

<https://doi.org/10.19195/0867-7441.29.2>

Mateusz Antczak

ORCID: 0000-0002-1784-3499

Uniwersytet Opolski

Fantastyczne zwierzęta i jak je... stworzyć. Konstrukcja fantastycznych gatunków w kulturze popularnej

Słowa kluczowe: fantasy, science fiction, biologia, ewolucja, organizmy, adaptacja

Keywords: fantasy, science fiction, biology, evolution, organisms, adaptation

Fantastic Beasts and How to... Create Them: Construction of Fantastic Species in Popular Culture

Summary

Works of fantasy-based popular culture, including movies, comic books and novels, are inhabited by myriads of imagined, fictional species. Many of them are not properly constructed and as such may cause a feeling similar of ludonarrational dissonance. To make fictional species believable it has to be thought out with adherence to physical and biological laws, especially evolutionary processes. Specific features of said species should be presented as adaptations its native climate and geography or/and products of the evolutionary 'race' between different species. Predators have certain evolutionary features utilized for effective hunting, while other species adapt for efficient defense against predation. Such adaptations may be features of anatomy (morphology), physiology or behavior. If no additional explanation to the species' specific (environmental etc.) circumstances is given, it should be created according to geological actualism, i.e. the same laws that govern life on Earth should be applied, regardless of the place and time of action (even if it does not take place on Earth). This article discusses some basic evolutionary laws and the means of using them in worldbuilding. It also provides examples of properly and improperly constructed fictional species.

Wstęp

Książki, filmy i komiksy fantastyczne prezentują czytelnikom i widzom wiele nieistniejących w prawdziwym świecie stworzeń. Cel ich przedstawienia bywa różny: budowanie napięcia i grozy w horrorach¹, konstruowanie fabuły wokół fantastycznych stworzeń² lub kreowanie świata przedstawionego, tła dla wydarzeń fabularnych. Niektóre ukazane stworzenia odbiorca intuicyjnie uznaje za nieprawdopodobne, podczas gdy występowanie innych wydaje się możliwe, jeśli nie w naszym świecie, to w zaprezentowanej w dziele nieznannej krainie. Dlaczego tak się dzieje? Jakimi zasadami powinni kierować się twórcy przy opisywaniu nowych nierzeczywistych organizmów — czy to roślin, czy grzybów, czy zwierząt?

Aby poczucie immersji było jak największe, wykreowane gatunki muszą być zgodne ze znanymi nam prawami biologicznymi³. Choć z reguły głównym zadaniem dzieła popkultury nie jest edukacja, poprawne naukowo historie mają większą szansę na zainspirowanie odbiorców⁴. Teoretycznie w tworzeniu nowych gatunków autorzy mają niemal nieograniczone pole działania, jednak niektóre formy będą dla odbiorcy bardziej naturalne niż inne, właściwie osadzone w otaczającym nas świecie, abstrahując od na przykład zasadności ich wykorzystania fabularnego. Czytelnik lub widz może sobie nawet nie zdawać sprawy z przyczyny takiego stanu rzeczy, ale — szczególnie jeśli akcja dzieła ma miejsce współcześnie na Ziemi — pojawienie się nieznanego nauce stworzenia powinno mieć racjonalne uzasadnienie (wyjątkiem są byty nadprzyrodzone w literaturze grozy). W przeciwnym razie może się pojawić wrażenie przypominające dysonans ludonarracyjny znany z gier wideo. Jest to problem, który pojawia się, gdy fabuła oraz obserwowane wydarzenia nie pokrywają się z sobą⁵. To określenie coraz częściej stosuje się także do produkcji telewizyjnych i dzieł literackich.

¹ Zob. np. L. Child, *Terminalny mróz*, przeł. D. Górską, Warszawa 2011.

² Zob. np. A. McCafrey, *Jeźdźcy smoków*, przeł. R. Chodasz, Katowice 2007.

³ S. Baker, *Fantastical Biology — Part One: Fantasy Creatures and Their Habitats*, Fantasy Faction, 28.05.2014, <http://fantasy-faction.com/2014/fantastical-biology-fantasy-creatures-and-their-habitats> (dostęp: 7.10.2022).

⁴ A.C. Chambers, *Comment: Movies and Scientific Accuracy*, „Microbiology in Popular Culture” 44, 2017, nr 4, s. 191–192.

⁵ M. Trela, *Dysonans ludonarracyjny to problem występujący nie tylko w grach, twierdzi Jonathan Blow*, Miastogier, 23.06.2016, <https://www.miastogier.pl/wiadomosc,34308.html> (dostęp: 28.09.2022).

Kwestia obcości

Czy jednak na pewno musimy się opierać na realnych prawach biologicznych? Czy nie możemy odnieść się do teorii obcości Waldenfelsa⁶ bądź umiejscowić akcję w obcym miejscu, przedstawiając to, co nieznanne? Ale przecież to, co niezgłębione, też rządzi się określonymi prawami, a zadaniem nauki (kierowanej ludzką ciekawością, chęcią poznania) jest odkrycie tych zasad. Nawet jeśli z początku nieznanne, w toku opowieści wszystkie elementy powinny znaleźć swoje wyjaśnienie. Za przykład nawiązujący do teorii obcości podaje się *Mówcę umarłych* Orsona S. Carda⁷. Powieść zajmuje się bowiem ksenologią fikcyjnych gatunków, wyjaśniając stopniowo, lecz szczegółowo niespotykane na Ziemi aspekty ich anatomii i zachowania — choć zgodne z prawami biologicznymi.

Czy w takim razie nie możemy fantastycznej natury imaginowanych gatunków wyjaśnić obecnością w świecie przedstawionym magii lub wysoko rozwiniętej technologii? Powieści i filmy fantastyczne zgodnie z definicją gatunku sięgają po jeden (fantasy) lub drugi (science fiction) koncept. Jednakże obecność tych elementów nie jest jednoznaczna z łamaniem praw fizyki, chemii i biologii znanego nam wszechświata. Magia, jeśli istnieje w świecie przedstawionym, również rządzi się określonymi zasadami i tworzy konkretny system (na przykład magia oparta na świetle w powieściach Brenta Weeksa⁸). Niektórzy autorzy wręcz opisują ją jako nieznaną dotąd dziedzinę nauki³. Element magiczny powinien być przy tym osadzony w wyznaczonych ramach, zwykle opisanych przez specyficzny system zaklęć werbalnych (na przykład jak w serii o Harrym Potterze⁹), choreograficznych lub chemicznych w postaci czarodziejskich wywarów (znaki i eliksiry wiedźmińskie w sadze o GERALCIE z Rivii¹⁰). Prawa magiczne nie muszą być szczegółowe (jak na przykład w powieściach Terry'ego Goodkinda¹¹), ale nadają kierunek opowieści oraz dodają jej wiarygodności.

Ewolucja jako podstawa bioróżnorodności

U podstaw współczesnej i kopalnej bioróżnorodności leży oczywiście proces ewolucji organizmów drogą doboru naturalnego¹², opisany ponad 150 lat temu

⁶ K.M. Maj, *Ksenologia i ksenotopografia Bernharda Waldenfelsa wobec podstawowych założeń światotwórczych literatury fantastycznej* (Orson Scott Card, Neil Gaiman, George R.R. Martin), „Hybris” 27, 2014, s. 72–95.

⁷ *Ibidem*; O.S. Card, *Mówca umarłych*, przeł. P.W. Cholewa, Warszawa 1997.

⁸ B. Weeks, *Czarny pryzmat*, przeł. M. Strzelec, Warszawa 2011.

⁹ J.K. Rowling, *Harry Potter i kamień filozoficzny*, przeł. A. Polkowski, Poznań 1997.

¹⁰ A. Sapkowski, *Ostatnie życzenie*, Warszawa 1993.

¹¹ T. Goodking, *Pierwsze prawo magii*, przeł. L. Targosz, Poznań 2004.

¹² C.A.M. Russo, T. Andre, *Science and Evolution*, „Genetics and Molecular Biology” 42, 2019, nr 1, s. 120–124.

przez Charlesa Darwina¹³ i Alfreda Wallace'a¹⁴. Z czasem teorię Darwina uzupełniono i uszczegółowiono¹⁵, jako że w połowie XIX wieku brytyjski badacz i jemu współcześni nie wiedzieli jeszcze między innymi, w jaki sposób cechy rodziców są dziedziczone przez potomstwo¹⁶. „Ewolucja” to jednak termin wieloznaczny (nawet ograniczając się do biologicznego znaczenia), aczkolwiek sam proces ewolucji przynosi zmiany biologiczne prowadzące na przestrzeni pokoleń do powstania nowych gatunków (specjacji)¹⁷.

Czy możemy przewidzieć, jak przebiegałyby owe zmiany w fikcyjnym świecie tekstu kultury? Nie, ponieważ nie jest to proces celowy czy zaplanowany. Takie idee jak „inteligentny projekt” czy kreacjonizm jako nefalsyfikowalne nie powinny podlegać dyskursowi nauk przyrodniczych, a więc empirycznych¹⁸. Aby jednak fantastyczny gatunek był dla odbiorcy wiarygodny, musi zostać przedstawiony tak, jakby miał szansę powstać naturalnie, na drodze niezmiennych od milionów lat procesów biologicznych — w myśl zasady aktualizmu geologicznego, będącego jedną z podstawowych reguł w naukach o Ziemi. Sformułowany przez Jamesa Huttona i rozwinięty przez Charlesa Lyella w wydanej po raz pierwszy w latach 1830–1833 *Principles of Geology*¹⁹ aktualizm geologiczny daje się streścić w krótkim zdaniu: „teraźniejszość jest kluczem do przeszłości” — to znaczy, że te same prawa, które działają dzisiaj, kształtowały Ziemię w odległych w czasie okresach geologicznych.

Założenia procesu ewolucji to: dziedziczność cech, zmienność, konkurencja (czyli walka o ograniczone zasoby) i różnicowa przeżywalność. Zmiany genetyczne zachodzące w populacji (ewolucja nie dotyczy pojedynczych osobników — jest obserwowalna właśnie w skali populacji) są przy tym losowe — jedne są korzystne, inne nie. Na skutek tych losowych zmian ewolucyjnych powstają nowe cechy, z których tylko niektóre będą miały szansę utrwalić się w populacji²⁰. Zasadniczym pojęciem koniecznym do zrozumienia tego mechanizmu jest „adaptacja”, czyli dostosowywanie się do zmian otoczenia. Niektóre z nowych cech (będących wynikiem przypadkowych mutacji materiału genetycznego, dziedziczonego przez następne pokolenia) okazują się przydatne w efektywniejszym zdobywaniu po-

¹³ C. Darwin, *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London 1859.

¹⁴ A.F. Wallace, *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type*, „Alfred Russel Wallace Classic Writings” 1, 1858.

¹⁵ P. Koperski, *Współczesne poglądy na teorię ewolucji*, „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa” 29, 2009, s. 10–21.

¹⁶ S. Parker, *Evolution: The Whole Story*, Buffalo-New York 2015.

¹⁷ C. Darwin, *op. cit.*; P. Koperski, *op. cit.*; S. Parker, *op. cit.*

¹⁸ N.J. Matzke, *The Evolution of Creationist Movements*, „Evolution: Education and Outreach” 3, 2010, s. 145–162.

¹⁹ C. Lyell, *Principles of Geology*, London 1997.

²⁰ D.J. Futuyma, *Ewolucja*, przeł. W. Babik [et al.], Warszawa 2008; N.A. Campbell, J.B. Reece, *Biologia*, przekład zbiorowy, Poznań 2015.

żywienia, obronie przed drapieżnikami, przetrwaniu w określonym klimacie lub zdobyciu partnera (dobór płciowy)²¹. Zwiększają zatem szansę na przeżycie. Organizmy o określonych cechach przetrwają dłużej lub wydadzą więcej potomstwa, zwiększając w populacji udział genów kodujących te cechy. Z czasem nagromadzenie tak powstałych zmian może prowadzić do powstania bariery rozrodczej (populacja o nowych cechach nie może krzyżować się z populacją, w której te zmiany się nie pojawiły) i specjacji, czyli powstawania nowego gatunku, chociaż granica jest trudna do wychwycenia²².

Co ciekawe, projektowanie nieistniejących w realnym świecie organizmów zajmuje nie tylko fantastów, ale też biologów. Istnieją liczne publikacje na temat tak zwanej ewolucji spekulatywnej (na przykład prace Dougala Dixona i Petera Warda²³). Geolodzy są w stanie opisać zmiany, jakie nastąpią na Ziemi za 50, 100, 200 milionów lat, a biolodzy ewolucyjni starają się przewidzieć, jak mogłyby się do tych zmian zaadaptować współcześnie występujące gatunki. Twórcy dzieł kultury mogą się zatem inspirować i kierować spekulatywnymi pracami naukowców.

Co to oznacza dla twórców fantastyki? Opisuując fikcyjne gatunki, autorzy powinni pamiętać, że morfologia, fizjologia i zachowanie nowych organizmów ma za zadanie odzwierciedlać adaptacje do życia w specyficznym ekosystemie. W żaden sposób nie ogranicza to twórczej inwencji — wystarczy spojrzeć na niezwykle przystosowanie niezliczonej ilości realnych ziemskich organizmów. Niektóre na pierwszy rzut oka wydają się nieprawdopodobne i nieprzydatne, ale prace biologów ewolucyjnych pokazują, że jest inaczej. Wszystkie te cechy powstały jako adaptacje (lub egzaptacje — wykorzystanie „starej” struktury do nowych celów) na drodze doboru naturalnego²⁴.

Warto zauważyć, że ewolucja organizmów żywych nie zachodzi równomiernie, lecz raz szybciej, raz wolniej. Są pewne sytuacje, które wyzwalają swoiste przyspieszenie zmian ewolucyjnych — najszybciej takie zmiany zachodzą po okresach wielkich wymierań (nagłego w skali czasu geologicznego wyginięcia znacznej liczby gatunków), kiedy opustoszałe nisze ekologiczne czekają na nowych gospodarzy. Nie ma wówczas konkurencji, a gatunki, które przetrwały zagładę, szybko się różnicują, adaptują do nowych miejsc w środowisku i łańcuchu pokarmowym. Nazywamy to radiacją adaptatywną²⁵.

²¹ D.J. Futuyma, *op. cit.*; N.A. Campbell, J.B. Reece, *op. cit.*

²² H. Barton, *Speciation*, „Trends in Ecology & Evolution” 16, 2001, nr 7, s. 325.

²³ D. Dixon, *After Man: A Zoology of the Future*, [b.m.w.] 1982; D. Dixon, *The New Dinosaurs: An Alternative Evolution*, Topsfield, MA 1988; P. Ward, *Future Evolution*, New York 2001.

²⁴ D.J. Futuyma, *op. cit.* Na przykład nietypowy kształt dziobu trzewikodzioba to efekt specjalizacji w żywieniu się głównie rybami dwudysznymi; zob. J.A. Tomita *et al.*, *Challenges and Successes in the Propagation of the Shoebill *Balaniceps Rex*: With Detailed Observations from Tampa's Lowry Park Zoo, Florida*, „International Zoo Yearbook” 48, 2013, s. 69–82.

²⁵ A. Hallam, *Ewolucja i zagłada: wielkie wymierania i ich przyczyny*, przeł. M. Ryszkiewicz, Warszawa 2004.

Ostatnia zagłada na skalę globalną wystąpiła po wymarciu dinozaurów i wielu innych grup organizmów pod koniec okresu kredowego, czyli 66 milionów lat temu²⁶. Największy kryzys miał miejsce pod koniec permu, 251 milionów lat temu, kiedy z powierzchni Ziemi prawdopodobnie zniknęło ponad 90% gatunków²⁷. Ale życie przetrwało i ponownie zaadaptowało się do zastanych warunków.

Inne sytuacje, które mogą niejako wymusić specjację/radiację, to: oderwanie masy lądowej — dryf kontynentów, wypiętrzenie gór czy przypadkowe zasiedlenie wyspy (specjacja allopatryczna). Mamy wtedy do czynienia z tak zwanym efektem założyciela, odnoszącym się do sytuacji, gdy część populacji trafi w nowe miejsce, na przykład na wyspę. Ograniczona część populacji może przemieścić i przekazywać dalej tylko określony zestaw genów. Z czasem może to doprowadzić do powstania nowego podgatunku lub gatunku. Podobnym zjawiskiem jest tak zwany efekt wąskiego gardła, dotyczący sytuacji, gdy z powodu katastrofy przetrwała jedynie mała część populacji²⁸.

Organizmy mają zatem możliwość zasiedlić nowe nisze, w związku z czym omówione mechanizmy można wykorzystać również przy tworzeniu fikcyjnych gatunków. Różnicowa przeżywalność dotyczy więc nie tylko mechanizmów kierunkowych i lepszej przeżywalności lepiej przystosowanych, lecz także mechanizmów neutralnych.

Zaginiony świat

Z tych mechanizmów często korzystają fantaści (poczynając od Arthura Conan Doyle'a²⁹ po Michaela Crichtona³⁰). Ale czy to znaczy, że słynny zaginiony świat mógłby istnieć naprawdę? Załóżmy, że jest miejsce odizolowane od innych, którego ludzie jeszcze nie odkryli. Czy spotkamy tam dinozaury? Wątpliwe, aby przez kilkadziesiąt milionów lat zwierzęta się nie zmieniły. Znamy co prawda tak zwane żywe skamieniałości, ale w ostatnich latach coraz więcej mówi się o tym, że ich podobieństwo do odległych w czasie przodków nie jest tak bliskie, jak niegdyś sądzono³¹. Pewne grupy jednak rzeczywiście zmieniły się w niewielkim

²⁶ A.A. Chiarenza *et al.*, *Asteroid Impact, Not Volcanism, Caused the End-Cretaceous Dinosaur Extinction*, „Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)” (dalej: „PNAS”) 117, 2020, nr 29, s. 17084–17093.

²⁷ D. Jablonski, *Extinctions: A Paleontological Perspective*, „Science” 253, 1991, nr 5021, s. 754–757.

²⁸ D.J. Futuyma, *op. cit.*

²⁹ A.C. Doyle, *Świat zaginiony*, przeł. T. Evert, Poznań 1993.

³⁰ M. Crichton, *Zaginiony świat*, przeł. A. Leszczyński, Warszawa 1995.

³¹ D. Casane, P. Laurenti, *Why Coelacanths Are Not “Living Fossils”*, „Bioessays” 35, 2013, s. 332–338.

stopniu (na przykład celakanty³², krokodyle³³, rekiny³⁴). Mowa jednak o zwierzętach, których ekologia również niewiele się zmieniła. Jeśli zaginiony świat będzie dla jakiegoś gatunku nowym miejscem o odrębnym biotopie, wymusi to zmiany ewolucyjne.

W obrazowy sposób mówi o tym hipoteza Czerwonej Królowej³⁵. W jednej ze scen kontynuacji przygód *Alicji w Krainie Czarów*³⁶ tytułowa bohaterka wraz z Czerwoną Królową Szachów bardzo szybko bieżą, ale krajobraz wokół się nie zmienia, a kiedy się zatrzymują, są w miejscu, z którego wyruszyły. Królowa wyjaśnia wtedy: „Bo widzisz, u nas trzeba biec z całą szybkością, na jaką ty w ogóle możesz się zdobyć, ażeby pozostać w tym samym miejscu. A gdybyś się chciała gdzie indziej dostać, musisz biec przynajmniej dwa razy szybciej”³⁷. Tak samo jest w ewolucyjnym wyścigu. Zmiany cały czas zachodzą, a organizmy nieustannie się dostosowują (walczą o zasoby, adaptują się do zmian klimatu, poziomu morza, ukształtowania terenu itp.). Motyw niezbadanej wyspy jest zatem nierzadko wykorzystywany w fantastyce niezgodnie z prawami biologicznymi.

Ewolucja pozaziemska

Powieści i filmy z gatunku science fiction szczególnie często umiejscawiają akcję poza Ziemią. Prawdopodobieństwo zaistnienia życia rośnie na planetach podobnych do naszej. Podobieństwo to opisuje współczynnik ESI, którego wartość mieści się między 0 a 1. Im bliżej jedynki, tym bardziej opisywane ciało niebieskie przypomina Ziemię³⁸. Jakie warunki musi zatem spełniać planeta, aby mogło rozwinąć się na niej życie?

³² R. Cloutier, *Patterns, Trends, and Rates of Evolution within the Actinistia*, [w:] *The Biology of Latimeria Chalumnae and Evolution of Coelacanth*s, red. J.A. Musick, M.N. Bruton, E.K. Balon, Dordrecht 1991, s. 23–58.

³³ R.E. Green *et al.*, *Three Crocodylian Genomes Reveal Ancestral Patterns of Evolution among Archosaurs*, „Science” 346, 2014, nr 6125, art. 1254449.

³⁴ Y. Hara *et al.*, *Shark Genomes Provide Insights into Elasmobranch Evolution and the Origin of Vertebrates*, „Nature Ecology & Evolution” 2, 2018, s. 1761–1771.

³⁵ L. Van Valen, *A New Evolutionary Law*, „Evolutionary Theory” 1, 1973, s. 1–30.

³⁶ L. Carroll, *Po drugiej stronie lustra i co tam Alicja znalazła*, przeł. R. Stiller, Warszawa 1972 [e-book].

³⁷ *Ibidem*.

³⁸ D. Schulze-Makuch *et al.*, *A Two-Tiered Approach to Assessing the Habitability of Exoplanets*, „Astrobiology” 11, 2011, nr 10, s. 1041–1052.

Odpowiednia odległość od gwiazdy centralnej (ani za ciepło, ani za zimno)

Jeśli orbita planety znajduje się poza tak zwaną strefą zamieszkiwalną (albo strefą złotowłosej³⁹), będzie na niej zbyt gorąco (za blisko gwiazdy) lub zbyt zimno (za daleko od gwiazdy), aby mogło się na niej rozwinąć życie. Pewne modele wskazują, iż do rozwinięcia prostych form wystarczą niewielkie ilości śniegu lub mgły, co pokazuje, że życie może się rozwinąć w zakresie temperatur między 5 i 122°C⁴⁰. Znamy tę sytuację z Układu Słonecznego — Wenus jest za blisko Słońca, a Mars za daleko. Choć na tym ostatnim występuje woda, to jest to woda w stanie stałym⁴¹. W wąskiej strefie wokół Słońca, w której panują odpowiednie warunki, znajduje się tylko Ziemia. Ale wokół innych gwiazd mogą krążyć inne planety, podobne do Ziemi. Co roku wszak odkrywano są kolejne⁴².

Obecność wody

Aktualnie uznajemy, że obecność wody w stanie ciekłym jest niezbędna do powstania złożonego życia. Choć niewykluczone, że nie musi to być woda, lecz ciecz o odmiennym składzie chemicznym — niezamarznięta i nie w postaci pary w atmosferze. Poza Ziemią rozległe morza obecne są na przykład pod powierzchnią Europy, ale także na księżycach Saturna — Tytana, Mimas i Enceladusa⁴³. Tego typu ciała niebieskie mogą być wyjątkiem od pierwszej reguły (odległości od gwiazdy) — siły pływowce sprawiają bowiem, że pod grubą warstwą lodu spowijającą powierzchnię księżycy mogą znajdować się płynne oceany, a zatem teoretycznie może tam występować życie⁴⁴.

³⁹ J.F. Kasting, *Habitable Zones around Low Mass Stars and the Search for Extraterrestrial Life*, [w:] *Planetary and Interstellar Processes Relevant to the Origins of Life*, red. D.C.B. Whittet, Dordrecht 1997, s. 291–307; J. Trefil, M. Summers, *Wyobrażone życie. Wyprawa na egzoplanety w poszukiwaniu inteligentnych istot pozaziemskich, stworzeń lodu i zwierząt supergrawitacyjnych*, przeł. T. Chawziuk, Kraków 2021.

⁴⁰ C.P. McKay, *Requirements and Limits for Life in the Context of Exoplanets*, „PNAS” 111, 2013, nr 35, s. 12628–12633.

⁴¹ B.M. Jakosky, R.M. Haberle, *The Seasonal Behavior of Water on Mars*, [w:] *Mars*, red. H.H. Kieffer *et al.*, Tucson, AZ 1992, s. 969–1016.

⁴² L. Delrez *et al.*, *Two Temperate Super-Earths Transiting a Nearby Late-Type M Dwarf*, „Astronomy & Astrophysics” 667, 2022, art. A59.

⁴³ P. Hand, *Pozaziemskie oceany. Poszukiwanie życia w głębinach kosmosu*, przeł. Z. Lamża, Kraków 2022.

⁴⁴ C.P. McKay, *op. cit.*; L. Delrez *et al.*, *op. cit.*

Stabilna planeta, orbita i układ planetarny

Aby na planecie mogło się rozwinąć życie, nie powinna się ona znajdować w bliskim sąsiedztwie na przykład gazowych gigantów. Odpowiednie oddalenie od planet w typie Jowisza oznacza brak szkodliwego promieniowania i zaburzenia orbity (grawitacyjnego). Planeta, która krąży po bardzo eliptycznej orbicie, raz jest za blisko, a raz daleko od swojego słońca. To sprawia, że jest ona bardzo niestabilna pod względem temperatury. Szkodliwe są także zaburzenia ruchu obrotowego (półkula zamarznięta i gorąca) oraz zmienność jasności gwiazdy⁴⁵. Planeta musi też mieć odpowiednią masę, aby utrzymać atmosferę oraz zestaw niezbędnych pierwiastków chemicznych⁴⁶.

Sytuacja na stworzonej na potrzeby fantastycznej opowieści planecie może jednak odbiegać od tego, co znamy z Ziemi. Może być na niej — jak to ujęli w książce *Wyobrażone życie* James Trefil i Michael Summers — życie podobne do naszego, oparte na innych związkach niż węgiel, lub „zupełnie nie takie jak nasze”⁴⁷, nieoparte na chemii. Rozpoznanie i zrozumienie takiej formy życia może być bardzo trudne lub niemożliwe, jak w najsłynniejszych powieściach Stanisława Lema⁴⁸. Jeśli natomiast kreujemy nowe stworzenia bez dodatkowych wyjaśnień, muszą być one zgodne z prawami znanymi z Ziemi (aktualizm).

Życie na obcej planecie może być bardzo podobne do ziemskiego, a nawet identyczne, jeśli weźmiemy pod uwagę hipotezę panspermii (molekularnej lub organizmów) albo obserwowalny współcześnie i w zapisie kopalnym fakt konwergencji (ewolucji zbieżnej). Pierwszy przypadek to hipoteza mówiąca o tym, że życie rozprzestrzeniło się w kosmosie z pomocą jednokomórkowych bądź prostych wielokomórkowych organizmów lub ich przetrwalników przedostających się na nowe ciała niebieskie wraz z meteorytami⁴⁹. Drugi proces odnosi się do sytuacji, kiedy podobne środowisko i styl życia sprawiają, że przedstawiciele niespokrewnionych z sobą grup wykształcają podobne adaptację i morfologię⁵⁰ (na przykład triasowe fitozauiry i współczesne gawiale).

⁴⁵ D.R. Faulkner, *There's No Place like Home*, „Answers: Building a Practical Worldview” 9, 2016, nr 1, s. 60–62; A. Łosiak, *Jak zbudować życiodajną planetę. Poradnik konstruktora*, „Tygodnik Powszechny”, 23.04.2017, <https://www.tygodnikpowszechny.pl/jak-zbudowac-zyciodajna-planete-poradnik-konstruktora-147718> (dostęp: 28.09.2022).

⁴⁶ D.R. Faulkner, *op. cit.*

⁴⁷ B.M. Jakosky, R.M. Haberle, *op. cit.*

⁴⁸ Na przykład inteligentny ocean w powieści Stanisława Lema *Solaris*, Warszawa 1961.

⁴⁹ M. Sithamparam *et al.*, *A Material-Based Panspermia Hypothesis: The Potential of Polymer Gels and Membraneless Droplets*, „Biopolymers” 2022.

⁵⁰ D.J. Futuyma, *op. cit.*

Raz gorzej, raz lepiej, czyli przykłady prawidłowych i nieprawidłowych projektów

W literaturze i kinematografii można znaleźć liczne przykłady fantastycznych stworzeń skonstruowanych zarówno prawidłowo, jak i nieprawidłowo (to znaczy zgodnie lub niezgodnie z duchem nauk przyrodniczych). Nie musi to oczywiście równoznacznie wskazywać na sukces lub porażkę dzieła, bo adekwatność naukowa nie jest głównym wyznacznikiem satysfakcji z odbioru danego produktu popkultury (choć w analizach czynników powodzenia jest ona zwykle pomijana⁵¹). Odnajdziemy zatem przykłady utworów, które odniosły finansowy sukces mimo swobodnego podejścia do kwestii procesów ewolucyjnych. Zaprezentowane tu przykłady zawierają jedynie ocenę poprawności naukowej konstrukcji fantastycznych organizmów, a nie ogólnej wartości utworów, nie biorą również pod uwagę naszego zainteresowania tym, co niezrozumiałe i obce⁵², co mogłoby z kolei wpływać na bardziej pozytywny odbiór stworzeń istniejących w fikcyjnej opowieści wbrew znanym nam prawom przyrody.

Gigantyzm i wyspy, czyli problem zaginionego świata

Częstym błędem jest nie tyle sama konstrukcja fantastycznych gatunków, ile ich umiejscowienie. W kinematografii i literaturze znajdziemy sporo przykładów ciekawie zaprojektowanych „potworów” o imponujących rozmiarach, umieszczonych w niewłaściwym otoczeniu. Jednym z takich intensywnie eksploatowanych motywów jest zaginiona wyspa, na której żyje cały wachlarz gigantycznych drapieżników, podczas gdy w każdym ekosystemie duże zwierzęta są mniej liczne, tak samo jak mniej liczne od całego przekroju roślinożerców są zwierzęta mięsożerne, szczególnie tak zwane czołowe drapieżniki (ang. *apex predators*)⁵³.

Tymczasem na przykład w *King Kongu* (najbardziej eksponowane jest to w wersji Petera Jacksona⁵⁴) wyspę zasiedlają dziesiątki zwierząt (i roślin!) o morderczych zapędach. W najnowszym przedstawieniu tej klasycznej opowieści⁵⁵ oprócz gigantycznej małpy mamy olbrzymie podziemne stworzenia kroczące na

⁵¹ N. Sood, J. Balamurugan, *Factors Affecting the Success of Movies — a Case Study of Twin Movies*, „International Journal of Innovative Science and Research Technology” 2, 2017, nr 11, s. 105–108; Z. Gao et al., *How to Make a Successful Movie: Factor Analysis from Both Financial and Critical Perspectives*, [w:] *Information in Contemporary Society iConference. Lecture Notes in Computer Science*, red. N. Taylor et al., t. 11420, Cham 2019, rozdz. 63, s. 669–678; A. Kim, S. Trimi, S.G. Lee, *Exploring the Key Success Factors of Films: A Survival Analysis Approach*, „Service Business” 15, 2021, s. 613–638.

⁵² O.S. Card, *op. cit.*

⁵³ H. Barton, *op. cit.*

⁵⁴ *King Kong*, reż. P. Jackson, USA–Nowa Zelandia–Niemcy 2005.

⁵⁵ *Kong: Wyspa czaszki*, reż. J. Vogt-Roberts, USA–Wietnam–Australia–Chiny–Kanada 2017.

przednich łapach i ciągnące ogon po ziemi, co z jednej strony może być widowiskowe, a z drugiej może skłaniać do refleksji, czy to fizycznie możliwe (z całą pewnością jest to biomechanicznie nieefektywne, więc wątpliwe, aby takie rozwiązanie pojawiło się w naturalny sposób w drodze ewolucji). Jeśli tylne kończyny uległy całkowitej redukcji, podobnie powinno się stać z przednimi — taka sytuacja wielokrotnie miała miejsce w ewolucji gadów łuskonośnych, które adaptując się do podziemnego trybu życia, traciły kończyny w toku ewolucji⁵⁶.

Gigantyzm szczególnie razi w wypadku zwierząt, które ze względu na swoją budowę anatomiczną nie mogłyby osiągnąć takich gabarytów nawet na kontynencie. Dotyczy to także zwierząt słynących ze swoich okazałych rozmiarów. Znane są przy tym przypadki wyspowej miniaturyzacji dinozaurów (wyspa Hateg⁵⁷) czy mamutów (wyspa Wrangla, Sardynia i inne⁵⁸). W prologu do filmu *Kong: Wyspa czaszki* z 2017 roku można dostrzec też pająka wielkości drzew.

Przykłady wykorzystania gigantycznych lądowych stawonogów można by mnożyć (na przykład *Żołnierze kosmosu*⁵⁹), ale owady i pająki jako stworzenia oddychające poprzez system tchawek i przetchlinek nie mogą osiągać tak dużych rozmiarów (największy znany ziemski owad to weta, która może przekraczać nawet 30 centymetrów, wliczając odnóża, również z powodu braku konkurencji z gryzoniami⁶⁰). Inaczej było w przeszłości geologicznej, ponad 300 milionów lat temu, w okresie karbońskim, kiedy naszą planetę porastały wielkie lasy drzewiastych paproci, skrzypów i widłaków, a poziom tlenu w atmosferze był co najmniej kilka procent wyższy niż obecnie⁶¹. Dzięki temu stawonogi osiągały rozmiary dziś niespotykane — na przykład ważki *Meganeura* lub wije *Arthropleura*⁶².

Aby wiarygodnie osadzić wielkie stawonogi w fantastycznej opowieści, należy umieścić akcję w przeszłości (lub przyszłości Ziemi), specjalnym ośrodku lub na planecie o wyższej niż obecnie na Ziemi zawartości tlenu w atmosferze. Inna możliwość to uznanie morfologii insektopodobnych przybyszów spoza Układu Słonecznego za efekt konwergencji ewolucyjnej (zwierzęta niebędące owadami,

⁵⁶ A. Skinner, M.S. Lee, M.N. Hutchinson, *Rapid and Repeated Limb Loss in a Clade of Scincid Lizards*, „BMC Evolutionary Biology” 8, 2008, art. 310.

⁵⁷ Z. Csikia, M.J. Benton, *An Island of Dwarfs — Reconstructing the Late Cretaceous Hateg Palaeoecosystem*, „Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology” 293, 2010, nr 3–4, s. 265–270; K. Stein *et al.*, *Small Body Size and Extreme Cortical Bone Remodeling Indicate Phyletic Dwarfism in Magyarosaurus Dacus (Sauropoda: Titanosauria)*, „PNAS” 107, 2010, nr 20, s. 9258–9263.

⁵⁸ V.L. Herridge, A.M. Lister, *Extreme Insular Dwarfism Evolved in a Mammoth*, „Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences” 279, 2012, nr 1741, s. 3193–3200; A. Larramendi, *Shoulder Height, Body Mass and Shape of Proboscideans*, „Acta Palaeontologica Polonica” 61, 2016, nr 3, s. 537–574.

⁵⁹ *Żołnierze kosmosu*, reż. P. Verhoeven, USA 1997.

⁶⁰ M.J. Griffin *et al.*, *Exploring the Concept of Niche Convergence in a Land without Rodents: The Case of Weta as Small Mammals*, „New Zealand Journal of Ecology” 35, 2011, nr 3, s. 302–307.

⁶¹ S. Parker, *op. cit.*

⁶² N.J. Butterfield, *Oxygen, Animals and Oceanic Ventilation: An Alternative View*, „Geobiology” 7, 2009, nr 1, s. 1–7.

jedynie powierzchownie je przypominające, lecz mające odmienny system oddechowy — czyżbyśmy właśnie z takimi gatunkami mieli do czynienia w *Grze Endera*?⁶³).

Kolejnym problemem jest umiejscowienie w takim otoczeniu zwierząt wymarłych przed dziesiątkami milionów lat, niewykazujących żadnych oznak zmian. Zmiany anatomii są w takim wypadku wielce prawdopodobne, choć ogólny plan budowy może być zachowany. Znane są oczywiście przykłady tak zwanych taksonów Elvisa (stworzeń uznawanych za dawno wymarłe, a po latach „odkrytych na nowo”). Badania genetyczne dowodzą jednak, że nie są to te same gatunki co w przeszłości, choć morfologicznie są do nich łudząco podobne (na przykład latimeria⁶⁴). Mamy też przykłady organizmów z niespokrewnionych grup, ale o podobnym planie budowy. Jeśli jednak umieścimy je w odmiennym środowisku na ponad 60 milionów lat, sytuacja prawdopodobnie ulegnie zmianie.

Nieprawdopodobnie prawdopodobne

W filmie i literaturze odnajdziemy oczywiście także liczne prawidłowo (z biologicznego punktu widzenia) zaprojektowane gatunki. Abstrahując od oceny scenariusza, szczegółowo i wiarygodnie zaplanowany wydaje się świat Pandory, planety stworzonej na potrzeby filmu *Avatar*⁶⁵. W tle zobaczymy zwierzęta zajmujące różne nisze ekologiczne, które cechuje odmienna dieta. Niektóre z nich przypominają to, co znamy z Ziemi, na przykład latające stworzenia o błoniastych skrzydłach wykazują wyraźne podobieństwa do pierwszej grupy aktywnie latających kręgowców, czyli pterozaurów (jednego nawet nazwano na cześć filmowych lotników⁶⁶).

Połączenie między Na'vi a innymi gatunkami (za pomocą tworów przypominających warkocze) również ma ewolucyjne uzasadnienie. Taki związek mógł bowiem powstać na drodze biologicznych procesów. Ludzie także udomowili całą rzeszę stworzeń, wpływając nie tylko na ich ewolucję, ale też behavior. W filmie Camerona współpraca międzygatunkowa ma charakter anatomiczny i może być uznana za efekt koewolucji i symbiozy, tak jak zależności między błazenkami i koralami⁶⁷ lub krokodylami i siewkami⁶⁸.

⁶³ O.S. Card, *Gra Endera*, przeł. P.W. Cholewa, Warszawa 2009.

⁶⁴ L. Cavin, G. Guinot, *Coelacanth*s as “Almost Living Fossils”, „Frontiers in Ecology and Evolution” 2, 2014.

⁶⁵ *Avatar*, reż. J. Cameron, USA–Wielka Brytania 2009.

⁶⁶ X. Wang, *An Early Cretaceous Pterosaur with an Unusual Mandibular Crest from China and a Potential Novel Feeding Strategy*, „Scientific Reports” 4, 2014, art. 6329.

⁶⁷ H.T.T. Nguyen *et al.*, *Cophylogenetic Analysis of the Relationship between Anemonefish Amphiprion (Perciformes: Pomacentridae) and Their Symbiotic Host Anemones (Anthozoa: Actinaria)*, „Marine Biology Research” 16, 2020, s. 117–133.

⁶⁸ F.N. Egerton, *History of Ecological Sciences, Part 52: Symbiosis Studies*, „The Bulletin of the Ecological Society of America” 96, 2015, nr 1, s. 80–139.

Podobny poziom wiarygodności dzięki podobieństwu do znanych z zapisu kopalnego stworzeń wykazują ornipanty z powieści Jarosława Grzędowicza *Pan Lodowego Ogrodu*:

Moja głowa sięgała może do kolana stwora, ale na pewno nie wyżej. [...] Od zakończonych zakrzywionymi pazurami palców do wbijającego się w żwir ostatniego tylnego szpona długości rogu wielkiego bawołu stopa ornipanta mierzyła dobre cztery kroki⁶⁹.

Fororaki to duże nietlne ptaki znane z miocenu Patagonii. Ich grzbiety znajdował się na wysokości około 140 centymetrów nad ziemią⁷⁰. Jako zwierzęta palcchodne potencjalnie łatwo dostosowałyby się do przemieszczania po rozgrzanym piasku, a jako szybko biegające zwierzęta (osiągające prędkość do 50 kilometrów na godzinę⁷¹) mogłyby być efektywnym środkiem transportu.

Zwykle trudnym do wiarygodnego przedstawienia zagadnieniem jest jednak ewolucja hominidów, a konkretnie człowieka. Ale i na ten temat znajdziemy wiele interesujących przedstawień, również w klasycznych dziełach, takich jak *Wehikul czasu* H.G. Wellsa⁷². Morlokowie — fikcyjna rasa hominidów przedstawiona w powieści — to albinistyczne osobniki zamieszkujące podziemia. Ukazywani są w ten sposób także w filmowych adaptacjach. Do tego mają duże, świecące w ciemności oczy⁷³. Choć wiele zwierząt przystosowanych do życia w całkowitych ciemnościach (na przykład jaskiniowe endemity) na drodze ewolucji utraciło zdolność wzroku, u potomków człowieka taka zmiana jest mało prawdopodobna. Dla człowieka bowiem najważniejszym zmysłem jest właśnie wzrok. Czyni go to wyjątkiem wśród ssaków, które od początku swojej ewolucyjnej drogi opierają się głównie na węchu (co więcej, to rozwinięcie zmysłu węchu było według niektórych hipotez napędem ewolucji dużego mózgu⁷⁴). W związku z tym utrata wzroku wydaje się mniej prawdopodobna od jego wyostrenia i dostosowania do niewielkiej ilości światła jak u zwierząt głębokowodnych i nocnych.

Duże oczy, wsparte na masywnym pierścieniu sklerotycznym miały między innymi prehistoryczne gady morskie — ichtiozaury⁷⁵. Świecące w ciemnościach

⁶⁹ J. Grzędowicz, *Pan Lodowego Ogrodu*, t. 2, Lublin 2007, rozdz. 10.

⁷⁰ M.F.A. Herculano, E. Höfling, *Systematic Revision of the Phorusrhacidae (Aves: Ralliformes)*, „Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)” 43, 2003, nr 4, s. 55–91.

⁷¹ R.E. Blanco, W.J. Washington, *Terror Birds on the Run: A Mechanical Model to Estimate Its Maximum Running Speed*, „Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences” 2005, nr 272 (1574), s. 1769–1773.

⁷² H.G. Wells, *Wehikul czasu*, przeł. F. Werwiński, Poznań 2021.

⁷³ Na przykład na okładce czasopisma „Famous Fantastic Mysteries” z sierpnia 1950 roku, autorstwa Normana Saundersa.

⁷⁴ T.B. Rowe, T.E. Macrini, Z.X. Luo, *Fossil Evidence on Origin of the Mammalian Brain*, „Science” 332, 2011, nr 6032, s. 955–957.

⁷⁵ R. Motani, B.M. Rotschild, W. Wahl Jr., *Large Eyeballs in Diving Ichthyosaurs*, „Nature” 402, 1999, s. 747.

oczy to z kolei efekt błony odblaskowej w tylnej części oka, zwanej *tapetum lucidum* — cechę tę możemy obserwować u kotów⁷⁶.

Podsumowanie, czyli jak zbudować dinozaura (lub inne fantastyczne stworzenie)

Podsumowując, należy wskazać, że aby przedstawione w filmie, powieści lub komiksie fantastyczne stworzenie okazało się dla odbiorcy wiarygodne, musi ono zostać opisane zgodnie z powszechnymi prawami przyrody⁷⁷. Nieuzasadnione łamanie praw fizyki i biologii sprawia bowiem wielu widzom problem w odbiorze⁷⁸.

Głównym procesem ewolucyjnym, o którym muszą pamiętać twórcy, jest adaptacja. Fantastyczny gatunek musi się zatem odpowiednio wpasować w przedstawione otoczenie, być do niego dostosowanym zgodnie z zasadą doboru naturalnego (sztucznego lub płciowego). Ukazane elementy anatomii, fizjologii i behawioru stworzenia również powinny stanowić adaptacje do otoczenia (klimatu, geografii, zdobywania pożywienia lub obrony przed drapieżnikami). Jest to istotne, ponieważ w przeciwnym wypadku niewłaściwe zaprezentowanie świata może spowodować wrażenie podobne do dysonansu ludonarracyjnego. Jeśli zaś fauna i flora są ważnym elementem opowieści, może to doprowadzić do odmiennego od założonego przez autora odbioru jego dzieła⁷⁹.

Bibliografia

Teksty

- Card O.S., *Gra Endera*, przeł. P.W. Cholewa, Prószyński i S-ka, Warszawa 2009.
 Card O.S., *Mówca umarłych*, przeł. P.W. Cholewa, Prószyński i S-ka, Warszawa 1997.
 Carroll L., *Po drugiej stronie lustra i co tam Alicja znalazła*, przeł. R. Stiller, Fundacja Festina Lente, Warszawa 1972.
 Child L., *Terminalny mróz*, przeł. D. Górską, Albatros, Warszawa 2011.
 Crichton M., *Zaginiony świat*, przeł. A. Leszczyński, Świat Książki, Warszawa 1995.
 Doyle A.C., *Świat zaginiony*, przeł. T. Evert, Itaka, Poznań 1993.
 Goodking T., *Pierwsze prawo magii*, przeł. L. Targosz, Rebis, Poznań 2004.
 Grzędowicz J., *Pan Lodowego Ogrodu*, t. 1, Fabryka słów, Lublin 2005.
 Grzędowicz J., *Pan Lodowego Ogrodu*, t. 2, Fabryka słów, Lublin 2007.
 Lem S., *Solaris*, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa 1961.
 McCafrey A., *Jeźdźcy smoków*, przeł. R. Chodasz, Książnica, Katowice 2007.

⁷⁶ R. Gunter, H.G. Harding, W.S. Stiles, *Spectral Reflexion Factor of the Cat's Tapetum*, „Nature” 168, 1951, nr 4268, s. 293–294.

⁷⁷ S. Baker, *op. cit.*

⁷⁸ A.C. Chambers, *op. cit.*

⁷⁹ M. Trela, *op. cit.*

- Rowling J.K., *Harry Potter i kamień filozoficzny*, przeł. A. Polkowski, Media Rodzina, Poznań 1997.
- Sapkowski A., *Ostatnie życzenie*, SuperNOWA, Warszawa 1993.
- Weeks B., *Czarny pryzmat*, przeł. M. Strzelec, MAG, Warszawa 2011.
- Wells H.G., *Wehikul czasu*, przeł. F. Wermiński, Vesper, Poznań 2021.

Opracowania

- Barton H., *Speciation*, „Trends in Ecology & Evolution” 16, 2001, nr 7, s. 325.
- Blanco R.E., Washington W.J., *Terror Birds on the Run: A Mechanical Model to Estimate Its Maximum Running Speed*, „Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences” 2005, nr 272 (1574), s. 1769–1773, <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3133>.
- Butterfield N.J., *Oxygen, Animals and Oceanic Ventilation: An Alternative View*, „Geobiology” 7, 2009, nr 1, s. 1–7, <https://doi.org/10.1111/j.1472-4669.2009.00188.x>.
- Campbell N.A., Reece J.B., *Biologia*, przekład zbiorowy, Rebis, Poznań 2015.
- Casane D., Laurenti P., *Why Coelacanth Is Not “Living Fossil”*, „Bioessays” 35, 2013, s. 332–338, <https://doi.org/10.1002/bies.201200145>.
- Cavin L., Guinot G., *Coelacanth as “Almost Living Fossil”*, „Frontiers in Ecology and Evolution” 2, 2014, <https://doi.org/10.3389/fevo.2014.00049>.
- Chambers A.C., *Comment: Movies and Scientific Accuracy*, „Microbiology in Popular Culture” 44, 2017, nr 4, s. 191–192.
- Chiarenza A.A., Farnsworth A., Mannion P.D., Lunt D.J., Valdes P.J., Morgan J.V., Alison P.A., *Asteroid Impact, Not Volcanism, Caused the End-Cretaceous Dinosaur Extinction*, „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)” 117, 2020, nr 29, s. 17084–17093, <https://doi.org/10.1073/pnas.2006087117>.
- Cloutier R., *Patterns, Trends, and Rates of Evolution within the Actinistia*, [w:] *The Biology of Latimeria Chalumnae and Evolution of Coelacanths*, red. J.A. Musick, M.N. Bruton, E.K. Balon, Springer Netherlands, Dordrecht 1991, s. 23–58.
- Csikia Z., Benton M.J., *An Island of Dwarfs — Reconstructing the Late Cretaceous Hateg Palaeoecosystem*, „Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology” 293, 2010, nr 3–4, s. 265–270, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.05.032>.
- Darwin C., *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, John Murray, London 1859, <http://darwin-online.org.uk>.
- Delrez L., Murray C.A., Pozuelos F.J., Narita N., Ducrot E., Timmermans M., Watanabe N., Burgasser A.J., Hirano T., Rackham B.V., Stassun K.G., Van Grootel V., Aganze C., Cointepas M., Howell S., Kaltenecker L., Niraula P., Sebastian D. *et al.*, *Two Temperate Super-Earths Transiting a Nearby Late-Type M Dwarf*, „Astronomy & Astrophysics” 667, 2022, art. A59, <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202244041>.
- Dixon D., *After Man: A Zoology of the Future*, Harper Collins Publishers Ltd., [b.m.w.] 1982.
- Dixon D., *The New Dinosaurs: An Alternative Evolution*, Salem House Publishers, Topsfield, MA 1988.
- Egerton F.N., *History of Ecological Sciences, Part 52: Symbiosis Studies*, „The Bulletin of the Ecological Society of America” 96, 2015, nr 1, s. 80–139.
- Faulkner D.R., *There’s No Place like Home*, „Answers: Building a Practical Worldview” 9, 2016, nr 1, s. 60–62.
- Futuyma D.J., *Ewolucja*, przeł. W. Babik [et al.], Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2008.
- Gao Z., Malic V., Ma S., Shih P.C., *How to Make a Successful Movie: Factor Analysis from Both Financial and Critical Perspectives*, [w:] *Information in Contemporary Society iConference. Lecture Notes in Computer Science*, red. N. Taylor, C. Christian-Lamb, M. Martin, B. Nar-

- di, t. 11420, Springer, Cham 2019, rozdz. 63, s. 669–678, https://doi.org/10.1007/978-3-030-15742-5_63.
- Green R.E., Braun E.L., Armstrong J., Earl D., Nguyen N., Hickey G., Vandeweghe M.W., John J.A.S., Capella-Gutiérrez S., Castoe T.A., Kern C., Fujita M.K., Opazo J.C., Jurka J., Kojima K.J., Caballero J., Hubley R.M., Smit A.F., Platt R.N., Lavoie C.A., Ramakodi M.P., Finger J.W. *et al.*, *Three Crocodylian Genomes Reveal Ancestral Patterns of Evolution among Archosaurs*, „Science” 346, 2014, nr 6125, art. 1254449, <https://doi.org/10.1126/science.1254449>.
- Griffin M.J., Trewick S.A., Wehi P.M., Morgan-Richards M., *Exploring the Concept of Niche Convergence in a Land without Rodents: The Case of Weta as Small Mammals*, „New Zealand Journal of Ecology” 35, 2011, nr 3, s. 302–307.
- Gunter R., Harding H.G., Stiles W.S., *Spectral Reflexion Factor of the Cat's Tapetum*, „Nature” 168, 1951, nr 4268, s. 293–294, <https://doi.org/10.1038/168293a0>.
- Hallam A., *Ewolucja i zagłada: wielkie wymierania i ich przyczyny*, przeł. M. Ryszkiewicz, Prószyński i S-ka, Warszawa 2004.
- Hand P., *Pozaziemskie oceany. Poszukiwanie życia w głębinach kosmosu*, przeł. Z. Lamża, Copernicus Center Press, Kraków 2022.
- Hara Y., Yamaguchi K., Onimaru K., Kadota M., Koyanagi M., Keeley S.D., Tatsumi K., Tanaka K., Motone F., Kageyama Y., Nozu R., Adachi N., Nishimura O., Nakagawa R., Tanegashima C., Kiyatake I., Matsumoto R., Murakumo K., Nishida K., Terakita K., Kuratani S., Sato K., Hyodo S., Kuraku S., *Shark Genomes Provide Insights into Elasmobranch Evolution and the Origin of Vertebrates*, „Nature Ecology & Evolution” 2, 2018, s. 1761–1771, <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0673-5>.
- Herculano M.F.A., Höfling E., *Systematic Revision of the Phorusrhacidae (Aves: Ralliformes)*, „Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)” 43, 2003, nr 4, s. 55–91, <https://doi.org/10.1590/S0031-10492003000400001>.
- Herridge V.L., Lister A.M., *Extreme Insular Dwarfism Evolved in a Mammoth*, „Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences” 279, 2012, nr 1741, s. 3193–3200, <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0671>.
- Jablonski D., *Extinctions: A Paleontological Perspective*, „Science” 253, 1991, nr 5021, s. 754–757, <https://doi.org/10.1126/science.253.5021.754>.
- Jakosky B.M., Haberle R.M., *The Seasonal Behavior of Water on Mars*, [w:] *Mars*, red. H.H. Kieffer *et al.*, University of Arizona Press, Tucson, AZ 1992, s. 969–1016.
- Kasting J.F., *Habitable Zones around Low Mass Stars and the Search for Extraterrestrial Life*, [w:] *Planetary and Interstellar Processes Relevant to the Origins of Life*, red. D.C.B. Whittet, Springer, Dordrecht 1997, s. 291–307, https://doi.org/10.1007/978-94-015-8907-9_15.
- Kim A., Trimi S., Lee S.G., *Exploring the Key Success Factors of Films: A Survival Analysis Approach*, „Service Business” 15, 2021, s. 613–638, <https://doi.org/10.1007/s11628-021-00460-x>.
- Koperski P., *Współczesne poglądy na teorię ewolucji*, „Edukacja Biologiczna i Środowiskowa” 29, 2009, s. 10–21.
- Larramendi A., *Shoulder Height, Body Mass and Shape of Proboscideans*, „Acta Palaeontologica Polonica” 61, 2016, nr 3, s. 537–574, <https://doi.org/10.4202/app.00136.2014>.
- Lidgard S., Love A.C., *Rethinking living fossils*, „BioScience” 68, 2018, nr 10, s. 760–770, <https://doi.org/10.1093/biosci/biy084>.
- Lyell C., *Principles of Geology*, Penguin Books, London 1997.
- Maj K.M., *Ksenologia i kseonotopografia Bernharda Waldenfelsa wobec podstawowych założeń światotwórczych literatury fantastycznej (Orson Scott Card, Neil Gaiman, George R.R. Martin)*, „Hybris” 27, 2014, s. 72–95.
- Matzke N.J., *The Evolution of Creationist Movements*, „Evolution: Education and Outreach” 3, 2010, s. 145–162, <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0233-1>.

- McKay C.P., *Requirements and Limits for Life in the Context of Exoplanets*, „Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)” 111, 2013, nr 35, s. 12628–12633, <https://doi.org/10.1073/pnas.1304212111>.
- Motani R., Rotschild B.M., Wahl W. Jr., *Large Eyeballs in Diving Ichthyosaurs*, „Nature” 402, 1999, s. 747, <https://www.nature.com/articles/45435>.
- Nguyen H.T.T., Dang B., Glenner H., Geffen A., *Cophylogenetic Analysis of the Relationship between Anemonefish Amphiprion (Perciformes: Pomacentridae) and Their Symbiotic Host Anemones (Anthozoa: Actiniaria)*, „Marine Biology Research” 16, 2020, s. 117–133.
- Parker S., *Evolution: The Whole Story*, Firefly Books, Buffalo-New York 2015.
- Rowe T.B., Macrini T.E., Luo Z.X., *Fossil Evidence on Origin of the Mammalian Brain*, „Science” 332, 2011, 6032, s. 955–957, <https://doi.org/10.1126/science.1203117>.
- Russo C.A.M., Andre T., *Science and Evolution*, „Genetics and Molecular Biology” 42, 2019, nr 1, s. 120–124.
- Schulze-Makuch D., Mendez A., Fairen A., Von Paris P., Turse C., Boyer G., Davilla A.F., Sousa Antonio M.R.S. de, Catling D., Irwin L., *A Two-Tiered Approach to Assessing the Habitability of Exoplanets*, „Astrobiology” 11, 2011, nr 10, s. 1041–1052, <https://doi.org/10.1089/ast.2010.0592>.
- Sithamparam M., Sathiyasilan N., Chen C., Jia T.Z., Chandru K., *A Material-Based Panspermia Hypothesis: The Potential of Polymer Gels and Membraneless Droplets*, „Biopolymers” 2022, <https://doi.org/10.1002/bip.23486>.
- Skinner A., Lee M.S., Hutchinson M.N., *Rapid and Repeated Limb Loss in a Clade of Scincid Lizards*, „BMC Evolutionary Biology” 8, 2008, art. 310, <https://doi.org/10.1186/1471-2148-8-310>.
- Sood N., Balamurugan J., *Factors Affecting the Success of Movies — a Case Study of Twin Movies*, „International Journal of Innovative Science and Research Technology” 2, 2017, nr 11, s. 105–108.
- Stein K., Csiki Z., Rogers K.C., Weishampel D.B., Redelstorff R., Carballido J.L., Sander P.M., *Small Body Size and Extreme Cortical Bone Remodeling Indicate Phyletic Dwarfism in Magyarosaurus Dacus (Sauropoda: Titanosauria)*, „Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)” 107, 2010, nr 20, s. 9258–9263, <https://doi.org/10.1073/pnas.1000781107>.
- Tomita J.A., Killmar L.E., Ball R., Rottman L.A., Kowitz M., *Challenges and Successes in the Propagation of the Shoebill *Balaniceps Rex*: With Detailed Observations from Tampa's Lowry Park Zoo, Florida*, „International Zoo Yearbook” 48, 2013, s. 69–82, <https://doi.org/10.1111/izy.12038>.
- Trefil J., Summers M., *Wyobrażone życie. Wyprawa na egzoplanety w poszukiwaniu inteligentnych istot pozaziemskich, stworzeń lodu i zwierząt supergrawitacyjnych*, przeł. T. Chawziuk, Copernicus Center Press, Kraków 2020.
- Van Valen L., *A New Evolutionary Law*, „Evolutionary Theory” 1, 1973, s. 1–30.
- Wallace A.F., *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type*, „Alfred Russel Wallace Classic Writings” 1, 1858, https://digitalcommons.wku.edu/dlps_fac_arw/1.
- Wang X., Rodrigues T., Jiang S., Cheng X., Kellner A.W.A., *An Early Cretaceous Pterosaur with an Unusual Mandibular Crest from China and a Potential Novel Feeding Strategy*, „Scientific Reports” 4, 2014, art. 6329, <https://doi.org/10.1038/srep06329>.
- Ward P., *Future Evolution*, W.H. Freeman, New York 2001.

Źródła internetowe

- Baker S., *Fantastical Biology — Part One: Fantasy Creatures and Their Habitats*, Fantasy Faction, 28.05.2014, <http://fantasy-faction.com/2014/fantastical-biology-fantasy-creatures-and-their-habitats>.

Łosiak A., *Jak zbudować życiodajną planetę. Poradnik konstruktora*, „Tygodnik Powszechny”, 23.04.2017, <https://www.tygodnikpowszechny.pl/jak-zbudowac-zyciodajna-planete-poradnik-konstruktora-147718>.

Trela M., *Dysonans ludonarracyjny to problem występujący nie tylko w grach, twierdzi Jonathan Blow*, Miastogier, 23.06.2016, <https://www.miaastogier.pl/wiadomosc,34308.html>.

Filmografia

Avatar, reż. J. Cameron, USA–Wielka Brytania 2009.

King Kong, reż. P. Jackson, USA–Nowa Zelandia–Niemcy 2005.

Kong: Wyspa czaszki (Kong: Skull Island), reż. J. Vogt-Roberts, USA–Wietnam–Australia–Chiny–Kanada 2017.

Żołnierze kosmosu (Starship Troopers), reż. P. Verhoeven, USA 1997.