termitów. Stosując systemy wentylacyjne (tzw. pasywne)

wzorowane na kopcach termitów, uzyskano 90% spadek zużywanej energii w celu utrzymania stałej temperatury pomieszczeń [6, 8]. Najbardziej zaskakującym kierunkiem bioniki jest dosłowne zaprzęgnięcie przyrody w budowanie form potrzebnych człowiekowi. Odkryciem ostatnich lat jest zastosowanie grzybów do produkcji użytkowej, poczynając od wzornictwa, a kończąc na ceglach oraz całych konstrukcjach. Jak to działa? Z zarodników powstają strzępki grzybni, które umieszczone na odpowiednim podłożu, np. trocinach, przerastają podłoże. Podłożem może być konkretna forma, np. kształtu cegły lub krzesła. Do wzrostu grzyb potrzebuje odpowiednich warunków, stąd proces wzrostu jest ściśle kontrolowany. Materiały powstałe w ten sposób są biodegradowalne, energooszczędne i naprawialne konstrukcyjnie. Co ciekawe, są bezpieczne dla alergików. Chętnych do oglądnięcia konkretnych projektów odsyłam na stronę SWPS [7].

Podsumowanie

Bionika stanowi najbardziej innowacyjną dziedzinę nauki. Paradoks polega na tym, że swoje inspiracje czerpie z rozwiązań od dawna działających w przyrodzie. W artykule wspomniałam tylko o kilku możliwościach aplikacyjnych bioniki. Bionika wkroczyła również na teren mechaniki, medycyny oraz innych dziedzin naukowych. Konstruowane są kończyny bioniczne, materiały z pamięcią kształtu i wiele innych. Naukowcy zajmujący się bioniką podkreślają, iż do tej pory odkryliśmy około 10% tajemnic przyrody, co wskazuje jak wiele jeszcze można osiągnąć i jak wiele ciekawych odkryć jest przed nami, ale też jak dużo ciężkiej pracy.

Bibliografia

1. Fleiss, A., Sarkisyan, K.S., (2019). A brief review of bioluminescent systems (2019). *Current Genetics* 65, 877–882.
2. Lentink, D., Dickson, W.B., van Leeuwen, J.L., Dickinson, M.H., (2009). Leading-Edge Vortices Elevate Lift of Autorotating Plant. *Seeds* 324, 1438-1440.
3. Shimomura, O., Yampolsky, I., (2019). *Bioluminescence chemical principles and methods*. Word Scientific.
4. Stachowicz, K., (2019). Adhezja w świecie roślin i zwierząt. *Wszechświat* 120, 79-86.

Źródła internetowe

5. Encyklopedia PWN: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/bionika;3877863.html>
6. Chybowski, L., wykład (2019): <http://cttm.am.szczecin.pl/wp-content/uploads/obrazki/Bionika-szkolenie-prezentacja.pdf>
7. <https://www.swps.pl/strefa-designu/blog/20154-grzyb-material-doskonaly>
8. <http://www.wikipedia.org>