

ADRIAN STENCEL

UNIwersytet Jagielloński
Wydział Filozoficzny
E-MAIL: ADSTENCEL@GMAIL.COM

AGNIESZKA PROSZEWSKA

UNIwersytet Jagielloński
Wydział Filozoficzny
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
E-MAIL: AGNIESZKA.PROSZEWSKA@GMAIL.COM

Dlaczego w biologii tak trudno być „rewolucjonistą”?

STRESZCZENIE

Zrozumienie tego, w jaki sposób tworzy się i rozwija wiedza naukowa, jest bardzo złożonym problemem. W myśl popularnego poglądu, rozpowszechnionego między innymi przez Thomasa Kuhna, co jakiś czas nauka przechodzi okresy tak zwanych rewolucji – diametralnych zmian w pojmowaniu otaczającej nas rzeczywistości, które zmieniają sposób widzenia świata. Taka wizja rozwoju wiedzy jest szczególnie widoczna w historii fizyki. Ciekawym zagadnieniem wydaje się próba odpowiedzi na pytanie, czy podobne przełomy mają miejsce także w innych naukach, w tym w naukach biologicznych. Celem tego artykułu jest wykazanie, że występujące w nauce rewolucje na gruncie biologii mogą mieć specyficzny, lokalny charakter i dotyczyć tylko niektórych jej działów. Hipoteza ta zostanie omówiona na przykładzie analizy wpływu mikrobiomiki na koncepcję organizmu.

SŁOWA KLUCZOWE

mikrobiomika, filozofia nauki, filozofia biologii, rewolucje naukowe

Wprowadzenie

Jednym z najciekawszych zagadnień w filozofii nauki jest próba zrozumienia, w jaki sposób rozwija się nasza wiedza o naukach przyrodniczych. Czy mamy do czynienia z jej akumulacją, która systematycznie prowadzi do

powiększania „gmachu ludzkiej wiedzy” aż do momentu, w którym pełen obraz świata będzie kompletny? A może nauki przyrodnicze przeżywają co jakiś czas coś na kształt rewolucji, które burzą starą wizję, na zgłiszczach tworząc nowy, całkiem inny obraz otaczającej nas rzeczywistości? Próba odpowiedzi na pytanie, który z tych dwóch scenariuszy wydaje się opisywać postęp wiedzy naukowej w sposób najbardziej adekwatny, podzieliła naukowców – zarówno biologów, jak i filozofów.

Przez długi czas w historii nauki (przynajmniej od XVI wieku) panowało przekonanie, że postęp w ramach nauk przyrodniczych ma charakter właśnie kumulatywny, a naukowcy, korzystając z metod eksperymentu oraz dedukcji, systematycznie przybliżają nas do ostatecznego, *prawdziwego* opisu świata. Z każdym następnym odkryciem świat staje się nam bliższy, a jego zjawiska coraz mniej tajemnicze. Wkrótce filozoficzno-metodologiczna analiza burzliwego rozwoju fizyki pokazała jednak, że obraz ten jest niecałkiem adekwatny – konsekwencją pojawienia się teorii względności nie było bowiem zwykłe poszerzenie naszej wiedzy o świecie. Jej wprowadzenie zmusiło naukowców również do odrzucenia pewnych idei, stanowiących fundament obrazu ówczesnego świata, jak na przykład absolutny czas i przestrzeń czy istnienie wyróżnionego układu odniesienia (jak zakładała klasyczna mechanika Newtona). Analiza poszczególnych odkryć oraz ich wpływu na rozwój nauki pozwoliła w końcu na zmianę sposobu myślenia o zjawisku postępu i przejście od podejścia kumulatywnego do rewolucyjnego. Proces ten został najszerzej opisany przez Thomasa Kuhna (1962).

We względu na fakt, iż znaczącą część filozoficznych analiz zjawiska rewolucji w nauce przeprowadzono w kontekście fizyki, wkrótce zaczęto zastanawiać się nad zakresem stosowalności tego modelu. Czy rewolucje naukowe są głównie domeną fizyki, czy może poszukiwać można ich także na innych polach naukowych dociekań, jak biologia, geologia czy chemia? Zdaniem części badaczy, o ile w kontekście nauk biologicznych daje się wyróżnić epizody, które ewidentnie rewolucję przypominają¹, o tyle kwestia ich zasięgu i powszechności budzi już spore wątpliwości. Analizujący praktykę badawczą biologów filozofowie chętnie skłaniają się zatem ku scenariuszom alternatywnym, opowiadając się na przykład za wspomnianą już kumulatywną wizją wiedzy biologicznej².

¹ Zob. A. S. Wilkins, *Are There Kuhnian Revolutions in Biology?*, "Bioessays" 1996, No. 18, s. 695–696.

² Zob. P. Godfrey-Smith, *Is it a Revolution?*, "Biology and Philosophy" 2007, No. 22, s. 429–437.

Celem niniejszego artykułu jest wykazanie, że o ile na gruncie nauk biologicznych rzeczywiście zgodzić się można na mówienie o rewolucjach na wzór tych występujących w naukach ścisłych, to jednak dodatkowej refleksji wymaga często dość specyficzny charakter tych zjawisk. Rewolucje w biologii mogą nie mieć bowiem – typowego dla dotychczasowych analiz takich nauk jak fizyka – charakteru globalnego, lecz mogą charakteryzować się *lokalnością* (dotykać tylko niektórych jej subdyscyplin)³. Analizując aktualną praktykę badawczą, argumentujemy, że właśnie taki „lokalny” wpływ na biologię ma tak zwana rewolucja mikrobiomiczna, która – jak wielu badaczy sugerowało⁴ – rewolucjonizuje nasze rozumienie organizmów.

Dlaczego mikrobiomika zdaje się rewolucjonizować rozumienie organizmów na gruncie biologii?

Mikrobiomika (*microbiomics*) to dyscyplina zajmująca się badaniem symbiotycznych mikroorganizmów, czyli wszystkich tych stworzeń, które zamieszkują skórę czy tkanki zwierząt i roślin⁵. Ostatnimi czasy prowadzone w jej ramach badania zaczęły wywierać na biologię coraz większy wpływ, wydają się bowiem podważać nasze rozumienie tego, czym jest organizm. Fakt ten komentuje między innymi M. McFall-Ngai, pisząc: „Te nowe informacje domagają się ponownego zbadania i reewaluacji podstaw takich koncepcji, jak genom, populacja, środowisko czy organizm”⁶. Jak uzasadnić tak daleko idące stwierdzenie?

Jeśli przyjrzymy się uważnie otaczającym nas roślinom i zwierzętom, zauważymy, iż każde z nich stanowi pewną funkcjonalną całość, przystosowaną do radzenia sobie z różnymi warunkami środowiskowymi. Posiadają układ nerwowy, umożliwiający lokalizację pożywienia, układ mięśniowy, ułatwiający jego chwytanie, a także układ pokarmowy, aby zdobyty pokarm

³ A. Stencel, A. Proszewska, *How Research on Microbiomes Is Changing Biology: A Discussion on the Concept of the Organism*, Foundations of Science, Springer Netherlands 2017, [online] <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10699-017-9543-x.pdf>

⁴ R. Sleator, *The Human Superorganism – Of Microbes and Men*, “Medical Hypotheses” 2010, No. 74 (2), s. 214–215.

⁵ L. Mazmanian et al., *An Immunomodulatory Molecule of Symbiotic Bacteria Directs Maturation of the Host Immune System*, “Cell” 2005, No. 122 (1), s. 107–118; G. Clarke et al., *Minireview: Gut microbiota: the neglected endocrine organ*, “Molecular Endocrinology” 2014, No. 28 (8), s. 1221–1238.

⁶ M. McFall-Ngai et al., *Animals in a Bacterial World, a New Imperative for the Life Sciences*, “Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America” 2013, No. 110 (9), s. 3229–3236 (tłum. A. Proszewska).

strawić, a następnie zasymilować niezbędne składniki odżywcze, zapewniając przetrwanie. Pełnienie tak wielu różnych funkcji umożliwia im budowa – każde z nich składa się z milionów komórek, specjalizujących się w wypełnianiu poszczególnych zadań. Komórki te nie są jednak zbiorowiskiem losowym, ale efektem podziału zygoty (zapłodnionej komórki). Nic więc dziwnego, że często mówi się o organizmie jako funkcjonalnej całości, stanowiącej efekt podziałów i dywersyfikacji zygoty w wielokomórkowy twór, jak ujął to na przykład Jonathan Slack: „rozwój objawia się w sposób najbardziej jaskrawy w procesie rozwoju embrionalnego, gdy zapłodnione jajo rozwija się w złożony organizm”⁷.

Pojawia się zatem pytanie: czy mikrobiomika podważa tę dość powszechną definicję organizmu? Liczne odkrycia mikrobiologii pokazały w końcu, że wiele funkcji organizmu nie jest pełnionych przez komórki pochodzące z zygoty, jak przypuszczano, ale przez symbiotyczne mikroorganizmy pobierane ze środowiska. Ostatnie badania pokazują między innymi, że prawidłowe funkcjonowanie układu immunologicznego zwierząt jest możliwe tylko wówczas, jeśli organizmy te mają kontakt z odpowiednimi mikroorganizmami⁸. Podobnie uwarunkowane jest również działanie układu pokarmowego niektórych gatunków⁹. Prawidłowe funkcjonowanie zwierząt i roślin możliwe jest wyłącznie wtedy, gdy nabędą one odpowiedni zestaw mikroorganizmów, pełniących funkcje, które jeszcze kilka lat temu przypisywaliśmy komórkom pochodzącym z zygoty. Nie powinno zatem dziwić, iż niektórzy badacze, na przykład R. Sleator, sugerują, że odkrycia mikrobiomiki w pewnym sensie podważają fundamenty, na których spoczywa tradycyjna koncepcja organizmu:

Przez lata nasze tradycyjne spojrzenie na „ja” ograniczało się do naszych własnych ciał, złożonych z komórek eukariotycznych zakodowanych przez genom. Jednak w dobie technologii mikrobiologicznych i biologii systemów pogląd ten przekroczył w końcu tradycyjne ograniczenia naszej własnej, wewnętrznej istoty, obejmując również lokalne symbiotyczne mikroorganizmy¹⁰.

Śledząc najnowsze odkrycia mikrobiomiki, wydaje się, że uzasadnione jest mówienie o zjawisku biologicznej rewolucji w kontekście definicji i rozumienia tego, czym jest organizm. Czy tak jest w istocie?

⁷ J. Slack, *Essential Developmental Biology* (2nd ed.), Oxford 2005 (tłum. A. Proszewska).

⁸ L. Mazmanian et al., op. cit.

⁹ G. Clarke et al., op. cit.

¹⁰ R. Sleator, op. cit. (tłum. A. Proszewska).

Dlaczego trudno mówić o globalnej, mikrobiomicznej rewolucji?

Aby mówić o rewolucji w odniesieniu do tego, czym jest organizm, musiałaby istnieć jedna, uniwersalna koncepcja, wspólna dla wszystkich biologicznych subdyscyplin, która mogłaby owej rewolucji podlegać. Z dotychczasowej dyskusji rzeczywiście wyłania się taki obraz: organizmy to pewne funkcjonalne obiekty, powstające z zapłodnionej komórki. Niestety, biolodzy dalecy są od takiej jednorodności. Ponieważ w ramach praktyki badawczej korzysta się z wielu alternatywnych koncepcji organizmu¹¹, może zaistnieć sytuacja, iż odkrycia mikrobiomiki, rewolucyjne dla jednych, dla innych mogą okazać się zupełnie niegroźne. Dlaczego?

Biologia jako gałąź nauki jest bardzo złożonym i skomplikowanym działem nauk przyrodniczych. Pomimo powszechnej zgodności biologów co do przedmiotu badań – świata ożywionego, sposób jego badania może różnić się między poszczególnymi dyscyplinami dość znacząco. Paleontolog w terenie zachowa się inaczej niż biolog eksperymentalny: ten pierwszy skupi się na analizie kości, sprawdzając, jak do siebie pasują, a także czy należą do gatunków już znanych, czy może do nowego, właśnie odkrytego; biolog eksperymentalny natomiast zajmie się na przykład badaniem tego, w jaki sposób dany organizm rozwija się z zapłodnionej komórki, analizując uczestniczące w tym procesie białka albo określając warunki zewnętrzne, jakie muszą być spełnione, by oko kręgowca prawidłowo się rozwinęło. Nietrudno się zatem domyślić, że stosowane przez nich metody będą różne: pierwszy skupi się na komparatystycznych, drugi na różnego rodzaju biochemicznych sposobach badania świata ożywionego.

Biolodzy badają świat na różne sposoby i w związku z tym inaczej też definiują podstawowe dla swojej dyscypliny pojęcia, co – jak pokazuje analiza filozoficzna¹² – dotyczy również koncepcji tak fundamentalnych, jak idea organizmu. Nie powinno to jednak dziwić. Badacz kości będzie stosował inne wyznaczniki organizmalności niż biolog analizujący na przykład zachowania społeczne kotów. Obserwacja ta już zdaje się sugerować, dlaczego twierdzenie, jakoby mikrobiomika powodowała lokalne rewolucje w biologii, wydaje się zasadne – ponieważ dla pewnych celów badawczych

¹¹ J. Pepper, M. Herron, *Does Biology Need an Organism Concept?*, “Biological Reviews” 2008, No. 83 (4), s. 621–627; L. Clarke, *The Problem of Biological Individuality*, “Biological Theory” 2010, No. 5 (4), s. 312–325; A. Stencel, A. Proszewska, *W poszukiwaniu uniwersalnej koncepcji organizmu. Problem indywidualizacji*, “Filozofia Nauki” 2017, nr 4 (100), s. 115–128.

¹² J. Pepper, M. Herron, op. cit.; L. Clarke, op. cit.

biolodzy mogą definiować organizmy na bardziej konkretnych założeniach. Niektóre idee mogą opierać się na podstawach wystarczająco ogólnych, które będą w stanie wchłonać wszelkie odkrycia mikrobiomiki, inne zaś będą musiały zostać odrzucone, kiedy ich fundamentalne i bardzo konkretne założenia ulegną falsyfikacji w toku rozwoju nauki.

W naszej ostatniej pracy¹³ wykazaliśmy, że tak w istocie jest – koncepcje bazujące na bardzo wąskich i konkretnych założeniach nie są w stanie poradzić sobie z odkryciami mikrobiomiki, natomiast koncepcjom opierającym się na bardzo szerokich fundamentach mikrobiomika nie powinna sprawić większych problemów. Do pierwszego typu zalicza się koncepcje podobne do tej, o której pisaliśmy w poprzednim podrozdziale, tj. utożsamiającej organizm ze zbiorem funkcjonalnie powiązanych komórek, powstałych w wyniku podziałów i dywersyfikacji zygoty. W ramach takiego podejścia organizmy definiowane są poprzez odwołanie się do pewnych cech fenotypowych, wszelkie nowe informacje na temat fenotypów mogą zatem sprawić, że koncepcje te staną się nieadekwatne. Do drugiego typu zalicza się na ogół koncepcje bazujące na terminach o wyższym stopniu abstrakcji, czyli takie, których podstawy nie zależą od obserwacji konkretnych cech fenotypowych. W takim przypadku wzrost naszej wiedzy na temat fenotypów nie sprawi, że koncepcje te staną się nagle nieadekwatne. Dowiemy się raczej, że istnieje wiele fenotypowych sposobów, dzięki którym może się realizować organizmalność. Do takich definicji zaliczyć można na przykład ideę organizmu zaproponowaną przez Quellera i Strassmann¹⁴, która identyfikuje organizmy jako obiekty cechujące się wysokim stopniem współpracy oraz niskim stopniem konfliktu pomiędzy poszczególnymi elementami. W przypadku tej koncepcji wykazaliśmy, że mikrobiomika nie podważa jej trafności.

Z powyższej analizy wyłania się odpowiedź na pytanie, dlaczego tak trudno być w biologii „rewolucjonistą” (przynajmniej w kwestii rozumienia idei organizmu). Aby można było stwierdzić, że biologia przechodzi prawdziwą rewolucję o charakterze globalnym, musiałby istnieć pewien wspólny dla całej biologii fundament, który nowe odkrycia mikrobiomiki miałyby podważyć. Niestety, w przypadku współczesnych koncepcji organizmu sytuacja jest znacznie bardziej złożona. Nie istnieje jedna, uniwersalna idea, wspólna dla wszystkich subdyscyplin. Co więcej, zdaje się, że mamy raczej do czynienia ze zjawiskiem przeciwnym – różne gałęzie biologii stosują różne

¹³ A. Stencel, A. Proszewska, *How Research on Microbiomes Is Changing Biology...*, op. cit.

¹⁴ D. Queller, J. Strassmann, *Beyond Society: the Evolution of Organismality*, "Philosophical Transactions of the Royal Society B" 2009, B364, s. 3143–3155.

koncepcje organizmu: jedne bardziej konkretne, inne bardziej abstrakcyjne. Koncepcje te różnie „reagują” zatem na odkrycia mikrobiomiki i mimo że badania nad symbiotycznymi mikroorganizmami podważają fundamenty niektórych z nich, sama „rewolucja mikrobiomiczna” ma raczej charakter lokalny – tylko niektóre subdyscypliny muszą ponownie zbadać i reewaluować sposób, w jaki definiują organizmy.

Wnioski

Celem tego krótkiego tekstu było pokazanie, że rewolucje występujące w biologii mogą cechować się specyficzną dla tej dziedziny lokalnością. Wynika to z faktu, że biolodzy, ze względu na mnogość celów i praktyk badawczych, dopuszczają różne definicje tego samego pojęcia. Nie znaczy to oczywiście, że wszelki postęp w biologii ma z konieczności charakter lokalny. Argumentujemy, że biologia jako nauka jest bardzo złożoną i skomplikowaną dyscypliną, w której spotkać możemy rewolucje zarówno lokalne, jak i globalne¹⁵, dotykające wszystkich działów biologii w ten sam sposób. Analizując przykłady z praktyki badawczej, formułujemy konkluzję, iż być może nie powinniśmy poszukiwać jednej, uniwersalnej miary postępu w biologii, akceptując wizję rozwoju, który może się odbywać na wiele różnych sposobów.

WHY IS IT SO HARD TO BE A „REVOLUTIONIST” IN BIOLOGY?

ABSTRACT

Understanding how science is created and developed is a very complex problem. Many claim that once in a while the science goes through periods of so-called “revolutions” – diametric changes in the perception of the reality, that change the way we see the world. Such a vision of the development of knowledge is particularly evident in the history of physics. Do similar breakthroughs take place in other sciences, such as biology or chemistry, as well? Our main objective is to demonstrate that the scientific revolutions in biology can have a specific, local, character and concern only some particular branches of biology. This hypothesis will be discussed by analyzing the impact of microbiomics on the concept of the organism.

KEYWORDS

microbiomics, philosophy of science, philosophy of biology, scientific revolutions

¹⁵ A. S. Wilkins, op. cit.

BIBLIOGRAFIA

1. Clarke L., *The Problem of Biological Individuality*, "Biological Theory" 2010, No. 5 (4), s. 312–325.
2. Clarke G. et al., *Minireview: Gut microbiota: the neglected endocrine organ*, "Molecular Endocrinology" 2014, No. 28 (8), s. 1221–1238.
3. Godfrey-Smith P., *Is it a Revolution?*, "Biology and Philosophy" 2007, No. 22, s. 429–437.
4. Kuhn T., *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago 1962.
5. Pepper J., Herron M., *Does Biology Need an Organism Concept?*, "Biological Reviews" 2008, No. 83 (4), s. 621–627.
6. Mazmanian L. et al., *An Immunomodulatory Molecule of Symbiotic Bacteria Directs Maturation of the Host Immune System*, "Cell" 2005, No. 122 (1), s. 107–118.
7. McFall-Ngai M. et al., *Animals in a Bacterial World, a New Imperative for the Life Sciences*, "Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America" 2013, No. 110 (9), s. 3229–3236.
8. Slack J., *Essential Developmental Biology* (2nd ed.), Oxford 2005.
9. Stencel A., Proszewska A., *How Research on Microbiomes Is Changing Biology: A Discussion on the Concept of the Organism*, Foundations of Science, Springer Netherlands 2017, [online] <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10699-017-9543-x.pdf>
10. Stencel A., Proszewska A., *W poszukiwaniu uniwersalnej koncepcji organizmu. Problem indywidualizacji*, „Filozofia Nauki” 2017, nr 4 (100), s. 115–128.
11. Sleator R., *The Human Superorganism – Of Microbes and Men*, "Medical Hypotheses" 2010, No. 74 (2), s. 214–215.
12. Queller D., Strassmann J., *Beyond Society: the Evolution of Organismality*, "Philosophical Transactions of the Royal Society B" 2009, B364, s. 3143–3155.
13. Wilkins A. S., *Are There Kuhnian Revolutions in Biology?*, "Bioessays" 1996, No. 18, s. 695–696.