

PETER
GODFREY-SMITH

INNE UMYSŁY

OŚMIORNICE
I PRAPOCZĄTKI
ŚWIADOMOŚCI

TŁUMACZENIE
MIKOŁAJ ADAMIEC-SIEMIĄTKOWSKI



Copernicus
Center
PRESS

Historia zwierząt

Początki

Ziemia ma około 4,5 miliarda lat, a samo życie zaczęło się prawdopodobnie około 3,8 miliarda lat temu¹. Zwierzęta powstały dużo później – może miliard lat temu, ale najpewniej trochę po tym czasie. Zatem przez większość historii Ziemi istniało życie, ale nie było zwierząt. Przez bardzo długi czas świat należał do jednokomórkowych organizmów żyjących w morzu. Duża część życia także dziś istnieje w tej właśnie formie.

Kiedy myślimy o czasach przed zwierzętami, wyobrażamy sobie najpierw jednokomórkowe organizmy jako pojedyncze stworzenia: niezliczone maleńkie wysepki, które nie robią nic, tylko dryfują, przyjmują pokarm (jakoś) i dzielą się na pół. Lecz życie jednokomórkowe jest, a prawdopodobnie również wtedy było znacznie bardziej skomplikowane; wiele z tych organizmów żyje z innymi w łączności – czasem tylko w stanie rozejmu i koegzystencji, czasem prawdziwej współpracy. Niektóre z tych wczesnych aktów współpracy były tak ścisłe, że właściwie odbiegały od jednokomórkowego modelu życia, ale pod względem organizacji nie mogły być porównane z naszymi, zwierzęcymi ciałami².

Wyobrażając sobie ten świat, możemy także pomyśleć, że skoro nie było zwierząt, nie było też zachowań ani odczuwania świata zewnętrznego. To znów nieprawda. Jednokomórkowe or-

ganizmy potrafią odczuwać i reagować³. Wiele z tego, co robią, może być uznane za *zachowanie* tylko w bardzo szerokim znaczeniu; a jednak kontrolują one swój ruch i wytwarzają odpowiednie związki chemiczne w zależności od tego, jakie wydarzenia i procesy wyczują w swoim otoczeniu. Żeby jakkolwiek organizm mógł to robić, jedna z jego części musi być *receptywna* – zdolna do wachania albo słyszenia, a inna część *aktywna* – zdolna do spowodowania czegoś pożytecznego. Musi też istnieć jakieś połączenie, jakiś most między tymi dwiema częściami.

Jeden z najlepiej poznanych systemów tego rodzaju można znaleźć u bakterii *Escherichia coli*, pałeczki okrężnicy, żyjącej w ogromnych ilościach w nas i wokół nas. *Escherichia coli* ma zmysł smaku, czy też węchu – może wykryć chciane i niechciane związki chemiczne wokół siebie, a także zareagować przez przybliżanie się do zagęszczenia niektórych związków i oddalanie od innych. Na zewnątrz pałeczka okrężnicy ma zestaw czujników w formie grup molekuł okalających wierzchnią błonę komórki. To „wejście” systemu, przez które wprowadzane są dane. Na część „wyjściową” składają się *flagella*, długie wici, dzięki którym komórka pływa. Bakteria *Escherichia coli* porusza się głównie na dwa sposoby: *ruchem ślizgowym* lub *wirowym*. W ruchu ślizgowym przemieszcza się w linii prostej, a w wirowym, jak można się spodziewać, losowo zmienia kierunki. Komórka stosuje te tryby na zmianę, ale kiedy wykryje skupisko pożywienia, wiruje słabiej.

Bakteria jest tak mała, że polegając tylko na samych narządach czuciowych nie jest zdolna wykryć kierunku, w którym znajdują się dobre czy złe związki chemiczne. Żeby rozwiązać ten problem i poradzić sobie z przestrzenią, bakteria używa czasu. Nie jest zainteresowana tym, ile substancji wykrywa w danym momencie; zamiast tego sprawdza, czy ich stężenie rośnie, czy maleje. W końcu

gdyby płynęła w linii prostej tylko dlatego, że stężenie pożądanego związku jest wysokie, to w zależności od kierunku, w którym jest zwrócona, mogłaby się oddalać od chemicznej nirwany, zamiast do niej przybliżać. Bakteria znalazła błyskotliwe rozwiązanie tego problemu: postrzegając świat, za pomocą jednego mechanizmu rejestruje aktualne warunki, natomiast za pomocą innego zapisuje, jakie warunki panowały chwilę wcześniej. Dopóki związki chemiczne rejestrowane obecnie są *korzystniejsze* od tych sprzed chwili, bakteria będzie płynąć prosto; jeśli nie, lepiej jest zmienić kierunek.

Bakterie to tylko jeden spośród kilku rodzajów organizmów jednokomórkowych i pod wieloma względami są mniej skomplikowane niż komórki, które z czasem połączyły się i rozwinęły w zwierzęta. Komórki te – *eukarionty*, czyli jądrowce – są większe i mają złożoną budowę wewnętrzną⁴. Wyłoniły się prawdopodobnie około 1,5 miliarda lat temu jako efekt procesu połykania jednego maleńkiego organizmu, podobnego bakterii, przez inny. Jednokomórkowe eukarionty mają w wielu przypadkach bardziej zaawansowane zdolności jeśli chodzi o smak oraz pływanie, bliżej im też do wyjątkowo ważnego zmysłu – wzroku.

Dla istot żywych światło spełnia dwie funkcje⁵. Dla wielu jest to niezmiernie ważny surowiec, źródło energii. Może też jednak być źródłem informacji, wskazującym na inne obiekty. Ta druga korzyść, tak dobrze nam znana, dla maleńkich organizmów jest niezwykle trudna do osiągnięcia. Jednokomórkowcom większą korzyść przynosi energia niż informacja; podobnie jak rośliny, zażywają kąpieli słonecznej w celu jej pobrania. Niektóre bakterie jednak potrafią wyczuwać światło i reagować na jego obecność. Są tak małe, że trudno im określić kierunek, z którego ono pada, a tym bardziej skupić je w jakiś obraz; ale niektóre z jednokomórkowych

jądrowców, a być może także kilka wyjątkowych bakterii, przejawiają zaczątki *widzenia*. Mają „plamki oczne”, czule na światło i połączone z czymś, co przyciemnia albo skupia padające promienie, które dzięki temu przekazują więcej informacji. Niektóre eukarionty szukają światła, niektóre go unikają, niektóre robią jedno i drugie: podążają za światłem, kiedy potrzebują energii, a unikają go, jeśli ich zapasy energetyczne są pełne. Inne poszukują światła, kiedy nie jest zbyt mocne, uciekają zaś od niego, kiedy jego intensywność staje się niebezpieczna. W tych wszystkich przypadkach potrzebny jest system kontrolny, który łączy plamkę oczną z mechanizmem odpowiedzialnym za pływanie komórki.

Odczuwanie takiego małego organizmu jest nakierowane głównie na znalezienie jedzenia i uniknięcie toksyn. Jednak już najwcześniejsze badania pałeczki okrężnicy pokazały, że dzieje się tu coś więcej: bakterie te były także przyciągane przez substancje chemiczne, których nie mogły zjeść⁶. Badający je biolodzy są coraz bardziej skłonni przypuszczać, że ich zmysły są nastrojone na wyczuwanie obecności i aktywności innych komórek wokół nich, a nie tylko fal jadalnych i niejadalnych związków chemicznych. Zewnętrzne receptory komórki bakterii są czule na wiele bodźców, a wśród nich na związki wydzielane z różnych powodów przez same bakterie – czasem po prostu jako pozostałość procesów metabolicznych. Nie wygląda to na wiele, ale otwiera ważne drzwi: jeśli te same substancje są wyczuwane i produkowane, pojawia się możliwość koordynacji między komórkami. Dotarliśmy do narodzin zachowań społecznych.

Przykładem niech będzie *quorum sensing* – „zmysł kworum”⁷. Jeśli dane bakterie jednocześnie produkują oraz wyczuwają konkretny związek chemiczny, mogą go użyć do oszacowania, jak wiele osobników tego gatunku znajduje się w pobliżu. W ten sposób potrafią określić, czy wokół jest wystarczająco dużo bakterii,

żeby było warto produkować substancję, która spełni swoje zadanie tylko wtedy, kiedy będzie wytwarzana przez wiele komórek jednocześnie.

Wcześniej odkryty przypadek zmysłu kworum związany jest z morzem i głowonogami (co bardzo pasuje do niniejszej książki). Bakterie żyjące w hawajskiej mątwie z gatunku *Euprymna scolopes* wytwarzają światło za pomocą reakcji chemicznej, ale tylko jeśli jest ich w pobliżu odpowiednio dużo. Kontrolują one natężenie, z jakim świecą, przez wykrywanie miejscowego stężenia cząsteczek „wyzwalaczy”, wypuszczanych przez bakterie, by dać każdemu osobnikowi pojęcie, jak wielu potencjalnych wytwórców światła znajduje się w pobliżu. Na dodatek bakterie przestrzegają zasady mówiącej, że im więcej takiej substancji *czują*, tym więcej jej *produkują*.

Jeśli emitowane jest wystarczająco dużo światła, goszcząca bakterie mątwka uzyskuje korzyść w postaci kamuflażu (zwykle poluje w nocy, kiedy świecący Księżyc rzucałby cień na dno i zdradzał jej obecność drapieżnikom, a wewnętrzny blask eliminuje cienie); bakterie zaś korzystają ze schronienia zapewnionego w jej przytulnym wnętrzu.

Warto mieć w pamięci to wodne środowisko, kiedy myśli się o wczesnych etapach historii życia, nawet jeśli w opowieści o ewolucji minie jeszcze mnóstwo czasu, zanim pojawią się jakiegokolwiek mątwy⁸. Chemia życia jest oparta na wodzie. Możemy sobie poradzić na lądzie tylko dzięki temu, że nosimy ze sobą ogromne ilości słonej wody. Wiele z tych wczesnych ewolucyjnych ruchów, które pozwoliły na powstanie czucia, zachowania czy koordynacji, było możliwych dzięki swobodnemu ruchowi związków chemicznych w morzu.

Jak na razie wszystkie komórki, które poznaliśmy, są czułe na warunki zewnętrzne. Niektóre z nich mają dodatkowo zdol-

ność wyczuwania *innych organizmów*, także tego samego gatunku. W tej grupie są też takie komórki, które wykrywają związki chemiczne wytworzone przez inne organizmy *właśnie po to*, żeby zostały wykryte (w odróżnieniu od zwykłych produktów ubocznych). Ta ostatnia kategoria – substancji wytwarzanych, by były zauważone i wywołały reakcję innych – pozwala osiągnąć próg komunikacji i przekazywania wiadomości.

Zbliżamy się jednak do dwóch progów, nie tylko jednego⁹. Widzieliśmy, jak w świecie jednokomórkowego wodnego życia pojedyncze osobniki potrafią wyczuwać otoczenie i komunikować się z innymi. Zobaczymy jednak teraz przemianę z życia jednokomórkowego w wielokomórkowe. W toku tej przemiany procesy sygnalizacji i komunikacji łączące jeden organizm z innym stają się podstawą nowych interakcji, zachodzących *wewnątrz* powstających właśnie form życia. Czuć i porozumiewanie się między organizmami daje początek czuciu i porozumiewaniu się *wewnątrz* organizmu¹⁰. Środki, których komórka używała do postrzegania środowiska, stają się środkami do wyczuwania, co robią inne komórki tego samego organizmu i co chciałyby powiedzieć. „Środowisko” komórki zbudowane jest głównie z innych komórek, a zdolność przeżycia tego nowego, większego organizmu będzie zależała przede wszystkim od koordynacji między jego częściami.

Wspólne życie

Zwierzęta są organizmami wielokomórkowymi – jesteśmy zbudowani z dużej liczby komórek, które działają w porozumieniu ze sobą¹¹. Ewolucja zwierząt zaczęła się, kiedy niektóre komórki od-

rzuciły swoją jednostkowość i zostały częściami dużego wspólnego przedsięwzięcia. Przemiana w organizm wielokomórkowy następowała wielokrotnie. Raz doprowadziło to do powstania zwierząt, kiedy indziej roślin; kilka razy powstały grzyby, różne wodorosty i mniej charakterystyczne organizmy. Najprawdopodobniej historia zwierząt nie zaczęła się od spotkania samotnych komórek, które zaczęły dryfować razem; raczej pochodzą one od komórki, której potomkowie nie rozdzielili się właściwie podczas podziału komórkowego. Kiedy jednokomórkowy organizm dzieli się na dwa, zazwyczaj każda komórka potomna idzie w swoją stronę, ale nie zawsze tak się dzieje. Wyobraź sobie kłębek komórek, który powstaje podczas podziału komórki macierzystej, a potomne zostają razem – potem zaś powtarza się to kilka razy. Takie zlepki prawdopodobnie dryfowały w morzu i zjadały bakterie.

Kolejne etapy historii są niejasne; wchodzi w grę kilka konkurencyjnych scenariuszy, opierających się na różnych dowodach¹². Jeden z nich, chyba najpopularniejszy, zakłada, że niektóre kłębki komórkowe porzuciły życie w zawieszeniu w wodzie i osiadły na morskim dnie. Tam zaczęły się odżywiać przez filtrowanie wody za pomocą kanałów w ciałach; skutkiem tej zmiany było powstanie gąbki.

Gąbka? Wydaje się, że ciężko wybrać mniej przekonującego przodka – przecież gąbki nawet się nie ruszają. Wygląda to na ślepy zaułek. Jednak tylko dorosłe gąbki są nieruchome – inaczej niż dzieci, czy też larwy, które zazwyczaj pływają, szukając miejsca, aby osiąść i osiągnąć formę dorosłą. Być może niektóre z tych larw zdecydowały, że zamiast osiąść, *wolą* pływać dalej – zachowały zdolność ruchu, dojrzały płciowo zawieszone w wodzie i zaczęły nowe życie. Zostawiły swoich przyczepionych do dna krewnych i stały się matkami wszystkich innych zwierząt.

Opisany właśnie scenariusz opiera się na założeniu, że gąbki spokrewnione są z nami najdalej ze wszystkich żyjących zwierząt. „*Najdalsi krewni*” nie znaczy „*najstarsi*” – współczesne gąbki są owocem tak samo długiej ewolucji jak my; ale z różnych względów uważa się, że jeśli gąbki rzeczywiście oddzieliły się bardzo wcześniej, mogą nam dostarczyć wskazówki, jakie były najdawniejsze zwierzęta. Nowsze badania sugerują jednak, że mogą istnieć zwierzęta spokrewnione z nami jeszcze dalej niż gąbki – chodzi o *żebroplawy*.

Żebroplawy (*Ctenophora*) wyglądają jak bardzo misterne meduzy. Mają formę niemal przezroczystej kuli, po której spływają kolorowe, podobne do włosów wici. Często były uważane za kuzynów meduz, ale widoczne podobieństwa mogą być mylące – możliwe, że żebroplawy oddzieliły się od linii prowadzącej do innych zwierząt jeszcze wcześniej niż gąbki. Nawet jeśli tak jest, nie znaczy to, że nasz przodek wyglądał jak współczesny żebroplaw. Taki scenariusz sugeruje jednak inny przebieg wczesnych etapów ewolucji. Znów zaczynamy od kłębka komórek, ale tym razem wyobraźmy sobie, że nasz kłębek zwija się w błoniastą kulę i faluje rytmicznie, zawieszony w morzu. Tu zaczyna się ewolucja zwierząt: od dryfującej, podobnej do ducha matki, a nie od wijącej się gąbkowej larwy, która nie chciała się ustatkować.

Kiedy tworzą się organizmy wielokomórkowe, komórki, które kiedyś były samodzielnymi organizmami, zaczynają pracować jako części większej całości. Jeśli nowy organizm ma stać się czymś więcej niż tylko zlepkiem komórek, potrzebuje koordynacji. Opisałem wcześniej formy postrzegania i działania, które można zaobserwować u jednokomórkowców. U wielokomórkowców układy kierujące odczuwaniem i zachowaniem osiągają większy stopień złożoności; co więcej, samo *istnienie* tych nowych bytów – ciał

zwierzęcych – zależy od ich możliwości czucia i działania. Odczuwanie i komunikacja między organizmami dają początek odczuwaniu i komunikacji wewnątrz nich. Zdolności w zakresie „zachowań” komórek, które kiedyś żyły jako całe organizmy, są podstawą koordynacji wewnątrz nowego wielokomórkowego organizmu.

Zwierzęta nadają tej koordynacji kilka funkcji. Jedną z nich można znaleźć także u innych wielokomórkowców, na przykład roślin: komunikacja między komórkami używana jest do *budowy* organizmu, by w ogóle mógł zaistnieć. Inna funkcja widoczna jest w krótszej skali czasowej i jest szczególnie charakterystyczna dla życia zwierzęcego. U niemal wszystkich zwierząt interakcje chemiczne między pewnymi komórkami stały się podstawą zaistnienia mniejszego albo większego *układu nerwowego*. Natomiast u niektórych z nich odpowiednie zagęszczenie takich komórek może roziskrzyć się w chemoelektryczną burzę przetworzonych sygnałów i stać się mózgiem.