

LESZEK KUŹNICKI

*Zakład Biologii Komórki
Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN
Pasteura 3, 02-093 Warszawa
E-mail: l.kuznicki@nencki.gov.pl*

NOWA FILOGENETYCZNA KLASYFIKACJA EUKARIOTA I JEJ KONSEKWENCJE

Klasyfikacja biologiczna, aby spełniać swe zadania, powinna odzwierciedlać przebieg filogenezy i stosunki pokrewieństw – taki był postulat Charlesa Darwina wyrażony w jego teorii ewolucji (DARWIN 1859). Takson Protozoa został ustanowiony przez SIEBOLDA w 1845 r., to jest 14 lat przed ukazaniem się *On the origin of species*. Pierwszym, który zaproponował makroklasyfikację filogenetyczną był HAECKEL (1874). Zwierzęta dzieliły się na dwie zasadnicze grupy: Protozoa (jednokomórkowce) i Metazoa (wielokomórkowce). Ernest Haeckel miał wątpliwości co do monofiletyzmu jednokomórkowców, ale mimo to połączył Protozoa i Metazoa w jedno królestwo Animalia.

Od lat 60. XX w. zaczął się rozwijać kierunek badań nazwany filogenezą molekularną. Dzięki uniwersalności kodu genetycznego badania sekwencji mikrocząstek, kwasów nukleinowych i białek okazały się najlepszym źródłem informacji o pokrewieństwie i prawdopodobnych drogach przebiegu ewolucji. Wykorzystanie molekularnych badań porównawczych, w szczególności mniejszych podjednostek rybosomów 18S rRNA, genów homeoboksowych *Hox* i genów mitochondrialnych przyniosło zaskakujące wyniki. Okazało się, że jedynie wiciowce kołnierzykowe (Choanoflagellata) wykazują związki filogenetyczne z Metazoa. Liczne i zróżnicowane grupy heterotroficznych pierwotniaków żadnych takich pokrewieństw nie mają. Podobna sytuacja dotyczy większości autotroficznych jednokomórkowych czy kolonijnych glonów.

Autotrofia połączona z jednokomórkowością nie daje żadnych podstaw do stwierdzenia pokrewieństw z roślinami (Plantae). Znako-mita większość glonów z Embryophyta nie ma związków filogenetycznych.

W historii życia na Ziemi, procesy ewolucyjne prowadzące od komórki do złożonego z milionów czy miliardów zróżnicowanych komórek organizmów były zjawiskiem wyjątkowym. W większości, procesy ewolucyjne polegały na rozwoju struktur w ramach organizacji komórkowej.

W nowej filogenetycznej klasyfikacji eukariotów ADL i współaut. (2005, 2012), zbudowanej z uwzględnieniem zasad kladystyki, w ogóle nie pojawia się nazwa Protozoa, jak również Protista (Tabela 1). Proponowane w tych publikacjach zmiany mają charakter zasadniczy. Gatunki dotychczas zaliczane do taksonu Protozoa znalazły się w pięciu filogenetycznie odrębnych super grupach (Amoebozoa, Archaeplastida, Excavata, Opisthokonta i Sar).

Od ćwierćwiecza przewidywaliśmy (KUŹNICKI i KAZUBSKI 1987) radykalne zmiany w taksonomii, w szczególności pierwotniaków, ale obecne propozycje swym zakresem przekroczyły jednak moją wyobraźnię. Przynoszą one daleko idące konsekwencje o różnym charakterze.

Od roku 1952 do 1991 samodzielnie i ze współpracownikami prowadziłem badania eksperymentalne na orzęskach, euglenach, amebach i śluzowcach. Wyniki zamieszczałem w międzynarodowych czasopismach:

Tabela 1. Klasyfikacja Eukaryota na najwyższym poziomie (wg ADL i współaut. 2012).

Amorphea	Amoebozoa	Dictyostelia
		Tubulinea
	Opisthokonta	Fungi
		Nuclearia
		Ichthyosporea
		Choanomonada
		Metazoa
		Opusomonadidae
		Ancyromonadida
		Breviatea
Excavata	Discoba	
	Malawimonas	
	Metamonada	
Diaphoretickes		Telonema
		Haptophyta
		Centrohelida
		Cryptophyta
		Kathablepharidae
		Rigidofilida
		Collodictyonidae
		Sar
	Alveolata	
	Cercozoa	
	Foraminifera	
	Polycystinea	
	Archaeplastida	Glaucophyta
		Rhodophyceae
		Chloroplastida
Incertae sedis Eukaryota*		

Incertae sedis Eukaryota*

*Lista 145 rodzajów lub grup eukariotów od Actinastrum do Urbanella

Acta Protozoologica i Journal of Protozoology. W okresie 1965–2001 uczestniczyłem w dziewięciu międzynarodowych kongresach protozoologicznych. Śledząc rozwój badań miałem coraz więcej wątpliwości wobec systematyki i filogenetyki pierwotniaków (KUŹNICKI i WALNE 1993; KUŹNICKI 2000a, b, 2003). Oceny krytyczne nie naruszały jednak mojego przekonania, że jednokomórkowe organizmy, które badałem, są filogenetycznie związane z organizmami wielokomórkowymi, a Protozoa i Metazoa, tak jak to sobie wyobrażał Haeckel, należą do królestwa Animalia.

W świetle publikacji ADL i współaut. (2005, 2012) orzęski, ameby i wiciowce to odrębne grupy w stosunku do siebie i do Metazoa (Tabela 1).

Gatunki *Paramecium* należą do kladu Alveolata, który został zaliczony do supergrupy Sar. *Eugleny* i *Astasie*, które badałem, nale-

żą do kladu Discoba, przypisanego do supergrupy Excavata. Rdzeń *zoa* został zachowany dla supergrupy Amoebozoa. W jej ramy wchodzi klad Tubulinea, obejmujący *Ameba proteus* i *Physarum policephalum*. Żaden z badanych przeze mnie pierwotniaków nie należy do supergrupy Opisthokonta, w której jednym z kladów są Metazoa. Te przykłady dobitnie obrazują skalę zmian, jakie wnosi filogenetyczna klasyfikacja eukariotów. Nie ma też wątpliwości, że znajdujemy się dopiero w fazie początkowej jej tworzenia. Na tym polu możemy się spodziewać jeszcze wielu rewelacji. O tym, że znajdujemy się na wczesnym etapie budowania nowej klasyfikacji świadczy struktura publikacji ADL i współaut. (2012). W jej zakończeniu znajduje się Tabela 3 z listą blisko 150 rodzajów lub grup eukariotów uznanych za *incerte sedis*, to jest o nieustalonej afiliacji. Graf obrazujący w tej publikacji filogenezę zawiera więcej nazw

grup niż Tabela 1, przedstawiająca klasyfikację najwyższej rangi eukariotów. W przyszłości nazwy super grup będą wymagały uzupełnienia i być może zmiany, na przykład „Sar”, która jest akronimem (Stramenopiles, Alveolates, Rhizaria).

Mimo tych ograniczeń propozycja ADL i współaut. (2005, 2012) została zaakceptowana przez Committee of Systematics and Evolution of the International Society of Protistologist, która jednocześnie zaznacza, że poszczególni badacze nie podzielają wszystkich propozycji przedstawionych w publikacjach ADL i współaut. (2005, 2012).

Propozycje uporządkowania terminologii autorów nowej filogenetycznej klasyfikacji wykroczyły poza systematykę. W pracy ADL i współaut. (2005) stwierdzono, że za preferowaną nazwę dla każdego undulipodium u wszystkich eukariotów przyjmują *cilium*, czyli rzęska. Ten termin został konsekwentnie używany w publikacji ADL i współaut. (2012). *Flagellum* (wić) może być używane, ale jest traktowane jako synonim *cilium*.

Kiedy nowa taksonomia zostanie zaakceptowana przez szerokie kręgi biologów, jej następstwa będą rozległe. Nieodwołalnie zniknie takson Protozoa oraz protozoologia, jako jedna z gałęzi nauk biologicznych.

Stracą też sens systemy klasyfikacyjne posługujące się kategorią królestw (Animalia, Plantae, Fungi, Protista). Bezprzedmiotowy stanie się termin Flagellates (Wiciowce), który od dawna w klasyfikacji biologicznej jest terminem pustym, podobnie, jak nie wiadomo komu przypisać nazwę dość popularną, np. wiciowce roślinne. Trudno jednak przewidzieć, kiedy to nastąpi.

W 2014 r. pod redakcją HAUSMANA i RADEK, ukazała się książka pt. *Cilia and Flagella, Ciliates and Flagellates. Ultrastructure and cell biology, function and systematics, symbiosis and biodiversity*. Jest to monografia, w której powstaniu wzięło udział 17 osób. MOESTRUP (2014) napisał w niej rozdział pt. „On Algal and other Protist, Flagella

and Cilia”. Ojvind Moestrup jest współautorem pracy ADL i współaut. (2005). Publikacji tej jednak nie cytuję, co więcej, używa wyłącznie dotychczasowej nomenklatury, a jeden z podrozdziałów ma tytuł „Phytoflagellates”. Taki stan rzeczy z pewnością będzie trwał latami.

Jestem przekonany, że utrwalone od połowy XIX w. terminy i pojęcia mogą zniknąć dopiero w następnym pokoleniu biologów od szkoły nauczonych taksonomii filogenetycznej.

Nie jest również łatwo przewidzieć stosunek polskich biologów do zrewidowanej klasyfikacji eukariotów. Dotychczas problematyka makroklasyfikacji wzbudzała nikłe zainteresowanie, mimo że od lat 80. staraliśmy się zainteresować nią nasze środowisko. W dniach 12–15 stycznia 1987 r. w Pałacu w Jabłonie k/Warszawy odbyła się Konferencja zorganizowana przez Komitet Biologii Ewolucyjnej i Teoretycznej PAN i Zakład Paleobiologii PAN. W jej toku ogłoszono 16 referatów połączonych z dyskusjami. Byłem współautorem (KUŹNICKI i KAZUBSKI 1987) jednego, który nosił tytuł „U źródeł współczesnej rewolucji w taksonomii Protista”. Referat został zakończony następującą konkluzją: „...Względy praktyczne i dydaktyczne przemawiałyby za pozostaniem, przynajmniej na pewien czas, przy podziale Eukaryota na 4 królestwa (Protista, Fungi, Plantae i Animalia). Proces gruntownej przebudowy taksonu Protista, jak i górnych pięter całej systematyki, dopiero się jednak rozpoczął i należy się spodziewać w najbliższych latach dalszych radykalnych propozycji. Obiektywną podstawą do takich poczynań jest coraz powszechniejsze przekonanie, że królestwo Protista, i prawdopodobnie żadne z czterech królestw Eukaryota, nie jest monofiletyczne”.

Ta prognoza okazała się wyjątkowo trafna. Jest wysoce prawdopodobne, że przyswajanie nowej filogenetycznej klasyfikacji będzie długotrwałym procesem.

NOWA FILOGENETYCZNA KLASYFIKACJA EUKARIOTA I JEJ KONSEKWENCJE

Streszczenie

Klasyfikacja eukariotów przedstawiona w pracach ADL i współaut. (2005, 2012) jest syntezą opartą na badaniach molekularnych, które do tego czasu zostały przeprowadzone. Załączona Tabela 1 podaje

relacje między super grupami i grupami. Nowa makroklasyfikacja radykalnie zmienia makrotaksonomię ale również drzewo filogenetyczne. Znika takson Protozoa i Protozoologia jako dziedzina biologii.

THE NEW PHYLOGENETIC CLASSIFICATION OF EUKARYOTES AND ITS CONSEQUENCES

Summary

The classification of eukaryotes by ADL *et al.* (2005, 2012) is a synthesis based on the information from molecular phylogenetic studies available at the time. The highest ranks of the classification are pre-

sented on the Table 1. The new macroclassification radically changes not only taxonomy but also phylogenetic trees. Protozoa and Protozoology disappear as a branch of the science now from the taxonomy.

LITERATURA

- ADL S. M., SIMPSON A. G., FARMER M. A., ANDERSEN R. A. i współaut., 2005. *The new higher level classification of eukaryotes*. J. Eukaryot. Microbiol. 52, 399–451.
- ADL S. M., SIMPSON A. G. B., LANE C. E. i współaut., 2012. *The revised classification of eukaryotes*. J. Eukaryot. Microbiol. 59, 429–514.
- DARWIN C., 1859. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. John Murray, London.
- HAECKEL E., 1874. *Die Gastrea-Theoria, die phylogenetische Classification des Tierreichs und die Homologie der Keimblätter*. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft 8, 1–55.
- HAUSMANN K., RADEK R. (Eds) 2014. *Cilia and Flagella. Ciliates and Flagellates. Ultrastructure and cell biology, function and systematics, symbiosis and biodiversity*. Schweizerbart Science Publishers.
- KUŹNICKI L., 2000a. *Ewolucja pierwotniaków – więcej pytań niż odpowiedzi*. Kosmos, 49, 507–512.
- KUŹNICKI L., 2000b. *Protozoologia i protozoologii z perspektywy rozwoju megasystematyki*. Kosmos 49, 513–521.
- KUŹNICKI L., 2003. *Protozoologia w Polsce 1861–2001*. Polska Akademia Nauk, Centrum Upowszechniania Nauki.
- KUŹNICKI L., KAZUBSKI S., 1987. *U źródeł współczesnej rewolucji w taksonomii Protista*. Kosmos 36, 571–592.
- KUŹNICKI L., WALNE P. L., 1993. *Protistan evolution and phylogeny: Current controversies*. Acta Protozool. 32, 135–140.
- MOESTRUP O., 2014. *On Algal and other Protist, Flagella and Cilia*. [W:] *Cilia and Flagella. Ciliates and Flagellates. Ultrastructure and cell biology, function and systematics, symbiosis and biodiversity*. HAUSMANN K., RADEK R. (red.). Schweizerbart Science Publishers, 189–200.
- SIEBOLD C. T. F., 1845. *Lehrbuch der Vergleichenden Anatomie*. Berlin.