

jakobianowa, tradycyjnie uznanych za istotne – jak sprawa liczb pierwszych Fermata (czy istnieje liczba pierwsza postaci $2^{2^n} + 1$ dla $n > 5$), czy wreszcie wręcz rozrywkowych – jak problem Collatza.

Ale problemami matematyki z nią samą ogół mógłby się nie przejmować, natomiast warto pamiętać, że w wielu miejscach walor całkowicie, bezwzględnie pewnej odpowiedzi – bo przy jej uzyskiwaniu posługiwano się matematyką – jest niezasłużony. Na przykład spokojnie latamy samolotami, choć matematycznego dowodu, że mogą latać, matematyka dać nie potrafi (równania Naviera-Stokesa, a nawet równanie Żukowskiego są poza dzisiejszym zasięgiem matematyki). Choć oczywiście cały szereg obliczeń przy ich konstrukcji wykonano.

Uświadomienie sobie tego rodzaju spraw powinno nas uspokoić. Choć twórcy AI ze zrozumiałych powodów są dumni ze swych osiągnięć i, jak wszyscy twórczo pracujący, uważają przedmiot swoich działań za ten najważniejszy na świecie, zasługujący na powszechny aplauz i godny nadzwyczajnej reklamy („królewska niebywałość”, jak u Hucka), pamiętać trzeba, że AI nie jest ani sprzeczna, ani tym bardziej przeciwna obecnemu stanowi rzeczy.

Nie należy więc poddawać się obowiązującej od 2,5 tysięcy lat poprawności metodologicznej uznającej

jedynie matematyczny (bądź matematycznie podobny) sposób eksploracji świata za bezpieczny dla nas i dla tego świata. AI może nam zrobić tyleż dobrego i tyleż złego, co wszystkie dotychczasowe wynalazki ludzkości.

★ ★ ★

Odrębną sprawą jest pytanie, co AI może zrobić dla matematyki. Naturalną odpowiedzią jest, że to, co matematyce robią matematycy. Co każe odpowiedzieć, co też oni jej robią.

Z moich obserwacji wynika, że kolejne pokolenia twórczych matematyków starają się zrozumieć to, co przekazali im poprzednicy. To zrozumienie pociąga za sobą właściwie zawsze zmianę języka. Język analizy w pracach Newtona czy Leibniza jest zupełnie inny niż w pracach Eulera i Lagrange’a, ten zupełnie inny od języka Weierstrassa, a dziś w zupełnie innym języku wykładamy tę analizę studentom. Podobnie algebra X-wiecznych Arabów pisana jest zupełnie inaczej niż XVI-wiecznych Włochów, ta znów jest inna od prac Abela i Galoisa, a język dzisiejszych wykładów też tamtych języków nie przypomina, mówiąc więcej i dokładniej.

Być może AI będzie umiała tworzyć nowe języki opisujące matematyczną rzeczywistość, które będą zrozumiałe i dla nas – czemu nie marzyć?



Baranek na energię słoneczną

Ze wszystkich dziwów, które czasem opisuję Szanownym Czytelnikom, człowiek to dziw nad dziwy. Weźmy chociażby nasze masowe zdziecinienie objawiające się kolekcjonowaniem słodziaków. Trwa nieustający wyścig na Najśłodsze, rosną góry zabawek i gadżetów związanych z coraz nowszymi laureatami: kotki, pieski, alpaki, wombaty, kapibary, niesporczaki. Ostatnio, przeglądając naukowe wiadomości, natknęłam się na doskonałego kandydata. Oto *Costasiella kuroshimae*, lepiej znana jako „sheep leaf” lub „Shaun the sheep”, „baranek Shaun”. Nie jest to postać z bajki *Aardman Animatoions*, nie jest to nawet owca ani też liść. To morski ślimak.

Niewielkie rozmiary morskiej owieczki (5–8 mm) sprawiły, że jej istnienie ogłoszono dopiero w 1993 roku. Japońska badaczka dna morskiego znalazła na dużych glonach maleńkie, pasące się stadami zwierzęta, trochę przypominające bohatera bajki dla dzieci. Wszystkie słowa, które napiszę poniżej, są z punktu widzenia biologa nieprawidłowe. Rzecz bowiem dotyczy mięczaka, a nie roślinożernego ssaka kopytnego. I w rzeczy samej, oprócz skojarzeń wizualnych zwierzęta te nie mają ze sobą nic wspólnego. No, może tyle, że faktycznie pasą się na zielonych pastwiskach.

Na rozszerzającym się ku dołowi białym „pysku” *Costasiella* znajduje się para czarnych „oczu”, skupisk komórek światłoczułych. Tam, gdzie u owcy wyrastają uszy, u ślimaka widać dwa długie wyrostki, które służą za narząd węchu i smaku. „Tułów”, czyli reszta ciała, to struktury przypominające liście aloesu, intensywnie zielone, ułożone w barylkaty kształt.

Ślimak, „pasąc się”, nie gryzie roślin, ale poruszając się po powierzchni liścia, używa narządu przypominającego tarkę, którym rozrywa komórki, a wypływającą z nich zawartość wciąga do otworu gębowego. Wszystko powyżej, oprócz niezwyklej urody mięczaka, zapewne niespecjalnie dziwi. Dalej jednak zaczynają się dziać rzeczy nieoczywiste.





Costasiella kuroshimae, mierząca około 3 mm, w Parku Narodowym Wakatobi (autor: Christian Gloor, 2016, Wikipedia)

W wysranej zawartości komórek znajdują się chloroplasty, które w każdym przyżwoitym zwierzęciu są degradowane i trawione. U *Costasielli* chloroplasty zostają zamiast tego wchłonięte do wnętrza przez komórki nabłonka jelita. Stamtąd wydostają się na drugą stronę i przekazywane są do komórek znajdujących się pod powierzchnią ciała ślimaka. Tam trwają przez kilka – kilkanaście dni, prowadząc fotosyntezę. Ślimak na baterię słoneczną?

Costasiella należy do grupy morskich ślimaków *Sacoglossa* występujących powszechnie w płytkich wodach oceanów. Część z nich ma wyżej opisaną umiejętność kleptoplastii, czyli okradania organizmu, którym się żywią, z chloroplastów.

Nie jest jasne, jaki dokładnie jest mechanizm tego zjawiska, pewne jest, że komórki ślimaków rozpoznają chloroplasty rośliny jako coś, czego nie należy trawić. Chloroplast wchłaniany jest do komórki na drodze fagocytozy, czyli wkleśnięcia błony komórkowej do wnętrza. Utworzony pęcherzyk powinien połączyć się z lizosomem, komórkową bańką wypełnioną enzymami trawiącymi związki organiczne, jednak u gatunków wykorzystujących żywe chloroplasty tak się nie dzieje. Trwają one w pęcherzykach nazwanych przez badaczy kleptosomami i przez jakiś czas pełnią swoją podstawową funkcję: ślimak korzysta z produktów fotosyntezy w skradzionych organellach.

Rekordzistką w tej sztuce jest *Elysia chlorotica*, u której działające chloroplasty mogą utrzymywać się blisko rok. Jak to możliwe, nie jest do końca opisane. W komórkach roślinnych około 90% białek potrzebnych do utrzymania przy życiu chloroplastów kodowanych jest przez jądro komórkowe. Ponadto, choć chloroplasty produkują substancje niezbędne do życia, stanowią także śmiertelne zagrożenie dla komórki: są źródłem uszkadzających związków organicznych, m.in. DNA i białka, superaktywnych wolnych rodników. Rośliny wykształciły mechanizmy obrony przed nadmiarem wolnych rodników, komórki ślimaków ich nie mają.

Uważa się, że powstanie komórek roślinnych poprzedziła symbioza. Według obowiązującej dziś teorii chloroplasty to pozostałości po cyjanobakteriach, które nie zostały strawione po wchłonięciu do wnętrza prakomórek roślinnych. Z czasem taka symbioza dwojga partnerów, gdzie jedno zapewniało bezpieczne środowisko życia, a drugie produkty fotosyntezy, przerodziła się w konieczność, bo część genów organizmu fotosyntetyzującego przedostała się do jądra komórkowego gospodarza, a sama komórka uproszczyła się do organellum komórkowego. Obecnie z około 3000 białek niezbędnych do działania chloroplastów 95% kodowanych jest w jądrze komórki, a tylko kilka procent zawiera DNA znajdujący się w chloroplastach. Naukowcy długo uważali, że także w przypadku ślimaków prowadzących kleptoplastię nastąpiło przeniesienie genów rośliny do jądra zwierzęcia, i choć długo szukali, jak dotąd nie znaleźli potwierdzenia tej hipotezy.

Na szkodliwe efekty nadmiaru światła (zbyt intensywnie zachodzącej fotosyntezy) ślimaki mają swoje sposoby. Korzystają z faktu, że mogą się poruszać i uciekają ze zbyt jasnych miejsc. Jeden z gatunków po bokach ciała ma jasne fałdy, które może w razie nadmiaru światła zawinąć na grzbiet, chroniąc zielone komórki. W innym z przypadków chloroplasty, kiedy jest zbyt jasno, przemieszczają się i tworzą agregaty, których wewnętrznie położone organella są zaciemnione.

Pozbawione pokarmu ślimaki tracą na wadze, ale są w stanie w obecności światła utrzymać się przy życiu przez dłuższy czas. Dłuższy niż te, które głodują w ciemności. Ślimaki zatem wykorzystują produkty fotosyntezy do życia, a chloroplasty w ich tkankach

nie są, jedynie jak najpierw zakładano, sposobem na doskonały kamuflaż. Ślimaki mogą zatem częściowo być niezależne od zasobów środowiska.

Obecności działających chloroplastów zawdzięczają jeszcze jedną niezwykłą możliwość ślimaki z gatunku *Elysia marginata*. Chodzi tu o tzw. autotomię, czyli umiejętność odrzucania części ciała, tak jak to robią np. ośmiornica czy jaszczurka, odrzucając w chwili zagrożenia, odpowiednio, ramię i ogon. *E. marginata* jest w tej dziedzinie mistrzynią, przeprowadza bowiem dekapitację autotomiczną, czyli odrzuca... całe ciało, stając się jedynie nieco przedłużoną głową. W odrzuconym ciele pozostają ważne narządy, m.in. serce i układ pokarmowy. Po jakimś czasie głowa wydłuża się stopniowo i, krok po kroku, w ciągu blisko trzech tygodni odrasta całe ciało. Aby to było możliwe, potrzebne jest źródło energii, a jest nim fotosynteza prowadzona przez skradzione chloroplasty.

Z badań wynika, że ślimak nie odrzuca ciała w sytuacji zagrożenia, co niespecjalnie dziwi, bo uwolniona głowa porusza się w tempie ślimaczym. Zapewne dzieje się to z powodu trapiących zwierzęta pasożytów, zwierzę odrzuca zakażone ciało, uwalniając się od choroby. I tu rozmarzyłam się, jak mi się często zdarza, kiedy podziwiam dzieła natury. Już od dawna dokuczają mi tu i tam niektóre części ciała. Gdyby tak wziąć L4, najeść się sałaty i poczekać, aż odrosnę całkiem nowa? Zostawiając, podobnie jak ślimak, głowę, bo do niej jestem jakoś bardziej przywiązana.

Marta FIKUS-KRYŃSKA