



UKRYTE ŻYCIE LASU

Rok
podglądania
natury

David
Haskell

Feeria
science

David Haskell

Ukryte życie lasu

PRZEDMOWA

Dwaj tybetańscy mnisi z mosiężnymi lejkami w rękach pochylają się nad stołem. Z lejków wysypuje się kolorowy piasek. Cienkie strużki tworzą kolejne linie rozrastającej się mandali. Mnisi, zaczynając od samego środka koncentrycznego wzoru, pokrywają piaskiem naszkicowane kredą linie, które wyznaczają podstawowe kształty, a potem dodają tysiące szczegółów z pamięci.

W samym środku znajduje się kwiat lotosu, symbolizujący Buddę. Otacza go wyobrażenie bogato zdobionego pałacu. Cztery bramy otwierają się na koncentryczne kręgi symboli i kolorów, które przedstawiają kolejne kroki w drodze do oświecenia. Ukończenie mandali zajmie kilka dni, po czym zostanie ona zamieciona, a piasek wrzucony do wody. Mandala ma swoje znaczenia na wielu poziomach, takich jak koncentracja potrzebna do jej stworzenia, równowaga między jej złożonością a spójnością, symbole zawarte w rysunku, a także jej nietrwałość. Żadna z tych cech nie stanowi jednak ostatecznego celu, w jakim powstaje. Mandala jest odtworzeniem ścieżki życia, kosmosu i oświecenia Buddy. W tym niewielkim piaskowym kręgu widać cały Wszechświat.

Nieopodal, za odgradzającą barierką, tłoczy się grupka studentów, którzy wyciągają szyje niczym czaple, oglądając powstawanie mandali. Zachowują się niezwykle cicho jak na amerykańską młodzież; być może pochłonęła ich tocząca się tu praca lub wyciszyła odmiennność życia mnichów. Oglądają powstawanie mandali na samym początku zajęć z ekologii. Dalszy ciąg odbędzie się w pobliskim lesie, gdzie stworzą własną mandalę, rzucając obręcze na ziemię. Przez resztę popołudnia będą obserwować zakreślony przez siebie na ziemi krąg, śledząc wydarzenia w leśnej społeczności. Sanskryckie słowo *mandala* można przetłumaczyć między innymi jako „społeczność”; mnisi i studenci zajmują się więc tym samym: kontemplowaniem „mandali” i doskonaleniem swojego umysłu. Analogia wykracza nawet poza zgodność lingwistyczną i symboliczną. Uważam, że wszystkie wątki ekologii lasu można zaobserwować na obszarze nie większym od powierzchni zajmowanej przez mandalę. A w rzeczywistości, jeśli będziemy kontemplować niewielki obszar, prawda o lesie może okazać się dla nas wyraźniejsza i przejrzystsza niż po przemierzeniu w siedmiomilowych butach całego kontynentu.

Poszukiwanie znaczeń uniwersalnych w czymś niezwykle małym to nieodłączny motyw większości kultur. Przewodnią metaforą dla nas będzie tybetańska mandala, ale motyw ten znajdujemy również w wytworach kultury zachodniej. Wiersz Williama Blake’a *Wyrocznie niewinności* zawęza pole widzenia jeszcze bardziej niż mandala, przywołując okruch ziemi lub pojedynczy kwiat: „Zobaczyć świat w ziarenku piasku, Niebiosa w jednym kwiecie z lasu” (tłum. Zygmunt Kubiak). Blake opiera się na tradycji zachodniego mistycyzmu, który najbardziej wyraziście przejawiał się w nurcie chrześcijańskiej kontemplacji. Święty Jan od Krzyża, święty Franciszek z Asyżu czy Juliana z Norwich postrzegali loch, jaskinię lub orzeszek jako soczewkę, w której skupia się doświadczenie rzeczywistości.

Niniejsza książka jest odpowiedzią biologa na wyzwanie rzucone przez tybetańską mandalę, twórczość Blake’a i orzeszek Juliany z Norwich. Czy można dostrzec cały las w kontemplacyjnym okienku z liści, kamieni i wody? Próbując odpowiedzieć na to pytanie, czy może raczej zacząć na nie odpowiadać, utworzyłem mandalę w środku starego lasu naturalnego porastającego wzgórze Tennessee. Ta moja leśna mandala ma nieco ponad metr średnicy, tyle

samo co mandala mnichów. Lokalizację wybrałem przypadkowo, gdy podczas spaceru po lesie usiadłem na pierwszym nadającym się do tego głazie. Mandalą stał się skrawek ziemi tuż przy nim. Nie znałem wcześniej tego miejsca, a jego potencjał krył się na razie pod surową zimową szatą.

Mandala znajduje się na zalesionym stoku w południowo-wschodniej części stanu Tennessee. Sto metrów wyżej wysokie piaskowcowe urwisko wyznacza krawędź równiny Cumberland. Pod urwiskiem wznoszą się poziome ławki półek skalnych, pooddzielanych ostrymi spadkami terenu. Różnica wysokości między urwiskiem a rozciągającą się u jego stóp doliną wynosi około trzystu metrów. Mandala jest usytuowana między głazami najwyższej półki. Stok porasta mieszany las liściasty: dęby, klony, lipy, orzeszniki, tulipanowce i kilkanaście innych gatunków. Ziemię pokrywa rumor skalny utworzony z głazów odpadających z erodującego urwiska; chodzenie po nich grozi skręceniem kostki. Na sporym obszarze nie ma ani kawałka równej ziemi, tylko falująca, pełna szczelin skała, pokryta opadłymi liśćmi.

Ten stromy, nieprzyjazny teren uchronił las. Pokrywająca dolinę żyzna gleba u stóp góry zawiera mniej kamiennych przeszkód i została wykarczowana dla celów wypasu i uprawy, najpierw przez rdzennych Amerykanów, potem przez osadników ze Starego Świata. Na przełomie XIX i XX wieku nieliczni śmiałkowie próbowali swych sił na stoku, ale praca okazała się tu trudna i mało produktywna. Dodatkowy dochód dawały tym ubogim farmerom destylarnie bimbrowe. Nazwa okolicy – Shakerag Hollow, czyli Zagłębienie Trzepoczących Szmata – wywodzi się właśnie od tego procederu; mieszkańcy miasteczek zamawiali towar bimbrowników, wywieszając pieniądze zawinięte w szmaty. W ciągu kilku godzin w miejsce pieniędzy pojawiał się dzban trunku. Obecnie las odzyskał te niewielkie polany, dawniej zajęte przez farmerów i destylarnie, chociaż nadal tu i ówdzie widać pozostałości osadnictwa w postaci stert kamieni, zardzewiałych koryt czy grządek żonkili. Reszta lasu została prawie w całości wycięta na drewno i opał, szczególnie na początku XX wieku. Ostały się tylko nieliczne zwarte splachetki starej puszczy, które uratowała niedostępność terenu, szczęśliwy traf lub kaprys właścicieli gruntu. Właśnie na jednym z takich obszarów znajduje się moja mandala. Zajmuje on jakieś pięć hektarów i jest otoczony tysiącami hektarów lasu, który – choć odrósł po wcześniejszym wyrębie – jest już w stanie podtrzymywać bogatą różnorodność biologiczną, charakteryzującą górskie lasy Tennessee.

Stare lasy naturalne charakteryzują się pewnym nieporządkiem. O rzut kamieniem od mojej mandali widzę kilka wielkich powalonych drzew w różnych stadiach rozkładu. Butwiejące drewno stanowi pożywienie dla tysięcy gatunków zwierząt, grzybów i mikroorganizmów. Powalone drzewa pozostawiają po sobie puste miejsca w warstwie koron, co sprzyja powstawaniu drugiej charakterystycznej cechy takich lasów – stanowią one mianowicie mozaikę drzew w różnym wieku, a grupy młodego drzewostanu rosną obok grubopniastych staruszków. Na zachód od mandali rośnie orzesznik nagi; szerokość jego pnia tuż nad ziemią sięga metra, a obok tłoczy się grupka młodych klonów, wyrosłych w miejscu innego ogromnego powalonego orzesznika. Głaz, na którym siedzę, sąsiaduje z klonem cukrowym w średnim wieku, o pniu szerokości mojej klatki piersiowej. W tym lesie rosną drzewa w każdym wieku, co stanowi znak historycznej ciągłości tutejszej społeczności roślin.

Siedzę obok mandali na płaskim kawałku piaskowca. Zasady postępowania, których będę przestrzegać, są proste: często przychodzić, by obserwować cykl roczny; siedzieć cicho, minimalizując ingerencję; niczego nie zabijać ani nie zabierać, a także nie rozkopywać mandali ani na nią nie wchodzić. Wystarczy raz na jakiś czas z namysłem czegoś dotknąć. Nie sporządziłem grafiku swoich wizyt, ale pojawiaam się tu kilka razy w tygodniu. Książka ta opisuje na bieżąco wydarzenia zachodzące w mandali.

1 stycznia

Związki

Nowy Rok zaczyna się odwilżą. Czuję tłusty, mokry zapach lasu. Dywan opadłych liści przesiąkł wilgocią, a powietrze jest przesycone soczystymi aromatami roślin. Na leśnym zboczu wokół omszałej, nadgryzionej przez erozję skały wielkości budynku mieszkalnego widać ślady moich stóp. Mój znak orientacyjny znajduje się po drugiej stronie płytkiej niecki: długi głaz, wystający z ziemi niczym mały wieloryb. Ten blok piaskowca wyznacza jedną z krawędzi mandali.

Droga przez piargi do głazu zajmuje mi zaledwie kilka minut. Przechodzę obok dużego orzesznika, kładąc dłoń na szarych paskach jego kory. Mandala znajduje się u moich stóp. Obchodzę ją dookoła i przechodzę na przeciwległą stronę, by zająć miejsce na płaskiej skale. Zatrzymuję się na moment, by powdychać świeże powietrze, i wygodnie usadowiam się, by zacząć obserwację.

Ściółkę pokrywają cętkowane na brązowo liście. W samym centrum mandali wyrasta młody jesion i kilka sięgających mi do pasa gołych łodyg lindery zwyczajnej. Przytłumione, chropawe kolory rozkładających się liści i uspionych roślin są przyćmione barwnymi refleksami otaczających mandalę kamieni. Są pozostałościami geologicznych dramatów; tysiące lat erozji wygładziło ich nieregularne, kanciaste formy. Trafiają się tam kamyki wielkości świstaka i głazy, które zasłoniłyby słońca, ale większość jest nie większa niż przykucnięty człowiek. Refleksy nie pochodzą od kamieni, lecz od pokrywających je płaszczy porostów, które błyskają w wilgotnym powietrzu niczym szmaragdy, jadeity i perły.

Formacje porostów na kamieniach układają się w całe miniaturowe pasma górskie, a odłamki piaskowca nurzają się na przemian to w pstrych plamach wilgoci, to w pełnym słońcu. Najwyższe grzbiety są upstrzone jakby szarymi płatkami grubej skóry. Ciemne kaniony między kamieniami kryją fioletowy cień. Pionowe ściany mienią się turkusowo, a po ich łagodnych stokach spływają koncentryczne smugi wapienia. Mieniające się różnymi odcieniami porosty wyglądają na głazach niczym świeża farba. To niezwykle bogactwo skalnego rumowiska kontrastuje z zimowym letargiem reszty lasu; nawet mchy są przytłumione i posiwiałe od szronu.

Elastyczność procesów fizjologicznych pozwala porostom lśnić życiem, gdy większość organizmów kapituluje w obliczu zimy. Paradoksalnie najchłodniejsze miesiące udaje im się przetrwać dzięki kapitulacji. Nie tracą energii na poszukiwanie ciepła, lecz zamiast tego pozwalają, by tempo ich życia przyspieszało i zwalniało w rytm wahań słupka rtęci. Porosty nie są w tak dużym stopniu zależne od wody jak rośliny i zwierzęta. W wilgotne dni ich ciało pęcznieje, a gdy powietrze staje się suche, jego objętość się zmniejsza. Rośliny kurczą się od chłodu, ich komórki zaciskają się aż do czasu, gdy wiosna zacznie je stopniowo rozluźniać. Tymczasem komórki porostów śpią lekkim snem. Gdy nastaje cieplejszy zimowy dzień, bez problemu wracają do aktywności.

Takie podejście do życia mewają również ludzie. W IV wieku p.n.e. chiński taoistyczny filozof Czuang-cy pisał o starcu, który wpadł do spiętrzonych wód u stóp wielkiego wodospadu. Przerażeni świadkowie ruszyli mu na pomoc, ale mężczyzna wyszedł z wody bez szwanku, zachowując pełny spokój. Na pytanie, jak udało mu się przeżyć, odpowiedział: „Uległość. Dostosowuję siebie do wody, a nie wymagam, by woda dostosowała się do mnie”. Porosty

wpadły na to czterysta milionów lat wcześniej. Prawdziwymi mistrzami odnoszenia zwycięstwa przez uległość w alegorii Czuang-cy są porosty trzymające się skalnych ścian wodospadu.

Cichość i zewnętrzna prostota porostów skrywa ich złożone procesy życiowe. Porosty składają się z dwóch organizmów: grzybów i glonów lub bakterii. Grzyb rozprzestrzenia się swoimi strzępkami po podłożu, zapewniając porostowi stabilne oparcie. Glon lub bakteria wchodzi w strzępki grzyba i wykorzystując energię słoneczną, zaczyna fotosyntezę, wytwarzając cukier oraz inne składniki odżywcze. Jak w każdym małżeństwie, partnerzy doświadczają istotnych przemian z powodu zawiązania związku. Ciało grzyba rozprzestrzenia się, zmieniając strukturę, tak że przypomina liść drzewa: ma ochronną skorupę górną, warstwę dla chwytających światło glonów i niewielkie pory umożliwiające oddychanie. Glon traci natomiast ścianę komórkową, oddając się grzybowi pod opiekę. Rezygnuje też z życia seksualnego na rzecz szybszego, choć mniej ekscytującego genetycznie autoklonowania. Grzyby pozyskane z porostów dają się hodować w laboratorium bez swoich partnerów, są jednak wówczas zdeformowane i chorowite. Podobnie zachowują się odseparowane od nich glony i bakterie, które mogą przetrwać bez swoich partnerów tylko w niektórych siedliskach. Pozbawiając grzyby i glony indywidualności, porosty podbiły świat jako związek tych dwóch organizmów. Pokrywają prawie dziesięć procent powierzchni Ziemi, zwłaszcza na pozbawionej drzew dalekiej północy, gdzie przez większą część roku panuje zima. Nawet tutaj, na zadrzewionej mandali w Tennessee, każdy kamień, pień czy gałązka porośnięte są skorupą z porostów.

Niektórzy biolodzy twierdzą, że grzyby są wyzyskiwaczami, zniewalającymi podległe sobie glony. Taka interpretacja nie bierze jednak pod uwagę, że partnerzy wchodzący w skład porostów przestali być autonomicznymi osobnikami, uniemożliwiając wytyczenie wyraźnej granicy między uciskającym i uciskanym. Podobnie jak rolnik, który przycina jabłoni czy uprawia pole kukurydzy, porosty opierają swoje istnienie na współdziałaniu. Gdy indywidualność zanika, pojęcia zwycięzców i ofiar nie mają większego sensu. Czy kukurydza jest uciskana? Czy uzależnienie rolnika od kukurydzy czyni go jej ofiarą? Takie pytania opierają się na założeniu o rozdzielności, która tu nie zachodzi. Bicie ludzkich serc oraz rozwój upraw udomowionych roślin należą do tego samego życia. „Osobno” nie wchodzi w grę: fizjologia rolnika jest ukształtowana przez zależność od pokarmu roślinnego, której geneza sięga setki milionów lat wstecz do pojawienia się pierwszych organizmów zwierzęcych. Udomowione rośliny żyją zaledwie od dziesięciu tysięcy lat z ludźmi, ale przecież również one porzuciły swoją niezależność. Porosty dorzucają jeszcze do takiej współzależności fizyczną intymność, spajając wzajemnie ciała partnerów i przeplatając błony ich komórek – jakby kukurydza zrosła się w toku ewolucji z rolnikiem.

Różnorodność barw porostów w obrębie mandali odzwierciedla wielość różnego rodzaju glonów, bakterii i grzybów uczestniczących w ich tworzeniu. Porosty niebieskie lub fioletowe zawierają niebiesko-zielone bakterie zwane sinicami. Porosty zielone zawierają glony. Grzyby dodają własne kolory, wydzielając żółte lub srebrne pigmenty chroniące przed słońcem. Bakterie, glony, grzyby: trzy czcigodne pnie drzewa życia rozwijające swoje barwne łodygi.

W zieleni glonów odzwierciedla się jeszcze starsze powiązanie. Klejnoty pigmentu, ukryte głęboko wewnątrz komórek glonów, chłoną energię słoneczną. Przez kaskadę reakcji chemicznych energia ta zostaje przekształcona w substancje, które zamieniają cząsteczki powietrza w cukry i inne składniki odżywcze. Skorzystają z nich zarówno komórki glonu, jak i grzyba. Pigmenty chwytające promienie słoneczne przechowywane są w małych puzderkach, zwanych chloroplastami, z których każdy otoczony jest błoną i posiada własny materiał genetyczny. Chloroplasty mają kolor butelkowej zieleni i są potomkami bakterii, które zamieszkały w komórkach glonów półtora miliarda lat temu. Ci bakteryjni lokatorzy

zrezygnowali z twardych powłok zewnętrznych, rozmnażania płciowego oraz niezależności, tak jak komórki glonów, gdy łączą się z grzybami, aby stworzyć porosty. Nie tylko chloroplasty żyją wewnątrz innych organizmów. Wszystkie rośliny, zwierzęta i komórki grzybów zamieszkane są przez mitochondria, które mają kształt torpedy i działają jak miniaturowe elektrownie, spalając substancje odżywcze, by wytwarzać energię. One również były kiedyś wolno żyjącymi bakteriami i podobnie jak chloroplasty zrezygnowały z seksu i wolności na rzecz partnerstwa.

Chemiczna spirala życia, DNA, nosi ślady jeszcze bardziej przedwiecznej jedni. Nasi przodkowie – bakterie – wymieniali się genami między gatunkami, mieszając swoje genetyczne instrukcje, niczym kucharze biorący receptury od siebie nawzajem. Czasami dwóch takich kucharzy godziło się na fuzję i dwa gatunki łączyły się w jeden. DNA współczesnych organizmów, w tym nasze, zachowuje ślady takich mariaży. Choć nasze geny funkcjonują jako jeden system, posiadają co najmniej dwa nieco różne style zapisu, ślady różnych gatunków, które zrosły się miliardy lat temu. Nazwanie tego „drzewem” życia to niezbyt celna metafora. Najgłębsze części naszych rodowodów przypominają sieci lub rozległe delty, których odnogi bezustannie przeplatają się i krzyżują.

Jesteśmy jak matrioszki, figurki chowane jedna w drugiej – nasze życie jest możliwe tylko dlatego, że żyją w nas inni. Lecz podczas gdy matrioszki można porozstawiać obok siebie, nas nie da się oddzielić od naszych komórkowych i genetycznych pomocników. Jesteśmy porostami w wielkiej skali.

* * *

Jednia. Połączenie. Mieszkańcy mandali łączą się we wzajemnie korzystnych związkach. Jednak współpraca nie jest jedyną relacją, jaką da się zaobserwować w lesie. Mamy tu do czynienia także z piractwem i bezlitosną eksploatacją. O tych bardziej bolesnych relacjach między różnymi organizmami zamieszkującymi mandalę przypomina szczególnie to, co kryje się w ściółce pokrywającej jej środkową część, otoczoną przez powleczone porostami kamienie.

Ta zależność zwykle powoli ujawnia się sama, choć nie zawsze jestem w stanie od razu ją dostrzec. Najpierw moją uwagę przykuły dwie bursztynowe mrówki buszujące po mokrej ściółce. Obserwowałem ich krzątanie przez dobre pół godziny, zanim dostrzegłem, że bardzo interesują się zwiniętym pasmem jakiejś leżącej tam tkanki. Pasma to miało długość mojej dłoni i kolor nasiąkniętego wilgocią liścia orzesznika, na którym spoczywało. W pierwszej chwili uznałem je za stary wąs winorośli lub ogonek liścia. Ale gdy już miałem zamiar przenieść wzrok na coś ciekawszego, jedna z mrówek pomacała ten wąs czułkami, a on rozprostował się i uniośł. Dopiero teraz rozpoznałem, z czym mam do czynienia: to był nitnikowiec. Dziwna istota z upodobaniem do pasożytowania na innych.

Jego tożsamość zdradziły wijące się ruchy. Płyny ustrojowe wypełniające ciało nitnikowca są pod dość wysokim ciśnieniem, na skutek czego każde szarpnięcie jego mięśni sprawia, że zwierzę wije się jak żadne inne. Robakowi temu niepotrzebna jest skomplikowana czy składna lokomocja, gdyż na tym etapie życia ma tylko dwa zadania: wijącym się ruchem udać się w stronę partnera, a następnie złożyć jaja. Nie potrzebował zaawansowanych umiejętności ruchowych również w poprzednim stadium, kiedy leżał zwinięty wewnątrz ciała świerszcza. Jego gospodarz nosił go i karmił. Nitnikowiec żył jako mieszkający w jego wnętrzu bandyta: okradał świerszcza, aż wreszcie go zabił.

Cykl życia tego robaka zaczął się w momencie, kiedy wykuł się on z jaj złożonych w kałuży lub strumieniu. Mikroskopijne larwy pelzały po dnie, dopóki nie zostały zjedzone przez ślimaka lub małego owada. W tym nowym domu larwa owinęła się w płaszcz ochronny, uformowany w cystę, i czekała. Życie większości larw zwykle kończy się na etapie cysty, bez

szans na kontynuację i kolejne stadium cyklu. Nitnikowiec, którego napotkałem w mandali, był jednym z tych nielicznych, które docierają do następnego etapu. Jego gospodarz wyszedł na ląd, umarł tam i został przeżuty przez wszystkożernego świerszcza. Taka sekwencja wydarzeń jest tak mało prawdopodobna, że cykl życia nitnikowców wymaga, by robaki te składały dziesiątki milionów jaj, przy czym w dorosłego osobnika przekształci się średnio zaledwie jedno lub dwa z nich. Po zamieszkaniu w ciele świerszcza ta zwinięta larwa-pirat przedziera się przez ścianę jelita i osiedla we wnętrznościach gospodarza, gdzie z larwy wielkości przecinka wyrasta robak długości mojej dłoni. Nitnikowiec zwija się, by dopasować się do wielkości świerszcza. Gdy nie może rosnąć już dalej, uwalnia związki chemiczne, które przejmują kontrolę nad mózgiem ofiary. Sprawiają, że zwykle obawiający się wody świerszcz zmienia się w samobójczego nurka szukającego kałuży czy strumienia. Gdy tylko świerszcz uderza o powierzchnię wody, nitnikowiec napina swoje silne mięśnie, przedziera się przez jego ciało i uwalnia się, pozostawiając splądrowanego, tonącego gospodarza.

Natychmiast potem nitnikowce aktywnie poszukują towarzystwa i odpowiadają gody, w trakcie których dziesiątki lub setki osobników splątują swoje ciała. Ten zwyczaj sprawił, że otrzymały one swoją drugą nazwę: robaki gordyjskie. Według pochodzącej z VIII wieku legendy król Gordias stworzył nader skomplikowany węzeł. Ten, kto wpadłby na pomysł, jak go rozwiązać, miał zostać jego następcą, ale nikt spośród chętnych nie miał szczęścia. Jak się do tego zabrać, wiedział dopiero inny „pirat” – Aleksander Wielki. Podobnie jak robaki, oszukał on gospodarza, przeciął węzeł mieczem i zażądał korony.

Po gordyjskich godach nitnikowce rozplątują się i pełzną dalej. Składają jaja na podmokłych brzegach stawów i w wilgotnej ściółce leśnej. Gdy wyklują się z nich larwy, podtrzymają aleksandryjskiego ducha grabieży i najpierw zainfekują ślimaka, a potem ograbią świerszcza.

Związek nitnikowca z jego gospodarzami jest całkowicie oparty na wyzysku. Jego ofiary nie otrzymują za swoje cierpienia żadnych ukrytych korzyści ani rekompensat. Ale nawet ten pasożytniczy robak jest utrzymywany przy życiu przez wewnętrzny rój mitochondriów. Piractwo czerpie energię ze współpracy.

* * *

Taoistyczna jednia. Uzależnienie rolnika. Aleksandryjskie grabieże. Relacje w mandali mają różnorodne, przemieszane odcienie. Wyznaczyć granicę między bandytą a uczciwym obywatelem nie jest tak łatwo, jak się wydaje. Ewolucja właściwie jej nie zdeterminowała. Wszystkie życie jest wypadkową grabieży i solidarności. Pasożytniczy bandyci są odżywiani przez spółdzielnie mitochondriów, wypełniających ich ciała. Glony napęlniają się szmaragdem przedwiecznych bakterii, by ulegle spocząć w szarych murach grzybów. Nawet DNA, ta chemiczna podstawa wszelkiego życia, jest wielobarwną palemką, gordyjskim węzłem związków i zależności.

17 stycznia

Dar Keplera

Śnieg po kostki pokrył pooraną, nierówną ściółkę leśną, która lekko nabrzmiała i wygładziła się. Biały puch zasypał głębokie szczeliny między skałami, przez co marsz staje się jeszcze bardziej niebezpieczny. Poruszam się powoli, chwytając się pni drzew. Ślizgam się i mozolnie wspinam w stronę mandali. Zmiotam śnieg z mojego kamienia, siadam na nim i otulam się kurtką. Co jakieś dziesięć minut odbijają się echem w dolinie głośnie pęknięcia, przywodzące na myśl wystrzały. To trzask włókien w zeszywniałych od lodu gałęziach nagich, szarych drzew. Temperatura pierwszy raz w tym roku spadła do dziesięciu stopni poniżej zera. Nie jest to wielki mróz, ale wystarczy, by przeciążyć drewno.

Wyłania się słońce i śnieg z miękkiej białej kołderki przekształca się w tysiące ostrych połyskujących punkcików. Zgarniam koniuszkiem palca odrobinę tej błyszczącej mieszanki z powierzchni mandali. Oglądany z bliska śnieg stanowi melanż identycznych gwiazdek, z których każda błyszczy, gdy jej powierzchnia kieruje promienie słoneczne do mojego oka. Słońce odbija misterne wzory każdego płątka, odkrywając idealnie symetryczne ramiona gwiazdek, igiełek i sześciokątów. Na czubku palca mam setki wspaniałych kawałeczków lodu.

Jak powstaje takie piękno?

W roku 1611 roku Johannes Kepler oderwał się na chwilę od badania ruchu planet i zaczął się zastanawiać nad naturą płątka śniegu. Jego szczególną uwagę zwróciła regularność sześciu ramion śnieżynki: „Musi istnieć jakaś przyczyna, dla której w momencie pojawienia się śniegu, jego pierwotne kształty zawsze stanowią sześcioramienną gwiazdę.” Kepler szukał odpowiedzi w zasadach matematyki i prawidłowościach przyrody. Zauważył, że pszczoły zawsze układają swoje plastry miodu – a owoce granatu swoje nasiona – w konstrukcje o kształcie heksagonalnym, być może dowodząc w ten sposób ich geometrycznej wydajności. Ale para wodna nie zostaje przecież wciśnięta w łupinę jak soczyste ziarenka granatu, śniegowa gwiazdka nie jest też budowana przez owady. Tak więc Kepler uznał, że te z życia wzięte przykłady nie wyjaśniają przyczyny takiej a nie innej budowy płatków śniegu. Ponadto istnieje wiele kwiatów oraz minerałów, które nie spełniają zasady budowy sześciokątnej, dodatkowo komplikując dociekania Keplera. Przecież trójkąty, kwadraty i pięciokąty także układają się w regularne, geometryczne wzory, co sprawia, że czystą geometrię też można usunąć z listy hipotetycznych wyjaśnień tajemnicy śnieżynki.

Kepler napisał, że płatki śniegu ukazują nam ducha ziemi i Boga, „formującą duszę” (*anima formatrix*), która zamieszkuje wszystkie istoty. Jednak ta średniowieczna odpowiedź nie do końca go satysfakcjonowała. Szukał jednak rozwiązań w sferze fizyki, a nie odwołań do tajemnicy stworzenia. Rozprawę zakończył bez konkluzji, pokonany, niezdolny wyjść poza lodowy pałac wiedzy.

Być może uniknąłby frustracji, gdyby dokładniej rozważył koncepcję atomu. Jednakże ta pochodząca od starożytnych Greków idea budowy materii wypadła z łask Keplera, podobnie jak większości uczonych z początków XVII wieku. Niemniej trwająca blisko dwa tysiące lat banicja atomu miała się już ku końcowi i przed upływem tego stulecia atom znowu stał się modny, a kule i łączące je laseczki odbywały triumfalny taniec po kartach podręczników i tablicach uczelni. W dzisiejszych czasach szukamy ich, przesywając próbki lodu promieniami rentgenowskimi

i wykorzystując powstały wzór promieni do odkrywania tego, co jest milion miliardów razy mniejsze od skali, w jakiej normalnie toczy się ludzkie życie. Znajdujemy poszarpane linie atomów tlenu, które przy wtórze rozbłysków elektronów trzymają się dwóch niespokojnych atomów wodoru. Poruszając się wokół tych cząsteczek, badając ich regularność, widzimy, o dziwo, atomy ułożone podobnie jak w keplerowskim owocu granatu. To stąd wyrasta symetria płatków śniegu: z heksagonalnych pierścieni cząsteczek wody, nadbudowujących się jedna nad drugą, bezustannie powtarzających sześcioboczny rytm, powiększając układ atomów tlenu do skali widocznej dla ludzkiego oka.

Zasadniczy heksagonalny kształt płatków śniegu zostaje na różne sposoby wzbogacony, w miarę jak kryształek lodu rośnie, przy czym jego ostateczny wygląd determinują temperatura i wilgotność powietrza. Heksagonalne graniastosłupy tworzą się w bardzo zimnym i suchym powietrzu. Biegun południowy jest nimi dosłownie zasypany. Gdy temperatura rośnie, prosty heksagonalny przyrost kryształków lodu ulega zakłóceniu. Jak dotąd nie dowiedzieliśmy się, dlaczego tak się dzieje, ale wydaje się, że na jednych krawędziach kryształków lodu para wodna zamarza szybciej niż na innych, a tempo ich przyrostu zależy w pewnym stopniu od warunków atmosferycznych. Przy bardzo wilgotnym powietrzu z sześciu narożników płatka śniegu wyrastają ramiona. Następnie przekształcają się w nowe heksagonalne płytki albo, jeśli powietrze jest wystarczająco ciepłe, tworzą większą liczbę wypustek, wydłużając ramiona rosnącej gwiazdy. Inna kombinacja temperatury i wilgotności powoduje powstawanie pustych w środku graniastosłupów, igiełek lub pooranych płytek. W trakcie spadania płatka śniegu na ziemię wiatr miota go przez nieskończenie wiele kombinacji minimalnie różniących się poziomów temperatury i wilgotności. Nie ma dwóch śnieżynek, które w drodze na ziemię przeszłyby identyczną sekwencję zmiennych warunków atmosferycznych, co przekłada się na niepowtarzalność połączeń kryształków lodu, które tworzą płatki śniegu. W ten sposób na prawidłowości przyrastania kryształu nakładają się przypadkowe zdarzenia historii, wywołując to subtelne napięcie między porządkiem a różnorodnością, którego efekt zachwyca nasze zmysły.

Gdyby Kepler nas dzisiaj odwiedził, być może współczesne rozwiązanie zagadki piękna płatków śniegu by go zadowoliło. Jego spostrzeżenia dotyczące ułożenia ziarenek w owocach granatu oraz komórek w plastrach miodu szły we właściwym kierunku. Ostateczną przyczyną regularnego kształtu płatków śniegu jest rozkład przestrzenny przylegających kul. Skoro jednak Kepler nic nie wiedział o atomach jako fundamencie świata materialnego, nie mógł wyobrazić sobie maleńkich atomów tlenu, których budowa leży u podstaw geometrycznej struktury lodu. A mimo to przyczynił się do rozwiązania zagadki, chociaż nie wprost. Jego rozważania na temat charakteru płatków śniegu zainspirowały matematyków do zbadania geometrii przylegających kul, a studia te przyczyniły się do rozwinięcia nowoczesnego rozumienia natury atomów. Wspomnianą rozprawę Keplera uznaje się obecnie za jedną z podstaw nowoczesnego atomizmu – poglądu, który on sam dobitnie odrzucał, tłumacząc kolegom, że nie chciał posunąć się *ad atomos et vacua* (do atomów i próżni). Odkrycia Keplera pozwoliły innym zobaczyć to, czego on sam nie dostrzegał.

Jeszcze raz wpatruję się w szklane gwiazdki na czubku mojego palca. Dzięki Keplerowi i jego następcom dostrzegam nie tylko płatki śniegu, lecz również rzeźbę atomów. Nigdzie indziej w mandali związek między nieskończenie małym światem atomów a większym królestwem moich zmysłów nie jest aż tak bezpośredni. Inne powierzchnie – kamienie, kora drzew, moja skóra i ubranie – składają się ze skomplikowanych układów mnóstwa cząsteczek, więc mój ogląd ich nie mówi mi nic wprost o ich mikrostrukturze. Natomiast heksagonalna forma kryształków lodu daje bezpośredni wgląd w to, co powinno być niewidoczne – w geometrię atomów. Pozwalam im spaść z mojej dłoni i zniknąć w zapomnieniu wszechobecnej bieli.

21 stycznia

Eksperyment

Polarny wicher szturmuję mandalę, szarpie mój szalik, uderza mnie boleśnie w szczękę. Mamy dwadzieścia stopni poniżej zera, a wiatr dodatkowo obniża temperaturę odczuwalną. W tych południowych lasach rzadko bywa aż tak zimno. Typowy cykl tutejszej zimy toczy się między odwilżą a łagodnym mrozem, a tak straszny ziąb trwa zaledwie kilka dni w roku. Dzisiejsze zimno postawi żywe stworzenia w mandali na skraju fizjologicznego niebytu.

Chcę poczuć zimno jak leśne zwierzęta, bez ochrony ubrania. Pod wpływem tego impulsu zrzucając na zamrożoną ziemię rękawiczki i czapkę. Potem szalik. Szybko zdejmuję ocieplany kombinezon, koszulę, podkoszulek i spodnie.

Pierwsze dwie sekundy eksperymentu działają na mnie wręcz orzeźwiająco; po uwolnieniu się od obciskających ubrań odczuwam przyjemny chłód. Jednak zaraz potem podmuchy wiatru pozbawiają mnie złudzeń i mój umysł zostaje przymglony bólem. Wypromieniowujące z mojego ciała ciepło pali skórę.

Ten absurdalny striptiz odbywa się przy akompaniamencie chóru sikor karolińskich. Ptaki tańczą wśród drzew, migoczą jak iskry, wychylają się spośród gałązek. Odpoczywają nie dłużej niż sekundę i ruszają dalej. W ten zimny dzień kontrast między żywotnością sikor a moją niekompetencją fizjologiczną zdaje się łamać zasady natury. Małe zwierzęta powinny przecież gorzej radzić sobie z zimnem niż ich potężniejsi kuzyni. Objętość wszystkich przedmiotów, także ciała zwierząt, rośnie do sześciastu wraz ze wzrostem ich długości. Ilość ciepła, jakie może wygenerować zwierzę, jest wprost proporcjonalna do objętości jego ciała, co oznacza, że wraz z długością ciała rośnie wytwarzanie ciepła. Tymczasem powierzchnia ciała, na której zwierzę wytraca ciepło, zwiększa się do kwadratu długości. Małe zwierzęta szybko się wychładzają, ponieważ powierzchnia ich ciała jest proporcjonalnie znacznie większa niż jego objętość.

Zależność pomiędzy wielkością zwierzęcia a stratami ciepła sprawia, że na wymiary ich ciała ma wpływ geografia. Gdy dany gatunek zamieszkuje duży obszar, na północy jego osobniki są zwykle większe niż na południu. Wynika to z tak zwanej reguły Bergmanna, dziewiętnastowiecznego anatoma, który jako pierwszy opisał tę zależność. Sikory karolińskie z Tennessee zamieszkują północną krawędź obszaru występowania swojego gatunku i są od dziesięciu do dwudziestu procent większe niż osobniki z południowej granicy obszaru, przebiegającej na Florydzie. Ptaki w Tennessee zmieniły proporcje między powierzchnią a objętością ciała, by przystosować się do chłodniejszych zim. Dalej na północ sikory karolińskie zastępuje blisko spokrewniona z nimi sikora jasnoskrzydła, która jest od nich o dziesięć procent większa.

Gdy jednak stoję nagi w lesie, reguła Bergmanna wydaje mi się czymś bardzo odległym. Wiatr siecze moje ciało i pieczenie skóry wzrasta. Ale nagle zaczynam też odczuwać głębszy ból. Coś w mojej podświadomości szamocze się i wrywa. Moje ciało zawodzi już po krótkiej chwili spędzonej w tym zimowym chłodzie. A przecież ważę dziesięć tysięcy razy więcej niż sikora! Czy wobec tego te ptaki nie powinny wyginać w ciągu kilku sekund?

Przetrwanie sikor zależy po części od piór, które stanowią świetną izolację i mają wielką przewagę nad moją nagą skórą. Gładka górna warstwa upierzenia ułożona jest na ukrytym pod nią puchu. Każde pióro rosnące pod spodem składa się z tysięcy cienkich pasm białkowych. Te

małe włoski tworzą drobny meszek, który zachowuje ciepło dziesięć razy lepiej niż styropianowy kubek tej samej grubości. W zimie ptaki zwiększają liczbę piór o pięćdziesiąt procent, co znacznie powiększa zdolność izolacyjną ich upierzenia. W zimne dni mięśnie u nasady piór napinają się, jakby pompując ptaka i podwajając grubość warstwy izolacyjnej. Jednak cała ta imponująca ochrona jedynie opóźnia to, co nieuniknione. Choć skóra sikory nie piecze jej na mrozie jak moja, mimo wszystko ptak wytraca ciepło. Centymetr lub dwa puchu zapewnia tylko kilka godzin życia na ekstremalnym zimnie.

Kulę się na wietrze. Stan alarmu narasta. Moim ciałem wstrząsają niekontrolowane skurcze.

Zwykłe reakcje chemiczne wytwarzające ciepło są teraz absolutnie niewystarczające, a paroksyzmy drżenia mięśniowego stanowią ostatnią linię obrony organizmu przed spadkiem temperatury. Mięśniami wstrząsają dreszcze w pozornie przypadkowym porządku. Każdy z nich ciągnie za sobą pozostałe i wkrótce całe moje ciało drży. W moim organizmie dochodzi teraz do spalania składników odżywczych i tlenu, podobnie jak wtedy, gdy pracujące mięśnie sprawiają, że biegnę lub coś podnoszę. Teraz jednak to spalanie ma na celu wytworzenie ciepła. Gwałtowne drżenie nóg, klatki piersiowej i ramion rozgrzewa krew, która następnie przenosi ciepło do mózgu i serca.

Takie drżenie jest główną obroną przed zimnem również u sikor. Przez całą zimę ptaki wykorzystują swoje mięśnie jako pompy ciepła, drżąc, jeśli temperatura spada, gdy one nie podejmują akurat żadnej aktywności. Głównym źródłem ciepła są płaty mięśni z klatki piersiowej, wykorzystywane zwykle w locie. Ponieważ stanowią one około jednej czwartej masy ciała ptaka, dreszcze takie wywołują ogromny zalew gorącej krwi. Ludzie nie mają w swoim ciele porównywalnie dużych mięśni, a więc i nasze dreszcze są stosunkowo słabe.

W miarę jak stoję i drżę, pojawia się strach. Wpadam w panikę i ubieram się możliwie najszybciej. Dłonie zgrabiały mi, z trudem więc chwytam ubrania, szarpię się z suwakami i guzikami. Boli mnie głowa, jakby nagle wzrosło ciśnienie krwi. Moim jedynym pragnieniem jest szybko się ruszać. Chodzę, skaczę i macham rękoma. Mózg nakazuje: natychmiast wygeneruj ciepło.

Eksperyment trwał minutę, czyli zaledwie jedną dziesięciotysięczną tygodnia, w którym panowało u nas arktyczne powietrze. Jednak mój stan fizjologiczny został wywrócony do góry nogami. Czuję pulsowanie w głowie, płuca nie mogą zaczerpnąć wystarczającej ilości powietrza, a kończyny wydają się sparaliżowane. Gdybym kontynuował eksperyment kilka minut dłużej, spadłaby głęboka temperatura mojego ciała i doznałbym hipotermii. To pozbawiłoby mnie koordynacji mięśniowej, a następnie wywołało senność i halucynacje. Ludzkie ciało normalnie utrzymuje temperaturę na poziomie około trzydziestu siedmiu stopni Celsjusza. Jej spadek o zaledwie parę stopni, do trzydziestu czterech, wywołuje splątanie myśli. Przy trzydziestu stopniach przestają działać narządy. Przy zimnym wietrze, na przykład takim jak dzisiejszy, spadek temperatury o te kilka stopni może nastąpić w ciągu zaledwie godziny. Pozbawiony swoich zaawansowanych kulturowych środków przystosowawczych w postaci odzieży na moment staję się zwykłą tropikalną małpą, zupełnie nie na miejscu w tym zimowym lesie. Upokarza mnie to, że sikorom udało się po mistrzowsku zaadaptować do otoczenia.

Po pięciu minutach machania rękami i tupania nogami kulę się w swoich ubraniach. Nadal się trzęsę, ale panika minęła. Moje mięśnie odczuwają zmęczenie i jestem zdyszany, jakbym zatrzymał się po szybkim biegu. Odczuwam następstwa wysiłku, jakiego wymagało wytworzenie ciepła. Gdy dreszcze trwają dłużej niż kilka minut, zapasy energii organizmu mogą się szybko wyczerpać. Zarówno dla ludzi odkrywających dziewicze lądy, jak i dla dzikich zwierząt głód jest często wstępem do śmierci. Dopóki mamy zapasy żywności, możemy drzeć

i trzymać się życia, ale z pustym żołądkiem i naruszonymi zapasami tłuszczu nie przeżyjemy.

Uzupelnę swoje zapasy, kiedy wrócę do ciepłej kuchni. Skorzystam z technologii utrwalania i transportu żywności, opracowanych na przekór panującej zimie. Ale sikory nie mają suchych ziaren, mięsa zwierząt hodowlanych czy warzyw z importu. Przetrwanie zimy w lesie wymaga od nich wyszukania wystarczającej ilości pożywienia, którym napędzą swoje piece wielkości małej monety.

Zużywana przez sikory energia została zmierzona zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i u ptaków wolno żyjących. W zimowy dzień, aby utrzymać się przy życiu, potrzebują do sześćdziesięciu pięciu tysięcy dżuli. Połowa tej energii zużywana jest na drzenie. Te abstrakcyjne jednostki stają się bardziej zrozumiałe, gdy zostaną przeliczone na walutę ptasiej żywności. Pająk wielkości przecinka na tej stronie dostarcza tylko jednego dżula energii. Pająk, który wpisuje się w wielką literę, to sto dżuli. Chrząszcz wielkości jednego zapisanego tutaj słowa ma dwieście pięćdziesiąt dżuli. Oleiste nasiono słonecznika ma ponad tysiąc dżuli, ale ptaki w mandali nie mają do dyspozycji żadnych nasion. By zrównoważyć swój budżet energetyczny, sikory muszą każdego dnia znaleźć setki kęsów żywności. Tymczasem spiżarnia mandali wygląda na zupełnie pustą. W pokrytym lodem lesie nie widzę żadnych chrząszczy, pajaków ani innego rodzaju pożywienia.

Sikory potrafią zdobyć pokarm w pozornie jałowym lesie częściowo dlatego, że mają wyjątkowy wzrok. Siatkówki ich oczu wyłożone są dwa razy gęściej upakowanymi receptorami niż moje. Dlatego ptaki cechuje bardzo dobra ostrość widzenia; są one w stanie dostrzec szczegóły, których nie dojrzą moje oczy. Tam, gdzie ja widzę gładką gałązkę, ptak zobaczy załamania, łuszczącą się korę i zakrzywienia, w których może kryć się pożywienie. Wiele owadów zimuje w drobnych pęknięciach na korze drzew, a nadzwyczajny wzrok sikor jest w stanie odkryć te owadzie kryjówki. Nigdy nie uda nam się w pełni doświadczyć bogactwa tego wizualnego świata, ale szkło powiększające nieco nam je przybliży. Dzięki lupie w naszym polu widzenia pojawiają się niewidoczne na co dzień szczegóły. Sikory przeznaczają większą część zimowych dni na wodzenie wzrokiem po gałęziach, pniach i ściółce lasu w poszukiwaniu ukrytej żywności.

Ponadto oczy sikor są w stanie dostrzec więcej kolorów niż moje. Patrząc na mandalę oczami wyposażonymi w trzy rodzaje receptorów barw, dającymi mi trzy podstawowe kolory i ich cztery główne kombinacje. Sikory mają dodatkowy receptor koloru, który wykrywa promieniowanie ultrafioletowe. Daje im to cztery kolory podstawowe i jedenaście głównych kombinacji, rozszerzając zakres widzenia barw poza to, czego ludzie mogą doświadczyć, a nawet sobie wyobrazić. Receptory kolorów u ptaków są dodatkowo wyposażone w kropelki zabarwionego tłuszczu, które działają jak filtry światła, pozwalając, by każdy receptor był stymulowany jedynie przez wąski zakres kolorów. Zwiększa to dokładność rozpoznawania barw. Ponieważ my tych filtrów nie mamy, ptaki są w stanie lepiej od nas rozróżnić subtelności kolorów także w zakresie światła widzialnego dla ludzi. Sikory żyją w wyostrzonym świecie podbitego koloru, niedostępnym dla naszych oczu. Tutaj, w mandali, używają tych umiejętności w poszukiwaniu pożywienia. Światło ultrafioletowe odbija się od wyschniętych jagód, porzrzucanych po dnie lasu. Odcienie ultrafioletu znajdują się czasami na skrzydłach chrząszczy i motyli, jak również na niektórych gąsienicach. Ale sikory demaskują owadzi kamuflaż nawet bez zdolności widzenia ultrafioletu, a to z uwagi na jego drobne niedoskonałości, wykrywane dzięki precyzyjnemu postrzeganiu barw.

Ptaki i ssaki mają inne zdolności wzrokowe ze względu na wydarzenia z okresu jurajskiego sto pięćdziesiąt milionów lat temu. W owym czasie linia, z której wywodzą się współczesne ptaki, oddzieliła się od reszty gadów. Odziedziczyły one od swoich gadzich

przodków cztery receptory kolorów. Ssaki również wyewoluowały od gadów; oddzieliły się od nich nawet wcześniej niż ptaki. Ale w przeciwieństwie do nich nasi przodkowie spędzili okres jurajski jako stworzenia żerujące w nocy, jak dzisiejsze ryjówki. Krótkowzroczny utylitaryzm doboru naturalnego nie dostrzegał żadnego pożytku w widzeniu przez te zwierzęta bogatych barw. Dwa z czterech receptorów kolorów zostały więc utracone. Do dziś większość ssaków ma zaledwie dwa receptory barw. U pewnej grupy naczelnych, także tych, z których wywodzą się ludzie, doszło potem do ewolucji trzeciego receptora.

Akrobatyczne ciała sikor pozwalają im dobrze wykorzystywać wzrok. Dzięki skrzydłom przeskakują z jednej gałęzi na drugą. Chwytają się stopami, a potem opadają, kołysząc się na końcówce gałęzi. Ptak się obraca, ciągle wisząc, i penetruje otoczenie dziobem, a następnie rozpościera na moment skrzydła i przeskakuje na inną gałązkę. Nie pozostawia ani kawałka przestrzeni niezbadanej. Ptaki te spędzają tyle samo czasu do góry nogami, zerkając spod gałązek, co w pozycji pionowej.

Mimo całej usilności swych poszukiwań w trakcie mojej obserwacji sikory nic nie złapały. Jak większość ptaków charakterystycznie poruszają one głową do tyłu, gdy coś przełykają, lub, jeżeli znajdą jakiś większy kasek, trzymają go nogami i szarpia dziobem. Stado pozostaje w zasięgu mojego wzroku przez piętnaście minut, nie znajdując w tym czasie niczego do jedzenia. Być może, by znieść ten mróz, będą musiały skorzystać ze swoich zapasów tłuszczu. Takie zapasy są niezbędne, by przetrwać zimę, pozwalają też sikorom wykorzystać zmienność aury. Kiedy się ociepla lub gdy ptaki znajdują pająki czy jagody, pożywienie zostaje zamienione w tłuszcz, którym karmią się w okresie mroźnej posuchy.

Stopień otłuszczenia jest różny u poszczególnych ptaków. Sikory żerują w społecznie zhierarchizowanych stadach, zwykle składających się z pary dominującej i kilku osobników podporządkowanych. Ptaki dominujące uzyskują dostęp do żywności znalezionej przez stado, więc na ogół są dobrze odżywione bez względu na pogodę. Podczas gdy ptaki wysokiej rangi mają pełne żołądki, sikory podporządkowane muszą znosić trudy zimy i dobrze odżywiają się tylko sporadycznie. Te ptaki niższego stanu, często młode lub chore, kompensują różnorodność przyjmowanego pokarmu odkładaniem większej ilości tłuszczu, co stanowi dla nich zabezpieczenie na chudsze czasy. Jednak obrastanie tłuszczem ma swoją cenę – ptaki pulchne są łatwiejszą zdobyczą dla jastrzębi. Tusza każdej sikory jest więc wypadkową ryzyka poniesienia śmierci z głodu i zagrożenia ze strony drapieżników.

Sikory potrafią również robić zapasy pożywienia. Wciskają owady i nasiona pod łuszczącą się korę drzew i tak przechowują żywność na czarną godzinę. Sikora karolińska to gatunek lubiący ukrywać pożywienie pod spodem niewielkich gałęzi. Choć ten nawyk może chronić przed kradzieżą ze strony mniej sprawnych gatunków ptaków, magazyny te są i tak narażone na grabież. Każde stado sikor mieszkających w lesie chroni więc swoje zimowe terytorium, zdecydowanie wypraszając z niego sąsiadów. Sikory mieszkające w innych częściach świata, które nie tworzą magazynów pożywienia, są znacznie mniej terytorialne.

W zimie do stad sikor często przyłączają się większe gatunki ptaków. Dzisiaj obserwuję dzięcioła kosmatego, który dłubie w korze dębu w poszukiwaniu larw, a następnie odlatuje za sikorami ruszającymi na wschód. Stadami latają również sikory dwubarwne. Skaczą po gałęziach tak samo jak ich kuzynki, ale są mniej zwinne, wolą przycupnąć na gałązkach, niż kołysać się na ich końcach. Wszystkie ptaki nawołują się, utrzymując stado razem. Sikory jasnoskrzydłe i dwubarwne gadają i gwizdzą, dzięcioł zaś wydaje piskliwe dźwięki. Te stadne zachowania chronią członków grupy przed jastrzębiami, które łatwiej wykryć, gdy wypatruje ich wiele par oczu. Ale za takie bezpieczeństwo w tłumie trzeba zapłacić. Sikory dwubarwne są dwukrotnie cięższe od karolińskich i to te większe ptaki dominują, spychając mniejsze z martwych gałęzi,

wyżej położonych gałęzi i innych miejsc, w których łatwiej znaleźć pożywienie. Nawet tak drobne przesunięcia w usadowieniu się na drzewie powodują, że sikory karolińskie w znacznej mierze tracą możliwości zdobycia pożywienia i w stadach, w których nie ma sikor dwubarwnych, odżywiają się lepiej. Dlatego przetrwanie w zimowej mandali wymaga nie tylko wyrafinowanej fizjologii, lecz także uważnego lawirowania w obrębie dynamiki grupy.

Zaczyna się ściemniać. Poruszam wychłodzonymi kończynami i przecieram zamglone oczy, przygotowując się do wyjścia z lasu. Ptaki będą kontynuować poszukiwania pożywienia jeszcze przez kilka minut, a potem udadzą się do swoich kryjówek. Gdy światło pierzchnie, a temperatura spadnie, zbiorą się w niszach pozostawionych przez opadłe gałęzie, chroniąc się przed wychładzającą mocą wiatru. Zbijają się w grupy, tworząc zgodnie z regułą Bergmanna kulę o dużej objętości i stosunkowo małej powierzchni. Temperatura ich ciał spadnie o dziesięć stopni, pogrążając je w energooszczędnej hipotermii letargu. W nocy, tak jak w ciągu dnia, mechanizmy zintegrowanej adaptacji behawioralnej i fizjologicznej dają im przewagę nad zimą. Sen w połączeniu ze stłoczeniem w ciasną gromadkę ogranicza ich potrzeby energetyczne o połowę.

Ich przystosowanie do zimna jest godne podziwu, ale nie zawsze wystarcza. Jutro będzie ich mniej niż dziś. Chłodne dłonie zimy zabiorą wiele z tych ptaków, wciągając je jeszcze głębiej niż w przerażającą pustkę, która czaiła się na mnie, kiedy doświadczałem wychłodzenia. Widoku nowych pączków dębu na wiosnę dożyje tylko połowa sikor, które jesienią pożywiały się wśród opadających liści. Przyczyną większości zgonów ptaków zimą są takie noce jak dzisiejsza.

W tym tygodniu arktyczne temperatury potrwałają zaledwie kilka dni, ale nagły wzrost śmiertelności ptaków zmieni las, a skutki tych zmian rozciągną się na cały rok. Zgony w zimowe noce zmieniają populację sikor, trzebiąc stada o tyle ptaków, ilu nie wykarmia niewielka podaż pokarmu. Aby utrzymać się przy życiu, sikora karolińska wymaga średnio co najmniej trzech hektarów lasu. Ten metr kwadratowy mandali daje pożywienie zaledwie jednej kilkuset tysięcznej jednego ptaka. Dzisiejsze zimno usunie wszelki nadmiar.

Z nadejściem lata mandala będzie w stanie wykarmić o wiele więcej ptaków. Ale ze względu na to, że liczebność zamieszkujących ją gatunków takich jak sikory, jest utrzymywana na niskim poziomie przez skromne zapasy oferowane im przez las zimą, jedzenie dostępne w lecie znacznie przekracza apetyty rodzimych ptaków. Ten wielki sezonowy wysyp żywności stwarza okazję dla ptaków wędrownych, które ryzykują odległe loty z Ameryki Środkowej i Południowej, by karmić się tym, co w dużej obfitości znajdują w lasach w całej Ameryce Północnej. W tym sensie za coroczną migrację milionów tanagrów, lasówek i wireonków odpowiedzialne są zimowe mrozy.

Nocne zgony lepiej dostroją też gatunek do otoczenia. Mniejsze osobniki wyginą prędzej niż ich bardziej wyrośnięci kuzyni, wzmacniając prawidłowość geograficznego rozkładu wielkości ciała według Bergmanna. Ekstremalne zimno oczyści populację z tych ptaków, u których dreszcze, puch lub zdolność do zachowywania energii są niewystarczające. W godzinach porannych będzie w tym lesie żyła populacja sikory lepiej przystosowana do wymagań zimy niż obecna. To paradoks doboru naturalnego: śmierć doskonali życie.

Moje własne fizjologiczne niedostosowanie do panującego zimna też ma korzenie w doborze naturalnym. Skuta lodem mandala to nie miejsce dla mnie, ponieważ moi przodkowie nie wypracowali odporności na zimno. Ludzie ewoluowali od małp, które przez dziesiątki milionów lat żyły w tropikalnej Afryce. Ponieważ tam znacznie większym wyzwaniem niż utrzymywanie ciepła było schładzanie organizmu, cechuje nas niewiele mechanizmów chroniących przed ekstremalnym zimnem. Kiedy moi przodkowie opuścili Afrykę i udali się na północ, do Europy, przynieśli ze sobą ogień i ubrania, wnosząc aspekt tropików do regionów

o klimacie umiarkowanym i polarnym. Ich inteligencja sprawiła, że mniej cierpieli i rzadziej umierali, co bezsprzecznie przyniosło dobre rezultaty. Ale komfort poplątał ścieżki doboru naturalnego. Z powodu naszej umiejętności rozpalania ognia i sprawiania sobie ubrań jesteśmy skazani na to, że już nigdy nie odnajdziemy się w zimowym świecie.

Nadchodzi ciemność. Wracam do własnego dziedzictwa: ciepłego ogniska, pozostawiając mandalę ptasim mistrzom zimna. To ich mistrzostwo zostało ostro przeciwiczone na własnej skórze przez tysiące pokoleń. Chciałem doświadczyć zimna tak jak zwierzęta w mandali, ale teraz zdaję sobie sprawę, że to niemożliwe. Moje doświadczenia pochodzą z ciała, które poszło inną ścieżką ewolucji niż sikory, wykluczając tym samym możliwość wspólnych doznań. Mimo to doświadczenie nagości na zimnym wietrze pogłębiło mój podziw dla innych gatunków. Zdziwienie jest tu jedyną właściwą reakcją.

30 stycznia

Rośliny zimowe

Rozlega się nieustający niski ryk wiatru, który targa drzewami na stromym urwisku ponad mandalą. W przeciwieństwie do wichur z północy, które pojawiły się na początku tygodnia, ten wiatr wieje z południa, a urwisko chroni mandalę przed większością wirów i podmuchów. Zmiana kierunku wiatru podniosła temperaturę. Jest zaledwie kilka stopni poniżej zera, wystarczająco ciepło, aby przez jakąś godzinę komfortowo posiedzieć w zimowym ubraniu. Silny, bezlitosny ból fizyczny wywołwany przez zimno skończył się i moje ciało cieszy się łagodnym powietrzem.

Ptaki, których stado przelatuje nade mną, też zdają się zadowolone z wyrwania się z arktycznego uścisku śmierci. Pięć gatunków podróżuje razem: pięć sikor dwubarwnych, para sikor karolińskich, strzyżyk karoliński, mysikrólik złotogłowy i dzięcioł czerwono-brzuchy. Stado to wydaje się związane niewidzialnymi, elastycznymi więzami. Gdy jakiś ptak pozostaje z tyłu lub wypada poza promień dziesięciu metrów od centrum stada, zaraz zostaje wciągnięty z powrotem. Całe stado wydaje się pędzącą, rozigraną kulą, gdy przelatuje przez zamaryły, pokryty śniegiem las.

Sikory są najbardziej rozgadane spośród przelatujących ptaków: nieustannie wydają hałaśliwe dźwięki. Emitują piskliwe tony, tworząc nieregularny rytm, wokół którego rozlegają się kolejne zaśpiewy, zachrypnięte gwizdy i piski. Niektóre ptaki powtarzają „pi-ta pi-ta”, dźwięk nieobecny we wcześniejszym repertuarze podczas silnych mrozów. Ten jasny, dwutonowy zaśpiew jest piosenką godową. Mimo zalegającego śniegu, ptaki myślą już o wiosnie. Złożą jaja dopiero za kilka miesięcy, ale w ich ptasiej społeczności negocjacje związane z godami już się rozpoczęły.

Wypełniona entuzjazmem żywotność ptaków kontrastuje z roślinami w obrębie mandali. Szare i nagie gałęzie przedstawiają obraz nędzy i rozpacz. Spod śniegu wybija śmierć: częściowo spróchniałe gałęzie, które spadły z klonu, i potargane łodygi astrowatych *Polymnia canadensis*, każda obwiedziona kręgiem ulegającego sublimacji śniegu, pod którym odsłania się ciemna ściółka. Wydaje się, że zima odniosła pełne zwycięstwo.

Jednak życie trwa.

Nagie krzewy i drzewa nie są wcale szkieletami, jak mogłoby się wydawać na pierwszy rzut oka. Każda gałązka i każdy pień owinięte są żywą tkanką. W przeciwieństwie do ptaków, które przetrwały, zwalczając zimno dzięki pożywieniu wyrywanemu z zaciśniętej pięści nieubłaganej zimy, rośliny wytrzymują bez tworzenia sobie wewnętrznego lata. Zdumiewa przetrwanie ptaków, ale zmartwychwstanie roślin po tym okresie zupełnej kapitulacji jest tak dalekie od doświadczeń człowieka, że zakrawa na jakiś szwindel. To, co umarłe, zwłaszcza zmrożone, nie powinno się przecież odradzać.

Tymczasem tak się właśnie dzieje. Roślinom udaje się przetrwać w ten sam sposób, w jaki wykonuje swoją sztukę polakacz mieczy – dzięki starannemu przygotowaniu i niezwyklej uważności w newralgicznych momentach. Generalnie fizjologia roślin jest w stanie sprostać wychłodzeniu. W przeciwieństwie do reakcji chemicznych, które podtrzymują życie człowieka, biochemia roślin funkcjonuje w różnych temperaturach i nie zawodzi w chłodniejszych warunkach. Jednak gdy chłód przechodzi w mróz, także i u nich zaczynają się

problemy. Pęczniejące kryształki lodu przebijają, rozdzierają i niszczą delikatną strukturę wewnętrzną komórek. Rośliny muszą więc połknąć w zimie dziesiątki tysięcy mieczy i utrzymać każdy z nich z dala od swoich wrażliwych serc.

Rośliny zaczynają przygotowania do zimy na kilka tygodni przed pierwszymi przymrozkami. Przesuwają DNA i inne wrażliwe struktury w centralne miejsca swoich komórek, a następnie owijają je swoistą wyściółką. Komórki stają się tłustsze, a wiązania chemiczne tych tłuszczów zmieniają się, aby w niskich temperaturach tłuszcze mogły przejść w postać ciekłą. Błony komórek stają się nieszczelne i elastyczne. Tak przekształcone komórki są otłuszczone i na tyle giętkie, by zdołały bez szkody znieść lodowy gwałt.

Przygotowania do zimy zajmują całe dni i tygodnie. Poza sezonem mróz niechybnie zabiłby gałęzie, ale jeśli tylko odpowiednio się zaaklimatyzują, zniosą nawet najzimniejsze noce w roku. Dlatego rodzime gatunki roślin rzadko cierpią z powodu przymrozków – dobór naturalny przyzwyczał je do nieustannego rytmu zmian pór roku na ojczystej ziemi. Natomiast rośliny egzotyczne, które nie mają wiedzy na temat lokalnych warunków, często dotkliwie doświadczają zimy.

Komórki roślin nie tylko zmieniają strukturę fizyczną, lecz także nasycają się cukrem, co obniża temperaturę zamarzania wody, podobnie jak sól sypana na oblodzone drogi. To dosłownie dokonuje się jednak tylko wewnątrz komórek – woda wokół nich nie dostaje więcej cukru. Ta asymetria pozwala roślinom wykorzystać pewien prezent otrzymany od praw fizyki: w wyniku powstawania lodu uwalnia się ciepło. Komórki otoczone przez zamrożoną wodę otrzymują zastrzyk energii w postaci podniesienia temperatury o kilku stopni. Podczas pierwszych mrozów bogate w cukier wnętrza komórek są chronione przez pozbawioną cukru wodę wokół nich. Farmerzy wykorzystują ten mechanizm generujący przyływ ciepła i w mroźne noce otaczają uprawy mgiełką, dodając im kolejną warstwę uwalniającej ciepło wody.

Gdy cała woda między komórkami zmieni się w lód, więcej ciepła już się nie wydzieli. Jednak ta, która znajduje się wewnątrz komórek, zachowała stan ciekły i wypływa teraz z nieszczelnej membrany wokół komórki, pozostawiając tam cukry, które nie mogą przejść przez tę błonę ze względu na zbyt dużą wielkość cząsteczek. Proces ten powoduje, że w miarę spadania temperatury woda stopniowo opuszcza komórki roślin, zwiększając w ich wnętrzu stężenie cukrów i obniżając punkt zamarzania. Gdy temperatura jest bardzo niska, komórki kurczą się w kulki syropu, niezamrożone repozytoria życia, otoczone drobkami lodu.

Paprotniki bożonarodzeniowy oraz mchy rosnące w mandali muszą stawić czoło dodatkowym wyzwaniom. Chociaż ich wiecznie zielone liście i łodygi żywią je w ciepłe zimowe dni, źródło ich zieloności, czyli chlorofil, przy zimnej pogodzie może się zachowywać nieprzewidywalnie. Chlorofil chwyta energię słoneczną i zamienia ją w rój wzbudzonych elektronów. W ciepłe dni energia elektronów zostaje szybko wykorzystana w procesie wytwarzania substancji odżywczych w komórce. Ale ten manewr nie udaje się w niskich temperaturach i komórki zostają wręcz zalane potokiem wzbudzonych elektronów. Niekontrolowana, nieukierunkowana energia dosłownie rozniosłaby komórkę. Aby temu zapobiec, rośliny wiecznie zielone, przygotowując się do zimy, napełniają swoje komórki substancjami chemicznymi przechwytyjącymi i neutralizującymi niepożądaną energię elektronów. Znamy te substancje pod nazwą witamin, zwłaszcza witaminy C i E. Rdzenni Amerykanie także o tym wiedzieli i w celach zdrowotnych żuli zimą zielone pędy roślin.

Lód przenika rośliny w mandali, ale każda ich komórka ostrożnie się kurczy, zwiększając mikroskopijne odstępstwa między lodem a życiem. Gdy na wiosnę ten skurcz ustąpi, gałązki, pąki i korzenie będą w stanie ożyć i zachowywać się tak, jakby zimy nigdy nie było. Kilka gatunków

roślin robi to jednak nieco inaczej. *Polymnia canadensis* zakończyła swoje krótkie, trwające osiemnaście miesięcy życie jesienią ubiegłego roku, a teraz jej łodygi stoją martwe, całkowicie opanowane przez zimę. Przeszły w zupełnie nową formę fizyczną, niczym sublimujący śnieg. Podobnie jak powstająca wprost ze śniegu para wodna, także i te nowe formy są niewidoczne. Ale tak jak ona, są wszędzie wokół. W ściółce mandali zostały ukryte tysiące nasion, które czekają tylko na koniec zimy. Mają twarde płaszcze i suche wnętrza, co podczas zimowych miesięcy chroni je przed atakami chłodu.

Wrażenie spustoszenia, które dotknęło mandalę, jest powierzchowne. W obrębie tego metra kwadratowego znajdują się setki tysięcy komórek roślinnych, każda z nich zamknięta w sobie, wycofana. Stonowana szarość zewnętrznej szaty roślin, jak proch strzelniczy, dobrze ukrywa energię, która w nich drzemie. Tak więc, chociaż sikory i inne ptaki w styczniu okazują już intensywne oznaki życiowej energii, ich wysiłki naprawdę niewiele znaczą w porównaniu z mocą drzemiącą w uśpionych roślinach. Gdy wiosna na nowo ożywi mandalę, wyzwolona przez nią energia poniesie cały las, w tym ptaki, przez kolejny rok życia.

2 lutego

Tropy

Oberwane czubki kaliny klonolistnej to ślad bytności jakiegoś zwierzęcia. Zostawiło ono w mandali trzy tropy, biegnące ze wschodu na zachód. Każdy z nich składa się z dwóch odcisków w kształcie migdała, głębokich na pięć centymetrów. Jest to podpis racycy, pieczęć klanu parzystokopytnych. Podobnie jak niemal każde środowisko lądowe, mandalę odwiedzają przedstawiciele ssaków parzystokopytnych, w tym wypadku jeleni wirginijski.

Zwierzę, które zeszłej nocy przeszło przez mandalę, starannie wybrało miejsce wypasu. Krzew kaliny zachował na gałązkach resztki pożywienia, przygotowując się do wiosny. Te młode końcówki gałązek jeszcze nie stwardniały. Zwierzę obrabowało krzew z jego delikatnej zeszłorocznej latorośli i złożyło przetrawiony materiał roślinny w swoich mięśniach lub, jeśli była to samica, w ciele karmionego jej mlekiem cielęcia.

Jeleń miał w tej pracy pomocnika. Uwolnienie składników odżywczych zablokowanych w twardych komórkach gałązek i liści wymaga współpracy bardzo dużego z bardzo małym. Ogromne wielokomórkowe zwierzęta mogą uszczknąć drzewu trochę jego masy, a nawet ją przeżuć, ale nie są w stanie strawić celulozy – cząsteczki, z której w znacznej mierze składa się tkanka roślinna. I tu na scenę wkraczają drobnoustroje, maleńkie organizmy jednokomórkowe, takie jak bakterie i pierwotniaki. Choć są niewielkie pod względem fizycznym, dysponują potężnymi możliwościami chemicznymi. Celuloza im niestraszna. W ten sposób powstaje złodziejska szajka: zwierzęta, które chodzą po lesie i mielą rośliny, łączą się w swych wysiłkach z drobnoustrojami, które trawią startą na pył celulozę. Taki proceder niezależnie od siebie opracowało kilka grup zwierząt. Termyty pracują z zamieszkującymi ich jelita pierwotniakami. Króliki i ich krewni utrzymują drobnoustroje w dużej komorze na końcu jelit. Kośnik czubaty (hoacyn), niesamowity liściożerny ptak z Ameryki Południowej, nosi na szyi worek fermentacyjny. I wreszcie przeżuwacze, w tym jelenie, mają ogromny, wypełniony pomocnikami worek w specjalnym żołądku zwanym żwaczem.

Takie mikrobiologiczne partnerstwo umożliwia dużym zwierzętom wykorzystanie ogromnych zapasów energii, zamkniętej w tkankach roślin. Zwierzęta, które nie zawarły umowy z mikroorganizmami, a także ludzie, muszą się ograniczać do jedzenia miękkich owoców, nielicznych lekkostrawnych nasion oraz mleka i mięsa swoich bardziej wszechstronnych pod względem żywieniowym zwierzęcych kuzynów.

* * *

Młode drzewka w mandali zostały ściśnięte między dolnymi zębami jelenia i twardą wkładką na jego górnej szczęce, która zajmuje miejsce górnych przednich zębów. Drewniane kąski zostały przesunięte do tylnych zębów, gdzie uległy zmiażdżeniu, a następnie zostały połknięte. Kiedy trafiają do żwacza, wchodzą w inny ekosystem, wpadając do ogromnej cysterny wypełnionej drobnoustrojami. Żwacz jest workiem połączonym z resztą układu pokarmowego jelenia. Wszystkie produkty spożywcze (poza mlekiem matki), zanim przejdą do żołądka właściwego, a następnie do jelit, wysyłane są do żwacza. Narząd ten otaczają silne mięśnie, które jakby ubijają jego zawartość. Płaty skóry w jego wnętrzu przerzucają pożywienie niczym bębniarki.

Większość mikroorganizmów zamieszkujących żwacz nie może żyć w obecności tlenu. Są potomkami dawnych stworzeń, które ewoluowały w zupełnie innych warunkach atmosferycznych niż obecne. Tlen stał się elementem składowym atmosfery ziemskiej dopiero około dwóch i pół miliarda lat temu, gdy natura stworzyła fotosyntezę, a ponieważ jest on substancją reaktywną i niebezpieczną, opanowanie przez niego naszej planety zmiotło wiele organizmów z jej powierzchni, a inne zmusiło do życia w ukryciu. Te gatunki, które nie tolerują tlenu, żyją dziś na dnach jezior, w bagnach oraz głęboko w glebie, gdzie starają się przetrwać w warunkach beztlenowych. Inne dostosowały się do tego nowego „zanieczyszczenia” i zgrabnie omijając problem, wykorzystwały toksyczny tlen do swoich celów. Tak narodziło się oddychanie z użyciem tlenu, czyli trik wyzwalający energię biochemiczną, który odziedziczyliśmy po swoich przodkach. Nasze życie zależy więc od związku chemicznego, który niegdyś zanieczyścił atmosferę.

Ewolucja zwierzęcych wnętrzości dała mikroskopijnym uchodźcom nietolerującym tlenu potencjalną nową kryjówkę. Jest ona nie tylko względnie wolna od tlenu, lecz ma też walor spełniający marzenie każdego mikroba – zapewniony stały dopływ przemięlnego pokarmu. Tyle że pojawił się pewien problem. Żołądki zwierzęce są zwykle pełne kwaśnych soków trawiennych, które mają za zadanie rozrywać żywą tkankę. To sprawia, że większość zwierząt nie może stać się siedliskiem mikroorganizmów trawiących rośliny. Jednak przeżuwacze zmieniły swój żołądek, stając się mistrzami w dziedzinie zapewniania schronienia mikrokomom, i zostały nagrodzone za to ogromnym sukcesem ewolucyjnym. Zasadniczym elementem tej gościnności jest usytuowanie i życzliwość żwacza, który znajduje się na początku układu pokarmowego i zachowuje odczyn neutralny: ani kwasowy, ani zasadowy. Mikroorganizmy świetnie się rozwijają w tym obrotowym spa. Ślina zwierzęcia ma odczyn zasadowy i zobojeźnia kwaśne produkty trawienia. Każda przychodząca do żwacza cząsteczka tlenu zostaje natychmiast wchłonięta przez grono bakteryjnych pokojówek.

Żwacz funkcjonuje tak sprawnie, że naukowcy, wyposażeni w najbardziej wyrafinowane próbki i naczynia, nie są w stanie odtworzyć, nie mówiąc już o pobiciu, tempa wzrostu czy trawiennej sprawności drobnoustrojów, które go zamieszkują. Wydajność żwacza jest skutkiem niezwykle złożonych warunków biochemicznych, które panują w jego wymoszczonych komorach. W każdym mililitrze płynu ze żwacza pływa milion milionów bakterii, należących do co najmniej dwustu gatunków. Niektóre z nich zostały opisane, inne dopiero czekają na swojego odkrywcę. Wiele występuje tylko w żwaczu. Przypuszczalnie przez te pięćdziesiąt pięć milionów lat, które tam spędziły, na tyle zmieniły budowę, że już nie przypominają swoich wolno żyjących przodków.

W obrębie żwacza bakteryjny proletariatus pada ofiarą grup pierwotniaków – organizmów tak jak one jednokomórkowych, lecz setki lub tysiące razy większych. Na pierwotniakach pasożytują grzyby, które zarażają, a następnie rozbijają komórki tłuszczowe. Inne grzyby swobodnie dryfują w płynie żwacza lub kolonizują skrawki materiału roślinnego. Różnorodność życia w tym narządzie umożliwia całkowite strawienie resztek roślin. Komórki roślinne nie jest w stanie samodzielnie strawić żaden pojedynczy organizm. Każdy ma jednak w tym procesie swój niewielki udział, siekając swoje ulubione cząsteczki, zbierając energię potrzebną do własnego wzrostu, a następnie odsyłając odpady do płynu żwacza. Odpady te stają się pożywieniem dla innego organizmu, co tworzy kaskadę rozkładania materiału roślinnego. Bakterie niszczą większość celulozy, korzystając z pomocy niektórych grzybów. Pierwotniaki mają szczególne zamiłowanie do ziaren skrobi; być może traktują je jako ziemniaki do bakteryjnego kotleta. Składniki odżywcze w żwaczu przechodzą przez miniaturowy łańcuch pokarmowy, a następnie wracają do wypełniającego żwacz płynu, naśladować w ten sposób cykle

przemian składników odżywczych w większych ekosystemach. W brzuchu jelenia zawiera się osobna mandala, toczy się skomplikowany taniec przeróżnych żywych organizmów, podtrzymywany przez jego wygłodniałe wargi i zęby. Młode przeżuwacze muszą budować społeczność żwacza od podstaw, a proces ten trwa wiele tygodni. W tym czasie ssą matczyną pierś, a także liżą glebę i okoliczne rośliny, połykając i gromadząc mikroorganizmy, które staną się ich pomocnikami w trawieniu celulozy.

Ekosystem żwacza jest mandalą samopoświęcenia, w której ucieleśnia się nieskończony proces przemian. Drobnoustroje wyprowadzane są stamtąd wraz ze strawionymi komórkami roślinnymi. Przechodzą wtedy do drugiej części żołądka, gdzie zostają zalane sokami trawiennymi i kwasami. Dla nich gościnność jelit już się zakończyła. Właściciel pensjonatu zabija je i trawi, zabierając ich białka i witaminy wraz z upłynnionymi resztkami roślin.

Żwacz zachowuje twardsze części roślin oraz przylegające do nich mikroorganizmy, zapewniając sobie zarówno pełne strawienie pokarmu, jak i ciągłość istnienia społeczności drobnoustrojów w swym wnętrzu. Jeleń przyspiesza rozpad tych twardszych elementów, zwracając je z powrotem do jamy gębowej, gdzie je przeżuwa, a następnie ponownie połyka. Taki proces trawienny pozwala zwierzęciu przełknąć jedzenie dosłownie w mgnieniu oka, a następnie przeżuwać je w bezpiecznej kryjówce, z dala od niebezpieczeństw.

W miarę zmiany pory roku jelenie przerzucają się w poszukiwaniu pożywienia na inne części roślin. Zdrewniała żywność zimowa zmienia się w wiosenną zieleninę, a następnie w jesienne żołądziej. Żwacz dostosowuje się do tych zmian przez stopniowe zwiększanie i zmniejszanie liczby członków swojej społeczności mikrobiologicznej. Wiosną rośnie populacja bakterii przystosowanych do trawienia miękkich liści, która spadła w zimie. Odgórne sterowanie tym procesem przez samego jelenia nie jest przy tym konieczne; rywalizacja między mieszkańcami żwacza automatycznie dopasowuje jego zdolności trawienne do dostępnego pokarmu. Jednak nagle zmiany w diecie mogą zakłócić to eleganckie dostosowanie środowiska żwacza do otoczenia. Jeśli jeleń w środku zimy zacząłby się żywić ziarnami kukurydzy lub zielonymi liśćmi, żwacz zostałby wytrącony z równowagi, kwasowość wzrosłaby w niekontrolowany sposób i w żwaczu zostałyby zatrzymane gazy. Tego rodzaju niestrawność może być nawet śmiertelna. Wobec podobnego problemu mogłyby stanąć młode osobniki, ssące jeszcze pierś matki. Fermentujące mleko z pewnością tworzyłoby w żwaczu gazy, szczególnie u zwierząt niedojrzałych, których żwacze nie zostały jeszcze w pełni skolonizowane przez drobnoustroje. Aby temu zapobiec, natura wyposażyła cielęta w mechanizm obronny: odruch ssania powoduje, że w układzie pokarmowym zwierzęcia tworzy się obejście, które wysyła mleko bezpośrednio do dalszej części żołądka, z pominięciem żwacza.

Przyroda rzadko narzuca przeżuwaczom szybkie zmiany w diecie. Kiedy jednak ludzie karmią udomowione krowy, kozy lub owce, muszą sprostać możliwościom ich żwaczy, które niekoniecznie odpowiadają potrzebom rynków towarowych. Zachowanie równowagi żwacza stanowi więc prawdziwą zmołę rolnictwa przemysłowego. Gdy krowy schodzą z pastwisk i zostają nagle zamknięte w oborach, gdzie tuczone są kukurydzą, trzeba podawać im leki, by uspokoić wzburzoną społeczność żwacza. Możemy starać się poddać ciało krowy naszej woli tylko przez opanowanie bytujących w jej organizmie drobnoustrojów.

Jednak w świetle pięćdziesięciu pięciu milionów lat istnienia żwacza zestawionych z pięćdziesięcioma latami rolnictwa przemysłowego nasze szanse są wątpliwe.

* * *

Ślady obecności jelenia w mandali są subtelne. Na pierwszy rzut oka krzewy i drzewka wydają się nienaruszone. Dopiero dokładniejsza obserwacja ujawnia, że brakuje końcówek gałęzi

i krótkich odcinków pędów bocznych. Kilka łodyg krzewów w mandali zostało podgryzionych, ale żaden z nich nie został zjedzony w całości. Wnioskuje z tego, że jelenie i ich mikrobiologiczni towarzysze często pojawiają się w mandali, ale nie głodują. Mogą sobie pozwolić na skubanie soczystych końcówek gałązek, pozostawiając zdrewniałe łodygi. Taka wybredność wśród jeleni wirginijskich ze wschodnich lasów staje się już luksusem. W obrębie terenów, na których pasą się te zwierzęta, rośliny bronią się bez powodzenia. Populacja zwierząt szybko się zwiększyła, a zęby i żwacze stale rosnących stad wytrzebiły drzewka, krzewy i zioła.

Wielu ekologów uważa, że niedawny wzrost populacji jelenia stanowi katastrofę w skali całego kontynentu północnoamerykańskiego. Społeczność zostaje wpędzona w stan nienaturalnego zachwiania równowagi, który można by pewnie porównać do skutków wrzucania kukurydzy do żwacza w zimie. Wina jeleni wydaje się niekwestionowana. Stają się one coraz liczniejsze. Populacja roślin zaś maleje. Gniazdujące na krzewach ptaki nie mogą znaleźć miejsc lęgowych. Na podmiejskich trawnikach czyhają choroby przenoszone przez kleszcze. Najpierw wyeliminowaliśmy drapieżniki, pierwszych rdzennych mieszkańców Ameryki, potem wilki, a na koniec współczesnych myśliwych, których liczba z roku na rok maleje. Nasze pola i rosnące miasta przecinały niegdysiejsze połacie lasu, nadając mu formę wstążek oraz splachetków i w rezultacie tworząc siedliska krawędziowe, w których lubią się paść jelenie. Mamy dobrze odkarmione stada jeleni, chronione przez prawo przed odstrzałem poza wyznaczonymi okresami w celu zachowania ich populacji. Czy życie leśne nie jest przez to zagrożone?

Być może to wszystko prawda, ale szerszy ogląd rzuca na to czarno-białe podsumowanie roli jelenia w lasach na wschodzie USA cień niepewności. Nasze kulturowe i naukowe wspomnienia tego, jak powinien wyglądać „normalny” las, zrodziły się w osobliwym momencie, kiedy to jelenie po raz pierwszy od tysiącleci zostały wyplenione z lasów. Prowadzone pod koniec XIX wieku polowania na dużą skalę zagroziły egzystencji tego gatunku. Jelenie zostały wyeliminowane z większości obszaru stanu Tennessee. Żaden z nich nie odwiedził mojej mandali od początku XX wieku do lat pięćdziesiątych. Następnie sprowadzenie jeleni z innych miejsc, w połączeniu z wyginięciem rysiów amerykańskich i zdziczałych psów stopniowo sprawiło, że do lat osiemdziesiątych populacja jeleni wzrastała, i okazało się, że znowu jest ich dużo. Podobny proces dokonywał się we wszystkich lasach na wschodzie kontynentu.

Historia ta klóci się z naszą naukową wiedzą o lesie. Większość przeprowadzonych w XX wieku badań dotyczących ekologii leśnej na wschodzie Ameryki Północnej została wykonana w lesie pozbawionym pasących się zwierząt, co nie było normalne. Dotyczy to zwłaszcza badań starszych, których wyniki traktujemy jako punkt odniesienia dla oceny zmian środowiskowych. A jest on w tym przypadku mylący: w żadnym innym momencie historii tych lasów nie brakowało tu przeżuwaczy i innych dużych roślinożerców. Przechowujemy w pamięci nienaturalny obraz lasu, pozbawionego dużych zwierząt roślinożernych.

Z opowieści tej wyłaniają się niepokojące konsekwencje. Dziko rosnące kwiaty i gniazdujące na krzewach lasówki mogą właśnie doświadczać końca nietypowej epoki łatwego życia. Nadmierny wypas ze strony jeleni może doprowadzić do zubożenia lasu i przeredzenia jego flory. Zasadność takich obaw zdają się potwierdzać także pamiętniki i listy pierwszych przybyłych na te tereny osadników z Europy. Thomas Harriot pisał w 1580 roku z Wirginii, że „jeśli chodzi o jelenie (...) w niektórych miejscach mamy ich bardzo dużo”. Thomas Ashe w 1682 roku donosił, że „mamy nieskończone ilości stad, tak że cały kraj wydaje się jednym parkiem”. Baron de La Hanton kontynuuje ten wątek w 1687 roku: „Nie mogę wręcz wysławić, jaka mnogość jeleni i indyków kryje się w tych lasach”.

Choć listy tych europejskich kolonistów są bardzo sugestywne, trudno jednoznacznie stwierdzić, czy ich przekaz jest wiarygodny. Ich ogląd rzeczywistości mógł zostać wypaczony

przez promocję projektu kolonizacyjnego, a jednocześnie wkraczali oni na kontynent, którego mieszkańcy, w większości myśliwi, zostali właśnie zdziesiątkowani w wyniku chorób i ludobójstwa. Jednak historie tych, którzy ocaleli, i pozostawione przez ich przodków dowody archeologiczne sugerują, że jelenie panowały w tutejszych lasach, jeszcze zanim przybyli Europejczycy. Indianie trzebili i palili lasy, by pobudzić rozwój młodej roślinności, której obfitość warunkowała z kolei wzrost populacji jeleni. Ludzie byli w stanie przetrwać zimę dzięki jeleniemu mięsu, a mitologia pierwszych mieszkańców obu Ameryk pełna jest duchów tych zwierząt. Zatem wszelkie informacje historyczne i archeologiczne wskazują na to samo: jelenie występowały w amerykańskich lasach powszechnie, zanim w XIX wieku zaczęto je zabijać z broni palnej. Pozbawione tej zwierzyny lasy z początków XX wieku to przyrodnicza aberracja.

Argumenty przeciw naszej współczesnej fobii przed jeleniami dodatkowo wzmacniają się, gdy przyjrzymy się czasom przed przybyciem ludzi na kontynent. Lasy strefy umiarkowanej rosły we wschodniej części Ameryki Północnej przez ostatnie pięćdziesiąt milionów lat. W najdawniejszych czasach w całej Azji, Ameryce Północnej i Europie las stanowił zwarty ekosystem, w następnym okresie poważnie nadwerężony przez ochłodzenie klimatu, szczególnie w kolejnych epokach lodowcowych, które przesunęły obszar lasów strefy umiarkowanej na południe. Gdy lód się cofał, lasy powracały. Obecnie resztki tych puszczy możemy jeszcze napotkać porzucane we wschodnich Chinach, Japonii, Europie, na Wyżynie Meksykańskiej i we wschodniej części Ameryki Północnej. Ten pochod lasu strefy umiarkowanej przez kontynenty powtarza pewien schemat: obecność pasących się ssaków, często bardzo licznych.

Jeleń, który przeszedł przez moją mandalę, jest jednym z ostatnich przedstawicieli znacznie większych od niego pasących się tu niegdyś zwierząt. Gigantyczne leniwce naziemne, o wymiarach zbliżonych do nosorożca, buszowały po lesie, żywiąc się jego roślinnością. Towarzyszyły im pizmowoly, olbrzymie roślinożerne niedźwiedzie, tapiry, pekariowate, żubry, kilka wymarłych już gatunków jeleni i antylop oraz mastodonty, budzące największą trwogę z nich wszystkich. Mastodonty to krewni współczesnego słonia, tak jak on wyposażone w kły, osadzone na szerokiej, nisko zawieszanej głowie. Osiągały trzy metry wysokości w kłębie i zerowały na północnym skraju lasu wschodu kontynentu. Podobnie jak wiele innych dużych roślinożerców, wyginęły pod koniec ostatniej epoki lodowcowej, około jedenastu tysięcy lat temu. Lód przychodził i odchodził z tych terenów już wcześniej, ale tym razem odwilż przyniosła pojawienie się nowego drapieżnika – człowieka. Wkrótce po przybyciu ludzi zniknęła większość dużych roślinożerców. Mniejsze ssaki zostały dotknięte w minimalnym stopniu; ofiarą tego nowego gracza padły tylko zwierzęta duże i mięsiste.

W jaskiniach i bagnach wschodniej części Stanów Zjednoczonych znajdujemy mnóstwo kopalnych śladów wielkich roślinożerców. Skamieniałości te przyczyniły się do rozpętania dziewiętnastowiecznej debaty na temat ewolucji. Darwin twierdził, że wymarłe zwierzęta stanowią kolejne dowody na to, iż nurt świata przyrody pozostaje w nieustannym ruchu. Ujął to następująco: „Nie możemy bez zdziwienia myśleć o tym, co się dzieje na kontynencie amerykańskim. Dawniej musiało się tu roić od wielkich stworzeń; teraz znajdujemy zaledwie pigmejów w porównaniu z poprzednimi, wytrzebionymi rasami”. Thomas Jefferson nie zgadzał się z tym stwierdzeniem, wierząc, że olbrzymie leniwce i inne zwierzęta ciągle gdzieś żyją. W końcu dlaczego Bóg miałby je stworzyć, a następnie wytrzebić? Doczesny świat odzwierciedla wszak doskonale dzieło Boga, toteż natura rozpadłaby się, gdyby pozwolił ginąć jej poszczególnym składnikom. Jefferson nakazał odkrywcom Lewisowi i Clarkowi, by odbyli podróż na wybrzeże Pacyfiku i przedstawili mu dowody istnienia tych stworzeń. Wyprawa nie dostarczyła takich dowodów. Darwin miał rację – elementy dzieła stworzenia mogą ulegać zagładzie.

Podobnie jak jeleni pozostawił po sobie tropy w mojej mandali, przechodzący przez tysiąclecia roślinożercy zostawili ślady w budowie niektórych rodzimych roślin. Glediczja trójcierniowa i ostrokrzew mają kolczaste łodygi i liście, przy czym ciernie wyrastają u nich do wysokości trzech metrów, czyli dwa razy wyżej, niż może sięgnąć jakikolwiek żyjący obecnie roślinożerca. Jest to jednak dokładnie ta wysokość, do której trzeba było powstrzymywać żerowanie ogromnych wymarłych roślinożerców. Glediczja trójcierniowa zaznaje drugiej straty z powodu swoich okazałych strąków, osiagających długość do półtora metra, czyli zbyt dużych, by mogły zostać w całości skonsumowane przez jakikolwiek żyjący obecnie rodzimy gatunek zwierząt, które tym samym mogłyby roznieść jej nasiona. Strąki te idealnie nadają się natomiast dla wielkich wymarłych zwierząt roślinożernych, takich jak mastodonty i leniwce naziemne. Kolejnym owocem, któremu wyginął partner roznoszący nasiona, jest mleczna piłeczka żółtnicy pomarańczowej. Podobne owoce na innych kontynentach są zjadane przez słonie, tapiry i inne duże zwierzęta roślinożerne, po których w Ameryce Północnej zachowały się tylko resztki w postaci śladów kopalnych. Budowa tych owdowiałych roślin opowiada nam ich historię, dając nam tym samym wgląd w żalobę całego lasu.

Struktura tych dawnych lasów została przed nami ukryta na zawsze, ale zarówno kości wymarłych zwierząt roślinożernych, jak i dzieje pierwszych Amerykanów sugerują, że nie było to łatwe miejsce do życia dla krzewów i małych drzew. Lasy Ameryki Północnej doświadczyły pięćdziesięciu milionów lat żerowania, dziesięciu tysięcy lat drastycznego zmniejszania się populacji ssaków roślinożernych, a wreszcie stu dziwnych lat bez żerowania w ogóle. Czy te przedwieczne, różnorodne lasy nie były rzadkie, nieustannie przycinane przez wędrowną stadą roślinożerców, i usiane polanami? Oczywiście, nawet te wielkie zwierzęta miały swoich wrogów, których dzisiaj albo już nie ma, albo są zagrożone wyginięciem. Tygrys szablatozębny i wilk straszny wyginęły, zaś wilk szary, puma i ryś rudy są bardzo rzadkie. W zachodniej części Stanów Zjednoczonych na roślinożercach żerowały wielkie lwy amerykańskie i gepardy. Istnienie tak dużych drapieżników jest kolejnym dowodem niegdysiejszej obfitości zwierząt roślinożernych. Wielkie koty i wilki potrzebują olbrzymich stad zwierząt, którymi się żywią. Te miejsca na świecie, które mogą podtrzymać istnienie dużych populacji zwierząt drapieżnych, są także dobrze zaopatrzone w pożywienie dla roślinożerców. W końcu mięso jest przepuszczonym przez łańcuch pokarmowy materiałem roślinnym. Toteż obfitość śladów kopalnych potwierdzających istnienie dużych drapieżników stanowi niezbitą dowód na intensywne żerowanie na roślinach.

Do czynnika ludzkiego, który w największym stopniu przyczynił się do przetrzebienia populacji jeleni, dołączyły ostatnio trzy nowe: psy domowe, kojoty, które nadciągnęły z zachodu, i zderzaki samochodów. Pierwsze dwa to drapieżcy polujący przeważnie na zwierzęta młode, zaś ten ostatni jest głównym zabójcą osobników dorosłych, zamieszkujących tereny podmiejskie. Staaliśmy w obliczu sytuacji bez wyjścia. Z jednej strony kilkadziesiąt gatunków zwierząt roślinożernych zagrożonych jest wyginięciem, z drugiej zaś jeden typ drapieżnika zostaje zastąpiony innym. Jaki poziom żerowania na roślinach jest normalny, akceptowalny lub naturalny w naszych lasach? Nie są to pytania łatwe, ale jedno jest pewne: bujna roślinność leśna, która porastała te tereny w XX wieku, była niezwykle rzadko naruszana przez pasące się tu zwierzęta.

Las bez dużych roślinożerców jest jak orkiestra bez smyczków. Przywykliśmy do takich dziurawych symfonii i przeszkadza nam, gdy dźwięki skrzypiec wracają i tłumią inne, lepiej nam znane instrumenty. Sprzeciw wobec powrotu zwierząt roślinożernych nie ma żadnego uzasadnienia historycznego. Być może trzeba popatrzeć na to zagadnienie z szerszej perspektywy, posłuchać pełnej symfonii i cieszyć się z partnerstwa między zwierzęciem

a mikroorganizmem, który buszuje w zaroślach od milionów lat. Do widzenia krzewy, dzień dobry kleszcze. Witamy z powrotem w plejstocenie.

16 lutego

Mech

Powierzchnię mandali szturmują strugi ulewy, z nieba raz po raz rozlega się kanonada. Deszczowe bataliony przez cały tydzień przypuszczały atak od strony Zatoki Meksykańskiej. Cały świat wydaje się przybytkiem rwącej, wzburzonej wody.

Mchy radują się wilgocią. Prężą się pod strumieniami deszczu, coraz bardziej zielenieją. Przechodzą ogromną przemianę. Tydzień temu, wyschnięte i wyblakłe, zwisały z kamieni w obrębie mandali, zdeptane przez zimę. Teraz już takie nie są. Teraz ich ciała napełniły się energią z chmur.

Ja także czuję, że rozeschłem się zimą, i pragnę wilgoci, zielonej odnowy. Dlatego przysuwam się, by lepiej im się przyjrzeć. Kładę się na skraju mandali i opieram twarz na mchu. Pachnie ziemią i życiem, a jego piękno coraz bardziej rośnie, w miarę jak się przybliżam. Chcę doświadczać tej bliskości jeszcze bardziej, wyciągam więc lupę, przykładam ją do oka i przysuwam się jeszcze bliżej.

Na kamieniu mieszają się dwa rodzaje mchu. Nie jestem w stanie ich zidentyfikować bez obejrzenia ich komórek pod mikroskopem, prowadzę więc tę obserwację bez odwoływania się do nazw gatunkowych. Jeden z nich wygląda jak leżące na ziemi grube liny, gęsto pokryte listkami. Z daleka jego łodyga zdaje się mieć dredy, jednak z bliska widać, że listki ułożone są w powtarzające się, zgrabne spirale, niczym niekończący się łańcuch zielonych płatków. Drugi gatunek rośnie do góry, a jego łodygi wyglądają jak miniaturowe świerczki. Końcówki gałązek obu gatunków przypominają kolorem młodą sałatę. Poniżej kolor ciemnieje, wpadając w oliwkową zieleń dojrzałych liści dębu. W tym świecie panuje świetlistość – każdy liść ma grubość jednej komórki. Światło wnika w mech, igra w nim i nadaje mu wewnętrzny blask. Woda, światło i życie połączyły swe siły i przełamały uścisk zimy.

Mimo zielonej witalności mchów mało kto je docenia. W podręcznikach określane są jako prymitywne pozostałości po czasach minionych, prototypy, usunięte w cień przez gatunki bardziej zaawansowane, takie jak paprocie i rośliny okrytonasienne. Jednak takie ujęcie mchów jako ewolucyjnych resztek jest pod wieloma względami niesłuszne. Gdyby rzeczywiście były one tylko zacofanymi relikdami, wymierającymi w obliczu chwalebnej nowoczesności, można by się spodziewać, że kiedyś musiały mieć swój złoty wiek, a potem okres powolnego upadku, których ślady dałyby się odnaleźć w skamieniałościach. Jednak te nieliczne dowody, które wykopujemy, świadczą o czymś przeciwnym. Skamieniałe resztki pierwszych prymitywnych roślin lądowych prawie wcale nie przypominają starannie ułożonych listków, wymyślnych łodyg i zarodni współczesnych mchów.

Genetyczne badania porównawcze potwierdzają tę kopalną wskazówkę, wykazując, że drzewo genealogiczne roślin rozgałęziło się w cztery strony, i to już prawie pięćset milionów lat temu. Nadal nie wiemy z całą pewnością, w jakim porządku doszło do tego rozgałęzienia: być może pierwsze odłączyły się wątrobowce, pełzający wielbiciele brzegów strumieni i mokrych kamieni. Przodkowie mchów zrobili to nieco później, a po nich glewiki – najbliżsi krewni paproci, roślin okrytonasiennych i im podobnych. Mchy wypracowały własny styl bytowania, który nigdy nie stanowił stanu pośredniego ku jakiejś „wyższej” formie.

Wpatruję się przez lupkę i widzę, że mech złapał deszcz wszędzie, gdzie tylko mógł.

W zagłębieniach między listkami a łądygą woda tworzy srebrne baseny o uniesionych brzegach, utrzymywanych przez napięcie powierzchniowe. Kropelki wody nie spływają, lecz przyczepiają się do rośliny i posuwają w stronę jej wierzchołka. Mchy zdają się lekceważyć grawitację i wyczarowywać pnące się ku górze węże cieczy. Tak działa menisk, wyrzucenie wody podciągającej się w górę przy ściankach szklanki. Mech w całości jest krawędzią takiego naczynia, jego budowa przyciąga wodę, a potem więzi w swym labiryncie.

Nam, ludziom, trudno jest uchwycić charakter związku między mchem a wodą. Wszystko mamy w środku, nasze rurki i pompy są ukryte. Drzewa również chowają swoje systemy hydrauliczne. To samo robimy w naszych domach. Ssaki, drzewa, domy to elementy makroświata. Mikroskopijny świat mchów funkcjonuje inaczej. Przyciąganie elektryczne między wodą a powierzchnią komórek rośliny wywiera znaczną siłę na niewielkich odległościach, a ciała mchów są uformowane tak, by mistrzowsko wykorzystać to przyciąganie, przemieszczając wodę i magazynując ją w załomach swej skomplikowanej fasady.

Rowki na powierzchni łądygi pompują wodę z mokrego wnętrza mchu do jego suchych końcówek, działając jak papierowa chusteczka. Miniaturowe łądygi składają się z poskręcanych nitek tkanki, a ich liście pełne są drobnutkich kolców, które powiększają powierzchnię, na której utrzymuje się woda. Liście przylegają do łądygi pod odpowiednim kątem, by utrzymać mały sierpowaty zbiorniczek. Złapane w nim krople łączą się z wodą zgromadzoną w wełnistych włoskach i rowkach na powierzchni rośliny. Ciało mchu to bagnista delta, tyle że w miniaturze i ustawiona pionowo. Woda pełźnie od depresji przez strumyk do laguny, spowijając roślinę wilgocią. Zanim deszcz przestanie padać, mech zdąży uwięzić na powierzchni swojego ciała od pięciu do dziesięciu razy więcej wody, niż ma jej w swoich komórkach. To taki roślinny odpowiednik wielbłądziejego garbu, z którego zwierzę korzysta w okresach przedłużającej się suszy.

Mchy wypracowały sobie inną strukturę niż drzewa, wcale nie mniej skomplikowaną i bez wątplenia równie skuteczną z punktu widzenia ewolucyjnego przetrwania. Jednak funkcja wyrafinowanej budowy mchu nie sprowadza się do przechowywania wody. Gdy tydzień temu zaczęło padać, w roślinie nastąpiła kaskada zmian fizjologicznych, które sprawiły, że dzisiaj mchy są już bujne. Woda najpierw przyłgnęła do zeschniętych łądyżek, następnie przesiąkła do cienkich zdrewniałych ścianek każdej komórki i nawilżyła powierzchnię skrytej pod nią wyschniętej rodzyнки. Te skurczone kuleczki były usypionymi komórkami, których błona przystosowana jest do tego, by wchłonać dar deszczu niczym gąbka. Komórka napęczniała, jej błona rozepchnęła zdrewniałą ścianę i do rośliny powróciło życie.

To parcie tysięcy komórek ożywia roślinę i podnosi mech z zimowego snu. Wielkie zakrzywione komórki znajdujące się w rogach liści napęlniają się wodą niczym balony. Powoduje to odstawanie liści od łądygi i tworzy przestrzeń do wychwytywania wody, a także kieruje wierzchnią stronę liści ku niebu. Wewnętrzna, wklęsła część powierzchni liścia łapie wodę, a zewnętrzna, wypukła, chwyta promienie słoneczne i powietrze, dostarczając roślinie pożywienia. To spowodowane deszczem puchnięcie zmienia liście zarówno w magazyn wody, jak i odbiorcę promieni słonecznych; w korzeń i gałąź zarazem.

W środku komórki pojawia się zamęt. Deszczówka zamieszalała w jej wnętrzu. Zmoczone membrany tak się rozluźniły, że część zawartości komórek wyciekła. Znajdujące się w nich cukry i minerały zostały utracone na zawsze – to cena elastyczności. Ten chaos nie potrwa jednak zbyt długo. Zanim mech wysechł, zdążył roztropnie napełnić swoje komórki substancjami chemicznymi. Teraz, gdy komórki są nabrzmiałe wodą, substancje te przywrócą i ustabilizują jej właściwą pracę. A gdy tylko napęczniała wilgocią komórka odzyska równowagę, uzupełni zasoby substancji naprawczych. Napełni się także cukrami i białkami, które pomagają zwinąć

maszynię komórkową, gdy zrobi się sucho.

Mchy są więc w stanie w każdej chwili poradzić sobie zarówno z suszą, jak i z powodzią. Większość roślin podchodzi dużo luźniej do przygotowania się do stanów wyjątkowych, za każdym razem tworząc od zera swój zestaw ratunkowy w momencie zagrożenia. Zabiera to cenny czas i powoduje, że zarówno szybkie zmoczenie, jak i gwałtowne wyschnięcie może takich maruderów zabić. Ale nie mchy!

Mchom udaje się przetrwać suszę nie tylko dlatego, że starannie się do tego przygotowują. Rośliny te są w stanie wytrzymać skrajne warunki, które innych by zabiły, dzięki napelnianiu swych komórek cukrem. Suchy mech przekształca się w skryzalizowany cukierek; wnętrza jego komórek ulegają zeszkleniu i w ten sposób mogą zachować życie. Suchy mech byłby nawet całkiem smaczny, gdyby nie jego łykowata powierzchnia i gorzka przyprawa z kandyzowanych komórek.

* * *

Pół miliarda lat życia na ziemi sprawiło, że mchy stały się mistrzami choreografii tańca wody i substancji chemicznych. Bujny gąszcz mchu na kamieniach mandali pokazuje zalety giętkiego ciała i elastycznej fizjologii. Drzewa, krzewy i trawy ciągle tkwią jeszcze w okowach zimy, podczas gdy mchy już się z nich uwolniły i mogą zacząć rosnąć. Drzewa nie są w stanie skorzystać z wczesnej odwilży. Potem jednak role się odwrócą i to one, korzystając z korzeni i wewnętrznego systemu hydraulicznego, zdominują lato w mandali, zabierając pozbawionym korzeni mchom dostęp do słońca. Jednak w tym momencie są jeszcze sparaliżowane swoim ogromem.

Ta późnozimowa gotowość mchów do aktywności wywołuje konsekwencje, które wykraczają poza ich własne korzyści. Z tego, że mchy zatrzymują wodę, korzysta cały łańcuch życia w mandali. Choć energia kinetyczna ulewy dosłownie siecze zbocze, woda wypływająca z mandali jest czysta, bez śladu błota czy mułu, który krwawi z okolicznych pól i miejscowości. Mchy i gruba warstwa ściółki leśnej wchłaniają wilgoć i spowalniają opadanie deszczowych kropeł na ziemię, zmieniając wściekły atak wodnej artylerii w pieszczotę dla gleby. Gdy woda spływa po zboczu, dzięki trawom, krzewom i korzeniom drzew gleba pozostaje na swoim miejscu. Pracują nad tym setki gatunków, wspólnie tkających poszycie dna lasu. Przetykając wzajemnie osnowę i wątek, tworzą twardą, wypełnioną łykiem koszulę, której nie rozerwie nawet taka ulewa. To całkiem inna jakość niż pokryte młodym zbożem pola i podmiejskie trawniki, gdzie wątle i delikatne korzenie nie są w stanie utrzymać gleby w miejscu.

Mchy nie tylko stanowią pierwszą linię obrony przed erozyjną mocą wody. Ponieważ nie mają korzeni, pobierają wodę i składniki odżywcze wprost z powietrza. Na porowatej powierzchni ich gałązek osadza się kurz, dzięki czemu roślina może przyswoić solidną dawkę minerałów dosłownie z powietrza. Gdy woda pełna jest kwasów z rur wydechowych aut czy toksycznych metali ciężkich z elektrociepłowni, mchy przyswajają sobie to wszystko wraz z wilgocią i chętnie pochłaniają zanieczyszczenia. Mchy rosnące w obrębie mandali oczyszczają deszcz z odpadów przemysłowych, chwytając i zatrzymując metale ciężkie emitowane przez samochody oraz węglowy dym z elektrociepłowni.

Gdy skończy się deszcz, mchy utrzymują wodę, a potem powoli ją uwalniają. Tak więc życie lasu podtrzymuje się samo, chroniąc rzeki przed nagłym zamuleniem i zachowując obieg wody w okresie suszy. Parowanie z wilgotnego lasu tworzy chmury i jeśli las jest odpowiednio duży, wytwarza własny deszcz. Zazwyczaj przyjmujemy te dary, w ogóle nie zastanawiając się nad tym, jak bardzo jesteśmy od nich zależni, chociaż potrzeby ekonomiczne niekiedy wyrwywają nas z tego letargu. Miasto Nowy Jork zdecydowało się objąć ochroną góry Catskill zamiast

finansować sztuczną oczyszczalnię wody. Zachowanie w tych górach milionów pokrytych mchem mandali takich jak moja jest tańsze niż „rozwiązanie” technologiczne. W Kostaryce odbiorcy wody u stóp niektórych wodospadów płacą właścicielom położonych wyżej lasów za utrzymanie zalesienia. W ten sposób ludzka gospodarka bazuje na gospodarce naturalnej, przyczyniając się do ograniczenia wytrzebienia lasu.

Deszcz nadal łomocze w obrębie mandali. Z miejsca, w którym siedzę, słychać grzmot dwóch strumieni po obu jej stronach, oddalonych od niej co najmniej o sto metrów. Intensywność deszczu zmieniła ich szmer w istny huk. Nieprzemakalna odzież zdołała chronić mnie przed ulewą przez jakąś godzinę, ale teraz zaczynam już odczuwać napierającą na mnie siłę żywiołu. Tymczasem mchy czują się jak u siebie. Pięćset milionów lat ewolucji nauczyło je, jak radzić sobie na deszczu.

28 lutego

Salamandra

W szczelinie wśród ściółki miga jakaś noga. Za nią znika wśród mokrych liści koniuszek ogona. Opieram się pokusie, aby rozsunąć liście, i czekam z nadzieją, że salamandra znowu się pojawi. Kilka minut później spod liści wysuwa się lśniąca głowa i zwierzątko biegnie po otwartej przestrzeni. Przepiska się przez kolejną szczelinę, wybiega z niej, potyka się o łodyżkę liścia i niezgrabnie wpada do dziury. Wstrząśnięta salamandra opanowuje się i wychodzi z zagłębienia, by ponownie zanurkować w warstwy martwych liści. Zimna mgła gęstnieje, moje pole widzenia ogranicza się do kilku metrów, ale ona błyszczy, jakby padał na nią jasny promień słonecznego światła. Jej ciemna, gładka skóra upstrzona jest srebrnymi plamkami. Po jej grzbiecie spływają małe czerwone smugi. Jest mokra, jakby postać materii ożywionej przybrała skondensowana chmura.

Podobnie jak mchom wilgoć służy również salamandrom, nie wykorzystają one jednak strategii tych pierwszych, polegającej na wysuszeniu się i przeczekiwaniu dni między opadami. Zamiast tego jak koczownicy podążają za chłodnym, wilgotnym powietrzem, chowając się w glebie lub wychodząc z niej w rytm zmian wilgotności. W zimie pełzają między skałami i głazami, dokąd uciekają przed mrozem, żyjąc jak troglodyci w podziemnych mrokach, na głębokości do siedmiu metrów. Wiosną i jesienią wracają na powierzchnię i kursują po ściółce, łowiąc mrówki, termyty i małe muchy. Wysuszający letni upał wygania je z powrotem pod ziemię, choć w mokre letnie noce wychodzą na powierzchnię, by ucztować, nie narażając się na odwodnienie.

Obserwowana przeze mnie salamandra ma długość dwóch paznokci mojego kciuka. Smukłe nogi i szyja wyróżniają ją jako przedstawiciela gatunku *Plethodon*, być może jest to „salamandra zygzakowata” (*Plethodon ventralis*) albo „czerwonogrzbiet południowy” (*Plethodon serratus*). Fakt, iż wszystkie one są kolorowe i nie do końca przebadane, sprawia, że nie jestem w stanie precyzyjnie jej zidentyfikować. Poza tym nie w pełni wiadomo, co to właściwie znaczy „gatunek” salamandry; natura niekoniecznie stosuje się do naszego upodobania do jasnych podziałów i klasyfikacji.

Biegająca tu salamandra jest niewielka, prawdopodobnie jest to więc młody osobnik, wykluty późnym latem ubiegłego roku. Jej rodzice odbyli gody zeszłej wiosny, delikatnie pocierając o siebie nogi i policzki. Ponieważ skóra salamandry stanowi zlepek gruczołów zapachowych, takie pocieranie policzka o policzek przekazuje chemiczne szepty i śle feromonowe wiersze miłosne. Kiedy para się zapoznała, samica podniosła głowę, a samiec wślizgnął się pod jej pierś. Poszedł do przodu, a ona za nim, rozkraczając się nad jego ogonem w tym dziwnym tańcu. Po kilku krokach on składa niewielki stożek galaretowatej substancji z pakietem zlepionych plemników. Znowu rusza do przodu, machając ogonem, a samica podąża za nim. Wreszcie ona się zatrzymuje i wciąga plemniki siłą mięśni. Taniec się kończy i salamandry rozchodzą się każda w swoją stronę, by nigdy więcej się nie spotkać.

Samica szuka szczeliny skalnej lub wydrążonego pnia powalonego drzewa, gdzie złoży jaja. Potem owija się wokół nich i pozostaje w gnieździe do sześciu tygodni, czyli dłużej niż większość ptaków śpiewających. Obraca jaja, aby rozwijające się zarodki nie przywarły do ich ścianek. Obumarłe jaja zjada, zapobiegając rozwojowi pleśni, która mogłaby zabić cały miot. Do

gniazda zaglądną czasami inne salamandry, szukając jajka na przekąskę, ale matka je odpędza. Jaja pozbawione opieki zawsze są zarażane przez grzyby lub zostają zjedzone przez drapieżniki, więc ta pilna troska jest niezbędna. Gdy małe salamandry wyjdą z jaj, obowiązki rodzicielskie matki się kończą i może ona odnowić swoje uszczuplone zapasy energii pokarmem znajdującym w ściółce leśnej. Młode salamandry – miniaturowe wersje rodziców – pełzają po leśnym gruncie, samodzielnie zdobywając pokarm. *Plethodon*, który przeszukuje mandalę, całe swoje życie spędza na lądzie, nie zanurzając nawet palca w strumieniu, kałuży czy stawie.

Proces rozmnażania salamandry obala dwa mity. Pierwszy z nich głosi, że płazy, by się rozmnażać, potrzebują wody. A przecież, mimo że przyzwyczailiśmy się widzieć te zwierzęta w wodzie, *Plethodon* jest płazem lądowym. Drugi mit – że płazy, jako zwierzęta „prymitywne”, nie dbają o swoje młode – osadzony jest w teoriach dotyczących ewolucji mózgu, według których funkcje „wyższe”, w tym opieka rodzicielska, pojawiają się tylko u „wyższych” zwierząt, takich jak ssaki i ptaki. Tymczasem troskliwe czuwanie matki przy złożonych jajach dowodzi, że opieka rodzicielska jest w królestwie zwierząt rozpowszechniona bardziej, niż podejrzewają zwolennicy koncepcji hierarchicznej mózgu. O jaja lub młode dba wiele gatunków płazów, podobnie jak czynią to ryby, gady, pszczoły, chrząszcze i cała menażeria drżących nad swym potomstwem „prymitywnych” rodziców.

Ta młoda salamandra z mandali, zanim stanie się wystarczająco duża, aby dojrzeć płciowo, spędzi kolejny rok lub dwa, szukając pożywienia w ściółce. *Plethodon* wyruszający na poszukiwanie jedzenia odznacza się niezwykłą żarłocznością. W obrębie ściółki leśnej salamandry są prawdziwymi rekinami, krążącymi po jej „wodach” i pożerającymi mniejsze bezkręgowce. By uczynić pysk *Plethodona* jeszcze bardziej skuteczną pułapką, ewolucja poświęciła jego płuca. Wyeliminowanie tchawicy i wprowadzenie oddychania przez skórę pozwala walczyć salamandrze z ofiarą utrzymaną w otworze gębowym bez przerw na zaczerpnięcie oddechu. Jakby zawarła z Shylockiem¹ ewolucji umowę i zakupiła skuteczniejszy język, płacąc za niego kilkoma gramami płuc. Salamandry żyją więc z tej pożyczki trzech tysięcy dukatów, królując na mokrej ściółce we wszystkich lasach na wschodzie kontynentu. W chwili obecnej im się to opłaca, ale lichwiarz może kiedyś zacząć się domagać spłaty długu. Jeśli zanieczyszczenie powietrza lub globalne ocieplenie zmieni warunki życia w ściółce, gatunek *Plethodon* nie będzie do tych zmian zbyt dobrze przystosowany. Istotnie, prognozy zmian środowiskowych powodowanych globalnym ociepleniem sugerują, że populacja górskich salamander poważnie spadnie, gdy znikną ich chłodne, wilgotne siedliska.

Nie wiadomo, jak salamandry *Plethodon* pozbyły się płuc. Inne gatunki salamander je mają, chociaż płuca tych żyjących w górskich potokach są dość małe. Zimne strumienie obfitują w tlen, więc bytujące w nich salamandry mogą wykorzystać swoją skórę jako narząd oddechowy. Może lądowe salamandry pozbawione płuc wyewoluowały od swych krewnych żyjących w strumieniach? Była to preferowana przez biologów teoria do momentu, gdy dokładniej przyjrzano się danym geologicznym. Skały opowiedziały niewygodną historię: w czasach, gdy ewoluowały salamandry *Plethodon*, wschodnie pasma górskie były zaledwie niewielkimi fałdowaniami. Na ich łagodnych zboczach nie mogłyby powstać bystre strumienie górskie, zamieszkiwane przez salamandry o niewielkich płucach. Tak więc zostaliśmy pozbawieni historycznego wyjaśnienia braku płuc u *plethodonów*.

Mandala jest na tyle duża, że mogłaby pomieścić prawie cały świat tej salamandry. Dorosłe osobniki tego gatunku są zwierzętami terytorialnymi i rzadko oddalają się bardziej niż na kilka metrów od swojego siedliska; niektóre raczej zapuszczają się głębiej pod ziemię niż poruszają się po powierzchni ściółki. To przywiązanie do miejsca odpowiada za różnorodność leśnych salamander. Ponieważ rzadko stąd wyruszają, raczej nie krzyżują się z osobnikami

z drugiej strony wzgórza czy doliny. Dlatego ich lokalne populacje dostosowują się do specyfiki najbliższego otoczenia. Jeśli ten brak kontaktów utrzymuje się wystarczająco długo, poszczególne populacje mogą przybierać odmienny wygląd i mieć różne cechy genetyczne. Niektóre z nich mogą nawet zostać uznane za osobne „gatunki”, w zależności od aktualnej mody taksonomicznej. Appalachy to stare góry, a na ich południowym krańcu, gdzie znajduje się mandala, nigdy nie zagościł lodowiec. Tutejsze salamandry miały tu więcej czasu, by się zróżnicować, niż w jakimkolwiek innym rejonie świata. Właśnie ta różnorodność częściowo odpowiada za to, dlaczego tak trudno sklasyfikować je w gatunki.

Niestety, stare lasy, mokre i ciepłe, które sprzyjały takiej różnorodności salamander, pełne są dużych, dochodowych dla gospodarki drzew. Jeśli usuwa się je w wyrębach na dużą skalę, zacieniona dotąd ściółka zostaje zalana słonecznym światłem, które tępi wszystkie salamandry. Jeżeli poręba otoczona jest dojrzałym lasem, pozostawionym samemu sobie przez kilka dziesięcioleci, salamandry zaczną powoli wracać. Ale nie będzie ich już tyle co przedtem, choć nikt nie wie dlaczego. Być może duże wyręby eliminują precyzyjne genetyczne przystosowanie lokalnych populacji? W trakcie wyrębu usuwane są również drzewa, których naturalny upadek stworzyłby wilgotne szczeliny, dziury nadające się do założenia gniazda i miejsca schronienia przed słońcem. W żargonie naukowym te życiodajne powalone drzewa określa się mianem „martwego drewna” lub leżaniny. Wydaje się jednak, że terminy te mają zbyt mały ciężar gatunkowy dla określenia tak niezwykle istotnych ról związanych z ekologią lasu.

Moja salamandra żyje wśród powalonych drzew na małym skrawku ziemi chronionym starodrzewem, ale chociaż wyręb jest tu mało prawdopodobny, nie jest w pełni bezpieczna. Ten osobnik nie ma ogona. Stracił go prawdopodobnie w wyniku spotkania z myszą, ptakiem lub wężem. Zaatakowana przez drapieżnika salamandra bije za sobą ogonem, by odwrócić jego uwagę. W razie potrzeby narząd ten odrywa się i gwałtownie faluje, dając salamandrze okazję do ucieczki. Naczynia krwionośne i mięśnie u podstawy ogona *plethodonów* są przystosowane do natychmiastowego zamknięcia rany w razie jego utraty. Skóra jest w tym miejscu słabsza oraz cieńsza, i prawdopodobnie dzięki temu ogon może się uwolnić bez ryzyka uszkodzenia reszty ciała. Ewolucja dobiła więc z tymi zwierzętami targu dwukrotnie, a salamandra za każdym razem okupiła to własnym ciałem: lepszy otwór gębowy kosztem płuc i zachowanie życia w zamian za ogon. Pierwsza umowa obowiązuje permanentnie, druga ma charakter czasowy; anulują ją tajemnicze zdolności regeneracji ogona.

Plethodon zmienia kształty, naprawdę jak chmura. Jego gody i rodzicielstwo przeciwstawiają się naszym wydumanym teoriom, jego płuca zostały wymienione na silniejsze szczęki, dysponuje odczepianymi częściami ciała, a na dodatek ten miłośnik wilgoci paradoksalnie nigdy nie wchodzi do zbiorników wodnych. I, podobnie jak wszystkie chmury, jest bezbronny wobec silnych wiatrów.

Bohater *Kupca weneckiego* Williama Shakespeare’a [przyp. red.]. [\[wróć\]](#)

13 marca

Przylaszczka

Przez cały tydzień było ciepło, co dało nam wyczekiwany, choć przedwczesny posmak maja. Pierwsze wiosenne kwiaty wyczuły swoją szansę i wystrzeliły spod ściółki, sprawiając, że gładka dotąd pokrywa martwych liści została wreszcie naruszona.

W drodze do mandali zdjąłem buty i stąpałem boso po podniszczonej ścieżce szlaku, czując delikatne ciepło podłoża. Ostrość zimy minęła. Gdy szedłem w szarej poświacie świtu, rozśpiewały się ptaki. Od skalistego urwiska odrywały się fibiki, z niższych gałęzi towarzyszyło im ćwierkanie sikor, a z wielkich drzew poniżej ścieżki dochodziło stukanie dzięciołów. Zarówno nad ziemią, jak i pod ziemią nastąpiła zmiana pory roku.

Dostrzegam, że w mojej mandali przebił się wreszcie kwiat, przylaszczka (*Hepatica*), który zakwitł na łodydze długości palca. Tydzień temu jego pączek był zaledwie cieniutkim pazurkiem, obramowanym srebrnymi kłaczkami. Pazurek powoli się zaokrąglił i w miarę ocieplania się powietrza stawał się coraz grubszy i dłuższy. Tego ranka łodyga przybrała kształt eleganckiego znaku zapytania, na dole nadal tkwiącego wśród liści, a kończącego się ściśle przylegającym do niego kwiatostanem. Główna kłania się skromnie, a jego kielich pozostaje zamknięty dla nocnych rabusiów pyłku.

Kwiat otwiera się w godzinę po pojawieniu się pierwszych promieni słonecznych. Trzy działki kielicha rozchylają się, odsłaniając krawędzie kolejnych trzech, położonych głębiej. Mienia się fioletowo i chociaż *Hepatica* nie ma prawdziwego kielicha, trzy podkwiatki przybierają jego kształt i przejmują jego funkcje, nocą chroniąc kwiat, a za dnia przyciągając owady. Otwieranie się kwiatu przebiega zbyt wolno, bym mógł je zaobserwować. Różnice mogę dostrzec tylko wtedy, gdy co jakiś czas odwrócę wzrok, a potem znowu na niego popatrzę. Próbuję uspokoić oddech i dostosować go do prędkości rozwijania się kwiatu, ale mój mózg pędzi i ten powolny, pełen gracji ruch mi umyka.

Mijają kolejne godziny i łodyga się prostuje – znak zapytania zmienia się w wykrzyknik. Teraz podkwiatki są szeroko otwarte i kwiat lśni głębokim fioletem, przyciągając pszczoły, by zbadały poszarpany pędzel pylników w jego środku. Godzinę później wykrzyknik sprawia wrażenie napisanego w pośpiechu, jest nieco odchylony do tyłu, a kwiat celuje prosto we mnie. To pierwsze tegoroczne kwitnienie w obrębie mandali. Wyrazisty, skierowany ku niebu łuk łodygi wydaje się stosownym gestem na rozpoczęcie wiosny.

* * *

Łacińska nazwa tego kwiatu, *Hepatica*, ma długą historię. W Europie Zachodniej jego bliskiego kuzyna o tej samej nazwie używano w ziołolecznictwie co najmniej od dwóch tysięcy lat. Zarówno nazwa oficjalna, jak i popularna – ziele wątrobné – odnosi się do stosowania rośliny w medycynie i nawiązuje do jej trzyplatkowego liścia przypominającego ten narząd.

W większości kultur istnieje zwyczaj przypisywania roślinom właściwości leczniczych – oraz nadawania im nazw – na podstawie ich kształtu. W tradycji zachodniej pewien nietypowy badacz skodyfikował ten zwyczaj w system teologiczny. W 1600 roku niemiecki szewc Jakob Böhme doznał olśnienia, rozpoznając Boga w stworzonym przez Niego świecie przyrody. Niebotyczna skala i moc tego objawienia sprawiły, że porzucił dotychczasowe rzemiosło i oddał

się spisywaniu swoich wizji. Spod jego palców spłynęła księga, strumień słów próbujących przekazać ogrom tych niewerbalnych wizji. Böhme wierzył, że cel Boskiego stworzenia został wpisany w formy rzeczy ziemskich. Metafizyka wlała się w ciało. Böhme pisał: „Każda rzecz jest nacechowana zewnętrznie tym, czym jest wewnętrznie i istotowo (...) [a także] pokazuje to, w czym może być użyteczna i dla czego jest dobra”. Niedoskonali, śmiertelni ludzie mogą więc wydedukować cel z zewnętrznego wyglądu świata, odgadując zamysły Stworzyciela po kształtach, kolorach oraz właściwościach stworzonych rzeczy. Poczynania Böhmego sprawiły, że został on wygnany z rodzinnego Görlitz (Zgorzelca). Kościół i rada miejska nie tolerowały nieusankcjonowanych przeżyć mistycznych. Uznano, że szewcy powinni zajmować się przycinaniem skór, a wizje zostawić osobom wykształconym i pochodzącym z godnych rodzin. Później pozwolono mu wrócić pod warunkiem, że odłoży pióro. Próbował się do tego zastosować, ale bez skutku. Moc jego wizji rzuciła go do Pragi, gdzie dalej tworzył swe teleologiczne rozprawy.

Przemyślenia Böhmego pozostawały prawie nieznanne aż do momentu, gdy zapoznali się z nimi medycy-botanicy. Jego doktryna dostarczała im teologicznych ram, w które mogli oprawić swoje ziołowe medykamenty. Wielu z nich już wcześniej wykorzystywało zewnętrzne cechy roślin jako sposoby mnemotechniczne, pomagające zapamiętać ich zastosowania w celach leczniczych: czerwony sok krwiowca miał pomagać na zaburzenia układu krwionośnego, rosnące pod powierzchnią ziemi liście łuskiwnika i jego białe płatki stosowano w chorobach zębów, zwinętymi korzeniami silnie trującej ageratyny leczono ukąszenia węża i tak dalej. Wraz z pismami Böhmego znachorzy zyskali teorię, która pomagała im uporządkować i uzasadnić swe praktyki. Odtąd kształt, kolor i sposób, w jaki dana roślina się rozwija, wskazywały na jej boski cel leczniczy. Krzykliwe, intensywnie pachnące kwiaty jabłoni miały więc leczyć zaburzenia płodności i problemy z cerą. Czerwone, ostre rośliny oznaczały krew oraz złość i mogły stymulować krążenie krwi lub podnosić nastrój. Trójdzielne skórzaste czerwono-fioletowe liście przyłaszczki, *Hepatica*, nosiły znamię wątroby.

Zastosowanie cech zewnętrznych do rozpoznawania i zapamiętywania medycznych funkcji substancji zawartych w roślinach stało się znane jako doktryna sygnatur. Rozprzestrzeniła się ona po całej Europie i w końcu przykuła uwagę elit naukowych. Uczni próbowali odseparować doktrynę zielarzy od folkloru i osadzić ją w ramach nowoczesnej w tamtych czasach wiedzy – astrologii. Uważali, że swoista sygnatura zawarta w każdej roślinie odzwierciedla Boży cel jej istnienia, tyle że przez odwołanie do złożonej kosmologii planet, Księżyca i Słońca. I tak kwiat jabłoni należał do domeny Wenus; dlatego był tak piękny i miał właściwości lecznicze. Jowisz rządził wszystkimi roślinami wątrobowymi, a Mars ostrymi odmianami pieprzu i papryki. Postawienie właściwej diagnozy i wybranie sposobu leczenia wymagało, by obdarzony odpowiednimi kwalifikacjami uczony najpierw postawił horoskop, a następnie opracował środek zaradczy, korzystając ze swej dogłębnej – i kosztownej – znajomości ciał niebieskich oraz ich wpływu zarówno na ciała rośliny, jak i ciało ludzkie. Elity naukowe zwalczały ludową szarlatanerię prostych zielarzy, wykorzystując zarazem ich medykamenty w nowoczesnej medycynie astrologicznej.

Konflikty między autorytetami medycznymi a znachorami oczywiście nie wygasły. Co prawda astrologiczna doktryna sygnatur wypadła z łask i lekarze przestali wierzyć, że Bóg zostawił im opatrnościowe znaki w kształcie liści i w układach gwiazd. Jednak nie powinniśmy pochopnie rezygnować z tej doktryny, traktując ją jako niepoważny zabobon. Jako metoda kulturowego przekazu wiedzy medycznej była ona skuteczną zasadą porządkującą, znacznie wszechstronniejszą i być może spójniejszą niż mnemotechniki wykorzystywane przez współczesnych lekarzy, które pozwalają im poruszać się po przepastnych zasobach pamiętanej

wiedzy. Uzdrowicielom, w większości niepiśmiennym, dawała językowe podpowiedzi łączące symptomy z często zagmatwanymi powiązaniem botaniki z medycyną. Doktryna sygnatur przetrwała tak długo nie dlatego, że nasi przodkowie byli ignorantami, lecz że była przydatna.

Nazwa ziela wątrobnego dowodzi skłonności naszej kultury do nazywania roślin zgodnie z ich zastosowaniem. Pomaga nam też nie zapominać o naszej ludzkiej zależności od roślin jako źródle lekarstw czy pożywienia. Jednak nazwy użytkowe mogą być również zawadą w pełnym doświadczaniu natury. Nasza nomenklatura jest na przykład błędna pod względem teleologicznym. *Hepatica* istnieje nie po to, by nam służyć, lecz by tworzyć własną historię, która zaczęła się w lasach Europy i Ameryki Północnej miliony lat przed pojawieniem się człowieka. Ponadto nazewnictwo botaniczne nakłada na przyrodę ograniczenia kategoryzacyjne, w związku z czym może ono nie być w stanie oddać skomplikowanych powiązań i wzajemnych pokrewieństw między gatunkami. Współcześni genetycy twierdzą, że naturalne granice w świecie przyrody są często o wiele mniej szczelne, niż jesteśmy skłonni przyznać, nadając nazwy „odrębnym” gatunkom.

Tego pięknego wczesnowiosennego poranka ufne powitanie przez przylaszkę pierwszego ciepłego promienia słońca oraz latających wokół pszczoł uzmysławia mi, że mandala istnieje niezależnie od tworzonych przez człowieka doktryn. Podobnie jak wszyscy ludzie podlegam ograniczeniom kulturowym i tylko częściowo widzę roślinę; resztę mojego pola widzenia zajmują kumulujące się przez wieki ludzkie słowa.

13 marca

Ślimaki

Mandala stała się safari dla mięczaków. Stada żerujących w jej obrębie pokrytych muszlą zwierząt przemieszczają się po otwartej sawannie porostów i mchów. Największe ślimaki podążają samotnie, kursując po nachylonych pod szalonym kątem liściach ściółki, a porośnięte mchem zbocza pozostawiając dla zwinniejszej od nich młodzieży. Kładę się na brzuchu i podpełzam do dużego ślimaka na skraju mandali. Podnoszę lupę i przysuwam się bliżej.

Przez lupę całe pole mojego widzenia wypełnia głowa ślimaka – wspaniała rzeźba z czarnego szkła. Lśniącą skórę zwierzęcia zdobią srebrne łatki, a wzdłuż jego grzbietu biegną drobne rowki. Moje ruchy powodują u niego lekką konsternację; ślimak wycofuje czułki i chowa się w domku. Wstrzymuję oddech, a zwierzę powoli się uspokaja. Dwa małe wąsy torują mi drogę; macha nimi, zanim przesunie się w dół i dotknie skały. Te gumowate macki poruszają się niczym palce niewidomego podczas czytania pisma Braille'a, delikatnie dotykając i muskając wypisane na piaskowcu informacje. Kilka minut później z czubka głowy ślimaka wychyla się druga para czulek, z których każdy zakończony jest mlecznym okiem. Wyciągają się do góry i machają w stronę korony drzew. Moje własne oko wybrzusza się przez soczewkę lupy, ale zdaje się to nie przeszkadzać ślimakowi, który jeszcze bardziej wysuwa słupkowate oczy. Te mięsiste maszty wystają teraz poza muszlę i kołyszą się z boku na bok.

W przeciwieństwie do swoich krewnych – ośmiornic i kalmarów – ten lądowy ślimak nie ma zaawansowanych soczewek ani przysłony, dzięki którym powstają ostre obrazy. Ale nie wiemy, jak bardzo świat wydaje mu się przez to rozmyty. Naukowcy z trudem zadają ślimakom pytania o to, co postrzegają, i ten problem komunikacyjny spowalnia badania ślimaczego wzroku. Wśród eksperymentów w tej dziedzinie sukcesem okazało się jedynie zastosowanie sztuczki treserów cyrkowych i nauczenie ślimaków jedzenia lub przemieszczania się na komendę. Jak dotąd te brzuchonogi pokazały, że potrafią wykrywać małe czarne kropki na białej karcie oraz odróżniać szare karty od kart w szachownicy. O ile mi wiadomo, nikt nie zapytał jeszcze lądowego ślimaka, czy widzi kolory, ruch lub płonącą obręcz.

Te doświadczenia są fascynujące, ale pozostawiają na marginesie szersze pytanie: czym jest „widzenie” ślimaka? Czy zwierzęta te widzą tak jak my i obrazy kart w szachownicy pojawiają się w ich umysłach? Czy doświadczają zindywidualizowanych wrażeń światła i ciemności, przetwarzanych przez sploty ich nerwów w decyzje, preferencje i znaczenia? Na ciało człowieka i ciało ślimaka składają się te same wilgotne kawałki węgla i gliny, jeśli więc prawdą jest, że świadomość wyrasta z tej neurologicznej gleby, to na jakiej podstawie możemy zaprzeczyć, że w głowie ślimaka mogą powstawać mentalne obrazy? Bez wątpienia to, co widzi ślimak, jest zupełnie inne niż w wypadku człowieka – jest jakimś awangardowym filmem, który nakręcono, ustawiając kamerę pod dziwnym kątem i rozmazując obraz. Jeśli jednak ludzkie kino jest efektem działania układu nerwowego, musimy dopuścić również zaskakującą możliwość podobnych doświadczeń u ślimaków. Tyle że nasza kultura woli sugerować, że film ślimaka odtwarzany jest przed pustą salą. Rzeczywiście, to kino nie ma ekranu. Ślimak, jak uważamy, nie ma subiektywnych doświadczeń wewnętrznych. Światło padające z projektora jego oka pobudza jedynie jego przewody i okablowanie, powodując, że to puste kino porusza się, je, spółkuje i podtrzymuje wszelkie pozory życia.

Nagle pojawia się głowa ślimaka, kończąc moje spekulacje. Za jej czarną kopułą ciągnie się ciemna pręga stopy. Ślimak przebiega do przodu, po czym obraca się w moją stronę. Macki krzyżują się w X, wystając promieniście nad znajdujące się pośrodku spulchnione, plackowate wybrzuszenie. Wysuwają się dwie szkliste wargi, ukazując pionową szczelinę, a cały aparat gębowy opada w dół i przyciska wargi do ziemi. Obserwuję wielkimi jak spodki oczami, jak ślimak zaczyna ślizgać się po skale, lewitując ponad morzem porostów. Hebanowe ciało zwierzęcia napędzają małe pulsujące włoski i zmarszczki niewyobrażalnie małych mięśni.

Ze swojej pozycji leżącej widzę, jak ślimak zatrzymuje się pośród płatków porostów i czarnych grzybów, wyrastających z blaszek dębowych liści. Spoglądam ponad lupą i nagle wszystko znika. Zmiana skali jest jak przeskok do innego świata; grzyb staje się niewidoczny, a ślimak jest nic nieznaczącym szczegółem w świecie zdominowanym przez byty większe od niego. Wracam do świata widzianego przez soczewkę i z powrotem odkrywam ruchliwe macki i srebrzystoczną elegancję ślimaka. Lupa pomaga mi dostrzec piękno tego świata, pozwalając mieć oczy naprawdę szeroko otwarte. Ograniczenia niewspomagane ludzkiego wzroku ukrywają przed nami całe pokłady zachwyty.

Czuwanie mojego ślimaka dobiega końca, gdy zza chmury wyskakuje słońce. Poranna wilgoć zniknęła i głowa ślimaka kieruje się w stronę dominującej w otoczeniu góry – czy też niewielkiego wystającego kamyka, w zależności od sposobu postrzegania świata. Przytyka mackę do spodu kamienia, a potem obraca całą głowę o 180 stopni i rozciąga się. Jego szyja i głowa wydłużają się niczym u żyrafy, dalej, jeszcze trochę, aż w końcu jego podbródek dotyka skały, rozpląszcza się, a ciało zwierzęcia podciąga się niczym na drążku, tyle że bez użycia rąk. Grawitacja na moment przestaje obowiązywać i zwierzę jakby płynie do góry, po czym kontynuuje swoją wędrówkę w tej skalnej szczelinie, obrócone grzbietem do dołu. Patrzę wokół, już bez lupy, i widzę, że safari opustoszało. Zwierzęta wyparowały w słońcu.

25 marca

Wiosenne efemerydy

Mój spacer do mandali stał się brzemienny w skutki. Każdy krok grozi zgnieceniem co najmniej pół tuzina kwiatów, idę więc powoli, starając się znaleźć sposób stąpania, który nie będzie zostawiał tropu w postaci zdewastowanego piękna. Zbocze góry jest zielono-białe; połowę powierzchni ściółki pokryły świeże liście i kwiaty.

Trudno jednak patrzeć wciąż pod nogi, gdy nade mną przelatują pierwsze w tym roku motyle i migrujące lasówki. *Polygonia comma*, rudy motyl, ze względu na białe zawijasy na spodzie skrzydła zwany potocznie wschodnim przecinkiem, przelatuje obok mojej głowy i ląduje na pniu orzesznika. Ciepłe słońce zbudziło go z zimowego snu. Zimę spędził ukryty pod płatkami kory. Lasówka czarnogardła i pstroszka niedawno wróciły z Ameryki Środkowej i teraz wyśpiewują swe pieśni z urwiska. Odnowione życie lasu zdaje się napierać na mnie ze wszystkich stron, dodając mi wigoru swoją niepomowaną energią.

W mandali znajduję promieniście rozłożone płatki białych kwiatów – setki płatków błyszczących w słońcu. Kwiaty klajtonii wirginijskiej, z różowymi smugami na białych płatkach, rosną nisko przy ziemi, przemieszane z fioletowymi przylaszczkami. Kilka okazów tutejszego zawilca wyłania się za krawędzią mandali, ich kiwające się na wietrze białe kwiaty wystają ponad ściółkę na długość palca. Najwyżej sięga rzezucha, tuż nad kostkę, trzymając kwiaty z długimi, białymi płatkami w skupiskach na końcach mocnych łodyg. Za każdym kwiatem ciągnie się kometa bujnej zieleni, życie wręcz bucha z podłoża martwych liści. Kontrast z zimowymi jeszcze drzewami powyżej mandali jest uderzający – pąki drzew dopiero zaczynają się przebijać.

Wiosenne kwiaty wykorzystują opieszałość drzew; spieszą się, by zdążyć się rozmnożyć i urosnąć, zanim korony drzew okradną je z życiodajnych fotonów. Chociaż marcowe słońce nadal wisi nisko, jego promienie są wystarczająco silne, aby opalić mi kark. Nastął właśnie szczyt rocznego cyklu naświetlenia lasu w dole pod koronami drzew. Płonąca siła słońca przełamała czar zimy, odblokowując uspione konstelacje kwiatów i kaskadę życia wśród zwierząt.

Rośliny, które o tej porze roku pokrywają girlandą mandalę, są nazywane wiosennymi efemerydami. Nazwa ta dobrze oddaje ich błyskawiczny wzrost na wiosnę i szybkie więdnienie w letnim słońcu, ukrywa natomiast ich podziemną długowieczność. Wyrastają one z podziemnych zasobników – jedne z ukrytych pod ziemią łodyg, nazywanych kłączami, inne z cebul lub bulw. Co roku rośliny te wybuchają liśćmi i kwiatami, by następnie powrócić do utajonego spoczynku. Ten wyścig kwiatów odbywający się w chłodnym wiosennym powietrzu jest zatem napędzany pokarmem z poprzedniego roku. Fotosynteza zwiększy ich bilans energetyczny dopiero wtedy, gdy wyrosną im nowe liście. Strategia ta pomaga im utrzymać się w zdławionym, głodnym świetle światła mandali. Niektóre pędy mogą mieć nawet setki lat; ich poziomo rozchodzące się łodygi powoli skradały się po ziemi, każdego roku przyrastając po parę centymetrów. Przetrawanie zawdzięczają pożywieniu zdobytemu w ciągu kilku krótkich tygodni wiosennego słońca.

Gdy tylko efemerydy rozwiną liście, w zawrotnym tempie zbierają światło słoneczne i dwutlenek węgla. Otwory w liściach, przez które oddychają, zwane aparatami szparkowymi, są

szeroko otwarte. Liście są wypełnione enzymami, gotowymi przyrządzić pożywne cząsteczki z powietrza. Rośliny te to zwolennicy leśnego fast foodu: jedzą w pośpiechu, by pochłonąć jak najwięcej, zanim drzewa odetną im dostęp do światła. Do swego obżarstwa efemerydy wymagają jasnego światła słonecznego. Ich drobne ciała nie tolerują cienia.

Inne rośliny w mandali wybierają bardziej powolną drogę. Trójlistowi siedzącemu, który wystawia trio swoich nakrapianych liści między przylaszczką a klajtonią wirginijską, nie zależy na szybkim wzroście. Jego liście mają niewiele enzymów wykorzystujących światło słoneczne, nie może więc sprostać tempu narzuconemu przez efemerydy. Taka oszczędność zostanie nagrodzona, gdy warstwa koron drzew się zamknie – niski poziom enzymów nie wymaga zbyt wiele energii, więc trójlist siedzący może czerpać słodkie zyski ze swojego metabolizmu w głębokim cieniu lata. Znajdujemy się na linii startowej dorocznego wyścigu roślin o ciasną przestrzeń mandali. Ewolucja wykreowała wspaniałą różnorodność stylów działania: klajtonia jest umięśnionym sprinterem, trójlist zaś wysmukłym długodystansowcem.

* * *

Jasno płonące efemerydy rozpalają resztę lasu. Ich rozrastające się korzenie ożywiają skryte w mroku życie gleby, wchłaniając i zachowując składniki odżywcze, które w przeciwnym razie zostałyby wypłukane z lasu przez wiosenne deszcze. Każdy korzeń wydziela odżywczy żel, tworząc wokół swych włókników otoczkę życia. Bakterii, grzybów i pierwotniaków jest w tym niepozornym kręgu setki razy więcej, a właśnie te jednokomórkowe organizmy stanowią pożywienie dla nicieni, roztoczy i mikroskopijnych owadów. Te odżywiające się roślinami miniaturowe zwierzęta padają z kolei ofiarą większych od siebie mieszkańców gleby, takich jak obserwowana właśnie przeze mnie jasnopomarańczowa stonoga. Jest dłuższa niż szerokość mojej dłoni, tak duża, że widzę każdy segment na jej nogach, w miarę jak jej ciało faluje pomiędzy źródłami jej życia, kwiatami.

Kilka dni temu moja obserwacja kwiatów została zakłócona przez drapieznika groźniejszego niż ta stonoga. Kulka szarego futra wielkości mojej dłoni wystrzeliła z ziemi, po czym zanurkowała w innej szczelinie, przyspieszając niczym kłębek kurzu wessany przez odkurzacz. Kilka minut później usłyszałem szelest i piski z drugiej strony mandali. Dostrzegłem tylko mały skrawek przybrudzonego futra i grubego ogona, ale to wystarczyło, by się zorientować, że po ściółce grasował właśnie postrach mandali: ryjówka krótkoogoniasta.

Ryjówki prowadzą życie krótkie i gwałtowne. Tylko jeden na dziesięciu osobników przeżywa dłużej niż rok; reszta zostaje spalona przez swój wściekły metabolizm. Ryjówki oddychają tak gorączkowo, że nie mogą przebywać długo na powierzchni ziemi. Niesamowicie szybki oddech odwadnia je i zabija w suchym powietrzu.

Żywią się innymi zwierzętami, które atakują trującą śliną; czasami zabijają złapane zwierzę, innym razem tylko je paraliżują, by zaciągnąć je do swojego przerażającego lochu – spiżarni pełnej żywych, lecz unieruchomionych ofiar. Ryjówki są tak drapieżne, że zjadają wszystko, co im się nawinie. Doprowadzają tym badaczy do szału. Jeśli ryjówka złapie się w pułapkę żywołowną wraz z myszami, naukowcy znajdują tylko stertę kości, nadzorowanych przez wściekłego szarego strażnika.

Pisk, który słyszałem, był tylko próbką tego, na co stać ryjówkę. Większość wydawanych przez nią dźwięków jest zbyt wysoka dla moich uszu. Najwyższe z nich działają jak sonar. Ryjówki wysyłają ultradźwiękowe sygnały i nasłuchują odbitych fal dźwiękowych, używając echolokacji, by znaleźć drogę i zlokalizować zdobycz. Dlatego te „naziemne okręty podwodne” poruszają się przede wszystkim na słuch. Ich oczy są tak małe, że naukowcy nie doszli jeszcze do porozumienia, czy ryjówki mogą widzieć obrazy, czy dostrzegają tylko plamy światła

i ciemności. Podobnie jak w przypadku ślimaków, wzrok ryjówki spowity jest tajemnicą.

Łańcuch pokarmowy w obrębie gleby kończy się na ryjówkach. Jedzą je tylko sowy; wszystko inne omija je szerokim łukiem, obawiając się ich zębów lub cierpkiego smaku gruczołów zapachowych.

Daje się tu zauważyć pewne podobieństwo z ludźmi. Pierwsze ssaki, podobnie jak ryjówki, terroryzowały ślimaki i stonogi z okresu mezozoiku. Nasi przodkowie byli obcesowi i bezwzględni, prowadząc elektryzujące życie w mrocznych korytarzach jaskiń. Kuszące jest snucie analogii z obecnym stanem rzeczy. Na szczęście nie mamy już trujących kłów i gruczołów z jadem.

* * *

Płonące jasno wiosenne efemerydy wzbudzają płomień całego leśnego życia. Małe czarne pszczoły latają z kwiatka na kwiatek, omijając wszystko oprócz klajtonii karolińskiej. To na nich siadają, by ugasić pragnienie przesyconym cukrami nektarem, a potem przebiec odnóżami przez różowe pylniki. Pszczoły wylaniające się z kwiatów wyglądają jak czekoladowe dropsy, posypane różowym cukrem pudrem. Odlatują z pełnymi koszyczkami różowych pyłków, zwisających im z tylnych odnóży.

Te latające cukierki to samice, które niedawno wyszły ze swoich zimowych norek. Każda z nich krąży po okolicy, rozglądając się za nowym miejscem na gniazdo – czy to w skrawku miękkiej gleby, czy to w starym pniu. Po wybraniu miejsca na dom dzikie pszczoły kopią tunele i pokrywają ścianki komór swoich gniazd błyszczącą wydzieliną. Wzmacnia ona ściany i chroni delikatne potomstwo przed wilgocią. Matka miesza pyłek i nektar, formując z nich kulkę, składa na niej jaja, a potem zamyka je w małych błotnistych komórkach. Larwa pszczoły, która wylęgnie się z jaja, przegryzie sobie drogę przez pyłkową pastę i wyloni się kilka tygodni później – z ciałem w całości zbudowanym z kwietnego materiału. Zależność od pyłku i nektaru towarzyszy pszczole przez całe życie. Owady te nie jedzą nic innego; to najdawniejsze przedstawicielki „flower power”.

U niektórych gatunków leśnych pszczół młode osobniki ruszają w świat, by żyć na własną rękę. U innych zostają w gnieździe, rezygnując z okazji do złożenia własnych jaj. Te pszczoły robotnice przejmują obowiązki zbierania pożywienia, pozwalając założycielce gniazda, swojej matce, specjalizować się tylko w składaniu jaj. Tej wspólnocie sprzyjają dwa czynniki: jeden zewnętrzny w stosunku do pszczół, a drugi wpisany w ich geny.

Zatłoczenie pszczelego środowiska zachęca potomstwo do pozostania w domu. Większość powierzchni dna lasu jest zbyt kamienista, zbyt wilgotna lub za grubo pokryta ściółką, by stanowić odpowiednie miejsce na gniazdo. Ponadto konkurencja jest ostra i pszczele samice, które próbują się usamodzielnąć, ryzykują sromotną porażką. Pozostanie w domu jest bezpieczniejsze; skoro pszczoła się tam urodziła, niejako z definicji jej matka dysponuje odpowiednim gniazdem.

Genetyka jeszcze bardziej przechyla szalę na korzyść dalszego pomagania królowej. U pszczół samice rodzą się z jaj zapłodnionych przez plemniki przechowywane od czasu jesiennych miłosnych godów, owady te mają więc, podobnie jak ludzie, dwa zestawy chromosomów: jeden od mamy, drugi od taty. Natomiast samce (trutnie), które rozwijają się z jaj niezapłodnionych, mają tylko jeden zestaw chromosomów – odziedziczony po matce. Dlatego wszystkie komórki nasienia pszczoły są identyczne. Ten frapujący układ genetyczny powoduje jeszcze więcej ciekawych pokrewieństw. Siostry w kolonii pszczół są bardzo ściśle ze sobą związane, dzięki „supersiostrzanym” chromosomom. Podczas gdy ludzkie rodzeństwo dzieli średnio połowę tych samych genów, pszczele siostry mają ich o wiele więcej. Połowa ich DNA,

ta, którą dziedziczą po ojcu, jest identyczna w całym roju; druga połowa, dziedziczona po matce, jest równo podzielona między siostry. Taki rozkład genów sprawia, że pszczoły przychodzące na świat w tym samym gnieździe mają średnio trzy czwarte genów wspólnych. Jeśli matka jakiegś pszczoły została zapłodniona przez więcej niż jednego samca, powiązanie to trochę spada, ale nadal jest wystarczająco wysokie, aby wpłynąć na proces ewolucyjny.

Ewolucja nagradza te zwierzęta, które pomagają bliskim krewnym, a ignorują bardziej odległych kuzynów. Zwykle oznacza to, że najlepszą strategią jest wychowywanie własnego potomstwa. Ale geny sprawiają, że samice pszczoły są w równym stopniu otwarte na opuszczenie domu, jak na to, by pomagać mamie. Kiedy więc pszczela matka wypełnia wiosną gniazdo zapłodnionymi jajami, powołuje do życia kohorty córek, dla których opuszczenie domu jest ryzykowne, a pozostanie w nim bardzo atrakcyjne. Samce pszczoły odczuwają inne pokusy. Ich za pozostanie w domu nie czeka nagroda. Dlatego synowie zachowują się jak arystokraci – kręcą się po gnieździe, żerują w poszukiwaniu nektaru i koncentrują swoje wysiłki na ściganiu dziewiczych królowych. Ich siostry mają dla nich mało cierpliwości i czasami siłą wyrzucają ich z gniazda.

Napięcia między braćmi i siostrami nie są jednak jedynym źródłem konfliktów w gnieździe pszczół. Robotnice czasem próbują przemycić do pszczelego przedszkola własne jaja. Reakcją królowej jest zjadanie tych jaj oraz uwalnianie odoru, który powstrzymuje jej zarozumiałe córki przed składaniem jaj, dodatkowo wzmacniając i tak silne przyciąganie pokrewieństwa genetycznego. Czasami kilka zimujących samic buduje wspólną kolonię, rywalizując o to, która złoży najwięcej jaj. Zwycięzcy zwykle stają się królową, ale współzałożycielki kolonii nadal będą próbować składać własne jaja.

Burzliwe życie rodzinne nie jest jedynym źródłem nieszczęść w pszczelich gniazdach. Pozbawione ochrony larwy i koncentracja zapasów pyłku i miodu sprawiają, że gniazdo staje się intrygującym celem dla rabusiów. Wielu takich intruzów buszuje dziś nad kwiatami mandali. Najbardziej wyspecjalizowane wśród nich są bujankowate z rzędu muchówek i to one odnoszą największe sukcesy. Dorosła muchówka jest nieszkodliwa, a prezentuje się nawet komicznie. Skacze z kwiatka na kwiatek, popijając nektar za pomocą sztywnej trąbki, która prowadzi do jej pomarańczowego, ozdobionego puszystymi piórami ciała. Ale ta błazenada kończy się, gdy samica złoży jajo przed gniazdem pszczół. Wykluwa się z niego paskudna larwa, która wpełza do gniazda, aby żywić się pyłkiem i miodem. Następnie przeobraża się w stadium drapieżne i pożera larwy pszczół. Syte larwy much zwijają się w kłębek i czekają pod ziemią. Kiedy na rok w mandali nastąpi kolejne wiosenne ożywienie, muchówki wyjdą ze swoich norek, z piratów znów przeobrażone w klaunów.

* * *

W miarę jak obserwuję pszczoły i muchy w mandali, zaczynam dostrzegać pewną prawidłowość. Dorosła muchówka z rodziny bujankowatych nie wykazuje rozeznania w wyborze kwiatów, zatrzymując się nad każdym, by napić się nektaru lub posmakować pyłku. Pszczoły są bardziej wybredne; wybierają klajtonie, a odrzucają pozbawione nektaru zawilce oraz przylaszczki. Preferencje tych owadów to tylko skrawek ogromnej i złożonej sieci wzajemnych relacji. Co wiosną setki gatunków owadów i kwiatów współdziałają w tym lesie, a każdy z kwiatów stara się zaskarbić powodzenie dla swojego potomstwa cukrowym przekupstwem lub dotacjami z pyłku. Niektóre z owadów, jak bujankowate, są bardzo liczne, ale niezbyt efektywne w przenoszeniu pyłku. Inne, jak wybredne pszczoły, występują rzadziej, ale są bardziej skutecznymi zapylaczami.

Ta skomplikowana sieć zależności sięga sto dwadzieścia pięć milionów lat wstecz, gdy

powstały pierwsze rośliny okrytonasienne. Najstarszy kopalny kwiat, *Archaeofructus*, nie miał płatków, ale na końcach jego pylników znajdowało się coś na kształt chorągiewek. Botanicy, którzy opisali tę skamieniałość, uważają, że takie rozszerzenia mogły służyć roślinie do przyciągania zapylaczy. Inne pradawne kwiaty prawdopodobnie również były zapylane przez owady, co wspiera tezę, że owady i kwiaty zostały partnerami od razu w momencie, gdy pojawiły się pierwsze rośliny okrytonasienne. Nie wiadomo, jak doszło do tego małżeństwa, ale wydaje się prawdopodobne, że rośliny okrytonasienne ewoluowały od roślin podobnych do paproci. Ci przodkowie wytwarzali zarodniki, które przyciągały szukające łatwego posiłku owady. Protoplaści kwiatów wykorzystali plagę owadów do swoich celów, wystawiając na pokaz swoje produkty, a następnie wytwarzając tyle zarodników, by móc nimi dosłownie pokryć ciała owadów. Amatorzy łatwych łowów nieumyślnie przenosili część zarodnikowego pyłu na następne rośliny, zwiększając płodność wytwórcy zarodników. Ostatecznie zarodniki zostały opakowane w ziarna pyłku i narodził się prawdziwy kwiat. Pszczoły i kłajtonie żyjące w mandali wciąż na nowo odgrywają główny temat swoich pierwotnych relacji. Pszczoły lub ich larwy zjadają większość zebranych pyłków, tylko niewielką ich ilość przekazując z kwiatka na kwiatek.

Relacja między kwiatami i owadami pozostaje w swej istocie niezmienna, choć z czasem została wzbogacona o różne emocjonujące dodatki. Latający po całej mandali owad jest wprost bombardowany zapachami, billboardami i reklamami, które starają się nakłonić go do tego, by usiadł właśnie na tym kwiatostanie. Bujankowate odpowiadają na te wezwania, zatrzymując się na każdym kwiatku. Większość pszczół jest jednak bardziej selektywna. Czasami ta wybredność przeradza się w specjalizację – są kwiaty przeznaczone tylko dla jednego owada, a z kolei mózg owada zostaje dostrojony do jednego kwiatu. Storczyki doprowadzają to zjawisko do ekstremum, naśladując aromat i wygląd samicy pszczoły, zachęcającej samca do kopulacji, a zapach zwabionych owadów służy za kuriera roślinie.

W mandali rośnie niewielka liczba wyspecjalizowanych roślin. Ale na przykład budowa rurkowatych kwiatów rzeżuchy wyklucza małe pszczoły, pozwalając pić nektar jedynie tym o długim języku. Niektóre gatunki pszczół żywią się wyłącznie nektarem kłajtonii, wybierając wierność jednej roślinie, co podnosi wydajność. Jednak wśród zamieszkujących mandalę promiskuitycznych roślin i ich zapylaczy takie przykłady specjalizacji są jedynie kłującymi w oczy wyjątkami. Krótkotrwałość wiosny promuje żywiołową przewagę gatunków mniej wyspecjalizowanych. Efemerydy stoją okrakiem między chłodami wczesnej wiosny, która powstrzymuje zapylaczy przed lataniem, a pojawieniem się w koronach drzew liści, które ukradną światło niezbędne im do wzrostu i wytworzenia nasion. Nie ma czasu na grymaszenie. Rośliny potrzebują wszelkiej pomocy ze strony owadów, niezależnie od tego, czy chodzi o wierną pszczołę, czy o przypadkową muchę. Wszystkie rośliny okrytonasienne w mandali, z wyjątkiem rzeżuchy, wytwarzają kwiaty w kształcie kubków, dostępne dla każdego owada. Ich szeroko otwarte kielichy zapraszają wszystkich zapylaczy na oszałamiający pokaz.

2 kwietnia

Piła łańcuchowa

Mechaniczne wycie zaczyna się gwałtownie i ostro rozlega się po całym lesie; szarpie moje nerwy, gdy siedzę w mandali. Piła tnie drewno gdzieś na wschodzie. Ten będący pod ochroną skrawek starego lasu naturalnego jest teoretycznie wolny od pił łańcuchowych, opuszczam więc mandalę, by sprawdzić, co się dzieje. Wdrapuję się na skałę i idę brzegiem strumienia. Wreszcie znajduję źródło hałasu: pracownicy z ekipy technicznej pola golfowego ścinają zeszcłe drzewo na skraju jednego ze wznoszących się nad lasem urwisk. Pole golfowe ciągnie się aż do jego krawędzi, a martwe drzewa najwidoczniej nie mieszczą się w normach estetyki tego sportu. Buldożer spycha ścięte drzewo z krawędzi urwiska i ekipa odchodzi do innych zadań.

Gdy widzę, że urwisko używane jest jako zsymp, początkowo czuję irytację, ale z drugiej strony to drewno zapewni dodatkowe siedliska dla salamander. Odczuwam ulgę, że nie wycięto go poniżej linii urwiska, w samym starym lesie. Swój wyjątkowy wygląd porośnięta bujnym kwieciami mandala zawdzięcza właśnie temu, że na nasze zbocze nigdy nie trafiła piła łańcuchowa. Cieszę się z tego także salamandry, grzyby i pszczoły samotnice, bytujące wśród ogromnych powalonych kłód i głębokiej ściółki. Wycinka, czyli usuwanie wszystkich rosnących na danym terenie drzew, zabija wielu mieszkańców lasu, a odbudowa ich populacji zajmuje długie lata, czasami ich setki.

Usunięcie drzew ze zbocza sprawia, że leśna gleba z wilgotnej ściółki przeistacza się w zapieczoną cegłę. Pszczoły budujące gniazda w ziemi, salamandry o wilgotnych grzbietach oraz pełzające pędy efemeryd wysychają i umierają w wysuszonej ziemi. Dopiero gdy las zaczyna odzyskiwać ściółkę, cień koron drzew oraz martwe drewno sprawiają, że organizmy te zaczynają stopniowo wracać. Dzieje się to jednak powoli z powodu braku martwych pni, mogących pełnić funkcję wylęgarni, a także tego, że kwiaty czy salamandry rozprzestrzeniają się bardzo opieszale.

I co z tego? Dlaczego mielibyśmy ograniczać swoje rosnące potrzeby pozyskiwania drewna i produkcji papieru ze względu na jakąś tam wiosenną eksplozję biologicznej różnorodności lasów? Czy kwiaty nie mogą same o siebie zadbać? Zresztą, zaburzenia są elementem natury. Hasło „równowagi w przyrodzie” wyszło z mody całe lata temu. Teraz las jest „dynamicznym systemem”, nieustannie atakowanym przez wiatr, ogień oraz ludzi; znajdującym się w ciągłym ruchu. W zasadzie możemy odwrócić to pytanie, zadając je tak: Czy *nie musimy* dokonywać wyrębów, by zastąpić pożary, które niegdyś pustoszyły duże obszary leśne, a w ciągu ostatnich stu lat zostały wyeliminowane przez zarządców gruntów?

Te pytania wywołują coraz więcej dyskusji, którymi dławią się naukowe konferencje, rządowe raporty i wstępniaki w prasie. Czy las potrzebuje hałasu pił łańcuchowych, czy też lepiej dać mu czas, aby sam się odnowił, bez ingerencji myśliwych polujących na bale? Kusi nas, aby się odwołać do świata przyrody jako modelu, ale to właśnie on serwuje nam mętlik argumentów. Który spośród cykli życia lasów wybierasz: niszczącą siłę epoki lodowcowej, niezmiennie od wieków zbocza górskie czy gorszące wygibasy letniego tornada?

Przyroda, jak zwykle, nam na to nie odpowie.

A nawet stawia nam pytanie o charakterze moralnym: Którą część przyrody chcemy

naśladować? Czy chcielibyśmy być bezkompromisową, trującą wszystko pokrywą lodową, która najpierw narzuca lądowi swoje mroźne piękno, a co sto tysięcy lat się wycofuje, by umożliwić powolną regenerację lasom? Czy może wolimy być jak ogień i wiatr, ciąć równo swoimi ostrzami, co chwila się przemieszczać i uderzać w przypadkowych odstępach czasu oraz w przypadkowych miejscach? Ile drewna nam potrzeba? Ile chcemy go mieć? Chodzi tu zarówno o czas, jak i rząd wielkości. Możemy dokonywać wycinki co dwadzieścia lat lub co dwieście. Możemy skupić ją w jednym miejscu albo dawać jej upust, gdzie popadnie. Możemy całkowicie ogołocić las lub usunąć tylko kilka drzew.

Nasza zbiorowa odpowiedź na to pytanie wyrasta z wartości, jakimi kierują się miliony właścicieli gruntów, formowanych i pielęgnowanych przez dwie niezdarne ręce społeczeństwa: gospodarkę i politykę państwa. Las pocięty jest granicami praw własności na małe kawałeczki, niczym rozbita szyba samochodowa, toteż różnorodność tych wartości tworzy na całym kontynencie istną mozaikę. Jednak w tym chaosie dają się dostrzec pewne prawidłowości. Nie jesteśmy ani jak pokrywa lodowa, ani jak wichura. Stanowimy zupełnie nową jakość. Zmieniliśmy las na skalę porównywalną do tego, czego dokonała epoka lodowcowa, ale w tysiąckrotnie szybszym tempie.

W XIX wieku wycieliśmy więcej drzew, niż powaliły ich lody przez sto tysięcy lat. Trzebiliśmy go toporami i piłami, wywożąc drewno na mułach i w wagonach pociągów. Las, który wyrósł na miejscu starego, był zubożały, pozbawiony części swojej różnorodności przez ogrom zakłóceń. W skali epoki lodowcowej był to tylko powiew wiatru, jednak w surowej sile fizycznego niszczenia podobny raczej do tornada.

Tania ropa naftowa i kosztowne technologie doprowadziły nas do drugiego etapu w relacji z lasem. Już nie tniemy ręcznie i nie wywozimy dzięki sile zwierząt czy maszyn parowych; wszystko robią za nas silniki benzynowe, przyspieszając wyręb i zwiększając naszą kontrolę nad jego przebiegiem. Siła ropy i pomysłowość naszych umysłów dały nam inne narzędzia: herbicydy. Dawniej naszą zdolność do sterowania przyszłością terenu ograniczała moc regeneracyjna lasu. Las odradzał się, przygotowany na atak siekiery przez miliony lat zmagania się z wiatrem i ogniem. Obecne podstawowym sposobem usuwania drzew, których geny dążą do tego, by się ponownie rozprzestrzeniać, jest „supresja chemiczna”. Wycina się mechanicznie las, tnie drewno, a następnie wyrównuje spsychaczami pozostające „odpady”. Wtedy nadlatują helikoptery i spuszczają deszcz herbicydów, sprawiających, że zieleń już nie powraca. Stałem kiedyś w samym środku takiej poręby i niemal we wszystkie strony aż po horyzont nie widziałem ani skrawka zieleni; zaskakujące doświadczenie w stanie Tennessee, który latem cechuje bujna roślinność.

Cały zaś ten wysiłek skierowany jest na przygotowanie gruntu, aby powstał na nim nowy las, monokultura szybko rosnących drzew. W zależności od gatunku nasadzeń i rodzaju gleby rzędy sadzonek zasila się nawozami, które zastępują część składników odżywczych usuniętych ze starego, niemodnego już lasu. Powstałe plantacje na pierwszy rzut oka nawet przypominają las. Brakuje im jednak różnorodności ptaków, kwiatów i drzew. Większą różnorodność biologiczną znajdziemy w ogródkach podmiejskich domów niż w tych cieniach niegdysiejszych prawdziwych lasów.

Czy plantacje kiedykolwiek zostaną przywrócone do stanu pierwotnego? Czy staną się prawdziwym lasem? Lekcja wyciągnięta z epoki lodowcowej uczy, że nawet takie unicestwienie da się odwrócić, ale w tempie mierzonym w tysiącach, a nie dziesiątkach lat. Jednak samo pytanie jest przedwczesne. „Lód” się nie wycofuje. W południowo-wschodniej części Stanów Zjednoczonych każdy co bardziej znaczący kawałek rodzimych lasów chyli się ku upadkowi. Rosną jedynie plantacje.

Skala, nowość, a także intensywność tych przemian stanowi niewątpliwe zagrożenie dla różnorodności życia w lasach. To, czy – i jak – powinniśmy reagować na tę erozję, jest kwestią moralną. Przyroda pozornie nie daje wskazówek moralnych; masowe wymieranie to kolejna z jej licznych twarzy. Na pytania o charakterze moralnym nie oczekujemy także odpowiedzi od naszego systemu kulturowego, z jego think tankami politycznymi, raportami naukowymi czy wyścigami prawników. Wierzę, że rozwiązania, albo przynajmniej ich zaczątki, tkwią w spokojnym oglądzie całości przez każdego z nas. Jedynie badając spajającą i utrzymującą nas przy życiu tkankę, możemy dostrzec zajmowane przez nas miejsce, a w konsekwencji nasze powinności. Bezpośrednie doświadczenie lasu udziela nam lekcji pokory, dzięki której nasze życie i pragnienia zyskują ów szerszy kontekst, stanowiący natchnienie wszystkich wielkich tradycji moralnych.

Czy kwiaty i pszczoły mogą odpowiedzieć na moje pytania? Nie bezpośrednio, ale gdy kontempluję różnorodność lasu, który istnieje miliony razy dłużej niż ja, nasuwają mi się dwie refleksje. Po pierwsze, rozpruwać tkaninę życia to wzgardzić otrzymanym darem. Gorzej, to niszczyć dar, który nawet chłodna nauka określa jako bezcenny. Odrzucamy ten dar na rzecz samodzielnie tworzonego świata, który, jak dobrze wiemy, jest niespójny i nie da się długo utrzymać. Po drugie, próba przekształcenia lasu w linię produkcyjną jest wybitnie nieopatrna. Nawet apologeci naszej chemicznej epoki lodowcowej przyznają, że kończy nam się podarowany przez przyrodę kapitał, gdy eksploatujemy glebę i zostawiamy za sobą nieużytki. Ta chorobliwa niewdzięczność wobec środowiska, uzasadniona gospodarczą „koniecznością”, stworzoną przez nadmierną konsumpcję niedrogiego drewna, jest przejawem naszej arogancji i krótkowzroczności.

Problemem nie jest drewno czy takie produkty jak papier. Drewno daje nam dach nad głową, a papier – pokarm dla ducha i umysłu; bez wątpienia niosą więc wielkie korzyści. Ponadto produkcja wyrobów z drewna może być prowadzona na zasadach o wiele bardziej zrównoważonych niż w przypadku alternatywnej stali, komputerów czy tworzyw sztucznych, które wymagają dużych nakładów energetycznych i wykorzystania nieodnawialnych zasobów naturalnych. Problem nowoczesnej gospodarki leśnej polega na niezrównoważonym sposobie pozyskiwania drewna. Przepisy prawa i zasady ekonomiczne nad wszystkie inne wartości przedkładają krótkoterminowy zysk. A nie musi tak być. Możemy powrócić do przemyślanej gospodarki, która prowadzi do długotrwałego dobrobytu zarówno ludzi, jak i lasu. Tyle że znalezienie sposobu, by tego dokonać, będzie wymagało ciszy i pokory. Z chaosu myślowego mogą nas wyrwać oazy kontemplacji, przywracające jaką taką czystość naszemu zmysłowi moralnemu.

2 kwietnia

Kwiaty

W obrębie mandali błyszczą multum kwiatów. Gdy próbuję je zliczyć, nie mogę dojść do ładu: dwieście osiemdziesiąt, trzysta dwadzieścia – zbyt wiele ich się tłoczy na jednym metrze kwadratowym. Ich wierni lokaje są gotowi do pracy, brzęczą i buczą. Odziani w wymyślne futrzane liberie, krążą nad głowami swych kwiatowych królewskich mości. Przyłączam się do ich czujnego unieżenia i klękam na kolana, a następnie kładę się na brzuchu, z lupą przy oku.

Fontanna słupków gwiazdnicy pospolitej jest w pełnym rozkwicie. Centralna kopuła, jej załącznia, otoczona jest przez delikatne kremowe nitki podtrzymujące opalone pęki ziarenek pyłku. Włókna te odchodzą od kopuły, trzymając pyłek z dala od własnych słupków. Gwiazdnica ma trzy znamiona, osadzone na szczycie cebulowej kopuły załączni, a każdy z nich czeka, aż obsypana pyłkiem pszczoła się o niego otrze.

Powierzchnia znamienia jest lasem mikroskopijnych wypustek, wyciągających się, by przyjąć ziarna pyłku. Jeśli płatki dobrze wykonają swoje zadanie i przyciągną pszczoły, lepkie znamię wychwyci porowate ziarna. Gdy pyłek zostaje złapany, znamię go ocenia i odrzuca, jeśli pochodzi od innego gatunku. Odrzuca również własny pyłek oraz pochodzący od bliskich krewnych, zapobiegając samozapłodnieniu i chowowi wsobnemu. Jednak u niektórych gatunków mechanizm chroniący przed samozapłodnieniem zostaje przełamany, jeśli nie udaje się przyciągnąć innego odpowiedniego pyłku. Jest to ostatnia deska ratunku, wykorzystywana przez przylaszczkę i inne rośliny kwitnące wczesną wiosną. W sytuacji, gdy zła pogoda uniemożliwia loty zapylających je owadów, ta desperacka miłość własna jest dla nich lepsza niż brak miłości w ogóle.

Jeśli biochemiczne kojarzenie par pójdzie dobrze, komórki znamienia wydzielają wodę i składniki odżywcze, które roztopią twardą zbroję pyłku. Jego ziarna otwierają się, pękając pod naporem obrzęknięcia dwu znajdujących się w ich wnętrzu komórek. Większa z nich, podobna do ameby, wychodzi z pękniętego płaszcza pyłku i zaczyna przedzierać się między otaczającymi ją komórkami znamienia, tworząc rurkę zwaną łagiewką pyłkową. Każde znamię znajduje się na końcu słupka, a łagiewka pyłkowa rusza w dół tego słupka, czy to przepychając się pomiędzy komórkami, czy też, gdy słupek jest pusty w środku, spływając po wewnętrznej ścianie jak kropla oleju. Druga, mniejsza komórka pyłku dzieli się i tworzy dwa plemniki. Opadają one w łagiewce pyłkowej, porwane nurtem niczym w rwącej rzece – w przeciwieństwie do plemników zwierząt, mchów i paproci, te nie mają wioseł; ich ruch jest całkowicie pasywny.

Długość słupka wynika z konieczności utrzymania znamienia w miejscu, gdzie mogą o nie uderzać pszczoły. Powoduje to, że droga pyłku przez słupek staje się istną odyseją, a także dogodnym poligonem, na którym roślina może weryfikować zalotników. Pszczoły zrzucają wiele ziaren pyłku na każde znamię, więc słupek może mieć kilka rurek naraz. Odbiera wtedy najwyższe trofeum w miłosnych derbach roślin. Plemniki podążają w rurkach w kierunku załączka, który zawiera jajeczko; w razie niewcelowania geny jeźdźca zostają unicestwione. Istnieją pewne dowody, że bardziej energiczne rośliny produkują szybsze łagiewki, długość słupka pozwala więc wybierać partnerów, którzy odnosili już sukcesy. Słupki mogą być na przykład nieco dłuższe niż jest to niezbędnie konieczne do przechwytywania pszczoł, tak aby dać tym pyłkowym ogierom szansę naprawdę się wykazać.

U podstawy słupka łagiewka wchodzi do mięsistego załączka. Tutaj uwalnia swoje dwa plemniki. Jeden łączy się z jajczkiem, tworząc zarodek, drugi zaś splata się z DNA dwu innych małych komórek rośliny, by stworzyć większą komórkę z potrójnym DNA. Ta dzieli się, nabiera masy i staje się spiżarnią dla rozwijających się nasion, magazynem, który ludzie nauczyli się wykorzystywać w postaci mąki pszennej czy kukurydzianej. Takie podwójne zapłodnienie jest cechą wyłączną roślin okrytonasiennych. Związek seksualny wszystkich innych organizmów wymaga tylko jednego plemnika i jednej komórki jajowej.

Gwiazdnica, którą obserwuję przez lupę, jest hermafrodytą, wytwarzającą zarówno pyłek, jak i jajeczka; w każdym kwiecie znajduje się i samiec, i samica. Każdy kwiat ma wszystkie niezbędne atrybuty do rozmnażania: ziarna pyłku, pylniki do ich produkowania i przechowywania, nitki podtrzymujące pylniki, znamiona, słupki i załączniki z jajczkami. Wszystkie te elementy tłoczą się wewnątrz kielicha, otoczone kolorowymi płatkami, pomyślanymi tak, by przyciągać oczy zwierząt. To małe cacuszko stanowi bardzo atrakcyjny wabik.

Wszystkie wiosenne efemerydy w obrębie mandali są hermafrodytami. Strategia ta dobrze służy tym małym roślinom, które wytwarzają tylko kilka kwiatów podczas krótkiego, nieprzewidywalnego sezonu. Łącząc samca i samicę w jednym kwiecie, rośliny te zostawiają sobie możliwość samozapłodnienia. Rozkładają również swoją inwestycję na funkcje obu płci, co zwiększa szanse, że przynajmniej niektóre z ich genów przejdą do następnego pokolenia. Inne gatunki, takie jak wiele zapyłanych przez wiatr drzew – dęby, orzechy włoskie, wiązy – wykorzystują odmienną strategię. Wytwarzają zawrotne liczby jednopłciowych kwiatów. Każdy z takich kwiatów jest wyspecjalizowany we własnym zadaniu: albo wysypać pyłek, albo zebrać ten lecący z wiatrem.

Chociaż wszystkie rośliny mandali są hermafrodytami, geometria ich kształtu znacząco się różni. Pylniki przylaszczek wyrastają w gęstym buszu wokół skupiska kolumnowych słupków. *Caulophyllum thalictroides* ma kwiaty w kolorze kości słoniowej z kulistymi pylnikami skupionymi wokół bulwiastej załączki z małymi znamionami. Płatki rzeżuchy zawierają osłonkę wokół ukrytych pylników. Tylko klajtonia wirginijska ma kwiat przypominający gwiazdnicę. Jego trzy znamiona usadowione są na szczycie trójdzielnego słupka i otoczone pięcioma pylnikami o różowych końcówkach.

Ta różnorodność odzwierciedla gustu zapylaczy roślin, ale kształtują ją również mniej oczywiste czynniki. Jednym z przykładów są rabusie nektaru, którzy wywierają nie do końca rozpoznany, lecz silny wpływ na wygląd kwiatów. Mrówka wciska właśnie głowę w kwiat rosnącej przede mną klajtonii wirginijskiej. Dzięki lupie widzę, że omija pylniki i znamię, a następnie przewraca się na plecy i kradnie słodki nektar. Ten rabunek to cena, jaką płacą otwarte kwiaty, które chcą przyciągnąć różnorodnych zapylaczy – otwartość tę wykorzystują wchodzące do nich darmozjady. Kwiaty klajtonii wybrały najbardziej gościnną strategię swobodnego oferowania nektaru wewnątrz otwartego kielicha, który jest dostępny dla każdego owada. Z tego powodu są najbardziej zagrożone kradzieżą nektaru. Przylaszczka i zawilec również mają otwarte kielichy, ale nie wytwarzają nektaru. Tracą więc niewiele energii na złodziei, ale z drugiej strony są mniej atrakcyjne dla pszczół. Rzeżucha oferuje nektar zamknięty w rurce, która wyklucza podkradanie go przez mrówki, jednak ogranicza liczbę pszczół, które mogą dotrzeć do jej zakamarków.

Różnorodność budowy zależy także od długości życia roślin i ich kwiatów. Te, które kwitną zaledwie przez kilka dni, jak klajtonia wirginijska, desperacko szukają zapylaczy. Sprzyja to bardziej swobodnym zachowaniom i ryzykowaniu wszystkiego dla pocałunku pszczoły. Jeśli towarzyszą temu pewne niedogodności, to trudno. Dłużej żyjące kwiaty mogą pozwolić sobie na

większą powściągliwość, nie udostępniając nektaru byle komu lub regularnie zamykając kielichy – bo wiedzą, że prędzej czy później pojawi się przyzwoity konkurent. Długowieczność rośliny wytwarzającej kwiaty wpływa także na jej gospodarkę kwitnienia. Wszystkie wiosenne efemerydy są bylinami, które wyrastają z podziemnych korzeni lub łodyg. Jeśli rozłożysta macierz żyje trzydzieści lat, może sobie pozwolić na pewną wybredność w poszukiwaniu zapylaczy. Krócej żyjący korzeń może być bardziej skłonny, by tolerować kilku rabusiów. Oba te czynniki – długotrwałość kwitnienia i długowieczność rośliny – są wariacjami na ten sam temat: krótsze życie musi płonąć jaśniej.

Dlatego też kwiaty dokonują nie lada ekonomicznej gimnastyki, bilansując straty kradzieży z potrzebą wabienia zapylaczy. Ich powodzenie zależy nie tylko od owadów latających wokół mandali, ale także od przodków tych roślin. Dobór naturalny majstruje przy surowcach dostarczanych przez poprzednie pokolenia, struktura każdej rośliny jest więc kształtowana przez specyfikę jej genealogii. Różne rodziny roślin mają różne zestawy środków, określające te akrobacje.

Przylaszczki i zawilce należą do tej samej rodziny, jaskrowatych, w której wszystkie wytwarzają pozbawione nektaru kwiaty o otwartych kielichach. Gwiazdnica należy do rodziny goździkowatych. Jego nazwa pochodzi od nazwy zwyczajowej *Dianthus*, słodko pachnącego kwiatu ogrodowego. Rodzina goździkowatych charakteryzuje się postrzępionymi płatkami i gwiazdnica dziedziczy tę cechę. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że jej dziesięć smukłych białych płatków zerwało z rodzinną tradycją. Dokładniejsza analiza pokazuje jednak, że kwiat ma ich tylko pięć, lecz każdy z nich jest tak głęboko rozszczepiony, że wygląda, jakby był dwoma. Zatem gwiazdnica doprowadziła do ekstremum rodzinną preferencję zdobienia kwiatów, tworząc iluzję dodatkowych płatków.

Jak wszystkie żywe istoty, w tym ludzie, kwiaty nakładają na historię warstwy adaptacji, tworząc napięcie między różnorodnością i jednością, odrębnością i tradycją. Sprawia ono, że niepohamowany rozkwit mandali tak bardzo zapiera dech w piersiach.

8 kwietnia

Ksylem

Pogoda jest ostatnio niestabilna. Jednego dnia pada deszcz ze śniegiem, a drugiego świeci słońce. Zmiany te wpływają na tempo życia w mandali. W przeniknięte wilgocią dni liście zwieszają swe głowy, a las jest cichy, słychać tylko stukot dźwięciców. Dzisiaj wyszło słońce i życie nabrało tempa. Wzmogła się zieleń, pojawiło się kilkanaście gatunków ptaków i kilka małych rojów owadów. Z niskiej gałęzi odzywa się nawet rzekotka, choć to jeszcze nie jej pora.

W ubiegłym tygodniu leśna zieleń pokładała się na ziemi, tworząc dywan fotosyntezy, który sięgał zaledwie do kostek. Teraz klony rozwijają liście i wypuszczają na gałęziach jasnozielone kwiaty. Niczym wzbierająca fala przyływu, zielona poświata na nowo podnosi się w lesie. Na całym zboczu panuje poczucie odnowy.

Gałęzie klonu cukrowego zwisają w obrębie mandali, a ich młode liście zatrzymują promienie słoneczne, rzucając cień na podszyt. Spośród setek wiosennych kwiatów tylko kilkanaście zdoła się utrzymać; klon zgasił ich iskrę. Ale nie wszystkie drzewa wokół mandali wypuszczają liście. Entuzjazm klonu kontrastuje z ponurym, pozbawionym zieleni orzesznikiem nagim, który stoi po drugiej stronie mandali. Jego masywny szary pień strzela prosto w górę, by rozwinąć się w ciemne, nagie gałęzie.

Kontrast pomiędzy klonem i orzesznikiem oddaje wewnętrzne zmagania. Drzewa muszą otworzyć aparaty szparkowe na liściach, za pomocą których liście oddychają, co sprawia, że powietrze obmywa wilgotne powierzchnie ich komórek. Dwutlenek węgla rozpuszcza się w wilgoci, po czym zostaje przekształcony w komórkach roślin w cukier. Ta przemiana gazu w pożywienie jest dla drzew źródłem życia, ale wiąże się z pewnymi kosztami. Z otwartych aparatów szparkowych liści ucieka para wodna. Klon rosnący powyżej mandali co minutę wydycha kilka litrów wody. W upalny dzień siedem lub osiem drzew, których korzenie penetrują mandalę, wypaca w ten sposób kilkaset litrów wody. Ten odwrócony wodospad szybko wysusza glebę. Gdy zapasy wody zostaną wyczerpane, roślina musi zamykać szparki i przestaje rosnać.

Wszystkie rośliny muszą liczyć się z tym kompromisem pomiędzy wzrostem i zużyciem wody. Natykają się przy tym na kolejną diabelską przeszkodę. Wypychając liście ku niebu, stały się zakładnikami fizyki własnych systemów hydraulicznych. Wewnątrz każdego pnia tkwi mechanizm regulujący żywotny związek pomiędzy ziemią a niebem – wodą zawartą w glebie i ogniem słońca. Zasady rządzące tą relacją są bezwzględne.

Światło słoneczne powoduje odparowywanie wody z powierzchni komórek wewnątrz liści drzew i tracienie jej przez szparki oddechowate. Gdy para uchodzi z wilgotnych ścian komórkowych, rośnie napięcie powierzchniowe pozostałej wody, zwłaszcza w wąskich szczelinach międzykomórkowych. To napięcie wyciąga jeszcze więcej wody z głębszych warstw liścia, przenosi się do jego żyłek, a następnie przemieszcza się poprzez komórki przewodzące wodę do pnia drzewa, ostatecznie dochodząc aż do korzeni. Siła ciągnięcia pojedynczej wyparowującej cząsteczki wody jest minimalna, niczym powiew wiatru głaszczący jedwabną nić. Ale połączone siły milionów cząsteczek mają wystarczającą moc, aby wyciągnąć z ziemi gruby strumień wody.

Ten system ruchu wody jest niezwykle skuteczny. Nie wymaga od drzewa zużywania energii, a mimo to pozwala mu czerpać wodę przez pień. Gdyby ludzie mieli zaprojektować

urządzenie mechaniczne do podnoszenia setek litrów wody z korzeni do koron, las rozbrzmiewałby kakofonią pomp, krztusił się od spalin z silników Diesla lub drżał od przewodów elektrycznych. Gospodarka ewolucji nie dysponuje zasobami umożliwiającymi tak wielką rozrzutność, wobec tego woda płynie w drzewach z łatwością i bez hałasu.

Ten wydajny system pompowania wody ma jednak swoją piętę achillesową. Czasami unoszące się z ziemi kolumny wody są poprzedzielane pęcherzykami powietrza. Zatory te blokują przepływ wody. Ryzyko wystąpienia takiej blokady jest większe przy zimowej pogodzie, ponieważ pęcherzyki powietrza tworzą się, gdy woda zamarza wewnątrz przewodzących ją komórek. Takie same pęcherzyki mgławiają kostki lodu w kuchennych zamrażarkach. W mroźne dni pnie wypełniają się więc dziurami powietrznymi, które paraliżują hydraulikę drzewa.

Klon i orzesznik wpadły na dwa różne rozwiązania tego problemu. Orzesznik ze swoimi nagimi gałęziami wygląda, jakby wciąż spał po zimowemu, ale to tylko pozory. W swym wnętrzu układa zupełnie nowy system hydrauliczny, przygotowując się na wypuszczenie kwiatów i liści. Zeszłoroczna instalacja jest już bezużyteczna, zatkana przez zatory. Dlatego drzewa orzesznika nagiego pierwszą część kwietnia poświęcają na wytworzenie nowych przewodów. Tuż pod korą pień owija cienka warstwa żywych komórek. Te komórki dzielą się i tworzą naczynia na nowy sezon. Zewnętrzna warstwa komórek, leżąca pomiędzy korą a warstwą, która właśnie się dzieli, przerodzi się w łyko – żywą tkankę, która transportuje cukry i inne substancje odżywcze w górę i w dół drzewa. Nowe komórki utworzone po wewnętrznej stronie obumrą i pozostawią swoje ściany komórkowe, aby stać się ksylemem, czyli drewnem, które prowadzi wodę wzdłuż pnia.

Ksylemowe rury orzesznika są długie i szerokie. Stawiają niewielki opór, więc gdy drzewo w końcu pokryje się liśćmi, przepływ wody będzie obfity. Jednakże szerokość tych rur bardzo zwiększa ich podatność na zatory. Po zatkaniu stają się bezużyteczne, a ponieważ drzewo ma stosunkowo niewiele takich szerokich kanałów, po pojawieniu się zaledwie kilku zatorów przepływ wody znacznie spada. Uwarunkowania te sprawiają, że orzeszniki muszą opóźnić rozwój liści do czasu, aż minie niebezpieczeństwo przymrozków. Choć drzewa tracą przez to ciepłe słoneczne dni wiosny, rekompensują sobie te straty później, gdy ich rurociągi zaczynają pracować pełną mocą. Orzesznik jest zatem niczym samochód sportowy – lód nie pozwala jeździć nim aż do późnej wiosny, ale potem, w ciepłe letnie dni, wyprzedza się nim wszystkich na drodze.

Pnie orzesznika mają jeszcze jeden problem. Ich szerokie, długie rury ksylemowe są słabe jak słomki. Nie są w stanie podtrzymać ciężkich gałęzi, gdy napiera na nie silny wiatr. Dlatego nieco później, po pojawieniu się już wiosennej warstwy ksylemu, drzewo wytwarza dodatkowe naczynia, grubościennie, lecz mniejsze. Wytworzony w lecie ksylem zapewnia wsparcie strukturalne, którego brakuje naczyniom przenoszącym wodę. Ta doroczna naprzemiennosc jest widoczna w historii drewna orzesznika jako „pierścień” wzoru, złożony z szerokich porowatych komórek, oddzielonych przez gęstsze drewno.

O ile orzeszniki przyrównaliśmy do samochodów sportowych, o tyle klony są pojazdami z napędem na cztery koła. Ich ksylem jest mrozoodporny i pozwala im wypuszczać liście całe tygodnie przed orzesznikiem. Jednak potem, gdy nadejdzie lato, orzeszniki wyprzedzą klony w zdolności do transportowania wody, a tym samym odżywiania się dzięki promieniom słońca. Ksylemowe komórki klonu są liczniejsze, krótsze i węższe niż u orzesznika, a ponadto oddzielają je warstwy przypominające zgrzebło. W przeciwieństwie do szerokich, otwartych rurek orzesznika, budowa klonu ogranicza zatory do niewielkich komórek, w których się tworzą. Ponieważ klony mają wiele drobnych rurek, pojedynczy zator blokuje tylko niewielką część pnia. W przeciwieństwie do pierścieniowatych wzorów w drewnie orzesznika, drewno klonowe jest

bardziej jednolite, tworzy „rozlany” wzór. Różnice te są widoczne w meblach i innych wyrobach z drewna: klon jest gładki i drobnoziarnisty, natomiast orzesznik charakteryzują regularne rzędy dziurek.

Klon stosuje jeszcze jedną fizjologiczną sztuczkę, która pomaga mu poradzić sobie z zatorami. Wczesną wiosną w górę jego pnia wznosi się pod ciśnieniem słodki sok, wypłukując powietrze i przywracając ciągłość ksylemu w starym drewnie po mrozach. Klony mogą zatem wykorzystywać stary ksylem jako dodatkowy system przenoszący wodę, natomiast orzeszniki są zdane tylko na ten, który urósł w danym roku. Wiosenny przepływ soków klonu jest napędzany cyklicznie następującymi w gałązkach przymarznięciami w nocy i rozmrażnięciami za dnia. To wyjaśnia, dlaczego sok w niektórych latach płynie obficie, a w innych prawie wcale. Gdy pojawia się huśtawka temperatur między ostrymi przymrozkami a słonecznymi dniami, sok płynie w ogromnych ilościach. Natomiast gdy pogoda jest bardziej unormowana, jego przepływ jest mniejszy.

Kontrast pomiędzy zielonym klonem i ponurym orzesznikiem sprowadza się zatem do hydrauliki. Na pierwszy rzut oka drzewa wydawały się zakładnikami nieustępliwych praw fizyki. Ograniczenia nałożone przez odparowywanie wody, jej przepływ i przymrozki determinują ich życie. Jednak drzewa są również mistrzami w wykorzystywaniu tych zasad z korzyścią dla siebie. Parowanie jest kosztem, który ponoszą za wypuszczenie liści, a zarazem siłą, która bez hałasu i wysiłku przemieszcza setki litrów wody w obrębie ich pni. Podobnie jest z lodem, który jest wrogiem wiosennego ksylemu, ale u klonu jego siła uruchamia wczesny przepływ soków bez ponoszenia kosztów przez drzewo. Zarówno u klonu, jak i u orzesznika, na dwa różne sposoby, korzyści przeważyły nad kosztami i obróciły przeszkodę w źródło triumfu.

14 kwietnia

Ćma

Ćma przebiera jasnobrązowymi nóżkami po mojej skórze, smakując mnie tysiącami chemicznych detektorów. Ma sześć języków! Każdy krok to dla niej eksplozja nowych bodźców. Chodzenie po ludzkiej dłoni albo po liściu musi być niczym pływanie w winie, i to z otwartymi ustami. Mój rocznik zyskuje aprobatę ćmy, więc rozwija ona swoją ssawkę, wyrastającą jej spomiędzy jasnozielonych oczu. Ssawka wystaje z jej głowy jak strzała wymierzona w moją skórę. W chwili zetknięcia sztywność ssawki się zmniejsza, a jej końcówka skręca się w stronę nóg ćmy. Owad przesuwając końcówkę ssawki, jakby czegoś szukał, a ja czuję chłodną wilgoć. Zbliżam oko do palca, mrużę je, patrząc przez soczewkę zwiniętej w tubkę dłoni, i dostrzegam, że końcówka ssawki wciska się w rowek linii papilarnych. Ssawka zatrzymuje się w tej bruzdzie, a przez jej bladą rurkę tłoczony jest płyn. Nadal wilgotno.

Przez pół godziny obserwuję ćmę pożywiającą się w mojej dłoni i nagle orientuję się, że nie jestem w stanie się jej pozbyć. Początkowo nie ruszałem palcem i pozwalałem sobie jedynie na powolne ruchy głowy. Po kilku minutach moje ciało ma dość tej sztywności. Lekko zginam palec. Nic się nie dzieje. Teraz już nim macham, potem dmucham na ćmę. Wciąż nic, owad kontynuuje swoją pracę. Szturcham go końcem ołówka. Obok przylatuje wielka mucha i smaruje moją dłoń mokrymi pocałunkami znawcy toalet. Ten pokryty szczecina owad zachowuje się bardziej instynktownie i odlatuje, gdy się poruszam. Ćma zaś tkwi na swoim miejscu jak zaczarowana.

Jej czułki wskazują na przyczynę tak żywotnego przywiązania do mojego palca. Wystają nad jej głową prawie na długość całego jej ciała. Z każdego czułka odchodzą blisko przylegające antenki – ćma nosi je niczym koronę utworzoną z wyleniałych skrzydeł. Pokrywają je aksamitne włoski. Na każdym z nich znajdują się otworki, które prowadzą do wodnistej wnętrza, gdzie znajduje się zakończenie nerwowe, które tylko czeka, aż odpowiednia cząsteczka zwiąże się z jego powierzchnią i uruchomi reakcję. Tylko osobniki męskie mają tak rozbudowane czułki. Przeczesują powietrze w poszukiwaniu zapachów wydawanych przez osobniki żeńskie i lecą w stronę wybranki, prowadzone przez swoje wielkie, opierzone nosy. Nie wystarczy jednak znaleźć partnerkę. Trzeba przynieść jej ślubny dar. Na moim palcu ćma znajduje istotny jego składnik.

Kryształem wybieranym dla narzeczonej przez ludzi są raczej diamenty, ale ćma szuka bardziej praktycznego minerału – soli. W trakcie zalotów osobnik męski przekazuje partnerce paczuszkę ze spermą i pakietem pożywienia. To ostatnie obficie doprawia solą, cennym darem zaspokajającym potrzeby następnego pokolenia. Osobnik żeński wnosi sól do jaj, a w konsekwencji przekazuje ją gąsienicom. Ponieważ na liściach nie znajdują one jej zbyt wiele, będą zależne od soli zostawionej im przez rodziców. Serdeczne przywiązanie ćmy do moich palców to zatem skutek przygotowań do godów i sposób na zapewnienia przeżycia przyszłemu potomstwu. Sól z mojego potu zbilansuje dietę gąsienicy.

Mamy słoneczny i przyjemnie ciepły poranek. Letnie upały są jeszcze przed nami, więc prawie się nie pocę. Sprawia to, że ćma ma trudniejsze zadanie i wciąż brakuje jej składników chemicznych do ślubnego daru. Lepiej byłoby, gdybym pociał się obficie. Ludzki pot jest utworzony z krwi pozbawionej dużych składników, niczym zupa precedzona przez sitko. Płyn,

który mamy we krwi, przecieka przez naczynia krwionośne, przeciskając się przez przestrzenie międzykomórkowe aż do poskręcanych rurek u podstawy przewodów potowych. Gdy przechodzi przez te przewody, sód – minerał bardzo cenny – jest ponownie wpompowywany do komórek. Jednak im szybszy jest obieg potu, tym mniej czasu ciało ma na odzyskanie sodu, toteż gdy oblewamy się potem, mieszanka obecnych w nim minerałów niewiele różni się od tej we krwi. Dosłownie pocimy się krwią, pozbawioną dużych składników. Gdy jednak pocimy się nieznacznie, w naszym pocie jest mniej sodu, a proporcjonalnie więcej potasu – minerału, którego odzyskiwaniem organizm się specjalnie nie kłopotuje. Liście mają mnóstwo potasu, więc samce ćmy nie są nim zainteresowane i ten przyswojony wraz z sodem wydalają. Dlatego część tego, co ćma pobiera z mojej skóry, powróci wraz z jej kałem do gleby.

Chociaż zapewniłem mojej ćmie zaledwie kilka kropeł mało wartościowego potu, jestem ssakiem, do którego warto się przyssać. Ludzie należą do nielicznych istot wykorzystujących pot do chłodzenia organizmu, toteż w mandali trudno natknąć się na słoną skórę. A jeszcze trudniej o gołą. Niedźwiedzie i konie także się pocą, ale ukrywają swe mineralne skarby pod warstwą sierści. Oczywiście konie nigdy nie pojawiają się w mandali. Niedźwiedzie są rzadkością, chociaż pozostałości w okolicznych jaskiniach dowodzą, że przed nastaniem broni palnej było ich tu sporo. Reszta ssaków w większości poci się na podbiciu łap lub na wargach. Gryzonie w ogóle się nie pocą, bo z powodu niewielkich rozmiarów ciała są bardzo narażone na odwodnienie.

Płyn, który wycieka z porów naszej skóry, to w obrębie mandali ogromna rzadkość. Nawet skąpe wydzielanie potu przez moją skórę jest wielkim wydarzeniem w obliczu problemów z dostępem do sodu w lesie. Czasami warto przyssać się do kałuży z deszczówką, ale rzadko zawiera ona dużo sodu. Kał i uryna mają go więcej, lecz szybko wysychają. Moja dzisiejsza obecność stanowi nie lada gratkę. Jeśli nie chcę zabrać ze sobą samca ćmy do domu, muszę oderwać jego nóżki od mojej skóry i szybko uciec.

16 kwietnia

Ranne ptaszki

Brzoskwiniowa plama wnika w ciemność nad wschodnim horyzontem, po czym cała kopuła nieba rozjaśnia się, przechodząc od ciemności do bladej poświaty. Dwa powtarzające się dźwięki przeszywają powietrze; pierwszy jest czysty i wysoki, drugi niższy i zdecydowany. Sikory dwubarwne podtrzymują ten szybki dwudzielny rytm, a sikora karolińska zaczyna gwizdać swoją melodię – cztery nutki, które opadają i wznoszą się jak potakująca głowa. Gdy brzoskwinia rozlewa się na horyzoncie, fibik odzywa się swoim jakby przepalonym i przepitym chropawym głosem: fi-bi, fi-bi, niczym splukany bluesman.

Gdy niebo się rozjaśnia, lasówka paskogłowa grzechocze rozbudzającym kastanietem. Głuche brzęczenie wyzwała ze wszystkich stron śpiewaczy harmider, mieszaninę temp i tembrów. Pstroszka świszczce leniwie spod gałęzi: hyyy-ta, hyyy-ta. Lasówka żółtoczelna odzywa się z młodego drzewka, dwukrotnie podkręcając nuty, by nabrały tempa, a następnie rzucając je w stronę nieba: łiii-ej-łiii-ej, łiii-tiii-o. Od zachodu niesie się jeszcze głośniejsza piosenka. Trzy bogate tony dominują nad lasem w postaci powtarzających się fal, a następnie rozbijają się w wiry. Gwizd lasówki potokowej wydaje się inspirowany nurtem strumieni, nad którymi mieszka ten ptak, ale rytm piosenki i jej natężenie dominuje nad szumem wody.

Brzoskwinia staje się różowa i jej kolor rozlewa się coraz szerzej nad horyzontem. Sklepienie nieba rozjaśnia się na tyle, by ukazać częściowo zamknięte kwiaty rosnącej w mandali gwiazdnicy pospolitej oraz nadać kształt głazom i kamieniom, wyznaczających krawędź mandali. Gdy obraz świata powoli się wyłania, strzyżyk karoliński zaczyna śpiewać, rywalizując z lasówką potokową o to, kto wyda z siebie najgłośniejsze dźwięki. Strzyżyki śpiewają przez cały rok, ale dzisiaj słyszę je jakby na świeżo; w wiosennym zalewie dźwięków ich pieśń zdaje się nowa. Żaden inny ptak, może poza strzyżykiem amerykańskim, który już odleciał, nie ma w swoim śpiewie tak żywotnego ataku akustycznego ani tyle energii.

Strzyżykowi odpowiada cytrynka czarnouzda, siedząca na stoku poniżej. Powtarza melodię i ton strzyżyka, ale nic więcej, jakby zabrakło jej śmiałości, niczym nurek, który w nieskończoność stoi na pokładzie, nie mając odwagi wskoczyć w toń. Następnie z koron drzew rozlegają się kolejne dźwięki, słychać seplenienie podobne do pstroszki, ale piosenka rwie się, przyspiesza, a potem zamienia się w ćwierkanie. Nie mogę zidentyfikować tego ptaka i, co jeszcze bardziej frustrujące, nie mogę go odnaleźć przez lornetkę. Być może jest to poranna „piosenka lotna” lasówki? Te utwory to samodzielne wirtuozowskie popisy wykonywane podczas lotów wysoko nad lasem. Rzadko udaje się je rejestrować i, przynajmniej zgodnie z moim ograniczonym doświadczeniem, są bardzo zmienne. Nie wiadomo, jaką rolę odgrywają w ptasim życiu, ale jeśli nie inną, z pewnością dają możliwość twórczego upustu tym ptakom, które przez resztę dnia powtarzają tylko kilka sylab.

Swoje dumne głosy do tego spektaklu dodają także dzięcioły. Najpierw dzięcioł czerwonobrzuchy napełnia mandalę swym drżącym wołaniem, a następnie nadchodzi odpowiedź: maniakalny śmiech dzięcioła smugoszyjowego. Salwę tę przerywają naprzemiennymi chrypięciami i gwizdami modrosójki błękitne. A w miarę jak blask nieba się nasila, na wschód odlatuje kilka szczygłów, odbijając się w powietrzu tuż nad koronami drzew, jak kaczkki puszczane kamykami po wodzie. Każdemu odbiciu towarzyszy świergot: ti-ti-ti, ti-ti-ti.

Całe niebo błyska przez chwilę na różowo, a potem od wschodu pojawiają się żółte pasma, rozjaśniając mandalę. Kolor ponownie opada na horyzont, zasnuwając resztę nieba mleczną poświatą. Wireonek czerwonooki wita ten blask regularnymi gwizdami. Niektóre z nich kończą się intonacją pytającą: „Gdzie jestem?”. Inne odpowiadają mu niskim: „Tu jesteś”. Wireonek pyta las, a potem nie przestaje sam sobie udzielać odpowiedzi, ciągnąc ten wywód w upale południa, gdy inne ptaki już się wycofają. Zgodnie ze swoim profesorskim temperamentem wireonek rzadko schodzi z wyżyn korony drzew i jego obecność zwykle jest wykrywana tylko dzięki tej wyraźnej, powtarzającej się piosence.

Dołącza do niego starzyk brunatnogłowy. Jest to pasożyt lęgowy, który podrzuca swoje jaja do gniazd innych ptaków. Wolność od obowiązków rodzicielskich pozostawia mu mnóstwo czasu na godowe rozrywki. Doskonalenie tej piosenki zabrało samcowi dwa lub trzy lata i teraz płynie ona jak skapujące ciekłe złoto, tężejące, a na koniec dźwięczne, gdy uderza w kamień. Strużki drogiego płynu z pobrzękiem metalu.

Niebo jest już błękitne, kolory wschodu wyblakły, tworząc pastelowe pasmo chmur w tej części nieba. Kardynał szkarłatny popiskuje głośno na stoku poniżej mandali, a każda nuta brzmi, jakby ktoś uderzał o kamień. Te ostre dźwięki są kontrapunktem dla nawoływań dzikich indyków, wznoszących się z doliny. Las stłumił te odległe dźwięki, dodając to, co Thoreau¹ nazywa „głosem leśnej nimfy”, roznoszącym się, gdy dźwięk odbija się i przeciska przez roślinność. Jesteśmy w sezonie polowania na indyki, więc nawoływania te mogą równie dobrze być imitowane przez ludzi podczas gastronomicznych wypraw, co pochodzić od żądnych miłości indyków.

Gasnące kolory świtu ożywiają się na chwilę, a niebo jaśnieje kolorami bzu i narcyza, układającymi się w chmurach niczym warstwy ułożonej na łożku pościeli. Więcej ptaków dodaje swoje dźwięki: nosowe „onk!” kowalika łączy się z krakaniem kruka i mamrotaniem lasówki czarnogardłej, siedzącej na gałęzi ponad mandalą. Gdy kolory w końcu nikną pod ostrym spojrzeniem swojej matki, słońca, drozdek rudy koronuje świt zdumiewającym utworem. Ta pieśń zdaje się dochodzić z innego świata, niesie ze sobą przejrzystość i swobodę, oczyszcza mnie przez kilka chwil swoim pięknem. A potem ptak milknie, zasłona opada i zostaję sam z dopalającym się żarem pamięci.

* * *

Piosenka drozda dobywa się ze schowanej głęboko w piersi ptaka krtani. Jej membrany wibrują, modulując powietrze wychodzące z płuc. Okrążają one ujście oskrzeli, sprawiając, że bezdźwięczny wydech przekształca się w słodką muzykę, która wznosi się przez tchawicę i wypływa z dzioba. Tylko ptaki wytwarzają dźwięki w taki sposób, uzyskując efekt skrzyżowania między wirującym słupem powietrza we flecie a wibrującym stroikiem oboju. Ptaki zmieniają rejestry i tony swoich piosenek przez regulację napięcia mięśni otaczających krtani. Piosenka drozda jest rzeźbiona przez co najmniej dziesięć mięśni, z których każdy jest mniejszy od ziarnka ryżu.

W przeciwieństwie do naszej krtani ptasia nie stawia zbyt wielkiego oporu przepływowi powietrza. Dzięki temu małe ptaki są zdolne do głośniejszego śpiewania niż najokazalszy człowiek. Jednak mimo sprawności ich krtani, śpiew ptaków rzadko niesie się poza najbliższą okolicę. Nawet eksplozywnie gulgotanie indora zostaje szybko wchłonięte przez las. Energia, która napędza ten dźwięk, jest łatwo absorbowana i rozpraszana przez drzewa, liście oraz cząsteczki powietrza. Wysokie dźwięki są łatwiej pochłaniane niż basy, których długie fale omijają przeszkody, zamiast się od nich odbijać. Piękno ptasiego śpiewu, szczególnie dyskant, jest zatem darem dostępnym tylko w bliskim sąsiedztwie.

Inaczej jest z darem słońca. Fotony, które stworzyły ten świt, przebyły sto pięćdziesiąt milionów kilometrów od powierzchni Słońca. Ale nawet światło może zostać spowolnione, a dostęp do niego ograniczony. To spowolnienie jest najbardziej wyraźne wewnątrz słonecznego brzucha, gdzie fotony rodzą się z ognistych związków poddanych wysokiemu ciśnieniu atomów. Jądro Słońca jest tak gęste, że wydostanie się na jego powierzchnię zajmuje fotonowi dziesięć milionów lat. Podczas tej drogi jest on stale blokowany przez protony, które pochłaniają jego energię, na chwilę ją zatrzymują, a potem uwalniają jako kolejny foton. Kiedy po milionach lat uwięzienia w słonecznej melasie foton w końcu wybija się na niepodległość, dociera na Ziemię w ciągu ośmiu minut.

Gdy tylko fotony osiągają naszą atmosferę, ich drogi ponownie zostają przecięte przez cząsteczki, choć tym razem są one miliony razy mniej gęsto upakowane niż w sprasowanej strukturze Słońca. Fotony mają różne kolory, a niektóre z nich są bardziej niż inne narażone na zatrzymanie przez atmosferę. Fotony czerwone mają długość fali znacznie przekraczającą wielkość większości cząsteczek powietrza i – tak jak gulgotanie indyka w lesie – łatwo płyną w powietrzu i rzadko są przez nie pochłaniane. Długość fali fotonów niebieskich bardziej odpowiada rozmiarom cząsteczek powietrza, więc ta krótka fala jest przez powietrze absorbowana. Pochłaniająca foton cząsteczka powietrza trzęsie się, podekscytowana zastrzykiem energii, a następnie wytwarza nowy foton, lecz zostaje on wystrzelony w innym kierunku, więc uporządkowany strumień niebieskich fotonów zostaje rozproszony w rykoszecie światła. Natomiast światło czerwone nie jest pochłaniane i rozpraszane, tylko płynie prosto. Oto, dlaczego niebo jest niebieskie; widzimy przekierowaną energię niebieskich fotonów, blask miliardów wzbudzonych cząsteczek powietrza.

Kiedy słońce jest w zenicie, fotony wszystkich kolorów docierają do naszych oczu, mimo że niektóre z niebieskich zmieniają po drodze kierunek. Kiedy słońce znajduje się nisko nad horyzontem, fotony przecinają powietrze pod dużym kątem, więc światło o bardziej niebieskiej barwie zostaje usunięte. Czerwone światło świtu obmywające moją mandalę w Tennessee powstało zatem na niebieskim porannym niebie nad górami Karoliny Północnej na wschodzie.

Przelewające się nad mandalą energie światła i dźwięku zbiegają się w mojej świadomości, gdzie ich piękno podsycza płomień mojego zachwytu. Do zbiegu energii dochodzi również na początku tej drogi, w niewyobraźalnie gorącym i poddanym niewyobraźalnemu ciśnieniu jądrze naszej gwiazdy. Słońce jest źródłem zarówno światła świtu, jak i porannej pieśni ptaków. Poświata na horyzoncie jest światłem przefiltrowanym przez ziemską atmosferę; muzyka w powietrzu jest energią słoneczną przefiltrowaną przez rośliny i zwierzęta, która zasila śpiew ptaków. Magia kwietniowego świtu to misterna sieć strumieni energii. Sieć ta jest z jednej strony zakotwiczona w materii przekształcającej się w energię w Słońcu, a z drugiej strony w tej samej energii przekształcającej się w piękno w naszej świadomości.

Henry David Thoreau (1817–1862), amerykański pisarz i filozof transcendentalista, autor m.in. eseistycznego pamiętnika *Walden, czyli życie w lesie*, zawierającego refleksje z obcowania z przyrodą ujęte w klamrę czterech pór roku [przyp. red.]. [wróć]

22 kwietnia | WĘDRUJĄCE NASIONA

22 kwietnia

Wędrujące nasiona

Zakończyła się wiosenna eksplozja kwiatów. Pozostało tylko kilka okazów gwiazdnicy pospolitej i bodziszka – to wszystko, tylko tyle przypomina nam o bogactwie miesiąca. Przekwitłe kwiaty opadają, sprowadzając na ziemię dowód nadzwyczajnych działań reprodukcyjnych klonu i orzesznika. W mandali leżą setki ich opadłych kwiatostanów. W odróżnieniu od jaskrawych kwiatów wiosennych efemeryd te są mdłe i skromne, bez widocznych płatków czy kolorowych zdobień. Ten ekstremalny purytanizm ich stroju sugeruje, że seksualność drzew rosnących w obrębie mandali bardzo różni się od feerii nektarów i kolorów, jaki tworzą efemerydy. Drzewa nie muszą nikomu imponować. Ich pyłek zostanie poniesiony z wiatrem, nie ma więc potrzeby przekupywać oczu i podniebień owadów. Dlatego kwiaty mogą mieć budowę bardziej utylitarną.

Wiatropylność jest strategią szczególnie pożyteczną dla pierwszych kwitnących drzew. Wiosenne efemerydy żyją w stosunkowo ciepłym, osłoniętym mikroklimacie, a mimo to trudno im znaleźć zapylaczy. Mikroklimat warstwy koron drzew jest bardziej podatny na działanie czynników atmosferycznych i jeszcze mniej przyjazny dla owadów wczesną wiosną. Natomiast wiatru nigdy tam nie brakuje. Klony i orzeszniki wyłamały się w związku z tym z pradawnego paktu z owadami i do transportowania swojego pyłku wykorzystują metody fizyczne zamiast biologicznych. Zwiększenie niezawodności okupione jest niestety spadkiem precyzji. Pszczoły dostarczają pyłek bezpośrednio do znamienia słupka kwiatu. Wiatr niczego nie dostarcza. Raczej wszystko rozprasza, na nieszczęście zarówno kwiatów, jak i ludzkich zatok. Dlatego rośliny zapyłane przez wiatr muszą wytwarzać ogromne ilości pyłku. Są jak rozbitkowie na samotnej wyspie, rzucający miliony butelek do wody z powodu braku niezawodnych usług pocztowych.

W odróżnieniu od roślin hermafrodytycznych klon i orzesznik wytwarzają dwa rodzaje kwiatostanów – męskie i żeńskie. Kwiatostany męskie zwisają z gałęzi, tak że porusza nimi najmniejszy ruch powietrza. Klony wywieszają skupiska tych kwiatów na poskręcanych włóknach. Każde włókno ma długość centymetra lub dwóch i kończy się kępką pylników, czyli tworów produkujących pyłek, które wyglądają jak małe, żółte kuleczki wielkości przecinka na tej stronie. Pylniki orzesznika nawleczone są obok siebie w wymyślne girlandy zwane kotkami, każdy z nich długości palca. U obu gatunków pylniki rosną w grupach pod małymi parasolami, prawdopodobnie po to, aby nie dopuścić do zmycia pyłku przez deszcz. Kwiatostany żeńskie są bardziej przysadziste, nie mają potrzeby oddawania dużych ilości pyłku wiatrowi. Znamiona ich słupków przechwytyują przenoszony wiatrem pyłek, aby rozpocząć proces zapłodnienia. Niewiele wiadomo na temat aerodynamiki znamion słupków, ale wydaje się, że są one umieszczone w najbardziej wystawionych na wiatr częściach rośliny i zbudowane w taki sposób, aby powietrze wirowało wokół, spowalniając ruch i osadzając na nich ziarna pyłku.

Do tej chwili kwiaty męskie wytworzyły już i rozsiały pyłek. Ich zadanie zostało zakończone, więc drzewa się ich pozbyły, pokrywając mandalę splotami żółto-zielonych włókien

i kotków. Natomiast praca kwiatów żeńskich właśnie się rozpoczęła. Zapłodnione komórki jajowe w zalążniach będą miesiącami dojrzewać, przekształcając się w owoc. Dopiero jesienią dojrzałe orzechy orzesznika i nasiona klonu będą gotowe, by odłączyć się od macierzystego drzewa.

Dzikie kwiaty nie mogą skorzystać z luksusu słonecznych letnich miesięcy, by zasilić swe owocowanie. Większość wiosennych efemeryd owocuje zaledwie kilka tygodni po zakwitnięciu, kończąc swój cykl rozmnażania, zanim gruby letni baldachim liści koron drzew odetnie im światło. Obchodzę mandalę dookoła, poszukując przyłaszczki, której kwiaty podziwiałem w marcu. Znajduję ją za linderą zwyczajną. Jej wątrobiane liście są szeroko rozłożone, a wyprostowana łodyga utrzymuje pęk grubych zielonych torped, każda wielkości ziarnka fasoli. Kilka owoców spadło już na ziemię, odsłaniając tępy biały stożek mieszczący się u ich podstawy, bulwiasty środek i ostro zwężającą się końcówkę. Ten ostry czubek jest wszystkim, co pozostało z szyjki słupka podtrzymującej znamię. Zielony pękaty kształt to ściana zalążni, która teraz otacza życiodajne nasiono.

Do jednego z owoców zbliża się mrówka. Obmacuje go czułkami i wspina się na niego. Z powrotem pada na ściółkę, chwyta owoc, a potem go porzuca. Kilka minut później inna mrówka robi to samo. Za każdym razem owoc przesuwa się o parę milimetrów, ale mrówki potem odchodzą. Mija pół godziny; przechodzą tamtędy kolejne mrówki, nie zważając na owoc. Następnie pojawia się duża mrówka, dotyka go czułkami i chwyta za pomocą haczykowatych szczęk, które wyrastają z obu stron jej otworu gębowego. Owoce jest wielkości całej mrówki, ale ona unosi go wysoko nad głowę; jej aparat gębowy mocno wpija się w białą zaokrągloną końcówkę owocu. Wyrusza w stronę centrum mandali, potyka się o łodygę kwiatu klonu, odzyskuje równowagę, wpada w szczeliny między liśćmi, ale dzielnie prze dalej. Jej droga jest kręta, prowadzi meandrami z powodu nierówności w ściółce, nieraz wymaga chodzenia do tyłu po splecionych kotkach opadłych pylników. Wciągam się w to jej zmaganie i oddycham z ulgą, gdy widzę, że dotarła do dziurki w ziemi wielkości ziarnka grochu, w której wreszcie znika. Gdy zaglądam do tej mrówczej norki, widzę, jak grupka mrówek przesuwa i przetacza zielony owoc. Jego poświata stopniowo zanika; jest teraz zatopiony w ziemi, pół metra od miejsca, w którym spadł.

Odyseja owocu przyłaszczki jest częścią większej sagi łączącej historię mrówek leśnych z wiosennymi efemerydami. Białe brodawki na końcu owocu to elajosom, zwany też mrówczym ciałkiem, będący pożywnym posiłkiem z tłuszczów przygotowanym przez roślinę właśnie dla mrówek. Taki bogaty w składniki odżywcze pokarm rzadko spotyka się oferowany w wygodnych, niezabezpieczonych pakunkach, więc mrówki szybko dostarczają zawierający elajosom owoc do swoich gniazd, gdzie paczka żywnościowa zostaje rozłożona na czynniki pierwsze i podana larwom w kolonii. Kolejne pokolenia mrówek będą częściowo zbudowane z ciała przyłaszczki. Gdy elajosom zostaje usunięty, mrówki wrzucają niejadalne nasiono w kompost swojego gniazda. W ten sposób metodyczny porządek panujący w kolonii mrówek sprawia, że nasiono trafia do luźnego, żyznego kompostu, będącego idealnym miejscem do wykiełkowania.

Mrówki nie tylko rozsiewają nasiona w dogodnych miejscach, ale także pomagają przenieść je z bezpośredniego sąsiedztwa roślin macierzystych w rejony potencjalnie niezajęte. Większość mrówek przenosi nasiona wiosennych efemeryd na odległość kilku metrów, rzadko więcej niż kilka kroków od rośliny macierzystej. Choć to wystarczy, by uniknąć konkurencji z mamą, jednak te nieznaczne odległości są w zasadzie trudne do pogodzenia z tym, co wiemy o historii efemeryd. Wiele ich populacji pokrywa cały las strefy umiarkowanej we wschodniej części Ameryki Północnej, od Alabamy po Kanadę. Jednak jeszcze szesnaście tysięcy lat temu

las ten był wciśnięty w kilka enklaw nad Zatoką Meksykańską. Ostatnie zlodowacenie pokryło pozostałą część wschodu kontynentu lodem lub, na obszarach bardziej wysuniętych na południe, rodzajem lasu borealnego, podobnego do tego, jaki teraz można znaleźć tylko daleko na północy Kanady. Zatem wiosenne efemerydy przemieściły się z Florydy do Kanady w ciągu tych szesnastu tysięcy lat. Jeśli jednak mrówki epoki polodowcowej zachowywałyby się w taki sam sposób jak te dzisiejsze, efemerydy zostałyby przeniesione na odległość zaledwie dziesięciu czy dwudziestu kilometrów od momentu, w którym lód zaczął się cofać. Tymczasem udało im się przemierzyć odległość dwóch tysięcy kilometrów. Albo więc dzisiejsze mrówki są marnymi cieniem wielkich, sprinterskich mrówek z przeszłości, co jest mało prawdopodobne, albo dowody kopalne i geologiczne na istnienie epok lodowcowych są tylko mirażem, co jest jeszcze mniej prawdopodobne. Być może więc nasza wiedza na temat rozsiewania się nasion jest niepełna, a wiosenne efemerydy mają jakiś nieznaną nam sposób przenoszenia nasion na duże odległości.

Do niedawna brakowało pewnych kandydatów do wyjaśnienia tej tajemnicy. Szalejące wichury przenoszące nasiona przyłasczki aż do Kanady? Mało prawdopodobne. Błoto pod pazurami ptaków wędrownych lub przenoszenie nasion w ich brzuchach? Możliwe, jednak większość tych ptaków przelatuje nad południowymi lasami w okresie przed wytworzeniem nasion przez efemerydy, a trójlist siedzący wytwarza nasiona tak późno, że w tym czasie ptaki wędrowne zaczynają już swoją podróż powrotną i zaniósłoby je w niewłaściwą stronę. Może więc gryzonie i inne zwierzęta roślinożerne przenoszą nasiona w swoim układzie pokarmowym? To zupełnie niemożliwe: rozdrabniają one nasiona w pysku, a następnie niszczą je podczas trawienia.

Ekolodzy nazwali te rozbieżności pomiędzy szybkim rozprzestrzenianiem się efemeryd i ich z pozoru słabymi zdolnościami pod tym względem „paradoksem Reida”, od nazwiska dziewiętnastowiecznego botanika, który badał podobne zjawisko rozprzestrzenienia się dębów na całą polodowcową Brytanię. Filozofowie i teologowie uwielbiają paradoksy, traktując je jako godne szacunku wskazówki, kierujące ku głębokim prawdom. Przyrodnicy wyznają mniej optymistyczny pogląd, nauczywszy się z doświadczenia, że „paradoks” to elegancka forma powiedzenia, iż coś ewidentnego nam umyka. Rozwiązanie paradoksu z reguły pokazuje, że jedno z naszych „oczywistych” założeń było żenująco błędne. Być może nie jest to zresztą bardzo odległe od paradoksu filozoficznego. Różnica tkwi w poziomie, na którym leżą te fałszywe założenia: w naukach przyrodniczych znajdują się one stosunkowo płytko i są łatwe do usunięcia, a w filozofii tkwią głęboko i trudno je wyrugować.

Fałszywe założenie u podstaw paradoksu Reida być może w ogóle nie jest ukryte, tylko leży na ścieżce w takich mandalach jak moja na całym kontynencie. Rozwiązaniem paradoksu mogą okazać się odchody jeleni, które, podobnie jak odchody gryzoni, uznano za pozbawione efektywnych nasion wiosennych efemeryd. Taka hipoteza spełnia kryterium klasycznego naukowego sposobu rozwiązywania zagadek, czyli prostego eksperymentu wiodącego do pytania: „Dlaczego nikt nie pomyślał o tym wcześniej?”. Krok pierwszy: zebrać odchody jeleni z lasu. Krok drugi: poszukać w nich nasion. Krok trzeci: wysiać te nasiona, obserwować, jak wyrastają z nich rośliny, i stwierdzić, że określenie „nasiona roznoszone przez mrówki” jest błędne. Być może należałoby je określić mianem „przesuwanych przez mrówki” i „transportowanych przez jelenie”, ponieważ te ostatnie mogą przenosić nasiona na odległość wielu kilometrów, podczas gdy mrówki zaledwie o centymetry. A co z innymi ssakami roślinożernymi? Czy je również należy skreślić jako potencjalnych roznosicieli nasion? Nikt nie pochylił się nad nimi, aby poszukać odpowiedzi na to pytanie. Czeka na nas dużo odchodów do przesiania.

Niezależnie od tego, co znajdzie się w ten sposób, już dziś można stwierdzić, że wiele

wiosennych efemeryd zostało przedwcześnie sklasyfikowanych jako „roznoszone przez mrówki” i obdarzonych budzącym respekt terminem myrmekochorii, czyli mrówkosiewności. W rzeczywistości proces rozsiewania nasion jest bardziej skomplikowany i zdaje się zależeć od skali. Na małą skalę mrówki rzeczywiście są głównymi rozsiewaczami. Specjalizują się w zbieraniu nasion i sadzeniu ich w atrakcyjnych lokalizacjach. Jelenie to znacznie mniej uważni ogrodnicy. Dlatego z punktu widzenia pojedynczego nasionka lepiej jest trafić na mrówki. Jednakże w większej skali ssaki odgrywają znacznie ważniejszą rolę. Sporadyczne sukcesy transportu dalekobieżnego nasion w wykonaniu jeleni mogą dać początek nowej populacji i rozprzestrzenić gatunek na uprzednio niezajmowanym przez niego obszarze lasu. Z perspektywy całego gatunku wędrowne jelenie są ważniejsze od metodycznie przesuwających nasiona mrówek. Bez jelenia efemerydy byłyby ograniczone terytorialnie do niewielkiego pasma lasu na wybrzeżu Zatoki Meksykańskiej. A przecież wybrały się autostopem przez cały kontynent.

Ta nowo odkryta ważna rola jelenia podważa funkcję elajosomu. Zakładamy, że ten oleisty dodatek został stworzony w drodze doboru naturalnego, aby przyciągać mrówki, przyczyniając się do umieszczania nasion w dogodnej dla kiełkowania glebie. Wyjaśnienie to jest nadal częściowo prawdopodobne. Mrówki są przecież najlepszymi rozsiewaczami nasion, a dobór naturalny wspiera każdą cechę, pomagając przynosić geny do następnego pokolenia. Ale sprzyja on także tym cechom, które roznoszą geny na cały świat. Ewolucja mówi nie tylko „rozmnażajcie się”, ale „idźcie i rozmnażajcie się”. Każda matka, która nie wyprawia części swoich dzieci w szeroki świat, na dłuższą metę traci. Sprawdza się to szczególnie w odniesieniu do gatunków, których historia została naznaczona rekolonizacją rozległych obszarów siedlisk. Prawie każdy kwiatek przyłaszczki w Ameryce Północnej jest potomkiem osobnika, któremu udało się dokonać długodystansowego rozsiewu nasion. Należy się spodziewać, że znajdziemy u nich geny wierzycięty, cechy, która zwiększa prawdopodobieństwo kiełkowania nasion z dala od rodziców. Elajosom może mieć zatem także inne przeznaczenie: ma podniecać elastyczne wargi jeleni, zachęcając te zwierzęta do zerwania oczekującego na wysianie owocu.

Paradoksalne życie efemeryd doznało kolejnych komplikacji po przybyciu na kontynent amerykański Europejczyków. Pokawałkowaliśmy las, co utrudnia mrówkom przenoszenie nasion. Jednocześnie załamała się populacja jeleni, a potem doszło do jej ponownego rozkwitu. Równowaga między mrówką a jeleniem ulegała wahaniom. W jaki sposób odpowiedziały na to efemerydy? Czy w ogóle mogą na to odpowiedzieć? Duża liczba jeleni może zmienić błogosławieństwo roznoszenia nasion w przekleństwo nadmiernego wypasu. Intensywne wyjadanie roślinności może doprowadzić do zagłady efemeryd, co sprawia, że nasze spekulacje o ich reakcji na zmieniający się dobór naturalny staną się jałowe.

Do tego bilansu musimy teraz dodać trzeci element. W południowych lasach pojawiły się zawleczone tu mrówki ogniste, które przemieszczają się na północ. Lubią obszary zaburzone, czyli szczególnie często występują w lasach, które cierpią z powodu fragmentacji. Mrówki ogniste zbierają zawierające elajosom owoce, ale są słabymi rozsiewaczami, gdyż składują nasiona obok rośliny macierzystej, tym samym skazując młodziutki sadzonki na rywalizację z dorodnymi krewnymi. Zazwyczaj kończy się to obumarciem młodej rośliny. Mrówki te mogą także zjadać całe owoce, a nie tylko elajosom. Ta inwazja obcych mrówek może osłabić relacje między elajosomem i wszystkimi rodzimymi gatunkami, które go rozprzestrzeniają, sprawiając, że ten sycący oleisty dar przestanie być cennym atutem, którym był przez tysiąclecia, a stanie się zagrożeniem. Efemerydy będą wówczas zakładnikami wyścigu między tempem doboru naturalnego a zagładą. Albo przystosują się do nowych warunków, albo ich liczba będzie maleć w obliczu nowych realiów, na które nie były przygotowane.

Przetrwanie przez wiosenne efemerydy niełatwej epoki lodowcowej dowodzi, że mogą się one sprawnie dostosować do nowej sytuacji ekologicznej. Jednak epoka lodowcowa była burzą, która nastąpiła i wycofała się na przestrzeni tysięcy lat. Teraz rośliny stają w obliczu nieprzewidywalnych zmian, rozpętujących się w ciągu kilku dziesięcioleci. Paradoks ekologa przemienił się w modlitwę konserwatora przyrody. Część odpowiedzi na tę modlitwę może zawierać się w mojej mandali, stanowi ona bowiem względnie nienaruszony, nieogarnięty żadną inwazją skrawek lasu, w którym karty ze starego podręcznika zasad ekologii nie zostały jeszcze całkowicie powyrywane i rozrzucone na cztery wiatry. Te mrówki, kwiaty, drzewa kryją w sobie genetyczną historię i różnorodność, na podstawie której będzie pisana przyszłość. Im więcej takich potarganych wiatrem stronic uda nam się zachować, tym więcej materiałów będzie miał do dyspozycji skryba ewolucji, przeredagujący swoją sagę.

29 kwietnia

Trzęsienie ziemi

Brzuch ziemi burczy donośnie. Skaliste jelita trą o siebie, rozplątując swoje napięte pętle, układając się w odprężeniu. Centrum tego niepokoju znajduje się jakieś sto kilometrów stąd i dwadzieścia kilometrów pod powierzchnią. Gdy uwieczona energia ściśniętych skał zostaje uwolniona, część jej furii rozprzestrzenia się falami przesuwej się ziemi.

Jako pierwsze docierają z głuchym grzmotem fale podłużne. Brzmią niczym armia silników Diesla, ich łoskot pokrywa teren, wyrывая nas gwałtownie ze snu jeszcze przed świtem. Ten huk wydobywa się z ziemi, przez kilka sekund przelewa się nad nami i następnie się oddala. Fale podłużne przemieszczają się w tempie ponad kilometra na sekundę. Potem następuje przerwa i uderzają w nas fale powierzchniowe, wstrząsające domem. Łączy się w nich ruch poziomy z pionowym, jednocześnie ściskają się i rozrywają. Domy, niczym małe łódki stawiające opór wzburzonemu oceanowi, zostają porwane przez geologiczny sztorm. Trafiając na wielkie fale, domy rozpadają się, niezdolne do tego, by znieść siły rozrywające.

Mamy szczęście. Fala jest umiarkowana i nasz dom stoi prosto. Grzmot zza okien ustępuje dzwonienu i pobrzękiwaniu ze środka. Zawieszona na ścianach obrazki kołyszą się jak wahadło; gdy ziemia przechyla dom na jedną stronę, cięższe obrazy nie poruszają się, złapane w objęcia inercji. Następnie ściana wraca na swoje miejsce – bang! – znów odskakuje i powraca – bang! Dźwięczą klucze, szklanki stukają się w toaście na cześć trzęsienia ziemi, talerze przesuują się i popiskują. To, co związane z ziemią, jest w ruchu, a wszystko pozostałe jest nieruchome lub spowolnione, jednak oczy nas zwodzą i wydaje się, że to domowe sprzęty tańczą w obrębie nieruchomych murów. Wstrząsy ciągną się jakieś piętnaście sekund, po czym zamierają w napadach drgawek.

Bezwładność zawieszonych przedmiotów jest wykorzystywana do pomiaru siły trzęsienia. Zawieszony na obciążonym wahadle długopis wyrysuje nam ruchy ziemi na przytkniętym do niego papierze. W momencie wstrząsu długopis pozostaje nieruchomy, lecz zarówno kartka papieru, jak i rama podtrzymująca wahadło poruszają się, dzięki czemu długopis odnotowuje zakres ruchów ziemi. Niektóre sejsmografy mają wahadła długie na trzy kondygnacje, mogą więc odnotować każdy najdelikatniejszy dreszcz przebiegający po gruncie pod nim.

Skalibrowane kreski wyrysowane przez zawieszony długopis układają się w skalę Richtera. Dzisiejsze poranne trzęsienie miało siłę 4,9 – mniej więcej tyle, co wybuch niewielkiej bomby jądrowej lub tysiąc razy tyle co silna eksplozja w kamieniołomach. Skala Richtera jest logarytmiczna, zatem wielkość energii wyzwolonej przez trzęsienie ziemi rośnie wykładniczo z kolejnymi liczbami. Trzęsienie ziemi, które w tej skali określa się liczbą 3, jest słabe, 6 może powodować szkody, 9 sieje spustoszenie, a 12 jest wstrząsem tak silnym, że przełamałby Ziemię na pół, jak się uważa.

Gdy tylko robi się jasno, pospiesznie wyruszam do mandali, chcąc zaobserwować geologiczne skutki trzęsienia ziemi. Góry to twory dynamiczne, mam więc nadzieję zobaczyć oderwane skały lub osunięte klify. Jednak wszystko jest takie, jakie było. Mandala sprawia wrażenie zupełnie nietkniętej. Jeśli coś się zmieniło, nie jestem w stanie tego dostrzec. Głazy z piaskowca tkwią na swoim miejscu jak wiekowi mnisi, zatopieni w niewzruszonej

kontemplacji.

Natykam się na wyrwę, nieciągłość w naturze rzeczywistości. Spektakl biologicznego życia, który toczy się wokół kamieni mandali, rozgrywa się w sekundach, miesiącach lub stuleciach oraz w fizycznej skali gramów albo ton. Rzeczywistość geologiczna tyka milionami lat i waży miliardy ton. Wydaje się, że dostrzeżenie wpływu geologii w obrębie mandali, nawet po trzęsieniu ziemi, będzie bardzo mało prawdopodobne. Geologiczne tempo i skala są nie do pogodzenia z doświadczeniem biologicznym.

Jak zwykle pokrywamy swój brak zrozumienia słowami. Skały mandali mają jakieś trzysta milionów lat. Powstały z olbrzymiej rzeki piasku, która wytrysnęła z jeszcze starszych gór na wschodzie. Ziarno po ziarnie, skorupa ziemska rozkładała się i sklejała na nowo w rytmie milionów milleniów. To realia nie do ogarnięcia, wykraczające poza naturę naszego doświadczenia czy wyobraźni.

Wydaje się, jakby powolne ruchy Ziemi przynależały do zupełnie innej rzeczywistości, oddzielonej od biologicznego życia otchłanią czasu i skali. Już samo to stanowi niezłe wyzwanie dla naszego umysłu. Jednak najbardziej niepojętą prawdą o tej otchłani jest istnienie przerzuconej nad nią cienkiej liny, wątej łączności między życiem biegnącym chwila po chwili a szokującą trwałością kamienia. Ta lina spleciona jest z nieustępliwej bujności życia. Drobnie niteczki dziedzictwa wiążą matkę z dzieckiem, a połączone sięgają miliardów lat wstecz. Nitki te rok po roku nawijają się na szpulę, czasami rozwidlając się w nowe życie, czasami urywając się na zawsze. Jak dotąd różnorodność w ramach tej liny dotrzymywała kroku wymieraniu gatunków i śmiertelne biologiczne pchły skaczące po nieśmiertelnych kamiennych bóstwach wykupiły sobie własny kontyngent nieśmiertelności. Ale każdy z tych splotów w linie to wyścig prokreacji ze śmiercią. Rozrodcza moc życia była na tyle silna, by rokrocznie wygrywać ten wyścig przez całe tysiąclecia, jednak ostateczne zwycięstwo nigdy nie jest przesądzone.

Mandala jest tylko jednym punktem na linie przerzuconej nad otchłanią. Pozostałe to przodkowie i potomkowie tutejszych gatunków. Żadne z tych stworzeń nie doświadcza naprawdę skali geologicznego czasu. Dlatego też łatwo zapomina się o niej lub ją ignoruje, zakładając, że materialne otoczenie jest trwałe, „wykute w kamieniu”. Siedzę w mandali pod klifem, który obecnie stanowi zachodnią krawędź równiny Cumberland. Tutaj teren pokryty jest piaskowcem, zaś poniżej, wzdłuż stoku, jest wapień. Woda spływa ze zboczy ku rzece Elk, a potem do Zatoki Meksykańskiej. Te realia stanowią na pozór trwałe mury świata mandali. Jednak mury te okazują się tylko przesłonami. Za nimi, w otchłani, świat jest w ciągłym ruchu. Mandala leży w starej delcie rzecznej, która spoczywa z kolei na dnie dawnego morza. Wszystko to zostało wypiętrzone i poddane erozji. Oceany, rzeki i góry zmieniały swoje położenie w tańcu o porażającej sile. Mandalą wstrząsnęło tej nocy nieskończenie niepozorne drgnienie palca w tym tańcu, stanowiące przypomnienie obezwładniającej obcości fizycznej Ziemi.

7 maja

Wiatr

Ślimak *Mesodon*, wielkości kauczukowej piłeczki, przesuwa swoje szare ciało przez leśną ściółkę, a następnie wspina się na gałązkę. W połowie tej wspinaczki zatacza się i spada na ziemię, pokonany przez wilgoć, która pokryła całą powierzchnię mandali. Dwa dni burzowej pogody sprawiły, że woda wypełniła każdą szczelinę i każdy rowek. Młode drzewka uginają się pod ciężarem kropli, a resztki dziko rosnących efemeryd zostały wprost zgniecione przez nieprzerwane potoki deszczu. Na zachód od mandali rosły stopkowce, obecnie zrównane z ziemią, jakby przejechał po nich walec. Chociaż dawno już wstało słońce, niebo jest ciemne, a zszarzałe światło pogłębia wrażenie panującej wilgoci. Mokre powietrze sączy się wokół mandali, łącząc niebo z lasem. Ściółka leśna sprawia wrażenie, jakby nie miała górnej powierzchni – gnijące liście parują, przechodząc w ciemne mokre powietrze.

Burzom towarzyszył silny wiatr, czasami przybierający postać tornada. Żaden z tych słupów mściwego powietrza nie dotknął mandali, ale na leśnym podłożu widać świadectwa szkód wyrządzonych w koronach drzew. Ściółkę zdobią świeżo zrzucone liście. W podszyciu zalegają obłamane gałązki i powalone konary. Wiatr wciąż jeszcze nie odpuścił. Przewala się przez las, szarpiąc konarami drzew. Ich korony protestują donośnym sykiem milionów chłostanych liści. Las stęka i trzaska, gdy zmęczone włókna drzew wyginają się do granic wytrzymałości.

Tuż przy ziemi jest spokojniej. Owiewa mnie silna bryza, jednak wystarczająco spokojna, by komary mogły krążyć wokół moich ramion i głowy, przelatując w tę i z powrotem i knując atak. Razem z nimi tkwię pośrodku spektakularnego gradientu natężenia energii fizycznej. Korony drzew stanowią brzeg, o który rozbija swoje fale powietrze. Warstwa krzewów w lesie, w której się znajduję, jest dobrze chroniona przez górujące nad nią drzewa. Docierają tu tylko słabe wiry z tych fal, które przebiły się przez korony drzew. Sama zaś powierzchnia mandali jest jeszcze spokojniejsza. Ślimaki praktycznie nie odczuwają wiatru, gdy pełzną sobie po ściółce. W koronach drzew nie ma dziś żadnych owadów ani ślimaków, zaledwie kilka śmie stawić czoło podmuchom nieco niżej, natomiast w ściółce życie toczy się jak zwykle.

Drzewa nie są przygotowane do amortyzowania siły wiatru. Liście pomyślane są tak, by pochwyć jak najwięcej słońca. Sprawia to, niestety, że równie dobrze łapią wiatr. Podmuchy wypychają ich przypominające żagiel blaszki na zawietrzną. Liście i gałązki nie są zbyt rozciągliwe, zatem energia tego pchnięcia przenosi się dalej, na drzewo. W miarę jak wiatr przybiera na sile, liście zaczynają trzepotać, przez co ciągną drzewo jeszcze bardziej, niż gdy były nieruchome. Siła dziesiątek tysięcy trzepoczących na wietrze liści zostaje dodatkowo zwielokrotniona przez wysokość korony drzewa. Pień zachowuje się jak dźwignia siły, sprawiając, że roślina przypomina wielki łom. Wiatr ciągnie z jednej strony, pień pomnaża jego siłę i – trzask! – drzewo łamie się lub zostaje wyrwane z korzeniami.

Dobór naturalny nie pozwala drzewom na wykorzystanie oczywistego rozwiązania, jakim byłoby zrezygnowanie z „łomu” i przywarcie do ziemi. Rośliny w lesie rywalizują o światło, więc ta możliwość odpada. Bez wysokiego pnia drzewo nie zdoła zebrać dość światła słonecznego i pozostawi mniej potomstwa, jeśli w ogóle jakieś wyda. Dlatego też drzewa rosną najwyżej, na ile pozwala im ich budowa, wyciągając się ku nieocienionym przestrzeniom pomiędzy sąsiednimi koronami.

Inną metodą na pozbycie się problemu wiatru byłoby wzmocnienie pnia i gałązek oraz przemiana liści w sztywne blaszki. Takie jest podejście człowieka: panele słoneczne i anteny satelitarne są mocno przytwierdzone do podłoża i wiatr szkodzi im naprawdę rzadko. Tyle że takie rozwiązanie jest kosztowne. Wytworzenie mocnego pnia i liści wymagałoby ogromnej inwestycji w drewno. Ponadto usztywnione liście trudniej przeprowadzałyby fotosyntezę, bo straciłyby swoją wiotką otwartość na światło i powietrze. Musiałyby się również dłużej rozwijać, opóźniając wiosenny wzrost drzewa. Dlatego nabranie masy nie stanowi dobrego wyjścia.

Odpowiedź drzewa na siłę wiatru ma w sobie coś z taoizmu porostów: nie walcz, nie opieraj się, pokłoń się i skul, pozwalając przeciwnikowi wyczerpać się w zmaganiu z twoją uległością. Analogia ta jest zresztą odwrócona, gdyż to taoiści czerpali inspirację z natury, zatem trafniej można by powiedzieć, że „tao jest drzewoistyczne”, a nie „drzewo jest taoistyczne”.

Przy umiarkowanym wietrze liście wracają do pozycji wyjściowej i trzepoczą. W miarę jak siła wiatru rośnie, ich zachowanie się zmienia – przejmują część siły wiatru do tego, by zwinąć się w postawie obronnej. Składają się w pół, zawijając krawędzie ku środkowi. Przybierają jakby kształt ryby, strząsając w ten sposób podmuchy wiatru z uzyskanych powierzchni aerodynamicznych. Złożone liście orzesznika rolują się wokół środkowego nerwu, tworząc luźno zwinięte cygaro. Wiatr przewiewa przez nie, tracąc swój śmiertelny uścisk. Gdy wichur ustaje, liście rozwijają się i znowu wyglądają jak żagle. Lao-cy przypomina nam: „Trawy i drzewa są giętkie i delikatne, kiedy żyją, ale suche i pomarszczone po śmierci. Zatem to, co twarde i silne, jest towarzyszem śmierci, podczas gdy to, co miękkie i słabe, towarzyszem życia. Gdy broń jest silna, zostaje pokonana; gdy drzewo jest silne, zostaje ścięte”.

Pień także poddaje się naciskowi wiatru, nie stawia mu oporu jak skała. Jest giętki i rozciągliwy, absorbuje energię w mikroskopijnych włóknach celulozy, z których składa się drewno. Włókna te przybierają postać spirali, tak więc każde z nich działa jak sprężyna. Spirale ułożone są jedna na drugiej, tworząc przewodzące wodę rurki, które wypełniają pień od góry do dołu. Każda z tych rurek składa się z wielu spirali, zwiniętych pod kątem delikatnie różniącym się od pozostałych. W efekcie pień wypełniony jest sprężynami, które wywierają największą siłę ciągnącą w różnych fazach rozciągnięcia. Te, które są najbardziej zwinięte, opierają się mocno pierwszemu naporowi na drewno. Potem, gdy rozciągnięcie się zwiększa i reakcja ze strony tych najbardziej zwiniętych już nie wystarcza, zaczyna się zadanie dla mniej ściśniętych sprężyn.

Rozglądam się po lesie i widzę same poruszające się pnie. Pochylają się jedne ku drugim i odchylają, czasami niepokojąco mocno, gdy ich korony szaleją w górze. Mimo zgrabnego przystosowania do wiatru i użycia strategii uników wiele z nich zostanie pewnie powalonych. W odległości pięciu kroków od mandali leżą dwa ogromne zwalone drzewa. Sądząc po świeżości ich drewna, przewróciły się w ciągu ostatniego roku, może dwóch. Jedno z nich, orzesznik leżący na wschód od mandali, zostało wyrwane z korzeniami. Drugie, klon znajdujący się na północ od niej, ma pień złamany na wysokości niewiele ponad metra. Oba były mniejsze od drzew w swym otoczeniu. Być może zabrakło im siły z powodu zacienienia przez większych rywali? Jeśli tak było, powinny mieć niski przyrost roczny, a osłabione pnie i korzenie mogły zostać zaatakowane przez grzyby pożerające celulozowe spirale. Być może zabrakło im też szczęścia. Może w te drzewa uderzył wyjątkowo mocny podmuch wiatru, a orzesznik rósł na przykład między wielkimi głazami, które przytrzymały jego korzenie. Bez względu na to, jakie są szczegóły ich historii, te powalone drzewa rozpoczęły już kolejną część swojej podróży przez ekosystem wiekowego lasu. Grzyby, salamandry i tysiące gatunków bezkręgowców wcisną się pod gnijące pnie i do ich środka. Co najmniej połowa wkładu drzewa w tkanę życia przypada na okres po jego śmierci, więc jedną z miar żywotności ekosystemu leśnego jest zagęszczenie zwalonych pni drzew. Wspaniały las można poznać po tym, że trudno wyznaczyć w nim proste przejście bez

przeskakiwania leżących na ziemi gałęzi i pni. Łysa powierzchnia dna lasu świadczy o słabym zdrowiu ekosystemu.

Dzisiaj ściółka leśna pokryta jest nie tylko powalonymi drzewami i gałęziami, lecz także zielonymi helikopterkami nasion klonu, zrzuconymi, niedojrzałymi owocami, których nasiona były uszkodzone lub które miały za słabe łądyżki. Zalążek zamknięty w tym owocu został zapłodniony pyłkiem przyniesionym przez wiatr. Owoc klonu jest aerofitem, obracając się wokół własnej osi, wytwarza siłę skierowaną w górę, która go wypycha i przez którą spada powoli, w sporej odległości od drzewa. Tak więc wiatr jest dla klonu bogiem zarówno aktu seksualnego, jak i dziecięcej żądzy wędrówki.

Różnorodność kształtów latających nasion klonu, które pojawiły się w obrębie mandali, sugeruje, że klony nie są pasywnymi odbiorcami mocy tego rozkapryszonego bóstwa, lecz mają możliwość dostosowywania się do jego charakteru przez dobór naturalny. Różnorodność owoców jest wyrazem przystosowania ewolucyjnego; kształty nasion, które najbardziej odpowiadają naturze wiatru w tym zakątku świata, przetrwają i odniosą sukces. Ale nawet bez tej zmiany ewolucyjnej wielość kształtów nasion pozwala każdemu drzewu na zakup setek kuponów aerodynamicznej loterii. Nieważne, czy mamy do czynienia z huraganową wichurą, nawałnicą czy lekkim podmuchiem, nasionka klonów wykorzystają dowolne okoliczności przyrody. Taoistyczne podejście do wiatru jest więc filozofią, która ma zastosowanie do całości życia drzewa. Liście się zwijają, pnie uginają, a budowa owoców jest wystarczająco różnorodna, by obłąskawić, a potem wykorzystać gwałtowną naturę wiatru.

18 maja

Roślinożercy

Idealne wiosenne liście zostały poszarpane. Ich kształt zakłócają nieregularne rany i wyraźnie odcisnięte ślady ugryzień. Częściowo odpowiedzialne są za to uporczywe burze z ostatnich kilku tygodni. Drzewko sasafrasu pochyliło się nisko. Jego liście zostały posiekane przez grad, podobnie jak liście klonu. Fizyczny gwałt, jaki tu zadano, jest ewidentny, ale tłumaczy jedynie niewielką część uszkodzeń liści w obrębie mandali. Głównymi winowajcami są aparaty gębowe owadów. Każdego dnia gryzą, ssą, dziobią i tną, niweczając to, co budują rośliny.

Połowa wszystkich gatunków owadów to zjadacze roślin. Stanowią one również od połowy do trzech czwartych gatunków organizmów na świecie. Rośliny są więc nękane przez plagę sześcionogich rabusiów. Gatunki roślin o niewielkich rozmiarach, takie jak koniczyna, doświadczają przemocy ze strony jednego do dwustu gatunków owadów roślinożernych, natomiast drzewa i inne większe gatunki roślin – nawet tysiąca. Szacunki te pochodzą z terenów północnych, więc liczba gatunków owadów, które mogą żerować lub wysysać soki z roślin w mandali, jest prawdopodobnie znacznie wyższa. W tropikach jest ich jeszcze więcej. Świat jest pełen zgłodniałych wegetarian; nie umknie ich uwadze żadna roślina.

Do najbardziej oczywistych śladów działalności roślinożerców zostawionych w mandali należą dziury w liściach. Liście krwiorca kanadyjskiego są z natury głęboko wcięte, ale owady zakłóciły rysunek ich linii ubytkami i ugryzieniami. Trójlist siedzący także został naznaczony nieregularnymi szczelinami. Liście lindery zwyczajnej są usiane owalnymi wycięciami i doskonałymi półkolami, wygryzionymi na krawędziach. Winowajcy – albo artyści, w zależności od punktu widzenia – opuścili już tę scenę. Prawdopodobnie były to gąsienice – larwy ciem i motyli. Gąsienice są mistrzami roślinożerności, zaprogramowanymi wyłącznie na przemienianie liści w ciało owada. Jednak trafiam tylko na jedną gąsienicę. Przeżuwa liść klonu; przez cienką zieloną skórę widać jej pulsujący układ pokarmowy. Sprawdzam krawędzie liści i zielone koniuszki łądyg, jednak nie znajduję niczego. Owady albo są ukryte w ściółce, albo wspięły się wyżej w obrębie łańcucha pokarmowego i być może znajdują się właśnie w brzuchu jakiegoś pisklęcia.

Minowce (owady minujące) także pozostawiły swój ślad, głównie w liściach młodych klonów. Zachowują się jak ludzie, którzy otwierają ciastko i wyjadają nadzienie, pozostawiając warstwę zewnętrzną. Minowce nie tyle otwierają ciastko, co nurkują w głąb niego, wbijając swoje małe spłaszczone ciała pomiędzy górne i dolne skórki liścia. Wchodzą w sam środek ciasteczka, wyjadają komórki w jego wnętrzu i przebijają się do przodu, zostawiając za sobą blizny. W Ameryce Północnej liście trawy ponad tysiąc gatunków minowców, a każdy oznacza je we własnym stylu. Niektóre poruszają się po okręgu, tworząc brązowe plamy, inne błądzą pozornie przypadkowymi szlakami, rysując cienkie ścieżki na całym liściu. Bardziej metodyczne poruszają się tam i z powrotem, systematycznie zjadając cały liść i pozostawiając wzór podobny do widocznego na świeżo skoszonym trawniku. Minowce są larwami taksonomicznie różnorodnych owadów latających, w tym młodych much, ciem i chrząszczy. Gdy ukończą swe dzieło, zmieniają się w skrzydlate istoty dorosłe, które składają jaja na liściach, dając początek nowemu pokoleniu minowców.

Na łądygach rosnącej przede mną kaliny siedzi zupełnie inny rodzaj roślinożercy. Owad

przycupnął na delikatnym przyroście na szczycie krzewu, idealnie dopasowany kolorystycznie do bogatej zieleni. Jego głowa skierowana jest w dół, odwrócona od czubka łodygi; lekko uniesione skrzydła i ciało mają kształt zawijającego się orientalnego pantofla lub fantastycznego holenderskiego chodaka. Ogólny efekt stanowi niemal doskonałą imitację liściowego pączka. Ale nie jest to niewinny pączek. Zielony chodak to skoczek, owad z rodziny *Cicadellidae*, który podobnie jak kleszcze żeruje na swoich gospodarzach.

Szczęki tego skoczka są rozciągnięte w cienką elastyczną igłę, która może wkręcić się pomiędzy włókna roślin, sięgając do ich naczyń krwionośnych, czyli do ksylemu i łyka. Są to te same rodzaje naczyń, które biegną w pniach drzew, ale w cieniutkich młodych pędach kaliny znajdują się tuż pod powierzchnią i łatwo mogą zostać wykorzystane przez skoczki. Ksylem prowadzi głównie wodę, natomiast łyko jest bogate w cukry i inne substancje odżywcze. Dlatego skoczki wolą żywić się łykiem, przesuując swój ostro zakończony aparat gębowy w stronę tych naczyń. Ponieważ w łyku panuje ciśnienie strumienia słodkiej wody przenoszonej z liści do korzeni, skoczki po prostu przysysają się do naczyń, a pożywienie samo tryska im do ust. Skoczki – oraz ich krewne mszyce – są tak biegłe w żerowaniu na łyku, że naukowcy badający rośliny wykorzystują ich zdolności. Nic nie może się równać z wysublimowaną delikatnością ust tego owada, więc uczeni pasożytują na pasożycie – odrywają od igły owada, który, ginąc, pozostawia sondę wprowadzoną do komórek łyka.

Owady żywiące się sokiem roślinnym stają w obliczu większego problemu niż sporadyczne dokonanie żywota w laboratorium. łyko jest wspaniałym źródłem cukru, ale ma mało elementów budulcowych białek – aminokwasów. W ksylemie nie ma prawie żadnego pożywienia. Sok zawarty w łyku jest od dziesięciu do stu razy uboższy w azot niż liście, a te z kolei są dziesięć razy uboższe w ten pierwiastek niż ciało zwierząt. Żywienie się sokiem roślin można zatem porównać do próby uzyskania zrównoważonego posiłku ze zgrzewki napojów gazowanych. Skoczki rozwiązują ten problem, wypijając dziennie sok o wadze dwieście razy większej od suchej masy ich ciała. To tak, jakby człowiek pił dziennie blisko sto puszek napojów gazowanych. Ta ogromna objętość kompensuje niską zawartość azotu w ich pożywieniu.

Opilcza strategia skoczków pociąga jednak za sobą inny problem: w jaki sposób pozbyć się nadmiaru wody i cukru, a zachować azot? Ewolucja stworzyła na tę okoliczność dwie ścieżki dla cieczy z łyka, którą piją skoczki. Ich układ pokarmowy odfiltruje zbędną wodę i cukier, a zachowuje jedynie cenne składniki żywnościowe. Wyłączone z obiegu woda i cukier są usuwane przez odbyt, tworząc lepka „spadź”, która pokrywa rośliny zaatakowane przez mszyce, skoczki lub czerwce. Niektórzy entomolodzy twierdzą, że to właśnie spadź była ową manną, którą Izraelici jedli podczas wędrówki po pustyni. Jest to oczywiście możliwe, ale trudno sobie wyobrazić, by ktoś przez czterdzieści lat pożywał się ubogimi w składniki odżywcze wydzielinami; chociaż taka dieta, uzupełniona grillowaną przepiórką, może się już do czegoś nadawać.

Jednak pomimo zaawansowanego systemu filtrowania w układzie pokarmowym dieta skoczków nie jest dobrze zbilansowana. Na pomoc przychodzą im bakterie. Sok roślinny nie tylko jest wodnisty, ale również zawiera niezrównoważoną mieszankę aminokwasów; niektóre spośród tych niezbędnych do wzrostu substancji w nim są, innych nie ma. Owady nie potrafią same wytworzyć sobie brakujących aminokwasów. Zamiast tego w ich jelitach znajdują się komórki specjalnie przystosowane do utrzymywania bakterii wytwarzających te aminokwasy. Układ jest korzystny dla obu stron: bakterie zyskują miejsce bytowania i stałe dostawy pokarmu, owady zaś uzyskują brakujące składniki odżywcze. W przeciwieństwie do bakterii, które swobodnie pływają w zwoju jelenia, tutejsze mikroorganizmy zamieszkują wnętrza komórek gospodarza. Podobnie jak w wypadku glonów w porostach bakterie te nie są w stanie żyć poza

organizmem gospodarza ani gospodarz nie jest w stanie obejść się bez swoich wewnętrznych pomocników. Skoczek na gałązce przede mną jest zatem konglomeratem wielu żyjących istot, kolejną matrioszką w mojej mandali.

Zależność skoczków od ich bakteryjnych pomocników jest szczególnie interesująca dla entomologów, którzy zajmują się sposobami zwalczania szkodników. Skoczki i mszyce powodują ogromne straty w uprawach i często przenoszą choroby na rośliny, na których żerują. Jeżeli związek między owadem a jego bakterią dałoby się przerwać jakąś trucizną lub zakłócić w inny sposób, entomolog mógłby oczyścić pole z tych wicherzycieli. Koncepcja ta czeka dopiero na realizację, ale mam nadzieję, że – jeśli kiedykolwiek do niej dojdzie – blask jej genialności nie oślepi nas do tego stopnia, byśmy nie dojrżeli ewentualnych kosztów takich działań. Chemikalia zrywające więzi między pożytecznymi bakteriami i ich gospodarzami mogą wyrzucić szersze skutki niż tylko oczyszczenie uprawy ze skoczków. Żyzność gleby zależy od działania bakterii w stopniu niemniejszym niż zdrowie naszych jelit. W pewnym sensie wszystkie zwierzęta, rośliny, grzyby i pierwotniaki mają w swoich komórkach przedwieczne bakterie. Skoczki są tylko wierzchołkiem góry lodowej. Waląc w nią młotem, ryzykujemy, że popęka cała.

* * *

W mandali żyją owady zdolne do zrabowania każdej części rośliny. Kwiaty, pyłek kwiatowy, liście, korzenie, soki padają łupem najróżniejszych instrumentów w aparatach gębowych owadów. Niemniej mandala pozostaje zielona. Liście są co prawda nieco postrzępione, ale mimo to dominują w lesie. Nade mną ułożone są warstwowo, blokując mi widok nieba. Wokół mnie po całym zboczach ciągną się krzewy, które także ograniczają mi perspektywę. Poniżej moje stopy spoczywają na dywanie utkanym z młodzieńskich drzewek i leśnych ziół. Las wydaje się rajem dla roślinożerców. Dlaczego mandala nie została ogołocona? To proste pytanie wywołuje mnóstwo dyskusji i nie bez powodu wzbudza kontrowersje wśród ekologów. Relacja pomiędzy roślinożercami a roślinami stanowi o warunkach bytu reszty ekosystemu leśnego. Jeśli nie znamy prawidłowej odpowiedzi na postawione pytanie lub wręcz nie potrafimy żadnej znaleźć, nasz sposób pojmowania ekologii lasu zawodzi i poruszamy się po omacku.

Częścią odpowiedzi na to pytanie mogą być ptaki, pająki i inne drapieżniki. Ich głód może trzymać w ryzach żarłoczne hordy owadów, chroniąc rośliny przez zapobieganie nadmiernemu wzrostowi populacji roślinożerców. W konsekwencji roślinożerne owady rzadko rywalizują między sobą; są uciskane przez drapieżników, nie przez krewnych. To ważne, ponieważ rywalizacja jest siłą napędzającą ewolucję. Gdyby populacje roślinożerców były ograniczane wyłącznie przez drapieżniki, spodziewalibyśmy się, że dobór naturalny skierowałby więcej wysiłku na to, by pomóc roślinożercom w unikaniu wrogów, niż na ułatwianiu im rywalizacji o pożywienie.

Koncepcja, że populacje owadów są ograniczane przez określone drapieżniki, została przetestowana w eksperymentach z klatkami budowanymi wokół roślin. Jeśli to drapieżniki regulują świat owadów, wewnątrz klatek liczba tych drugich powinna zdecydowanie wzrosnąć, a rośliny powinny zostać zjedzone aż do samych pędów. Wyniki doświadczeń są jednak niejednoznaczne. Populacje owadów czasami rosną, gdy drapieżniki trzymane są od nich z dala, ale wzrost liczby osobników rzadko jest znaczący, a w niektórych porach roku i lokalizacjach klatka nie ma wręcz żadnego wpływu na populację owadów. Lecz nawet wtedy, gdy klatki przyczyniają się do jej zwiększenia, rośliny pozostają zielone, choć są oczywiście bardziej nadjedzone niż ich pozbawione klatek krewnie. Zatem drapieżniki nie mogą stanowić jedyne wytłumaczenia tego pozornego niedostatku roślinożerców.

Sami jesteśmy konsumentami roślin, a nasze zachowania związane ze zdobywaniem pokarmu sugerują inne podejście do zagadki związanej z zielonością lasu. Mieszkam w otoczeniu klonów, orzeszników i dębów, ale nigdy nie zjadłem sałatki z ich liści. Zioła leśne rosną obficie u moich stóp, ale ich także nie jadam. Moje książki na temat botaniki leczniczej wskazują, że małe dawki ziół z mandali mogą łagodzić pewne dolegliwości, ale większe mogą spowodować (w zależności od gatunku) zatrzymanie akcji serca, jaskrę, rozstrój żołądka, widzenie tunelowe lub podrażnienie śluzówek. Nasze udomowione rośliny zostały przez hodowlę pozbawione toksyn, dając nam zniekształcony obraz realiów roślinożerności. Oczywiście nie wyewoluowaliśmy w zjadaczy liści i brakuje nam odtruwającej biochemii, jaką dysponuje większość prawdziwych roślinożerców, ale nasza niezdolność do jedzenia większości otaczających nas roślin niesie ważne przesłanie: świat nie jest tak apetycznie zielony, jak się wydaje. Przesłanie to jest wzmocnione przez sam fakt, że inne zwierzęta roślinożerne wypracowały sobie wyspecjalizowane metody biochemiczne do neutralizowania toksyn w pożywieniu. Mandala nie jest suto zastawionym stołem, lecz diabelskim bufetem, złożonym z zatrutych dań, z których roślinożercy wyrywają najmniej śmiertelne kąski.

Chemicy potwierdzają wnioski płynące z doznań naszych kubków smakowych. Świat jest przepełniony goryczą, pełen substancji odstrasżających i zaburzających trawienie oraz zwykłych trucizn. Sokoły też o tym wiedzą, używając świeżej zieleni do moszczenia swoich gniazd, by odpędzać pchły i wszy. Zwróćmy też uwagę na New York Timesa. Owady, które roją się w pojemnikach wyłożonych starymi egzemplarzami tej gazety, nigdy nie osiągają dojrzałości. I nie chodzi tutaj o treść artykułów, choć owady wychowywane na londyńskim Timesie osiągają dojrzałość. New York Times jest drukowany na papierze zawierającym pulpę z jodły. Drzewo to tworzy związek chemiczny, który naśladuje hormony żywiących się nim owadów, za pomocą którego chroni się przed nimi przez zahamowanie ich wzrostu i sterylizację. Londyński Times jest drukowany na papierze z drzew, które nie mają takiego hormonalnego mechanizmu obronnego, dzięki czemu ich przemielone i sprasowane ciała mogą bezpiecznie służyć jako ściółka dla owadów laboratoryjnych.

Możemy więc odwrócić nasze pytanie, zastanawiając się nie nad tym, jak roślinom udaje się przetrwać ataki roślinożerców, ale w jaki sposób roślinożercy radzą sobie ze szkodliwymi roślinami. Zagadką przestaje być to, że świat jest zielony, staje się zaś to, że zieleń ta jest ponadgryzana przez zwierzęta, które po posiłku wcale nie umierają. Fundamentem zdolności żywienia się roślinożerców trującymi roślinami są odtrutki, ale owady próbują też omijać mechanizmy obronne przez zjadanie tylko tych części roślin, które są w stanie strawić. To nie przypadek, że spotkana w mandali zielona gąsienica żywi się młodymi, a nie starymi liśćmi klonu. Drzewo to, jak wiele innych gatunków, broni swoich liści za pomocą gorzkich tanin. Są to skuteczne środki odstrasżające tylko w wysokich stężeniach, a młode liście nie zgromadziły jeszcze dość tych substancji, aby zaszkodzić pożerającemu je zwierzęciu. Jeśli ta sama gąsienica wylęglaby się w sierpniu, musiałaby stawić czoło lasowi przesiąkniętemu taninami. Wiosenne narodziny wielu roślinożerców pozwalają im ominąć mechanizmy obronne roślin.

Ta biochemiczna szermierka roślin z żerującymi na nich owadami stworzyła napięty remis w mandali. Żadna ze stron jeszcze nie pokonała drugiej. Otwory i szramy na liściach rosnących w obrębie mandali są śladami tegorocznej rundy szermierczych cięć i parad, godnego pojedynku, z którego wyłania się fundamentalny charakter mandali.

25 maja

Rozchodzące się kręgi fal

Wygłodniałe dziewczyny tańczą w powietrzu, ocierają się o moje ramiona i twarz, a następnie lądują i sondują powierzchnię. Przyleciały pod wiatr, podekscytowane moim obiecującym zapachem ssaka. Nie ulega wątpliwości, że nagość mojej skóry nieustannie je pobudza; gęsta sierść nie pokrywa im jedzenia. Cóż za łatwy posiłek!

Jedna z komarzyc ląduje na grzbiecie mojej dłoni, a ja pozwalam jej badać skórę. Komarzyca jest koloru mysiobrazowego, tylko trochę owłosiona, z muszelkowatym wzorkiem wzdłuż brzucha. Smukłe wygięte nogi utrzymują jej ciało równoległe do mojej skóry. Spod jej głowy wystaje igła. Powoli przesuwa tę lancę po mojej skórze, jakby w poszukiwaniu odpowiedniego miejsca. Zatrzymuje się, zastyga na chwilę. W momencie, gdy jej głowa opada między kończyny przednie i igła wbija się w moją skórę, czuję pieczenie. Utrzymuje się ono, kiedy igła komarzycy wnika głębiej, wsuwając się na głębokość kilku milimetrów. Otoczka, z której wystaje to ostre narzędzie, wygięła się do tyłu między nogi owada, pozostawiając na widoku zaledwie niewielką część cienkiej rurki między jego głową a moją skórą. Igła wygląda jak pojedynczy trzonek, ale tak naprawdę stanowi pakiet kilku narzędzi. Dwa ostre sztylety pomagają wbić się w głąb skóry, robiąc miejsce dla rurek przewodzących ślinę, i kanału, którym przepływa pożywienie. Rurki ślinowe wstrzykują w moją skórę substancje chemiczne zapobiegające krzepnięciu krwi. To one powodują reakcję alergiczną, którą nazywamy „ukąszeniem komara”.

Igła jest elastyczna, więc po wejściu w skórę wygina się i, niczym robak szukający miękkiego skrawka ziemi, bada wewnątrz mojej skóry, węsząc w poszukiwaniu naczyń krwionośnych. Naczynia włosowate są zbyt małe, więc komarzyca szuka większych – żyłek lub tętniczek, czyli szos naszego układu krwionośnego. Z kolei duże żyły i tętnice, drogi ekspresowe, są zbyt twarde, by ją zainteresować. Kiedy igła znajdzie to, czego szuka, jej ostry koniec przebija ścianę naczynia. Przepływ krwi przez igłę stymuluje zakończenia nerwowe, które sygnalizują pompom w głowie owada, że można zacząć wciągać krew. Jeżeli komarzyca nie znajduje odpowiedniego naczynia, albo wyciąga igłę i próbuje ponownie, albo pożywia się małą kałużą krwi, powstającą, gdy igła przedziera się przez naczynia włosowate w skórze. Ta metoda jest znacznie wolniejsza, więc większość komarzyc, które nie trafią w odpowiednie naczynie, woli wyciągnąć igłę i spróbować jeszcze raz.

Komarzyca, która przysiadła na mojej ręce, najwyraźniej przebiła obfite naczynie. W ciągu zaledwie kilku sekund jej jasnobraze podbrzusze zamieniło się w błyszczący rubin. Brązowy wzór na plecach, który wyznacza poszczególne segmenty odwłoka, rozszerza się tak, jakby jej ciało zaczęło się rozpadać. Komarzyca obraca się w trakcie ssania krwi, być może przesuując igłę po łuku w naczyniu krwionośnym. Gdy brzuch nadyma się jak połówka balonu, owad nagle podnosi głowę i w mgnieniu oka odlatuje. Zostaję z lekkim pieczeniem na ręku i dwoma miligramami krwi mniej.

Dla mnie te parę miligramów to drobnostka, ale masa ciała komarzycy się podwoiła, przez co jej lot staje się ociężały. Pierwszą rzeczą, jaką robi po zakończeniu posiłku, będzie odpoczynek na pniu drzewa i oddanie z moczem części pochłoniętej wody. Ludzka krew jest znacznie bardziej słona niż organizm komarzycy, owad musi więc wpompować również sól do

moczu, dzięki czemu moja krew nie zakłóci jego równowagi fizjologicznej. W ciągu godziny komarzyca wydali około połowy wody i soli przyswojonych z posiłku. To, co pozostanie, komórki krwi, zostanie strawione, a moje białka zamienią się w żółtko jej jaja. Komarzyca przyswoi także niektóre z moich składników odżywczych, ale większość zostanie wykorzystana do produkcji jaj. Miliony komarzych ugryzień każdego roku są więc wstępem do macierzyństwa. Nasza krew jest ich przepustką do płodności. Samce komara oraz te samice, które nie planują rodzicielstwa, zdobywają pożywienie jak pszczoły lub motyle, kosztując nektar z kwiatów lub pijąc cukry z gnijących owoców. Krew jest proteinowym koktajlem przeznaczonym tylko dla matek.

Kolory i meszek komarzycy podpowiadają mi, że należy ona do rodzaju *Culex*, komara brzęczącego. Oznacza to, że złoży małą tratwę jaj na powierzchni stawu, rowu lub wody stojącej. Komary brzęczące często rozmnażają się w cuchnącej wodzie, która otacza siedziby ludzkie. Samice latają na odległość do półtora kilometra od tych obszarów lęgowych, szukając odpowiedniego dawcy. Moja krew może trafić do jaja w stawie znajdującym się kilometr za mną albo w zablokowanej rynnie czy kanale ściekowym w pobliskiej miejscowości. Tam z jaj wylęgną się larwy, które żyją zawieszane tuż pod powierzchnią wody. Ich odwłok jest rurą powietrza, która przylega do powierzchni wody, tworząc jednocześnie kotwicę i otwór oddechowy. Głowy zwisają w wodzie i zbierają stamtąd bakterie oraz martwą materię roślinną. W trakcie swojego cyklu życiowego komary wykorzystują więc trzy spośród najobfitszych zasobów żywności dostępnych dla zwierząt: bogactwo wody, cukry stężone w nektarze i lepka krew kręgowców. Każdy posiłek pozwala im przejść na kolejny etap życia, nadając im niemal niepowstrzymany rozpęd.

Gdybym nie odwiedził tego dnia mandali, komarzyca prawdopodobnie znalazłaby innego dawcę. Mimo wielkiego upodobania do ludzi komarzyce brzęczące zazwyczaj żywią się krwią ptaków. Dzieje się to ze szkodą dla tych ostatnich, ponieważ owady przenoszą choroby, przede wszystkim ptasią malarię i ostatnio wirusa Zachodniego Nilu. Zarazki ptasiej malarii znajdują się we krwi około jednej trzeciej ptaków przelatujących nad mandalą. Wydaje się, że większość zakażonych ptaków prowadzi życie bez istotnej szkody wywołanej przez pasożyta. Natomiast okazy zakażone wirusem Zachodniego Nilu charakteryzuje wyższa śmiertelność, być może dlatego, że ptaki w Ameryce nie mają naturalnej odporności na wirusa pochodzącego z Afryki.

Gdy komarzyce nie mogą znaleźć kruka lub sikory, żywią się ludźmi. Ta elastyczność w kwestii stołowania się przenosi pasożyty ptaków do ludzkiej krwi. Niektóre z nich, jak wirus ptasiej malarii, giną w obcym otoczeniu. Ale inne, w tym wirus Zachodniego Nilu, czasami przyjmują się i infekują człowieka. Ten skok z krwi ptasiej do ludzkiej udaje się, gdy owad najpierw żywi się krwią zakażonego ptaka i przejmuje od niego wirusa, który następnie namnaża się w jego gruczołach ślinowych. Jeżeli taka komarzyca pożywi się krwią człowieka, kropla jej śliny może przenieść niepożądanego gościa, a wirus Zachodniego Nilu może przedostać się od wrony do człowieka.

Być może więc nie powinienem tak beztrzesko obserwować mojego wykrwawiania się. Ciekawość tę mogę przypłacić wprowadzeniem do swego ciała trafiła obcej formy życia, a nawet śmiercią. Nie jest to jednak prawdziwe igranie z ogniem. W całej Ameryce Północnej wirusem Zachodniego Nilu w ubiegłym roku zostało zainfekowanych tylko cztery tysiące osób, z czego w Tennessee pięćdziesiąt sześć. Około piętnastu procent tych przypadków zakończyło się zgonem, więc zakażenie wirusem wydaje się groźne, ale w porównaniu z innymi rodzajami ryzyka, z którymi mamy do czynienia każdego dnia, stanowi bardzo niewielkie zagrożenie. Wartość medialna wirusa nie jest pochodną skali rzeczywistego zagrożenia dla nas, ale jego nowości, ślepego wyboru celów przez niego oraz naszej niezdolności przewidzenia, czy nie

przerodzi się w większe zagrożenie. Wirus ten jest również darem dla producentów pestycydów, naukowców karmionych hojną ręką państwa oraz redaktorów gazet, rozpaczliwie szukających sensacyjnych newsów. Na jego sławę zapracowały strach i pazerność.

Do niedawna nad mandalą wisiały o wiele bardziej zabójcze dla ludzi zagrożenia niż gorączka Zachodniego Nilu. W gruczołach ślinowych komarzycy czaił się inny gatunek malarii, nie czekał on jednak na ptaka, ale na człowieka. W pierwszych latach XX wieku średni wskaźnik śmiertelności z powodu malarii wśród mieszkańców południowej części Stanów Zjednoczonych wynosił jeden procent rocznie. Na bagnach Missisipi wskaźnik ten wynosił trzy procent; na wzgórzach Tennessee był niższy, ale nadal znaczący. Malaria gnębiła ludzi z całej wschodniej części Stanów Zjednoczonych, lecz programy jej zwalczania wyeliminowały ją z północno-wschodniej części kraju w XIX wieku, całe dziesięciolecie przed opanowaniem jej na południu. Koniec malarii w południowej części kraju nadszedł na początku XX wieku, po kampanii ukierunkowanej na wiele etapów cyklu życia pasożyta. Rozprowadzono ogromne ilości chininy w celu leczenia zainfekowanych ludzi oraz zapobiegania ponownemu zakażeniu populacji komarzyc. Zachęcano do zakładania ekranów na okna i drzwi lub nawet tego wymagano, co doprowadziło do zerwania kontaktu między śliną komarzycy i krwią ludzką. Mokradła i stawy zostały osuszone, by zlikwidować miejsca lęgowe komarów, lub zalane olejem, co wyduśliło ich larwy. Używano także środków owadobójczych. Chociaż nosiciele malarii – komary i ludzie – nadal żyli na całym południu USA, zostali na tyle odseparowani od siebie, by pasożyt ostatecznie wyginął.

Z punktu widzenia moich współczesnych doświadczeń w mandali malaria jest na pozór mało istotna, ale to tylko złudzenie. Mandala uniknęła piły łańcuchowej, ponieważ leży na terenie wyodrębnionym przez University of the South. I właśnie ten uniwersytet mnie tu sprowadził. A co sprowadziło tu uniwersytet? Między innymi malaria. Podobnie jak wiele starszych uniwersytetów na wschodzie USA, uczelnia mieści się na płaskowyżu, z dala od bagien, na których pleni się malaria i żółta febra. Dość niskie temperatury i względna wolność wzgórz Tennessee od komarów sprawiały, że było to idealne miejsce, by wysyłać do niego potomków południowych właścicieli ziemskich. Rok akademicki obejmował lato, co pozwalało młodym ludziom na ucieczkę przed upałem i chorobami miasta. Szkoła była zamykana w okresie zimowym, kiedy wolne miały komary Atlanty, Nowego Orleanu i Birmingham. Ta doskonała lokalizacja pomogła umocnić uniwersytet na szczycie góry, zapewniając mu rentowność jeszcze na długo po tym, jak jeden z jego głównych dobroczyńców, pasożyt malarii, zniknął z tych okolic.

Atomy tworzące moją krew zostały skierowane do mandali przez te właśnie biologiczne siły historii, wobec czego komarzycy ma prawo porwać część z nich i zamienić w tratwę dla swoich jaj. Fizyczna więź ze światem przyrody często jest niezauważana. Ukąszenie komara, oddech, kęs pożywienia to akty, które tworzą wspólnotę podtrzymującą nasze istnienie, choć zwykle umykają naszej uwadze. Nieliczni odmawiają modlitwę przed posiłkiem, ale nikt nie robi tego z każdym oddechem czy ukąszeniem owada. Ta nieświadomość jest częściowo mechanizmem samoobrony. Związki wynikające z milionów cząsteczek, które zjadamy, wdychamy lub tracimy na rzecz komarów, są zbyt liczne, zbyt wielowątkowo skomplikowane, byśmy mogli podjąć próbę ich zrozumienia.

* * *

Gdy siedzę w mandali, nie przestają mnie prześladować brzęczące przypomnienia o tych wzajemnych powiązaniach, naciągam więc kaptur bluzy i chowam dłonie w rękawach, starając się osłabić ich atak. Wyglądam z tego kokonu i badam dowody innego rodzaju wymiany

atomów. Na kamieniu przy mnie leży zmiażdżony ślimak. Kilka przezroczystych okruchów jego miodowej muszli znajduje się tuż obok. To pozostałości po uczcie głodnych wapnia ptaków.

Resztki ślimaka w mandali są tylko jednym z wielu strumieni tego wielkiego wiosennego przepływu wapnia z gleby do atmosfery. Karmiące samice ptaków przeszukują las w poszukiwaniu ślimaków właśnie ze względu na węglan wapnia, zawarty w ich muszlach. Głód ten jest zasadny. Bez wapnia w diecie ptaki nie mogą wytworzyć skorupki jaj.

Gdy ślimak zostaje połknięty przez ptaka, do jego żołądka trafia najpierw muszla, zgnieciona przez węzeł mięśni i okruszyny twardego piasku. Wapń stopniowo się rozpuszcza, tworząc papkę, i poprzez ściany jelita zostaje wpompowany do krwiobiegu. Jeśli tego dnia samica ptaka składa jaja, wapń może przejść bezpośrednio do jej narządów płciowych. Jeśli nie, zapas pierwiastka zostanie zdeponowany w specjalnych rejonach magazynowych w szpiku długich kości skrzydeł i nóg ptaka. Tę „kość szpikową” mają tylko aktywne seksualnie samice. W ciągu kilku tygodni, w ramach przygotowań do okresu lęgowego, odkłada się w niej spory zapas wapnia, a gdy tylko jaja zostaną złożone, ulega ona całkowitemu opróżnieniu. Samice ptaków wzięły sobie do serca życzenie Thoreau, by „wysssać cały szpik życia” – każdej wiosny osuszają własne kości, aby mogło powstać nowe życie.

Ten przyswojony wapń przechodzi z krwi do gruczołu skorupkowego, który steruje wytwarzaniem skorupki jaj. Tam węglan wapnia opuszcza krew i zostaje warstwami dodany do jajek. Gruczoł sterujący wytwarzaniem zewnętrznej powłoki jaja jest ostatnim przystankiem w przewodzie, którym jaja wydostają się z jajników ptaka na świat zewnętrzny. Na wcześniejszych etapach tej podróży jajko najpierw zostało zawinięte w albuminy, a następnie otrzymało dwie warstwy twardej błony. Ta zewnętrzna jest nabita drobnymi pryszczami z białek złożonych i cząsteczek cukru. Przyciągają one kryształki węglanu wapnia przechowywanego w gruczole skorupkowym i spełniają rolę zarodków wzrostu kryształów. Niczym rozrastające się miasta, kryształki pęcznią na sobie, a w końcu się łączą, tworząc mozaikę na całej powierzchni jaja. W kilku miejscach kryształki się nie stykają, pozostawiając otwór, który stanie się porowatym oddechowym biegnącym od pierwszej warstwy skorupki aż do jej powierzchni. Na pierwszej warstwie węglanu pojawia się druga, tworząc powłokę sprasowanych ze sobą kolumnowych kryształów wapnia. W poprzek tych filarów przebiegają wzmacniające skorupkę nici białek. Gdy budowa najgrubszej warstwy skorupki zostanie ukończona, gruczoł układa na jej powierzchni warstwę z płaskich kryształów, a następnie lakieruje ją końcową warstwą ochronną z białka. W ten sposób muszla ślimaka odradza się w ptasim kokonie.

W miarę jak młody ptak rośnie wewnątrz jaja, odżywia się wapniem ze skorupki, stopniowo trawiąc ściany swojego domu i przemieniając ten składnik odżywczy w kości. Kości te mogą potem polecieć do Ameryki Południowej i zostać złożone w glebie lasów tropikalnych, albo wapń może powrócić do morza podczas jesiennego sztormu, który zabije migrującego ptaka. Kości mogą również przylecieć z powrotem do tych lasów na wiosnę przyszłego roku, a gdy ptak złoży jaja, wapń zostanie ponownie zużyty na skorupkę, której pozostałości być może posłużą jako pożywienie ślimakom, sprawiając, że wapń wróci do mandali. Te podróże będą przeplatać materię różnych organizmów, tworząc skomplikowany żagiel życia. Moja krew może dołączyć do muszli ślimaka w organizmie młodego ptaka, który zje komarząc lub zostanie przez nią ukąszony; możemy też spotkać się później, po upływie tysiącleci, na dnie oceanu w szczypcach kraba lub jelicie jakiegoś robaka.

W żagiel ten dmą też wiatry ludzkiej technologii, sprawiając, że statek płynie w nieprzewidywalnym kierunku. Atomy siarki, które zastygły w roślinach kopalnych obumarłych w dawnych bagniskach, wracają do atmosfery w wyniku spalania przez nas węgla. Siarka zamienia się w kwas siarkowy, spada na ziemię w mandali wraz z deszczem i zakwasza glebę.

Kwaśne deszcze zaburzają równowagę chemiczną, co działa na niekorzyść ślimaków, zmniejszając ich liczebność. Ptaki składające jaja mają trudniejszy dostęp do wapnia, co może wpłynąć na ograniczenie ich sukcesu rozrodczego, a nawet w ogóle pozbawić je potomstwa. Być może zmniejszenie liczby ptaków będzie oznaczać mniej krwi dla komarów lub mniej drapieżnych dziobów w leśnej społeczności. Wirusy takie jak Zachodniego Nilu, które rozwijają się u dzikiego ptactwa, mogą z kolei ucierpieć z powodu zmian w obrębie jego populacji. Oddźwięk jednego wydarzenia rozchodzi się więc przez las niczym kręgi po wrzuceniu kamyka do wody. Być może trafią one na przeszkodę, która je zatrzyma, a może będą bez końca rozchodzić się po wodach czasu, dryfując przez komary, wirusy, ludzi, wiecznie w dal.

2 czerwca

Wyprawa po Święty Graal

Z koniuszka gałęzi kaliny zwisa kleszcz – zaledwie kilka centymetrów od mojego kolana. Thumię w sobie chęć pstryknięcia tego szkodnika. Pochylam się, by przyjrzeć mu się dokładniej jak zwykłemu owadowi, próbując pozbyć się uprzedzeń, przez które traktuję go tylko jak szkodnika. Kleszcz wyczuwa, że się zbliżyłem, i podnosi cztery przednie ze swoich ośmiu odnóży, machając nimi gwałtownie w powietrzu. Czekam, nieruchomy, starając się nie oddychać, aż kleszcz się odpręży i wróci do swojej poprzedniej pozycji, w której tylko jedna, przednia para nóg jest uniesiona, jakby w pozdrowieniu. Przysuwam oko tak blisko, że dostrzegam drobne, ozdobne wzory okalające jego twarde, owalne ciało. Podniesione odnóża mają półprzezroczyste stopy, błyszczące w świetle słonecznym. Na samym środku pleców kleszcz ma białą kropkę, która ułatwia jego identyfikację jako dorosłego osobnika płci żeńskiej z gatunku *Amblyomma americanum*, zwanego tu zwyczajowo *lone star* – samotna gwiazda. Orzechowy kolor reszty ciała zdaje się rozplływać w tej gwieździe, nadając jej złotawy pobłysk.

Brzydki, pozbawiony ozdób oręż znajdujący się na głowie kleszcza jest kontrapunktem dla osobliwego piękna reszty jego ciała. Główkę ma nienaturalnie wręcz malutką – przez lupę widzę dwa przysadziste czubki wystające do przodu, ledwie zakrywające wielofunkcyjne ostrze groteskowego otworu gębowego. Chcę przyjrzeć się bliżej tej obrzydliwości, wyciągam więc rękę i chwytam gałąź kaliny, po czym przysuwam ją do moich oczu. Kleszcz wyczuwa moją dłoń i rzuca się w jej stronę, dziko wierzgając przednimi odnóżami. To nagle katapultowanie się owada zaskakuje mnie, odrywam więc dłoń i ku rozczarowaniu kleszcza puszczam gałąź.

Ten machający kończynami pajęczak bytujący w obrębie mandali zajmuje się właśnie czymś, co w zoologii określa się jako *questing*, czyli dosłownie „wyprawą po skarb”. Zwierzęta wchodzą tym samym w świat arturiańskich legend, łagodząc nasz wstręt do ich krwiopijczych nawyków. Idea wyprawy po cenne trofeum jest tutaj szczególnie stosowna, ponieważ zarówno Rycerze Okrągłego Stołu, jak i Arachnidy z Lasu Liściastego stawiają sobie ten sam cel: znalezienie wypełnionego krwią Graala. W wypadku mojego kleszcza tym Graalem jest ciepłokrwiste zwierzę – ptak albo ssak.

Mityczna wyprawa zaprowadziła rycerzy do krwi z ran Chrystusa, którą Józef z Arymatei zebrał w pucharze zwanym Graalem. Kleszcze nie są aż tak wybredne, jeśli chodzi o teologiczny rodowód poszukiwanej przez siebie krwi, a ich wyprawy kończą się zrzuceniem pancerzyka lub aktem seksualnym. Sposób działania kleszczy różni się też zasadniczo od wędrówki odbywanej przez rycerzy. Większość kleszczy siedzi spokojnie w oczekiwaniu, aż Graal sam do niego przyjdzie, a potem go atakuje z zaskoczenia. Kleszcz w mandali zaprezentował klasyczne podejście do tego zadania: wspiąć się na krzak lub na źdźbło trawy, usadzić na jego czubku, a potem wyciągnąć przednie odnóża i czekać, aż ofiara sama się o niego otrze.

Polowania kleszczy na potencjalnego żywiciela nie mogłyby się odbyć bez pomocy ze strony narządów Hallera znajdujących się na każdym z odnóży owada. Te kolczaste wgłębienia pokryte są sensorami i zakończeniami nerwowymi, wyczulonymi na pojawienie się chmury dwutlenku węgla, zapachu potu, lekkiego impulsu cieplnego lub wibracji stawianych kroków. Uniesione przednie odnóża służą zatem jako radar i jako chwytak. Kleszcz wykrywa po zapachu, dotyku lub temperaturze każdego przechodzącego obok ssaka lub ptaka. Gdy pociągnąłem

gałązkę kaliny i wypuściłem powietrze w stronę kleszcza, wysłałem jego narządom Hallera wyraźne sygnały, sprawiając, że rzucił się w stronę mojego palca.

Największym wrogiem kleszcza podczas jego epickiej wyprawy jest odwodnienie. Pajęczaki te całymi dniami, a nawet tygodniami zajmują wysunięte placówki w oczekiwaniu na żywiciela. Wiatr wysusza, a słońce przypieka ich niewielkie, pokryte chropowatym pancerzykiem ciała. Nie mogą odejść, by się napić wody, bo przerwałoby to ich wartę, a poza tym w wielu ich siedliskach wody po prostu nie ma. Dlatego kleszcze musiały rozwinąć umiejętność pobierania wody z powietrza. Wydzielają specjalny rodzaj śliny, która osadza się w rowku nieopodal otworu gębowego i, podobnie jak żel silikonowy używany do osuszania urządzeń elektronicznych, wchłania wodę z powietrza. Kleszcze połykają tę ślinę, nawadniając się w ten sposób bez przerywania swej misji.

Kończy się ona, gdy odnóża przednie przyczepią się skóry, piór lub włosów potencjalnego żywiciela. Szczęśliwy kleszcz pełźnie wówczas po swym gospodarzu, badając aparatem gębowym jego skórę w poszukiwaniu miękkiego, dobrze ukrwionego punktu. Podobnie jak skradające się koty, kleszcze pełną po naszym ciele bez wzbudzania podejrzeń. Weź do ręki ołówek i przebiegnij nim delikatnie po ramieniu lub nodze. Poczujesz to. Weź kleszcza i pozwól mu pochodzić po twojej kończynie. Najprawdopodobniej nic nie poczujesz. Nie wiadomo, jak to robią, ale podejrzewam, że w jakiś sposób oszukują nasze zakończenia nerwowe, niczym zaklinacz węży blokując neurony hipnotyczną muzyką swoich nóg. Najlepszym sposobem na odkrycie kleszcza na własnej nodze jest uświadomienie sobie podejrzanego braku wszelkiego łaskotania czy swędzenia. Letni spacer po lesie oznacza niekończący się strumień entomologicznych dreszczy, które przebiegają nam po skórze. Gdy ten strumień wrażeń wysycha, mamy kleszcza.

W przeciwieństwie do komarów kleszcze nie spieszą się podczas posiłku. Przyciskają otwór gębowy do skóry i powoli wpiłowują się w ciało. Gdy to nieeleganckie nacięcie dostatecznie szeroko otworzy skórę, wpuszczają w ranę kolczastą rurkę, hypostom, ssącą krew. Wyssanie jej w ilości stanowiącej pełny posiłek zabiera całe dni, toteż kleszcz przycementowuje się mocno do skóry, by gospodarz przypadkiem go nie zdrapał. Siła tego cementu jest większa niż siła mięśni pajęczaka, co wyjaśnia, dlaczego przypalanie kleszczy płonąca zapalką jest bezużyteczne. Kleszcze nie są w stanie szybko oderwać się od gospodarza, nawet jeśli pali się im „pod ogonem”. *Amblyomma americanum* zatapia się głębiej niż inne gatunki, co sprawia, że tym trudniej jest go usunąć.

Ten krwisty posiłek powoduje, że kleszcze pęcznieją tak bardzo, iż muszą wytworzyć sobie nową skórę, by zatrzymać w sobie napój. Wypijają tyle krwi, że stają wobec odwrotności problemu odwodnienia z okresu wyczekiwania na ofiarę. Zamiast przerwać posiłek, gdy się napelnia, oddzielają w jelitach wodę od krwi, po czym wypluwają ją z powrotem na gospodarza – z pewnością sprzeniewierzając się przy tym duchowi, jeśli nie samym postanowieniom, kodeksu rycerskiego, zwłaszcza gdy kleszcz przenosi jakąś chorobotwórczą bakterię. Pół łyżeczki krwi w napęczniałym kleszczu stanowi zatem destylat z kilku łyżeczek krwi gospodarza, zagęszczonej i przechowanej w brzuchu żarłoka.

Samica kleszcza podczas posiłku zwiększa masę swojego ciała stukrotnie, a potem wzywa do siebie potencjalnych kochanków, którzy podobnie jak ona zatrzymali się na tym samym gospodarzu. Zaczyna uwalniać feromony, będąc wciąż przyczepiona do skóry, a te lotne substancje chemiczne sprawiają, że ciągną do niej samce. Gdy jeden z nich do niej dociera, samica wyzwała jeszcze więcej feromonów, a samiec wpelza pod jej nabrzmią, wielkie i nieruchome ciało. Za pomocą aparatu gębowego umieszcza mały pakiet spermy w szczelinie jej pancerza i oddala się, by mogła dokończyć posiłek. Kiedy samica wreszcie się naje, rozpuszcza

cement wokół swojego aparatu gębowego i spełza albo spada na ziemię. Następnie powoli trawi krew, wypełniając tysiące jajeczek odżywczym żółtkiem. Podobnie jak komarzyca samica kleszcza wykorzystuje krew do reprodukcji. Gdy jajeczka są gotowe, składa je w klastrach na ziemi. Jej wyprawa dobiegła końca, krew z Graala uległa przeistoczeniu w Ciało Kleszczowego Jajeczka, a samica umiera pusta, lecz spełniona.

Tydzień później budzący lęk „kleszczowy pomiot” opuszcza jajeczka. Larwy wyglądają i zachowują się jak miniaturowe wersje swoich rodziców, które wpełzają na rośliny wokół swojego gniazda, by podjąć własną wyprawę po Graala. Ponieważ wykluwają się w pęczkach, atakują żywiciela masowo, na nasze nieszczęście. Tylko jedna na dziesięć larw odnosi sukces i znajduje gospodarza. Większość ginie z głodu lub pragnienia, zanim trafi im się odpowiednie zwierzę. *Amblyomma americanum* atakuje ptaki, gady i ssaki – poza gryzoniami, których raczej unika. Larwy innych gatunków mają odwrotne preferencje i szukają na pierwszy posiłek myszy oraz szcurków. Te, którym udało się trafić na gospodarza, pożywiają się w ten sam sposób co dorosłe kleszcze, a potem spadają i zmieniają się w nieco większą formę, zwaną nimfą. Nimfy udają się na swoją wyprawę, zjadają posiłek i przekształcają się w dorosłe osobniki. Tak więc kleszcz, którego spotkałem w mandali, ma za sobą już dwie udane wyprawy. Może mieć dwa lub trzy lata; pierwszą zimę spędził jako larwa, następną jako nimfa.

Kusi mnie, by powtórzyć eksperyment z komarem i nagrodzić napotkanego kleszcza darem mojej krwi. Nie robię tego z dwóch powodów. Po pierwsze, mój organizm silnie reaguje na ukąszenia kleszczy – miejsca te mnie swędzą, a gdy jest ich zbyt dużo, nie mogę spać. Po drugie, inaczej niż w wypadku komara, istnieje spore niebezpieczeństwo, że kleszcz przenosi jakąś paskudną chorobę. Najbardziej znana z nich, borelioza, raczej tu nie występuje i *Amblyomma americanum* rzadko nią zaraża. Jest jednak nosicielem innych chorób, takich jak erlichioza oraz tajemnicza „wysypka związana z południowym kleszczem”. Bakterie powodujące tę ostatnią rozmnażają się poza organizmem ludzkim i wiemy o nich mało prócz tego, że wywołują chorobę podobną do boreliozy. Wewnątrz mojego kleszcza mogą czaić się także gorączka plamista Gór Skalistych i podobna do malarii babeszjoza. Ten bestiariusz patogenów skutecznie zniechęca mnie do zaoferowania swej krwi.

Mimo szlachetnych konotacji kleszczowej wyprawy po Graala oraz mojego podziwu dla opancerzenia i uzbrojenia pajęczaka odczuwam silną potrzebę, by go strzepnąć lub zgnieść w palcach. Taka niechęć może wywodzić się z czegoś głębszego niż wyuczona ostrożność. Lęk przed kleszczami jest zakorzeniony w moim układzie nerwowym z powodu doświadczeń niezliczonych przodków. Walka naszego gatunku z wojowniczymi kleszczami jest co najmniej sześćdziesiąt tysięcy razy starsza niż legendy arturiańskie. Drapaliśmy się i wyciągaliśmy kleszcze w każdym momencie historii *Homo sapiens*, a nawet dawniej, gdy jako małpy nawoływaliśmy się i iskaliśmy wzajemnie, i jeszcze wcześniej, gdy byliśmy podrapanymi insektożercami, aż do naszych gadzich prapoczątków, gdy dziewięćdziesiąt milionów lat temu wyewoluowały kleszcze. Graal zmęczył się po tylu milionach lat. Odchodząc, szerokim łukiem omijam krzew kaliny.

10 czerwca

Paprocie

Zaczyna się lato. W ciągu ostatnich dwóch tygodni temperatura i wilgotność powietrza rosły z dnia na dzień, a upał spowolnił mój spacer do mandali – minęły już czasy energicznych, rozgrzewających zimowych wędrówek. W lesie obfitość zwierząt jest imponująca, zwłaszcza gdy porównamy ją z zimową ciszą. Śpiew ptaków płynie ze wszystkich stron. Powietrze wypełnione jest nieustannym lotem muszek, komarów, os i pszczoł. Mrówki wędrują po leśnej ściółce; w każdej chwili w obrębie kręgu mandali na widoku jest ich bodaj kilkadziesiąt. Po leśnej ziemi kursują również skoczne włochate pająki, a przez szczeliny w ściółce przewalają się krocionogi. Korony drzew nad nami są gęste i składają się z wielu warstw. Liście zmieniły odcień z jasnej, przewiewnej wiosennej zieleni na poważniejsze, głębsze barwy lata. Fotosynteza w tym gęstym baldachimie liści pracuje już na pełnych obrotach, zbierając energię, stanowiącą fundament leśnego ekosystemu.

Z dna lasu zniknęła większość wiosennych efemeryd. Rośliny, które pozostały, są ekspertami od cienia i powoli rozwijają się w mrocznym runie leśnym. Spośród tych gatunków najbardziej obfite i widoczne są paprocie. Rozglądając się wokół, widzę, że porastają prawie każdy metr zbocza.

Liście paprotnika bożonarodzeniowego, długości mojego przedramienia, wystają na południowym skraju mandali niczym zawadiackie pióra z kapelusza. Ich świeży przyrost sięga ponad zeszłoroczne liście, które, choć nadal trzymają się podstawy paproci, leżą bezwolnie, umierając. Stare liście zachowały swoją zieleń przez zimę i wiosnę, dając roślinie fotosyntetyczny impuls przed pojawieniem się tegorocznego przyrostu. Ta zimozieloność paprotnika bożonarodzeniowego sprawiła, że europejscy osadnicy używali go do zdobienia domów na święta i stąd wywodzi się nazwa tego gatunku. Nowy przyrost na tych roślinach pojawił się w obrębie mandali w kwietniu, przebijając się ze ściółki leśnej w postaci srebrzystych, ciasno zwiniętych liści, stanowiących pęd paproci, zwany pastorałem. W miarę jak pędy te rozwijały się, ich łodygi robiły się coraz dłuższe i wyrastały z nich młode listki, tworząc eleganckie, stożkowate pióra.

Listki na czubkach najwyższych młodych pędów są ściśnięte i skurczone. Zamiast zwracać się ku słońcu szeroką powierzchnią do fotosyntezy, mają pod spodem dwa rzędy dysków o szerokości ziaren pieprzu. Z krawędzi każdego dysku wystają loki brązowych farfocli, co przypomina jarmułkę wciśniętą na kędzierzawą głowę. Gdy patrzę przez lupę, ta masa loków przekształca się w dywan z ciemnych węży. Ciało każdego węża jest podzielone na segmenty w kolorze piaskowym z szerokimi krawędziami mahoni. W pyskach wężę trzymają grube skupiska złotych kul. Dzisiaj nie dostrzegam żadnego ruchu, ale przy wcześniejszych okazjach widziałem, jak te wężę cofały się, a następnie szybko wracały do pozycji wyjściowej, wysoko wypływając kule.

Kule te są zarodnikami paproci; w swoim twardym płaszczyku zawierają zadatki na stworzenie nowego osobnika. Wężę zaś to botaniczne katapulty, mające wystrzeliwać zarodniki pod niebo. Ich segmenty to komórki o nierówno pogrubionych ścianach i właśnie te nierówności napędzają ich ruch. W słoneczne dni woda otaczająca te komórki paruje, zwiększając napięcie powierzchniowe w tej części cieczy, która pozostaje. Ponieważ komórki są małe, rosnące

napięcie powierzchniowe jest wystarczająco silne, aby je nachylać, sprawiając, że wąż wygina się łukowato. W trakcie cofania się zgarnia zarodnikową masę, przygotowując się do ich wystrzelenia. W miarę jak woda dalej paruje, napięcie powierzchniowe rośnie, wyginając węża jeszcze bardziej. Cel! Pal! Napięcie osiąga punkt krytyczny i skumulowana energia ścian komórkowych wyrzuca zarodniki. Gdy słońce świeci bezpośrednio na dojrzałe liście, woda szybko wyparowuje z komórek węży, wystrzelując zarodniki niczym popcorn z gorącego tłuszczu. Widziane gołym okiem wyglądają jak obłoczki dymu. Pod lupą akcja okazuje się bardziej dramatyczna: ostrzał z katapult wygląda jak rekonstrukcja prawdziwej bitwy.

Uzależnienie działania katapult od wysuszającej mocy słońca sprawia, że paprocie wystrzelują zarodniki jedynie w suche dni, gdy mają one szansę wylądować daleko od macierzystej rośliny. Dzisiaj powietrze jest gęste od wilgoci, niebo pochmurne, a w oddali słychać pomruk burzy. To niepomysłny czas dla rozsiewania zarodników – ryzykowałyby wypłukanie z powietrza – toteż katapulty pozostają bezczynne.

Podobnie jak w wypadku komórek zwierzęcych zawartych w jajeczkach czy plemnikach każdy zarodnik zawiera potasowaną talię dokładnie połowy genów rodzica. Ale w przeciwieństwie do komórki jajowej lub plemnika zarodnik ląduje, a następnie kiełkuje bez łączenia się z innym zarodnikiem. Jest to pierwsza wskazówka, że cykl życia roślin radykalnie różni się od naszego. Płciowość zwierząt działa w rytmie szybkiego dwukroku: najpierw tworzy się komórki płciowe, dzieląc własną bibliotekę genetyczną na pół, a potem łączy się jajeczko i plemnik w nowego osobnika. Zaledwie dwa etapy, prosty cykl. Tymczasem paprocie uknuły sobie coś dziwnego. Gdy kiełkuje zarodnik, nie rozwija się żaden nowy liść. Zamiast tego pojawia się mała „lilia wodna” (przedrośle), rozkładając swoje płaskie ciało wielkości drobnej monety.

Ta liliokształtna paproć sama wytwarza sobie jedzenie i żyje jako odrębny osobnik. Po kilku miesiącach lub latach na jej skórze pojawiają się obrzęki. Niektóre z nich wyglądają jak pęcherze, inne jak małe kominy. Pęcherze rozwijają się, aż pewnego deszczowego dnia pękają i uwalniają plemniki. Te wirują w wodzie powierzchniowej, przeszukując ją w poszukiwaniu substancji chemicznych wydzielanych przez jajeczka, które znajdują się u podstawy komina. Rdzeń każdego komina jest wypełniony związkami chemicznymi, które wiążą i niszczą plemniki niewłaściwego gatunku. Odpowiednia sperma omija tę przeszkodę i płynie w kierunku jaja. Wtedy dochodzi do połączenia dwóch komórek. Z powstałego zarodnika rozwija się nowy paprotnik bożonarodzeniowy, który ostatecznie staje się wystarczająco duży, aby wyrzucać zarodniki z czubków własnych wyginających się liści. Zatem na cykl życiowy paproci składają się cztery etapy: zarodnik, liliowate przedrośle, jaja lub plemniki i wreszcie duża paproć.

Po drugiej stronie mandali podejrzon wirginijski dodaje kilka ciekawych zwrotów akcji do takiego cyklu. Jego liście, rozłożone nisko nad ściółką leśną niczym koronkowy wachlarz, mają szerokość mojej dłoni. Ze środkowej części wachlarza wyrasta kolec, sięgający dwukrotnie wyżej niż liście. W jego górnej części, na małych odgałęzieniach zgromadziło się kilka kapsulek szerokości kilkudziesięciu milimetrów. Kapsułki te wytrząsają zarodniki z pionowych szczelin położonych po obu ich stronach. Zarodniki kiełkują i rosną, ale nie tworzą przedrośla, lecz podziemne bulwy, jakby miniaturowe ziemniaki. Bulwy te nie zawierają chlorofilu i żywią się grzybami. Po kilku latach wzrostu wytwarzają plemniki i jaja, które następnie łączą się w nowego osobnika.

Dorósłszy, podejrzon wirginijski kontynuuje wymianę substancji odżywczych z grzybem. Niektóre osobniki wykorzystują ten mutualizm skrajnie, nigdy nie unosząc swych liści powyżej poziomu ściółki. Rosną i wytwarzają zarodniki w całości pod ziemią, odżywiane przez swoich współpracowników: grzyby.

Oba gatunki paproci rosnące w mandali tworzą na przemian jedną z dwóch form: dużego zakładu produkującego zarodniki lub mniejszej manufaktury jaj i plemników, czyli przedrośla lub bulwy. To naprzemienne przechodzenie z jednej tożsamości do drugiej jest trudne do uchwycenia, dlatego życie płciowe paproci pozostawało tajemnicą aż do połowy XIX wieku. Oczywiście struktury rozrodcze, zarodniki rozwiewane przez wiatr tak jak pyłki lub nasiona, nie przypominają żadnych innych komórek płciowych. Botanicy nazywali paprocie – i spokrewnione z nimi, nie mniej mylące mchy – kryptogramami, czyli roślinami o ukrytym życiu płciowym, nakładając terminologiczny opatrunek na bolącą tajemnicę. Nieporozumienie wyjaśniło się, gdy odkryto plemniki i jaja paproci na wodnistej powierzchni malutkich przedrośli.

Metody rozrodcze paproci są dobrze dostosowane do życia w odosobnionych wilgotnych miejscach, ale w trudniejszych warunkach suchszych rośliny te słabiej sobie radzą. Bez wilgoci, w której mogą pływać plemniki, paprocie nie będą się rozmnażać. Ponadto etap przedrośla zapewnia embrionom niewielką ochronę i mało pokarmu. Rośliny okrytonasienne wyzwoliły się z tych ograniczeń przez modyfikację cyklu życiowego paproci. Zamiast uwalniać zarodniki w powietrze, wytwarzają je w obrębie tkanek kwiatostanu. Zarodniki te rosną do formy miniaturowych przedrośli, które następnie wytwarzają jaja i plemniki. Zatem osobno żyjące przedrośla, charakterystyczne dla paproci, skurczyły się do zaledwie kilku komórek schowanych wewnątrz kwiatu. Uwolniło to rośliny okrytonasienne od konieczności znajdowania wodnistej zakątki do rozmnażania się. Pustynie, skaliste grzbiety górskie i suche wzgórza nie stanowiły już bariery dla tych roślin, podobnie jak susza czy zbyt słoneczne dni. Redukcja i zachowanie w sobie przedrośla pozwoliły również kwiatom na pielęgnowanie potomstwa: dostarczają mu one pokarm, otulają je płaszczami ochronnych nasion i prezentują wysoko, wewnątrz owoców, by mogły zostać porwane przez wiatr lub ruchliwego, przynoszącego nasiona ptaka.

Innowacje rozrodcze roślin okrytonasiennych pozwoliły im stać się zdecydowanie najbardziej zróżnicowaną grupą żyjących dziś przedstawicieli flory. Wśród ponad ćwierci miliona gatunków roślin istnieje tylko niewiele więcej niż dziesięć tysięcy gatunków paproci. Kiedy około stu milionów lat temu wyewoluowały rośliny okrytonasienne, wiele gatunków dawnych paproci i innych roślin pozbawionych kwiatów zostało wypartych; przegrały rywalizację z przybyszami. Byłoby jednak błędem uznanie dzisiejszych paproci za prymitywne pozostałości ewolucji. Ostatnie badania DNA wykazały, że współczesne paprocie ewoluowały i różnicowały się również *po tym*, jak pojawiły się rośliny okrytonasienne. Gdy te ostatnie wygrały, doszło do tego, że dawne paprocie zaczęły zanikać, ale to zwycięstwo nieumyślnie stworzyło także idealne warunki dla nowej dynastii paproci: wilgotne mandale, w której mogą się rozwijać ceniolubny paprotnik bożonarodzeniowy i podejrzon wirginijski.

20 czerwca

Splot

Porywisty wiatr rozpędza chmury, które przez cały tydzień częstowały nas deszczem. Pierwsze od wielu dni promienie słońca przebijają się przez niewielkie luki w koronach drzew, okrywając mandalę szachownicą plam światła i cienia. Gładkie blaszki liści przylaszczek błyszczą, gdy odbija się od nich światło słoneczne. Innym gatunkom roślin brakuje takiego połysku, ale mienią się różnymi odcieniami zieleni. Po wielu szarych dniach kolory mandali wydają się szczególnie żywe. Podobnie jak brzmienie lasu. Zewsząd dochodzi delikatny szum, brzęczenie tysięcy skrzydeł owadów, przypominające odgłosy odległego ula.

Jest jeszcze poranek, słońce pojawiło się zaledwie dwie godziny temu, lecz na wilgotnej ściółce grzeją się już dwa ślimaki. Prawdopodobnie przybyły tu jeszcze przed wschodem. Ich ciała są skręcone w godowej płataninie. Brązowe muszle sterczą naprzeciwko siebie, zwrócone do siebie otworami, a ciała są splątane w węzeł szarobiałego mięsa. Zakleszczyły się w trudnych negocjacjach i wymianie. Zamiast przenosić plemniki od samców do samic, jak to robi większość zwierząt, ślimaki przekazują je w obie strony. Każdy osobnik jest jednocześnie dawcą i biorcą nasienia, samcem i samicą w jednym ciele.

Hermafrodytyzm tworzy złożony problem ekonomiczny: w jaki sposób zapewnić sprawiedliwą wymianę reprodukcyjną pomiędzy partnerami. Dla ślimaków, jak dla większości organizmów, sperma jest tania w produkcji, a jaja drogie. U zwierząt jedнопłciowych ta różnica kosztów na ogół sprzyja selektywności ze strony samic i niewybrednej rozwiązłości samców, zwłaszcza u gatunków, w których ci drudzy nie udzielają się przy wychowaniu potomstwa. Jednak u obojnaków kwestie wybredności i rozwiązłości są połączone w jednym ciele, a spółkowanie cechuje się napięciem pomiędzy ostrożnością w sprawie tego, od kogo otrzymuje plemniki, a dążeniem do tego, by samemu zapłodnić partnera.

Ślimaki, które wykrywają u swoich partnerów ślad choroby, nie ujawniają swojej kobiecej strony – przekazują plemniki, ale same ich nie przyjmują. Te zaś, które znajdują niezakażonych partnerów, chętnie przyjmą spermę. Taka selektywność może ślimakom pomóc wyłowić genetycznie lepsze plemniki na użytek ograniczonego zasobu jaj. Hermafrodyty są również wrażliwe na szerszy kontekst społeczny. Jeśli mieszkają w okolicy, w której nie ma zbyt wielu potencjalnych partnerów, chętnie odsłaniają zarówno swoją męską, jak i żeńską stronę, natomiast w bardziej zatłoczonym środowisku ich kobiecość zostaje przytłumiona i zachowują się bardziej jak samce, swobodnie przekazując spermę, ale oszczędzając jaja tylko dla najlepszych partnerów. Sytuacja komplikuje się jeszcze, gdy partnerzy przyjęli już spermę od innego osobnika. Wówczas jeden z nich może odmówić zbliżenia, co sprawia, że odrzucony partner spróbuje wymusić stosunek, wtykając pakiety spermy niechętnemu osobnikowi wbrew jego woli. Trójkąty miłosne są trudne, a sześciokąty to już otwarta wojna.

Wojna nie jest w tym wypadku metaforą. U niektórych gatunków ślimaków napięcia związane z godami przeradzają się w prawdziwy konflikt zbrojny: ślimaki strzelają do siebie kościstymi rzutkami, gruczoły niszczące spermę neutralizują niepożądaną męskość, a mięśnie przepychają plemniki i jaja na linii frontu. Nawet długość uścisku ślimaków może być wynikiem konfliktu seksualnego. Ślimaki obmacują się nawzajem czułkami i krążą wokół siebie, powoli przygotowując się do zajęcia pozycji, zawsze gotowe wycofać się lub przegrupować siły. Nie

wiemy, co chcą ocenić na poszczególnych etapach tych czynności, ale ich rozbudowane zaloty i kopulacja są owocem uważnej dyplomacji, przedślubnej konferencji na temat warunków kontraktu. Taka powolność z pewnością musi być kosztowna. Ślimaki w mojej mandali leżą już przez pół godziny z odsłoniętym ciałem, stanowiąc łatwy łup dla ptaków i innych drapieżników.

Hermafrodytyzm jest niecodziennym rozwiązaniem płciowym wśród zwierząt. Większość gatunków rozdziela narządy męskie i żeńskie między różne osobniki. Jednak wszystkie ślimaki lądowe są hermafrodytami, podobnie jak niektóre mięczaki morskie i część bezkręgowców. Płciowość ślimaków w mandali ma więcej wspólnego z wiosennymi kwiatami niż z ptakami lub pszczołami. Hermafrodytami są wszystkie wiosenne efemerydy i drzewa w obrębie mandali, a wiele z nich łączy w jednym osobniku cechy męskie i żeńskie. Ta różnorodność systemów płciowych jest zastanawiająca. Dlaczego strzyżyki dzielą się na chłopców i dziewczęta, ale drzewa, na których żyją, są jednym i drugim naraz? Chrząszcze, którymi strzyżyki karmią swoje pisklęta, są albo płci męskiej, albo żeńskiej, ale ślimaki, które kończą w tym samym dziobie, to hermafrodyty.

Teoretycy ewolucji potraktowali tę zagadkę jako problem z zakresu gospodarki naturalnej. Podobnie jak menedżer decyduje, jak najlepiej rozdzielić zasoby przedsiębiorstwa, biolodzy traktują dobór naturalny jako proces decydujący o tym, jak organizmy będą inwestować swoje energie rozrodcze. Menedżer korzysta ze zdolności przewidywania oraz rozumu, natomiast dobór naturalny nieustannie szasta nowymi pomysłami, a następnie odrzuca nieefektywne na korzyść tych, które się sprawdziły. Naturze nie brakuje nowych pomysłów w sferze seksualności: w każdym pokoleniu ślimaków pojawia się kilka osobników, które są jednopłciowe, podobnie jak pewna liczba ptaków, owadów i ssaków rodzi się jako obojnaki. Mamy zatem mnóstwo materiału do pobudzania przyrodniczego wolnego rynku ról płciowych.

Każdy osobnik ma ograniczone zasoby energii, czasu i własnego ciała, które może przeznaczyć na rozmnażanie. Organizmy mogą działać jak firmy specjalistyczne i inwestować swoje środki tylko w jedną płęć; mogą też zróżnicować i podzielić inwestycję na dwie odrębne działalności: samca i samicę. O tym, która strategia jest lepsza, decyduje specyfika ekologii danego gatunku. Gdy osobnik ma problemy ze znalezieniem partnera, opłaca mu się być hermafrodytą. Tasiemce, które żyją samotnie w jelitach, muszą się samodzielnie zapłodnić, bo inaczej ich genetyczna linia się skończy. Także kwiaty korzystające w związku seksualnym z pośrednictwa zawodnych zapylaczy również mogą wymagać samozapłodnienia. Przylaszczki obficie kwitną w całej mandali, ale jeśli wiosenna pogoda jest zbyt chłodna i zapylające je owady nie mogą latać, jedynym sposobem rozmnażania pozostaje dla nich hermafrodytyzm. Podobnie jest w wypadku niektórych gatunków traw, kolonizujących teren, na którym łańcuch pokarmowy został przerwany. Osobniki tych gatunków mogą znaleźć się w sytuacji jedyne imigranta w nowym siedlisku, więc miłość z samym sobą staje się konieczna. Hermafrodytyzm jest zatem preferowanym systemem płciowym tych gatunków, które mogą zostać zmuszone do rozmnażania się bez partnera.

Jednak wiele hermafrodytów, w tym większość ślimaków, nie żyje w odosobnieniu ani nie może zapłodnić samych siebie, nawet jeśli zostaną zamknięte w izolacji. Dlatego samotność nie jest jedyną przyczyną hermafrodytyzmu. Ewolucja preferuje ten system płciowy również w sytuacji, gdy mniej rygorystyczne podejście do seksualności okazuje się bardziej owocne. Ślimaki nie bronią terytoriów lęgowych, nie śpiewają ani nie wytwarzają atrakcyjnych barw. Nie zajmują się również jajami – składają je w płytkich dołkach w ściółce i tam zostawiają. Ta względna prostota zadań reprodukcyjnych pozwala im na obupłciowość bez narażania na szwank skuteczności żadnej z płci. Nie byłoby to możliwe w przypadku ptaków i ssaków o bardziej wyspecjalizowanych rolach płciowych. W ich wypadku dobór naturalny faworyzuje skupienie się

na jednej płci. Z ekonomicznego punktu widzenia ślimak dostaje lepszy zwrot kapitału z mieszanej strategii inwestycyjnej, która łączy obie płcie w jednym osobniku, podczas gdy ptakowi bardziej opłaca się skierować całość inwestycji w jedną płć.

Urozmaicony ekologiczny i fizjologiczny kontekst każdego gatunku w mandali stworzył przez lata doboru naturalnego szeroką gamę rozwiązań płciowych. Obojnacze uściski ślimaków, pozornie tak obce większości ludzi, stanowią przypomnienie, że płciowość w naturze jest bardziej plastyczna i zróżnicowana, niż moglibyśmy początkowo przypuszczać.

2 lipca

Grzyby

Strugi deszczu lały się na mandalę przez dwa dni i dwie noce. Burza nadeszła od strony Zatoki Meksykańskiej, a nieustanna nawałnica oczyściła powietrze z gryzących owadów, przynosząc wytchnienie od chmar komarów, które przez całe tygodnie były moimi rozentuzjasmowanymi towarzyszami. Zaraz po burzy przyszły najgorętsze dni lata. Gorączkowa wilgotność powietrza ma teraz nieubłaganą, uniwersalną cechę: dowolny wysiłek fizyczny wyciska krople potu. Las wpadł w objęcia tropików.

Na jego mokrej podłodze błyszczą pomarańczowe, czerwone i żółte plamki, pąki rozrodcze grzybów. Ciepło i deszcz ośmieliły podziemne części tych organizmów, wywołując kiełkowanie zarodników. Najładniejsze w porannej kolorowej feerii grzybów są kustrzebkwate, zawieszane na gnijącej gałązce. Grzyb, którego cechują mandarynkowy kolor, kielichowaty kształt oraz frędzle w postaci srebrnych włosów, to *Microstoma floccosum*. Mimo że jego średnica nie osiąga nawet dwóch centymetrów, kolor tak bardzo przykuwa uwagę, że kucam, by zbadać go dokładniej. Kiedy moje oczy są bliżej ziemi, wszędzie dostrzegam małe owocniki, kolorowe łódeczki na morzu rozkładających się liści i gałązek.

Te jasne łódki należą do największej części królestwa grzybów, workowców, nazwanej tak ze względu na worki, w których rosną ich zarodniki. *Microstoma floccosum* w mandali rozpoczęła życie jako zarodnik mierzący zaledwie dwie setne milimetra, przylepiony do martwego patyka, na którym teraz mieszka. Zarodniki wykiełkowały, a następnie wypuściły w drewno patyka smukłe włókienko. Ponieważ włókna grzybicze są bardzo cienkie, mogą się wsunąć pomiędzy ścianki komórek roślin i przecisnąć przez drobniotkie pory między komórkami. Gdy rosnące włókienko znajdzie się już wewnątrz gałązki, wysąca soki trawienne, rozmiękczając pozornie twarde drewno. Włókno wchłania z tej drewnianej zupy cukry i inne składniki odżywcze, wytwarzając zarazem nowe włókienka, które będą się rozchodzić w głąb martwych tkanek patyka. Szczytem marzeń *Microstomy floccosum* jest znaleźć się w zamkniętym drewnianym pudełku pod ziemią.

Niektórzy z pozostałych uczestników dzisiejszych regat także specjalizują się w rozkładaniu patyków, podczas gdy inni wolą matę z martwych liści. Pomimo tych różnic wszystkie grzyby rosną w ten sam sposób: wciskają macki w martwy materiał roślinny i powiększają swoje stworzone na podobieństwo sieci ciała, jedząc – a ostatecznie całkowicie unicestwiając – swe drewniane otoczenie. W miarę pożywiania się grzyby wciskają swoje domy coraz głębiej w morze zapomnienia. Martwe patyki są więc tonącymi wyspami siedlisk, a grzyby muszą nieustannie wysyłać swe potomstwo w świat, by znajdowało nowe archipelagi. Sprawia to, że grzyby wchodzą w nasze pole widzenia. Zazwyczaj pozostają ukryte przed naszymi oczami aż do momentu, gdy z ich włókien wyrodożą się owocniki. Flotylla żółci, brązów i czerwieni jest sygnałem istnienia ogromnej sieci życia pod powierzchnią mandali.

* * *

Microstoma floccosum wytwarza diasporę na wewnętrznej powierzchni kubka. Tu spoczywają miliony woreczków w kształcie armatek, a każda z nich celuje w niebo ośmioma malutkimi zarodnikami, którymi jest załadowana. Kiedy te armatki dojrzeją, ich końcówki

odpadają i zarodniki są wystrzeliwane w powietrze, wylatując na wysokość kilku centymetrów i wymykając się ze spokojnej warstwy granicznej powietrza, która otula powierzchnię mandali. Pojedynczy zarodnik jest tak mały, że nie widać go gołym okiem, ale jednoczesna erupcja milionów zarodników wygląda jak obłoczek dymu. Erupcja grzyba może zostać wywołana przez delikatny dotyk części powierzchni jego kubka. Dlatego podejrzewam, że dla rozprowadzania zarodników grzybów ważne mogą być zwierzęta mimo podręcznikowych haseł o „roznoszeniu ich przez wiatr”. Dziś rano w obrębie mandali żeruje co najmniej osiem krocionogów i stonóg (z których jedna podskubuje stary grzyb), kilka pajaków, duży chrząszcz, ślimak, kilkadziesiąt mrówek i nicień. Wiewiórki, pręgowce i ptaki skaczą wokół krawędzi mandali. Workowate ciała owocujących grzybów są tak gęsto upakowane, że zwierzętom trudno byłoby uniknąć nadeptania na nie, nawet gdyby się starały.

Mały brązowy grzyb podstawkowy, rosnący w centrum mandali, wysypuje zarodniki z otwartych blaszek, zamiast wystrzeliwać je z ziemi, jak robią to workowce. Znowu uważa się, że to wiatr jest głównym nośnikiem tych zarodników, ale zwierzęta także mają w tym swój udział. Kapelusz grzyba jest nierównomiernie pokryty śladami ugryzień – być może zostawił je pręgowiec, którego nos i wąsy obecnie roznoszą zarodniki na odległość wielu metrów.

Okres rozrodczy grzybów podstawkowych i workowców jest czymś zupełnie wyjątkowym w świecie ożywionym. Rozciągają znaczenie słowa „płeć” poza granicę nawet najbardziej innowacyjnych rozwiązań, do których dotarliśmy my, zwierzęta. Nie dzielą się na osobne płcie, a przynajmniej nie jesteśmy w stanie tego rozpoznać, nie wytwarzają też spermy ani jajeczek. Rozmnażają się przez łączenie swoich włókien, dosłowne stopienie dwóch ciał w jedno, z którego powstaje nowe pokolenie.

Grzyb rosnący w centrum mandali daje nam najbardziej wyraźny wgląd w ten dziwny cykl życia. Gdy wypuszcza zarodniki, wyrastają z nich włókna, które przebijają się przez pokłady martwych liści, szukając pary. Włókna nie dzielą się na męskie i żeńskie, tylko stanowią różne „typy sparowania” – typy koniugacyjne. Dla nas wszystkie wyglądają tak samo, ale grzyby korzystają z sygnałów chemicznych do wyczuwania różnic i rozmnażają się tylko z odpowiednim typem, odmiennym od ich własnego. Niektóre gatunki grzybów mają tylko dwa rodzaje takich typów, inne nawet tysiące.

Gdy dwa włókna się spotykają, zaczyna się skomplikowany taniec, skoordynowany z naprzemiennymi chemicznymi szeptami. W pierwszej scenie jedno włókno wysyła substancję chemiczną charakterystyczną dla swojego typu koniugacyjnego. Jeśli jego partner jest tego samego typu, taniec się kończy i włókna ignorują się wzajemnie. Jeśli jednak partner jest innego typu, związek chemiczny wiąże się z powierzchnią jego włókna, powodując u niego reakcję w postaci wysłania własnego sygnału chemicznego. Oba włókna wypuszczają następnie lepkie wyrostki, które chwytają się nawzajem. Komórki włókien synchronizują wzajemnie swoją maszynę komórkową i stapiają się ze sobą, aby utworzyć nowego osobnika.

Nowy grzyb jest amalgamatem swoich rodziców, ale fuzja nie została jeszcze zakończona. Materiał genetyczny rodziców pozostaje oddzielony w obrębie ciała grzyba, gdzie występuje jako dwa odrębne DNA wewnątrz jego komórek. Grzyb utrzymuje tę rozdzielność przez cały czas rośnięcia pod ziemią, a nawet w owocniku, który wyrasta, by uwolnić zarodniki. Ostateczna fuzja następuje dopiero w blaszkach, które wiszą pod kapeluszem, i może się zdarzyć po tygodniach lub nawet latach rozdzielania. Połączenie to jest krótkotrwałe. Zaraz po tym jak materiał genetyczny się łączy, dochodzi do jego dwukrotnego podziału, czego efektem jest wytworzenie zarodników, które opuszczają miejsce swoich narodzin. Zarodniki zostaną poniesione przez wiatr lub zwierzę, aby rozpocząć kolejny cykl życiowy.

Microstoma floccosum i inne grzyby workowate postępują w podobny sposób, ale ich

włókna nie łączą się ze sobą, dopóki nie są gotowe do wytworzenia zarodników. Większość życia spędzają pod ziemią jako pojedyncze włókna. Dopiero w wieku dorosłym szukają partnera, a następnie rozwijają kubek i wytwarzają zarodniki.

Złożoność tożsamości płciowej grzyba podkreśla wyjątkowy charakter płci w innych królestwach życia. Reprodukacja u wszystkich bez wyjątku zwierząt i roślin polega na wytwarzaniu komórek płciowych, które występują w dwóch różnych postaciach: dużych, dobrze zaopatrzonych komórek jajowych oraz małych i mobilnych komórek spermy (plemników). Tymczasem grzyby udowadniają nam, że ten dualizm nie jest jedynym możliwym rozwiązaniem. Grzybowe typy koniugacyjne mogą liczyć tysiące.

Względna prostota ciała grzyba może wyjaśniać, dlaczego nie wyewoluowały u niego wyspecjalizowane komórki jajowe i plemniki. Duże, złożone ciała zwierząt i roślin rozwijają się przez długi czas, toteż muszą zaczynać życie z wystarczającym zasobem pożywienia. Natomiast grzyby nie mają skomplikowanych ciał. Ich proste włókna wyłaniają się z małych zarodników od razu w ostatecznej postaci. Produkcja jaj byłaby stratą czasu i energii. Dobrą okazję do weryfikacji tej koncepcji dają glony. Występują one w szerokiej gamie form ustrojowych: niektóre są tak proste jak grzyby, inne mają ciała bardziej złożone, jak rośliny lub zwierzęta. Zgodnie z oczekiwaniami, proste algi mają komórki płciowe jednej wielkości, ale komórki płciowe alg złożonych dzielą się na plemniki i jajeczka.

Grzyby uniknęły ról płciowych charakterystycznych dla reszty świata wielokomórkowego, ale mimo to doświadczają różnic płciowych, gdyż reprodukcja jest możliwa tylko z osobnikami o innym typie koniugacyjnym. Wygląda to jak marnotrawstwo. Z perspektywy włókna grzybowego, które szuka partnera, istnienie typów koniugacyjnych wydaje się poważną zawadą, usuwa bowiem z puli potencjalnych partnerów niekiedy nawet połowę osobników danego gatunku.

Zagadka typów koniugacyjnych nie została jeszcze w pełni rozwiązana, wydaje się jednak, że przynajmniej częściowo odpowiedź tkwić może w politycznych zawłościach życia w obrębie komórki. Komórki grzybów są zbudowane na zasadzie matryoszki, podobnie jak komórki zwierząt i roślin. Zawierają mitochondria, które dostarczają energię do komórki przez spalanie pożywienia. W normalnych okolicznościach stosunki między mitochondriami a goszczącymi je komórkami układają się dobrze. Tyle że za kulisami czai się konflikt.

Ponieważ mitochondria są potomkami przedwiecznych bakterii, zachowują własne DNA i rozmnażają się w komórce tak jak wolno żyjące bakterie. Rozmnażanie to jest zazwyczaj dostosowane do okoliczności, tak że każda komórka zawiera odpowiednią dla siebie liczbę mitochondriów. Jeśli jednak coś pójdzie nie tak, przerost mitochondriów może ją uszkodzić. A to się zdarza, jeśli w jednej komórce spotkają się mitochondria z dwóch różnych grzybów. W takim wypadku konkurencja między różnymi szczepami mitochondriów daje przewagę tym, które dzielą się bardziej intensywnie. Zatem krótkowzroczna walka między mitochondriami może zniweczyć długoterminowy sukces całej komórki.

Być może istnienie u grzybów różnych typów koniugacyjnych ma zapobiegać tego rodzaju konfliktom. Wyposażone są one w zestaw reguł określających, że tylko jeden typ koniugacyjny przekaże mitochondria następnemu pokoleniu. Dlatego typy te pozwalają komórkom grzybów unikać potencjalnie szkodliwych konfliktów między mitochondriami.

Jednak teorie o pochodzeniu i ewolucji typów koniugacyjnych są niepewne i wciąż dyskutowane. Grzyby wykazują tak szeroki wachlarz metod reprodukcyjnych, że większość prób ich unifikującego wyjaśnienia kończy się niepowodzeniem. Kilka gatunków grzybów wytwarza na przykład struktury, które wydają się niemal podobne do jaja; być może łamią w ten sposób ogólną zasadę, że grzyby nie produkują jaj i plemników. U innych gatunków mitochondria

z różnych włókien macierzystych czasem się mieszają, co łamie zasady typów koniugacyjnych. Ta różnorodność może przytłaczać, o czym szybko przekonują się studenci biologii. Ale służy także jako orzeźwiający kontrpunkt dla sporego uniformizmu w stosowaniu się do ról męskich i żeńskich przez zwierzęta i rośliny.

* * *

Układając się w pozycji leżącej, widzę setki małych kubków i kapeluszy rozprzestrzeniających się po powierzchni ściółki w mandali. Każdy patyk pokrywa co najmniej jedno skupisko kolorowych kubków. Małe brązowe grzyby podstawkowe zdobią większość martwych liści. To, że na dnie lasu może zniecka pojawić się tyle gatunków i osobników, których wcześniej nie widziałem, skłania do refleksji, jak wielka część życia lasu pozostaje ukryta dla naszego oka, nawet pomimo ścisłej obserwacji. Jednak niewidoczne nie znaczy nieważne: grzyby są motorem procesów rozkładu, sprawiających, że składniki odżywcze i energia krążą w obrębie leśnego ekosystemu. Bujna letnia produktywność lasu jest uzależniona od witalności podziemnej sieci grzybów.

13 lipca

Robaczki świętojańskie

Z napięciem przedzieram się przez gęste powietrze w drodze do mandali. Idę w częściowych ciemnościach zmierzchu. Uważnie stawiam kroki i wyteżam w mroku wzrok, sprawdzając, czy na ścieżce nie ma węży. Najbardziej boję się mokasy na miedziogłowca, *Agkistrodon contortrix*. Są to węże szczególnie aktywne w parne letnie wieczory. A dziś pojawi się ich ulubiony przysmak – ze swoich podziemnych nor larwalnych wypełzną setki cykad. Węże z pewnością będą na nie polować. Nie przepadam za odbitym światłem latarki, które mnie oślepia, przemieszczam się więc powoli, wszędzie w zapadającej ciemności widząc liściasty kamuflaż czającego się mokasy na.

Ten strach przed drapieżnikami najprawdopodobniej został wdrukowany w moją psychikę przez miliony lat doboru naturalnego. Te z żyjących w tropikach naczelnych, które słabo widzą w nocy, rzadko żyją długo, jeśli odnoszą się wobec ciemności z nonszalancją. Podobnie jak wszystkie istoty, jestem potomkiem tych, które przeżyły, więc strach w mojej głowie odzywa się głosem przodków szepczących mi swoją skumulowaną wiedzę. W moim świadomym umyśle rozlegają się dzwonki zoologicznego panikarstwa: długie zakrzywione kły, bolesny, krwiożerczy jad, dołek przy oku, który wychwytuje najmniejsze zmiany temperatury, atak rozpoczynający się w jednej dziesiątej sekundy. Dochodzę do mandali i to znajome miejsce pozwala mi się trochę rozluźnić. Kolejny podszept z drzewa genealogicznego: to, co znane, jest bezpieczne.

Wita mnie światełko robaczka świętojańskiego. Zielony świecący punkcik wlatuje ostro w górę na kilkanaście centymetrów, a następnie zatrzymuje się na sekundę lub dwie. Wieczór daje akurat tyle światła dziennego, bym mógł dostrzec tego chrząszcza oraz jego latarnię. Gdy zielony poblask przygasa, zwierzę wisi nieruchomo przez trzy sekundy, a potem daje nura w dół i w poprzek przez mandalę. Następnie powtarza tę sekwencję szybkiego świetlistego wlotu, bezświetlnej pauzy i nurkującego zejścia.

Gdybym był prawdziwym koneserem robaczków świętojańskich, mógłbym zidentyfikować gatunek po charakterystycznym rytmie oraz długości błysku, ale niestety, nie mam takich kwalifikacji. W ciągu dnia i z pomocą przewodnika botanicznego rozpoznałem świetliki z rodzaju *Photuris*, mozolnie wdrapujące się na roślinność mandali. Teraz jest jednak zbyt ciemno, bym mógł orzec, czy ten osobnik należy do *Photuris*, niemniej wznoszący się błysk zdradza go jako samca. Światełko to stanowi zagajenie rozmowy chrząszcza z przyszłą partnerką. Wypowiada je nad ściółką, czekając na odpowiedź, która rzadko nadchodzi. Po tym rozświetlonym locie samiec czujnie obserwuje dno lasu, zatrzymując się w bezruchu, by dać samicy szansę na odpowiedź, po czym odlatuje, aby kontynuować poszukiwania. Czasami jednak samica odpowiada światełkiem ze swojej kryjówki i on leci do niej, ponownie migając światełkiem. Para kilka razy daje sobie świetlne sygnały, po czym przystępuje do spółkowania.

Jeśli świetlik w mandali jest z rodzaju *Photuris*, jego partnerka ucieknie się do świetlnego triku jeszcze raz, po zapłodnieniu. Gdy samica *Photuris* kończy zwyczajne zadanie zwabienia zalotnika i odbycia aktu płciowego, kieruje uwagę na samce innych gatunków świetlika. Charakterystyczna dla każdego gatunku sekwencja migania zwykle utrzymuje różnogatunkowe samce i samice z dala od siebie. Podobnie jak my nie okazujemy zainteresowania sygnałami seksualnymi goryli, świetliki ignorują miganie gatunków innych niż ich własne. Jednak samice

Photuris naśladowują mowę samic z innych gatunków, przyciągając pełnych nadziei zalotników, których czeka tu nieszczęsny los. Samica chwyta zbłąkane samce i je pożera. Po dojściu do ołtarza pan młody staje się głównym daniem weselnej uczty; panna młoda, która z daleka wydawała się tak atrakcyjna, okazuje się zgłodniałym gorylem. Ta *femme fatale* wykorzystuje swoją zdobycz nie tylko jako pożywienie, ale również jako źródło obronnych substancji chemicznych. Kradnie te szkodliwe cząsteczki z ciała ofiary, a następnie sama się w nie uzbraja. Jeśli złapie ją pająk, samica uwalnia te chemikalia, odpierając atak napastnika. Jak widać, w takie ciepłe letnie wieczory dno lasu jeży się od niebezpieczeństw.

Niebezpieczeństwo jest jednak tylko częścią pełnego obrazu. Robaczki świętojańskie wzbudzają również zachwyt, oczarowując nas iskrami swego blasku. Podobnie jak czystość i odcienie barw kwiatów czy bogactwo śpiewu ptaków również migotanie świetlika otwiera szeroko okno, rozwiewając mgłę, która dzieli nas od prawdziwszego doświadczenia świata. Kiedy roześmiane dziecko goni świetliki, nie ściga chrząszczy, lecz zaraża się zdumieniem.

Gdy to zdumienie dorasta, obiera kolejne warstwy z doświadczenia, szukając głębszych pokładów cudu. Taki jest najwyższy cel nauki. A historia robaczka świętojańskiego jest pełna ukrytych cudów. Świeatko tego chrząszcza wywołuje podziw dla ewolucji, zdolnej sklecić arcydzieło z niczym niewyróżniających się surowców: latarnia na czubku odwłoka świetlika jest wykonana ze standardowych materiałów, z których składają się ciała innych owadów, ale zmontowana w taki sposób, że staje się leśną iskrą.

Ta świecąca substancja nosi nazwę lucyferyny. Podobnie jak wiele innych cząsteczek, łączy się ona z tlenem i zmienia w kulę wzbudzonej energii. Kula ta wraca do równowagi, wydzielając pakiety rozprężonej energii, fotonów, które postrzegamy jako światło. Lucyferyna ma podobną strukturę do różnych prozaicznych cząsteczek spotykanych w komórce, ale – przypuszczalnie w konsekwencji serii mutacji – stała się szczególnie skłonna do pobudzeń i uwalniania energii. Cząsteczka ta jest wspomagana przez dwa inne związki chemiczne, których zadaniem jest stymulacja lucyferyny.

Świetliki doprowadziły zatem do skrajnego naładowania energią substancji chemicznych w sobie, by żarzenie przemienić w blask. Niemniej sama obecność tych związków chemicznych wytworzyłaby w najlepszym wypadku tylko słabe, rozproszone światło. Dlatego latarnia na odwłoku robaczka świętojańskiego jest tak skonstruowana, by zogniskować ten potencjał i przekształcać go w migotanie, które czyni z godów świetlików starannie zaaranżowaną rozmowę narzeczonych. Latarnia sprawuje tę kontrolę nad migotaniem za pomocą regulacji strumienia tlenu dochodzącego do lucyferyny. Każda komórka w latarni zawiera w swoim jądrze cząsteczki lucyferyny, a następnie otacza je grubą warstwą mitochondriów. Zwykle mitochondria mają zapewnić komórce zasilanie, ale latarnia świetlika wykorzystuje je jako gąbki wychwytyjące tlen. W normalnych warunkach każda cząsteczka tlenu, która dostaje się do tych komórek, ulega szybkiemu spaleniowi w mitochondriach, w wyniku czego żadna z nich nie dociera do rdzenia i nie stymuluje lucyferyny. Ta warstwa mitochondriów funkcjonuje jako wyłącznik. Kiedy przychodzi pora na zamigotanie, do latarni zostaje wysłany sygnał nerwowy, powodujący odpływ gazu – tlenu azotu – z komórek przy zakończeniach nerwowych. Gaz wyłącza mitochondria i pozwala tlenowi dostać się do wnętrza komórki, wyzwalaając chemiczny blask.

Mechanizm migotania robaczka świętojańskiego wykorzystuje dwa powszechne u zwierząt elementy fizjologii – mitochondria i tlenek azotu – z których tworzy elegancki oraz, o ile nam wiadomo, niepowtarzalny wyłącznik światła. Majstersztykiem jest również architektura latarni świetlika, w której zwykle komórki i tchawki zamieniają się w przewiewne lokum dla lucyferyny. Zostało ono dopracowane w każdym najmniejszym szczególe. Ponad dziewięćdziesiąt pięć procent energii używanej podczas błysku uwalnia się w postaci światła

– czyli odwrotnie niż w zaprojektowanych przez człowieka żarówkach, które większość energii wytracają w postaci ciepła.

Na niebie nade mną zapadła już zupełna ciemność, ale gdy wstaję, by opuścić mandalę, widzę oświetlony las. Świetliki unoszą się około metra nad ziemią. Gdy patrzę na nie z pozycji stojącej, mam przed oczami morze pełne świecących boi. Własną latarką oświetlam sobie drogę na wypadek spotkania wspomnianych mokasynów i zastanawiam się nad kontrastem między nieefektywnym wzornictwem przemysłowego źródła światła i biologicznych cudów, które wirują wokół mnie. Ale to zestawienie jest niesprawiedliwe. Nie można porównywać niemowlęcia z leciwym mędrce. Za naszymi latarkami stoi ledwie dwieście lat myśli technicznej, która rozwinęła się w morzu nieprzebranych zasobów kopalin i energii chemicznej. Ludzie nie wysilali się za bardzo na doskonalenie prototypów pierwszych świateł elektrycznych. W kontekście nieograniczonych zasobów paliwa po co mielibyśmy to robić? Z kolei za wytworem świetlików stoją miliony lat prób i błędów. Energii ciągle im brakowało, więc stworzyły lampę, która wykorzystuje jej niewiele, a za paliwo służy jej pożywienie, a nie wydobywane z ziemi surowce.

27 lipca

Plamka światła słonecznego

Jest środek popołudnia, ale mandalę spowija głęboki cień. Nadeszła ta pora w rocznym cyklu, kiedy w ciągu dnia jest tu najciemniej. W pełni lata na powierzchni mandali jest mroczniej niż w innych porach roku. Nawet w momencie przesilenia zimowego jest przy jej powierzchni jaśniej niż w lipcowym mroku. Zachłanne korony klonu, orzesznika i dębu pochłaniają promienie słoneczne, zabierając dla siebie prawie całe docierające tam światło. To trudny okres dla leśnych roślin zielnych. Nic więc dziwnego, że tak wiele z nich spieszy się zakończyć swe interesy w ciągu kilku słonecznych tygodni wiosny. Te z niskopiennych roślin, które nie zapadły w uśpienie, są przystosowane do oszczędnego życia i wydzierania odrobiny światła za pomocą liści, zdolnych zadowolić się jego resztkami. Są jak smukłe kozy pustynne: apetyt mają mały, a ciało skąpe.

Nagle przez gęste powietrze przebija się słup intensywnego światła, znajdując szczelinę w pokrywie drzewnej. Oświetla liść stopkowca znajdujący się w obrębie mandali. Roślina przez kilka minut błyszczy w słońcu, potem promień powoli przesuwa się do sadzonki klonu, potem do jeszcze innej. W ciągu godziny jasna plamka pełźnie po trójdzielnym liściu przylaszczki i marchewniku anyżkowym aż do lindery zwyczajnej, a potem oblizuje poszarpane listki młodych astrowatych *Polymnia canadensis*.

Żadna z tych roślin nie cieszy się słońcem dłużej niż dziesięć minut. Jednak może to stanowić aż połowę ich dziennej racji światła. Kozy dostają po kilka minut na posiłek, zanim wrócą na pustynię. Jednak łapczywe jedzenie może doprowadzić u wygłodniałej kozy do wzdęć, a nawet śmierci. Tak samo jest z nagłym oświetleniem, które ma dla roślin w mandali swoje wady. O ile niedostatek światła jest wyzwaniem, które w końcu osłabia roślinę, o tyle nagła duża dawka światła może całkiem zrujnować oszczędną gospodarkę liścia, trwale niszcząc jego funkcjonalność. Znajdując się w plamce słońca, liście muszą więc szybko przearanżować swe ciało, przystosowując się do naporu energii słonecznej.

Oczywiście, ich zadaniem jest wychwytywanie i wykorzystywanie tej energii. Robią to za pomocą cząsteczek zbierających światło, które odbierają promienie słoneczne i zamieniają je w ruchliwe elektrony. Szybko się ich jednak pozbywają, a ich iskra jest wykorzystywana do napędzania maszynerii odżywiającej roślinę. Jednak gdy w nieprzygotowany do tego liść uderzy zbyt duża dawka światła, elektrony nie zostają zużyte odpowiednio szybko. Otaczają wtedy delikatne cząsteczki przeznaczone do chwytania światła, ogłuszając je swoim chaotycznym wzbudzeniem. Liść przepala się niczym jednowoltowe urządzenie, podłączone do kontaktu. Szczególnie wrażliwe na destrukcyjny wpływ szalejących elektronów są rośliny przystosowane do życia w cieniu. Mają one znacznie więcej cząsteczek chwytających światło niż wykorzystujących wzbudzone elektrony, zatem plama światła słonecznego może bardzo łatwo zaburzyć ich wewnętrzną strukturę.

By poradzić sobie z rozbłysnięciem takiej plamy, rośliny odłączają część swoich chwytających światło komórek, zanim nabiorą one zbyt dużo energii. Po pojawieniu się pierwszych oznak kłopotów zasadnicza część aparatu przechwytyjącego promienie słoneczne czasowo zmienia położenie, a wraca dopiero, gdy sytuacja się uspokoi. Mechanizm ten odpowiada odcięciu kabla od silnika elektrycznego, co go wyłącza. Wznowienie jego pracy

możliwe jest dopiero wtedy, gdy znowu podepniemy kabel. Nagromadzenie elektronów powoduje także rozluźnienie błon, na których znajdują się cząsteczki chwytające światło, co pozwala energii na penetrację wnętrza komórki, gdzie zachodzi przetwarzanie elektronów. Chloroplast, który zawiera całą tę fotosyntetyzującą maszynę, reaguje na plamę słońca obróceniem się do krawędzi komórki, czyli odwróceniem się od słońca, chroniąc w ten sposób swoje cząsteczki. Gdy plama słońca odsuwa się, chloroplasty wracają na wierzchnią część komórki, rozkoszując się niczym liście lilii wodnej słabym światłem lasu.

Reakcja roślin na nagły impuls świetlny wydaje się paradoksalna. Odłączają prąd i zwijają się, jakby teraz gardziły tym, czego tak pożądały. Przez większą część dnia rośliny zielne z mandali dosłownie wysysają każdy najsłabszy promień, a potem, gdy nadchodzi deszcz światła, otwierają nad sobą parasole. Jednak siła słonecznej nawałnicy jest tak wielka, że krople ściekają pod krawędziami parasoli i rośliny dostają łyk życia.

* * *

Plama słońca przesuwająca się przez mandalę oświetla wszystko na swej drodze. Zwykle niewidoczna pajęczyna błyszczą srebrem, wydobyta nagle na światło dzienne. Ściółka z liści nabiera piaskowej jasności i oddycha z ulgą, gdy pojawia się cień. Opalizujące pszczoły i muchy błyszczą niczym porozrzucane po mandali metalowe opiłki.

Zdaje się, że świetlne koło przyciąga owady, które trzymają się przemieszczającej się plamy słońca. Najbardziej lojalne wśród nich są trzy błonkoskrzydłe osy ichneumon (gąsienicznikowate). Gdy tylko wykroczą poza krąg światła, natychmiast odwracają się i zaczynają go gonić. Muchy, które także krążą po mandali, wydają się mniej ściśle związane ze słoneczną plamą i robią sobie minutowe wypadki w cień.

Czczące słońce osy nadlatują z nerwową energią. Latają bez ładu i składu w tę i z powrotem, ciągle ruszając czułkami i skrzydełkami. Ich czułki sprawdzają górną i dolną powierzchnię każdego liścia w rozświetlonym plamą słońca mikroświecie. Co parę minut owady przewracają się na plecy i pocierają odnóżami, oczyszczając się z jedwabiu pajęczej sieci rozsnutej nad mandalą. Potem wracają do normalnej pozycji i od nowa podejmują swe nerwowe kursowanie.

Ta gorączkowa krzątania ma swój jasny cel: błonkoskrzydłe ichneumony szukają gąsienic, na których mogłyby złożyć jajka. Z jaj tych wychodzą larwy i wbijają się w ciała gąsienic, a potem powoli jedzą je od środka, oszczędzając ważne życiowo narządy na sam koniec. Jednocześnie gąsienice stoicko żyją sobie dalej, zjadając i trawiąc liście w tym samym czasie, gdy osy kradną im życie. Wydrażone gąsienice są więc idealnymi gospodarzami, ciągle odnawiając zapasy tego, co pasożyt zgarnia dla siebie.

Ten pasożytniczy cykl życia ichneumonów natchnął Charlesa Darwina do sformułowania jednego z jego najbardziej znanych komentarzy teologicznych. Uznał on, że zachowanie gąsienicznikowatych jest szczególnie okrutne, zupełnie nie do pogodzenia z Bogiem, jakiego znał ze swej wiktoriańskiej anglikańskiej edukacji z Cambridge. Do Asy Graya, presbiteriańskiego botanika z Harvardu, pisał: „Nie mogę przekonać się do tego, że dobry i wszechmocny Bóg celowo stworzyłby *Ichneumonidae* z jednoznaczną intencją, by żywiły się żywym ciałem gąsienic”. Dla Darwina owady te stanowiły wpisane „problemu zła” w scenariusz świata przyrody. Te teologiczne argumenty nie przekonały Graya. Nadal popierał on naukowe koncepcje Darwina, ale nigdy nie porzucił wiary w możliwość pogodzenia ewolucji z tradycyjnym chrześcijańskim teizmem. Tymczasem cierpienie silnie ciążyło na życiu Darwina – fizycznie zmagając się z wieloma chorobami, a duchowo poraniła go przedwczesna śmierć ukochanej córki. W miarę upływu lat ogrom cierpienia świata zepchnął go z wątplych pozycji

deistycznych w sceptyczny agnostycyzm. Gąsienicznikowate były symbolem cierpienia, które w sobie nosił, a samo ich istnienie – pustym śmiechem z Boga, którego Opatrzność ludzie epoki wiktoriańskiej postrzegali jako wpisana w każdy przejaw przyrody.

Teologowie próbowali odpowiedzieć na wyzwanie Darwina, ale teistyczni filozofowie – co może nie powinno do końca dziwić – nie mieli zbyt wielkiego pojęcia o życiu gąsienic. Skoro, jak się uważa, gąsienice nie mają duszy ani świadomości, cierpienie nie może być mechanizmem ich duchowego rozwoju ani skutkiem posługiwania się przez nie wolną wolą. Kolejny argument głosi, że gąsienice tak naprawdę niczego nie czują, a jeśli nawet, to brak świadomości oznacza, iż nie mogą myśleć o swoim bólu, który wobec tego nie jest prawdziwym cierpieniem.

Argumenty te chybiamą sedna. W istocie w ogóle nie są argumentami, tylko przeformułowaniem podważanych założeń. Istotą tezy Darwina jest to, że wszelkie życie utworzone jest z tej samej tkaniny, zatem nie możemy przymykać oczu na skutki zszarpanych nerwów gąsienic, uznając, że tylko nasze nerwy są w stanie odczuwać prawdziwy ból. Jeśli akceptujemy ewolucyjną ciągłość życia, nie możemy zamykać się na empatię w stosunku do innych zwierząt. Nasze ciało jest ich ciałem. Nasze nerwy są zbudowane na tej samej zasadzie, co nerwy owada. Pochodzenie od wspólnego przodka sprawia, że ból gąsienicy i ból człowieka są podobne, tak jak podobne są nerwy jednego i drugiego. Z całą pewnością ból odczuwany przez gąsienicę może różnić się charakterystyką lub natężeniem od naszego, tak jak różnią się nasze oczy i skóra, mimo to nie mamy powodu sądzić, że ciężar cierpienia zwierząt niebędących ludźmi jest mniejszy.

Również stwierdzenie, że świadomość jest cechą wyłącznie ludzką, nie ma żadnych empirycznych podstaw – to założenie. Ale nawet jeśli jest słuszne, nie rozwiązuje postawionego przez Darwina problemu w związku z gąsienicznikowatymi. Czy cierpienie jest większe, jeśli ból tkwi w umyśle potrafiącym wybiec poza bieżącą chwilę? Czy też gorzej byłoby znaleźć się w potrzasku nieświadomego świata, w którym ból jest jedyną rzeczywistością? Być może to kwestia gustu, jednak ta druga możliwość wydaje mi się zdecydowanie gorsza.

* * *

Plama słońca przepłynęła przez mandalę i teraz oświetla mi nogi i stopy. Z czasem przesuwa się tak, że oświetla mi głowę i ramiona, jak karykatura boskiej inspiracji. Niestety, bóstwo Słońca nie udziela mi nagłego oświecenia w kwestii filozoficznych problemów. Sprawia natomiast, że po twarzy i ramionach zaczyna spływać mi pot. Czuję energię, która pobudza szalony taniec os. Ich ciała są tak lekkie, że nawet parę sekund w słońcu podnosi ich temperaturę o kilka stopni. By się nie upiec, owady owiewają się strumieniami powietrza, sekunda po sekundzie utrzymując równowagę między atakującymi promieniami słonecznymi a konweksją ciepła. Mój występujący na skórę pot jest leniwą odpowiedzią wielkiego ssaka, u którego bilans cieplny jest sprawą godzin, nie sekund.

Plama słońca wreszcie schodzi mi z ramienia, opuszcza mandalę i wędruje na wschód. Niepokojące gąsieniczniki ruszają za nią. Gdy słońce się odsuwa, do mandali powraca mrok, a ja odkrywam, że moje zmysły dzięki temu doświadczeniu uległy przemianie. Teraz, gdy rozglądam się po otaczającym lesie, nie widzę jednolitości, którą dostrzegałem tu wcześniej, lecz poruszające się po ciemnym niebie konstelacje.

1 sierpnia

Traszka i kojot

Deszcz wywabił wilgotny świat leśnej ściółki na zewnątrz. Jej mieszkańcy biegają na wszystkie strony po przemoczonych liściach mandali. Najokazalszym z tych badaczy ściółki jest traszka z rodziny salamandrowatych w młodocianym stadium atlantotrytona zielonawego, która stoi na omszałym gładzie, wpatrując się w zamglone powietrze.

Jej brzuch i ogon spoczywają na kamieniu. Klatka piersiowa zwierzęcia jest zakrzywiona; podtrzymują ją szeroko rozstawione przednie nogi. Głowa ułożona jest poziomo i nieruchoma. Oczy, wyglądające jak łożki złota, patrzą nieruchomo na wskroś mandali. W przeciwieństwie do większości salamandrowatych, traszka ma skórę, która nawet w parnym powietrzu wygląda na suchą, jakby była z aksamitu.

Plecy traszki pokrywają dwa rzędy jaskrawopomarańczowych plam. Stanowią one znak ostrzegawczy dla ptaków i innych drapieżników: „Uwaga, toksyny!” Skóra traszki jest impregnowana truciznami, dając zwierzęciu ochronę przed drapieżnikami, którą nie dysponuje większość innych salamander. Traszki mogą więc śmiało buszować po powierzchni ściółki, podczas gdy inne salamandry zazwyczaj czają się gdzieś głębiej. Ta odwaga wyjaśnia wyjątkowo suchą skórę traszki. W odróżnieniu od swoich płochliwych, stroniących od światła kuzynów, traszki mają grubą i stosunkowo wodoszczelną skórę, która jest w stanie wytrzymać działanie pełnego światła słonecznego.

Traszka nie rusza się przez kilka minut, a potem przerywa swój trans pięcioma krokami po omszałej powierzchni, zatrzymuje się i ponownie zastyga w bezruchu. Najprawdopodobniej wyczekuje na komary, skoczogonki lub inne drobne bezkręgowce, naprzemiennie oddając się momentom spokojnej obserwacji oraz gwałtownym wypadom, by pochwycić zdobycz. Jest to powszechna taktyka polowania. Taki sam wzorec ruchu obserwuje się u rudzika na trawniku czy człowieka rozglądającego się za zaginionym kotem.

Traszki chodzą niezdarne. Ich nogi odstają szeroko od ciała i biją ziemię jak wiosła. Tylne noga odchyła się do przodu, po czym robi to przednia po przeciwnej stronie, a potem druga tylna. Kręgosłup zwierzęcia wykrzywia się z boku na bok w miarę poruszania się nóg, co sprawia, że kończyny są wyrzucane w bok i do przodu. To kołysanie się kręgosłupa przypomina pływanie ryby. Mimo że kości i mięśnie traszek są przystosowane do życia na lądzie, ich styl chodzenia przypomina kołysanie się ryby. Skręcanie ciała na boki pomaga zwierzętom, które zmagają się z napierającą zewsząd wodą lub glebą, natomiast w kontekście dwuwymiarowej powierzchni takie wykręcanie się jest nieefektywne – gdy salamandrowate podnoszą jedną nogę, muszą balansować na trzech pozostałych (lub na brzuchu). Spanikowana, biegnąca salamandra wygląda jak wymachujący kończynami zygzak.

Kręgowce lądowe, od których tryb życia wymaga szybkiego poruszania się, zmodyfikowały pradawną budowę ryby co najmniej trzy razy. Przodkowie ssaków i dwie linie dinozaurów wymyśliły usprawnienie bezwładnej nieefektywności ryby wyciągniętej z wody. Nogi zaczęły poruszać się skośnie do środka i pod tułów, umieszczając ciężar ciała bezpośrednio nad stopami. W ten sposób łatwiej jest utrzymać równowagę, a zatem biegać bez przewracania się. Elastyczność kręgosłupa, która u ryby przejawia się w skrętach bocznych, została zastąpiona wyginaniem się w górę i w dół. Ssaki osiągnęły w tym mistrzostwo i mogą wyciągać obie

przednie kończyny, jednocześnie odbijając się silnie tylnymi, a następnie zakrzywiają kręgosłup i opierają się na przednich nogach, przesuwając tylne do przodu, gotowe na następny ruch. Żadna salamandra nie może dorównać w bieganiu myszy, nie wspominając o ogromnych susach pędzącego geparda. Ten przebudowany kręgosłup paradoksalnie wrócił do oceanu, by konkurować ze starym kręgosłupem ryby. Wieloryby poruszają ogonami w górę i w dół, a nie na boki, zdradzając w ten sposób swój naziemny rodowód. Zdaje się, że to samo odnosi się do syren...

Kręgosłup i kończyny traszki sprawiają, że porusza się ona po ziemi niezgrabnie, ale cykl życia tego zwierzęcia tylko częściowo przebiega w środowisku lądowym. Stadium młodociane to jeden z wielu etapów życia wschodniego atlantotrytona zielonkawego. Okres ten przypada na jego wiek młodzieńczy, wciśnięty pomiędzy stadium larwalne i życie dorosłe, a zarówno larwy, jak i dorosłe atlantotrytony żyją w wodzie. Larwa wydostaje się z zawieszonoego w podwodnej roślinności jaja, przeżuwając jego skorupę. Ma na szyi pierzaste skrzela i przez kilka miesięcy żyje w wodzie, żywiąc się małymi owadami i skorupiakami. Pod koniec lata hormony dokonują czarodziejskich zmian jej ciała. Skrzela rozpuszczają się, zwierzęciu rosną płuca, jego ogon z wiosła zmienia się w pręt, skóra zaś staje się szorstka i nabiera połysku. Wychodząca na ląd młodociana traszka została rozdarta na strzępy i złożona od nowa w skrajnych doświadczeniach okresu dojrzewania.

Po tej metamorfozie młodociane traszki pozostają na lądzie od jednego do trzech lat, wykorzystując walory lasu wolnego od nadzoru dorosłych. Są jak gąsienice; żerują na pożywieniu, którego żaden osobnik ich gatunku nie tknie na innym etapie życia. Gdy stają się wystarczająco duże, wracają do wody i przekształcają się po raz kolejny, tym razem w pływaków o oliwkowej karnacji, z narządami rozrodczymi oraz służącymi za kil ogonami. Dorosłe osobniki pozostają w wodzie już do końca życia, co roku mając młode i dożywając niekiedy ponad dziesięciu lat.

Złożoność tego cyklu rzuca pewne światło na dziwną angielską nazwę obserwowanego w mandali zwierzęcia – *eft*. To wywodzące się z języka staroangielskiego słowo oznaczające salamandrę. Jego archaiczne brzmienie odróżnia niedojrzałą formę życia lądowego od dojrzałej płciowo formy życia w wodzie.

Gdy traszki powracają do wody, by się rozmnażać, pokryta trucizną skóra pozwala im żyć u boku dużych ryb drapieżnych, a tym samym nie ograniczać się do siedlisk, które są bezpieczne dla innych, mniej toksycznych salamandrowatych. Ludzie postawili groble na wielu strumieniach i stworzyli tysiące stawów, pełnych bassów wielkogębowych i innych drapieżników, w ten sposób nieświadomie stwarzając traszkom przewagę nad ich krewnymi – salamandrami. Traszka to forpoczta Postępu Technologicznego.

Jej kilkakrotne przekształcanie się to tylko jeden z przykładów zróżnicowanego repertuaru cykli życiowych salamandrowatych. *Plethodon*, który w lutym wił się po całej mandali, swoje stadium larwalne przeszedł w jajku. Wykluło się z niego miniaturowe zwierzę, które nie musiało przechodzić dalszych metamorfoz. Tak więc salamandry z rodzaju *Plethodon* nie muszą udawać się do wody w celu rozmnażania. Jednak już ambystomy plamiste, mieszkające w górze płynącego opodal strumienia, składają jaja w efemerycznych basenach wodnych, które pojawiają się tu wiosną. Ich larwy pozostają w wodzie, rozpaczliwie żywiąc się czym popadnie, by zdążyć z przekształceniem się w żyjących pod ziemią dorosłych, zanim oczko wodne wyschnie. Strumienie, których szum dochodzi do mnie, gdy siedzę w mandali, to z kolei siedlisko *Eurycei bislineata*, które hołdują systemowi jaja-larwa-dorosły, ale na ostatnim etapie pozostają w wodzie. W dole strumienia można zaś spotkać odmienne amerykańskie, które zamieszkują większe cieki wodne i rzeki. Pomijają one „dorosły” etap, przez całe życie

zachowując zaopatrzone w skrzela ciało larwalne i wytwarzając narządy rozrodcze na tej młodzieńczej formie. Ta elastyczność seksualności i sposobów rozwoju salamandrowatych w dużej mierze przyczynia się do sukcesu tych zwierząt. Kształtują one swoje życie, dostosowując się do otoczenia, i zasiedlają więcej siedlisk lądowych i słodkowodnych niż jakakolwiek inna grupa kręgowców.

* * *

Gdy ta forpoczta seksualnej elastyczności schodzi z pola widzenia, mandałę zalewa potok dźwięków wydawanych przez innego mistrza adaptacji. Mieszanina piskliwych szczeknięć i zawyć wywołuje odpowiedź w postaci bardziej tubalnego zawodzenia i ujadania. Następnie dźwięki te łączą się w chór. To kojoty. Są bardzo blisko. Prawdopodobnie słyszę matkę witającą „nastoletnie” szczenięta w piargu trzydzieści kroków na wschód od mandali.

Szczenięta urodziły się na początku kwietnia, gdy tylko klony wypuściły młode liście. Ich rodzice odbyli gody w środku zimy i, co jest nietypowe dla ssaków, samiec pozostawał u boku samicy przez cały okres jej ciąży oraz przynosił jedzenie dla młodych przez kilka miesięcy po ich urodzeniu. Teraz szczenięta są już na tyle duże, że mogły opuścić jaskinię, dziuplę lub norę, którą matka wybrała na gniazdo. Kojoci rodzice zostawiają na wpół wyrosnięte szczenięta w umówionych miejscach, w których młodzież ta bawi się i poleguje, podczas gdy oni szukają pożywienia. Karmiące osobniki dorosłe często wędrują na odległość nawet dwóch kilometrów od szczeniąt, a następnie powracają wśród radosnego wycia o świcie i zmierzchu, by nakarmić młode, wyczyścić je i odpocząć wraz z nimi. Najprawdopodobniej właśnie przysłuchuję się jednemu z takich powrotów. Odstawione od piersi szczenięta najpierw są karmione pożywieniem zwracanym przez rodziców, a potem nieprzeżutymi kawałeczkami mięsa. Późnym latem i jesienią szczenięta będą mogły zapuszczać się na własną rękę dalej, w końcu pozostawiając rodzinne terytorium późną jesienią lub zimą, kiedy poszukują sobie własnego domu. Znalazienie odpowiedniego, niezamieszkałego terytorium może być trudne, więc kojoty przemierzają się czasem o setki kilometrów od nory matki.

Dopiero od niedawna powietrze nad mandałą drga w rytm wycia kojotów. Choć kojotowate zwierzęta mogły mieszkać tu dziesiątki tysięcy lat temu, protokojoty wyginęły na długo przed pojawieniem się człowieka. Kiedy ludzie przybyli z Azji, a później z Europy i Afryki, kojoty zamieszkiwały zachodnie i środkowozachodnie prerie i chaszczce. Natomiast we wschodnich lasach kontynentu królowały wilki, bez udziału swoich mniejszych kuzynów. Jednak w ciągu ostatnich dwustu lat populacja wilków gwałtownie zmalała i w zaledwie kilkadziesiąt lat całą wschodnią część kontynentu skolonizowały kojoty. Z czego wynika zaskakująca odmiana losu tych dwóch gatunków psowatych? Dlaczego europejska kolonizacja Ameryki Północnej wytrzebiła wilka, a kojotowi umożliwiła zapanowanie nad połową kontynentu?

Odgrywana przez wilki rola w symbolice kultury europejskiej sprawiła, że stworzenia te w Ameryce Północnej były intensywnie prześladowane. Ich wycie, które obudziło pielgrzymów na statku Mayflower¹ podczas ich pierwszej nocy w Nowym Świecie, wywołało znane ze Starego Świata lęki. Wilki zamieszkiwały także Europę i ich obraz był głęboko zakorzeniony w mitologii kolonistów. Europejczycy bali się wilków; stały się one dla nich symbolem nieokiełznanego zła i skierowanych przeciwko człowiekowi namiętności przyrody. W miarę tępienia wilków w Europie dystans między człowiekiem a wilkiem stale rósł, a strach wybuchał w skali daleko przekraczającej to, co było usprawiedliwione szkodnictwem tego zwierzęcia. Tak więc gdy Mayflower dotarł do Ameryki, pielgrzymów przechodziły ciarki na dźwięk przenikliwego wilczego wycia. Oto mają tu zwierzę, do którego lęk został im wpojony, a którego nigdy dotąd nie spotkali. W czasie gdy statek Mayflower wyruszył w podróż, wilki były już od ponad stu lat

wytrzebione w Anglii, natomiast w tym dzikim Nowym Świecie wydawało się, że są wszędzie.

Niechęć do wilków nie jest całkowicie bezpodstawna. Są one drapieżnikami, które specjalizują się w pożeraniu dużych ssaków. Ponieważ polują stadami, łatwo mogą powalić zwierzęta cięższe od siebie, w tym ludzi. Jesteśmy dla nich żerem, nasz strach jest więc uzasadniony. Dodatkowo strach ten jest podsycany przez sposób działania wilka. Wataha wilków potrafi przez całe dni iść tropem samotnego podróżnego, być może planując go zabić, a może nie. Takie zachowanie zapewniło im poczesne miejsce w naszej symbolice zła. To, że ludzie znajdują się bardzo nisko na liście preferencji żywieniowych wilka, ma niewielkie znaczenie. Wystarczyło kilka napaści i przypadków nękania, aby ugruntować postać Złego Wilka w legendach i opowieściach.

Bezpośrednie prześladowania z użyciem wnyków, trutek i broni palnej przyczyniły się do niemal całkowitego wyginięcia wilka w Ameryce Północnej. Ale Europejczycy nieświadomie zaatakowali tego drapieżnika także z innej, pośredniej strony. Zachłanne wykorzystanie drewna i nadmierne polowanie na jelenie zmieniło wschodnią część Ameryki Północnej z wypełnionych mięsem lasów w pozbawiony zwierzyny łownej zlepek gospodarstw, miasteczek i poranionych leśnych poręb. Drapieżny zdobywca dużych roślinożerców został przyparty do muru. Jedynym łupem, jaki mu pozostał, były zwierzęta gospodarskie, które pasły się na dawnych terenach zalesionych, a ataki wilków na stada krów i owiec podsycaly nienawiść do nich, wzmacniając determinację osadników, by ostatecznie wyeliminować to zwierzę. Eksterminacja wilka szybko stała się elementem polityki stanowej. Poszczególne stany zatrudniały myśliwych, płaciły za odłowione zwierzęta oraz, atakując jednocześnie wilki i rdzennych Amerykanów, wymagały, by Indianie pod groźbą kary chłosty płacili coroczny podatek od wilczych skór. Wilki zajmowały miejsce na szczycie łańcucha pokarmowego lasu. Była to pozycja dająca ogromne przywileje, ale także niepewna. Ich własna specjalizacja oraz lęki kolonistów sprawiły, że zwierzęta zostały obalone, gdy łańcuch ten ułożono po nowemu na podobieństwo północnoeuropejskiego.

Natomiast kojoty wolą poruszać się w łańcuchu pokarmowym, zamiast stać na jego szczycie. Siekiera, pług i piła stworzyły leśne polany, pastwiska i porośnięte zaroślami siedliska graniczne, które dają kojotowi to, czego potrzebuje: dostatek gryzoni, jagód, dzikich królików i małych zwierząt domowych. Kojoty są elastyczne i utrata pojedynczego źródła pożywienia nie ma większego znaczenia dla ich przetrwania. Mogą polować samotnie lub w małych grupach, dostosowując swój system społeczny do otoczenia, w jakim żyją. Wytrzebienie wilka usunęło kolejną barierę. Więksi kuzyni nie prześladowali ich już i nie powstrzymywali przed opanowaniem wschodnich terenów.

Ponadto w odróżnieniu od królewskich drapieżników, takich jak wilki, kojotów jest bez liku, co sprawia, że są one szczególnie odporne na próby wytrzebienia. Jak odkryła rewolucja francuska – a potem powoływane przez różne amerykańskie władze służby kontrolujące stan drapieżników – trudniej jest wyeliminować klasy wyższe, niż zabić samego króla.

Kojoty nie są też obciążone bagażem kulturowym, z którym musiał mierzyć się wilk. Do Ameryki nie przeszczepiono żadnych przerażających opowieści o nich z Europy. Co prawda kojoty polują na zwierzęta gospodarskie, ale nie tykają ludzi. Zatem, chociaż hodowcy owiec tępią kojoty i naciskają na władze stanowe, by robiły to samo, wycie kojota nigdy nie budziło grozy mieszkańców osad i żaden ojciec nie ścigał tego zwierzęcia w obawie, że zabije mu dzieci bawiące się w gospodarstwie.

Do północno-wschodniej części Ameryki Północnej kojoty zawitały w latach trzydziestych i czterdziestych XX wieku. Na południu ta fala pojawiła się później, w latach pięćdziesiątych, by do lat osiemdziesiątych sięgnąć Florydy. Kojoty przybyły więc do mandali w latach sześćdziesiątych lub siedemdziesiątych, około stu lat po tym, jak wyginęły tu dwa

rodzime gatunki wilka: czerwony i szary. Dalej na zachód inwazja kojotów zbiegła się ze schyłkiem wilków i parę genów samotnych niedobitków wilczej populacji mogło zachować się w DNA kojota. Wśród pierwszych południowych kojotów wiele było zaskakująco czerwonych i dużych, co może wskazywać na wymieszanie ich z wilkiem czerwonym. Analizy DNA pobranego od żyjących wilków i kojotów oraz z próbek przechowywanych w muzeach skór z czasów przed rozprzestrzenieniem się kojotów potwierdzają, że kojoty krzyżowały się zarówno z wilkami szarymi, jak i czerwonymi. Toteż kojoty wyjące obok mandali mogą zawierać w swej krwi domieszkę wilczego dziedzictwa.

Ta biologiczna zwinność pozwoliła kojotom zająć opróżnione przez wilka siedlisko. Gdy powróciły jelenie, kojoty wyszły z terenów pokrytych formacjami krzewiastymi do lasu. Osobniki ze wschodu są większe niż ich zachodni przodkowie, a w niektórych rejonach północnych zawężyły swoją dietę i zaczęły specjalizować się w jeleniach. Zawsze żywiły się kozłętami, ale te nowe, większe kojoty mogą polować w stadach, więc także złowić osobnika dorosłego większych rozmiarów. Wydaje się zatem, że duch wilka powraca w przemieniających się ciałach spokrewnionych z nimi kojotów, w czym być może pomogły jakieś zabłąkane wilcze geny.

Kolonizacja kontynentu przez kojoty wyglądała jak taniec z lasem. Ich dieta i zachowanie płynęły i falowały w rytmie dyktowanym przez Wschód. Leśny partner tego tańca dodawał nowe kroki i odtwarzał niektóre starsze, prawie zapomniane figury. Jelenie mają teraz dzikiego drapieżnika – kolejne zagrożenie dla siebie, obok chorób, zdziczałych psów, samochodów i broni palnej. Wszechstronna dieta kojotów oznacza, że ich wpływ na choreografię lasu nie ogranicza się dziś do żerowania na jeleniach. Dla roślin owocujących pojawił się teraz dodatkowy dyspergator, i to taki, który rozproszdzi ich nasiona w promieniu wielu kilometrów. Mniejsze ssaki żyją zaś w strachu przed dzikim psowatym. Kojoty doprowadziły do zmniejszenia populacji szopów, oposów oraz, ku konsternacji ludzi, kotów domowych. To z kolei sprawiło nieoczekiwany prezent ptakom. Obszary zasiedlone przez kojoty są bezpieczniejszym azylem dla ptaków śpiewających, gdzie spokojnie mogą budować swoje gniazda i wychowywać młode.

Jak widać, dołączenie kojota do leśnej ekipy odbija się na całym ekosystemie. Drapieżnik zapewnia bezpieczniejsze życie zdobyczy swojej zdobyczy. Bez wątplenia inne części lasu również to odczuwają. Ponieważ przez jedzenie owoców, zabijanie gryzoni, które jedzą owoce, oraz zjadanie szopów, które jedzą owoce i gryznie, kojoty wywracają na nice cały łańcuch pokarmowy, skutki ich wpływu ekologicznego są trudne do przewidzenia. Czy rozsiewanie nasion jest teraz łatwiejsze, czy bardziej utrudnione? Jak radzą sobie kleszcze, gdy jest mniej myszy, a więcej ptaków? Przyszłość lasu zależy po części od odpowiedzi na te pytania.

Kojoty uczą nas również czegoś o przeszłości lasu. Pierwotni tancerze – wilki – zniknęli, ale ich uczniowie, kojoty, pozwalają nam wejrzeć w dawną elegancję i złożoność posunięć lasu. Wraz z nimi również jeleni wypełniają puste miejsce. Odgrywa nie tylko własną rolę, ale także częściowo łosia, tapira, bizona i innych wymarłych dużych roślinożerców. Sukces kojota i jelenia we wschodnich Stanach Zjednoczonych z jednej strony jest zatem przejawem głębokiego wpływu, jaki kultura ludzka wywiera na las, z drugiej zaś stanowi powrót do przybliżonej wersji leśnej obsady i rozgrywających się tu fabuł sprzed nastania kolonistów, broni palnej i pił łańcuchowych.

Chociaż mandala znajduje się w starym lesie naturalnym, strumień życia pozostaje pod silnym wpływem tego, co dociera tutaj z szerszego otoczenia. Kojot zawdzięcza swoją obecność w mandali całej kaskadzie przemian, jakie europejska kolonizacja wniosła do Ameryki Północnej. Ta kaskada zależności ma również wpływ na ekosystemy wodne; w mandali byłoby mniej traszek, gdyby ludzie nie stawiali grobli prawie na każdym strumieniu wokół niej, tworząc

dziesiątki stawów i jeziorek.

Mandale środowiskowe nie są odizolowane w sterylnych salach medytacyjnych, ich kształty nie są starannie zaprojektowane i wykreślone. Przeciwnie, wiele spośród barwnych piasków tworzących tę mandalę płynie z wartkim potokiem życia obmywającym wszystko dokoła.

„Mayflower” – trójmasztowy drewniany galeon, na pokładzie którego w 1620 roku przyплыnęli do Ameryki Północnej pierwsi brytyjscy koloniści, zwani pielgrzymami [przyp. red.].
[\[wróć\]](#)

8 sierpnia

Gwiazdosze

Letni upał sprawił, że w samym środku mandali pojawiła się kolejna grupa grzybów. Pomarańczowe konfetti pokrywa gałązki i ściółkę. Prążkowane grzyby sterczą z powalonych gałęzi. Ich pomarańczowa, przypominająca galaretkę woskowa czapa i trzy rodzaje brązowych blaszek wystają ze szczelin w ściółce. W bukiecie tym najbardziej przykuwa uwagę pleniący się między liśćmi gwiazdosz. Jego porowata skóra dzieli się na sześć segmentów, rozłożonych niczym płatki kwiatu. W centrum tej brązowej gwiazdy znajduje się jakby piłeczka, z na poły spuszczonego powietrzem, a na jej szczycie widać czarny otwór.

Wodzę wzrokiem po powierzchni mandali, rozkoszując się bogactwem grzybów. Ostatecznie moją uwagę przykuwają dwie białe kopuły na krawędzi mandali, które wystają ze sterty rozkładających się liści. Przysuwam się, by lepiej im się przyjrzeć. To piłeczki golfowe! Jak puszka po piwie wrzucona do strumyka czy guma do żucia przyklejona do kory drzewa, te plastikowe kulki wyglądają wybitnie brzydko i groteskowo w tym miejscu.

Musiały przylecieć z wysokich urwisk, które wiszą nad mandalą. Znajomy golfista mówi mi, że gdy posyła się piłkę z krawędzi urwiska, człowieka ogarnia podniecające uczucie potęgi. Za krawędzią rozciąga się pole golfowe, zapewniające znakomitą okazję doznania takiego dreszczu. Większość piłek ląduje na zachód od mandali, gdzie miejscowe dzieci zbierają je i odsprzedają potem graczom.

Błyszczące, białe, plastikowe piłki tworzą wizualny dysonans w lesie. Ale stanowią zgrzyt również dlatego, że przybyły z równoległej rzeczywistości. Społeczność mandali wypływa z nieustannej wymiany pomiędzy tysiącami gatunków. Środowisko ekologiczne pola golfowego to monokultura obcej trawy, zaprowadzona pod dyktando tylko jednego gatunku. Na mandali w polu widzenia dominuje seks i śmierć: martwe liście, pyłki roślin, śpiew ptaków. Pole golfowe zostało odkażone przez purytańską policję ekologiczną. Zieleń jest tam podlewana i przycinana, by trwała w wiecznym dzieciństwie – bez zeschniętych łodyg, kwiatów, owocostanów. Seks i śmierć zostały usunięte. To obca kraina.

Pojawia się dylemat: czy powinienem usunąć piłki, czy pozostawić je tam, gdzie leżą? Usuwając je, złamię zasadę niewtrącania się w bieg wypadków w obrębie mandali. Natomiast jeśli je stamtąd zabiorę, przywrócę mandalę do bardziej naturalnego stanu i być może zrobię miejsce dla jakiegoś kwiatka lub paproci. Zagubione piłki golfowe nic nie wnoszą do mandali. Nie rozkładają się i nie uwalniają substancji odżywczych. Nie stają się siedliskiem dla innego gatunku. Potężny cykl przemian energii i materii zdaje się zatrzymywać na piłeczce golfowej.

Moim pierwszym odruchem jest zatem chęć przywrócenia „czystości” mandali przez usunięcie plastikowych intruzów. Impuls ten jednak budzi wątpliwości z dwóch powodów. Po pierwsze, usunięcie piłeczek nie uwolni mandali od zanieczyszczeń przemysłowych. Nieustannie atakują ją kwasy, siarka, rtęć i skażenia organiczne. Każde stworzenie w jej obrębie nosi w swoim ciele odrobinę molekularnych piłeczek golfowych. Również moja obecność tutaj niewątpliwie pozostawia strzępki włókien z ubrań, obce bakterie i obce cząsteczki, które wydycham. Ponadto sam kod genetyczny mieszkańców mandali nosi znamiona pozostawione przez przemysł. Latające owady, w szczególności te, których przodkowie zbliżali się do ludzi, są nosicielami genów odporności na wiele pestycydów. Usunięcie piłek golfowych będzie jedynie

sprzątnięciem najbardziej rzucających się w oczy artefaktów, próbą zachowania pozorów „dziewiczej” odrębności lasu od świata człowieka.

Po drugie, ten impuls posprzątania zawodzi także na głębszym poziomie. Ludzkie artefakty nie są plamami kalającymi przyrodę. Taki pogląd wbija klin między człowieka a resztę społeczności życia. Piłka golfowa jest przejawem zdolności umysłowych inteligentnego naczelnego z Afryki. Istota ta uwielbia wymyślać gry, w których sprawdza swoje umiejętności fizyczne i psychiczne. Gry te toczą się z reguły na starannie zrekonstruowanych replikach sawanny, z której małpa ta pochodzi i do której jej podświadomość wciąż ciąży. Ów pomysłowy naczelnik należy do tego świata. Zatem chyba należą do niego również jego wytwory.

W miarę coraz lepszego sprawowania przez te pomysłowe małpy kontroli nad otaczającym je światem powstają różne niezamierzone skutki uboczne, na przykład nowe, dziwne substancje chemiczne, z których wiele jest trujących dla pozostałych gatunków. Większość małp ma niewielkie pojęcie o tych fatalnych konsekwencjach. Jednak te lepiej poinformowane nie lubią przypominać sobie o wpływie swego gatunku na resztę świata, zwłaszcza w miejscach, które stosunkowo mało ucierpiały. Jestem taką małpą. Dlatego też, gdy widzę piłeczkę golfową w lesie, mój umysł potępia ją, pole golfowe, golfistów i kulturę, która to wszystko zrodziła.

Jednak kochać przyrodę, a nienawidzić człowieka to logiczna sprzeczność. Ludzkość jest częścią większej całości. Aby prawdziwie kochać świat, trzeba kochać również ludzką pomysłowość i zdolność do zabawy. By świat przyrody zachował spójność i piękno, nie musi zostać oczyszczony z ludzkich artefaktów. Tak, powinniśmy być mniej chciwi, robić mniej bałaganu, mniej marnotrawić i być mniej krótkowzroczni. Ale nie pozwólmy, by z naszej odpowiedzialności rodziła się nienawiść do siebie. W końcu naszym największym przewinieniem jest właśnie brak współczucia dla świata. W tym dla siebie samych.

Dlatego postanawiam zostawić piłki w mandali. Nadal będę usuwał obce plastikowe przedmioty z pozostałej części lasu, ale nie tutaj. Wartościowe jest utrzymywanie patyny „naturalności” wzdłuż szlaków turystycznych i w ogrodach. Nasze rozbiegane oczy potrzebują odpoczynku od ciągłego widoku komercyjnych produktów. Utrzymanie niezaśmieconych lasów stanowi znak naszego pragnienia, by być bardziej uważnymi członkami tej wspólnoty życia. Ale jest też pewna wartość w zdyscyplinowanym uczestnictwie w takim świecie, jaki jest, z porzuconymi piłeczkami golfowymi i całą resztą.

Niemniej nierozkładalność piłek golfowych wygląda jak afront wobec innych stworzeń w obrębie mandali. XVIII- i XIX-wieczne piłki golfowe, wykonane z drewna, skóry, piór i żywicy, były biodegradowalne. Nowoczesne piłki z „jonowanych tworzyw termoplastycznych” nie nadają się do zjedzenia przez bakterie ani grzyby. Co roku wytwarza się miliard takich piłeczek. Czy przeznaczeniem ich wszystkich jest jeden krótki podskok na trawie, a następnie życie wieczne w charakterze śmiecia? Podejrzewam, że nie całkiem. Piłki golfowe w mandali będą tonąć w ściółce w miarę rozkładania się materiału biologicznego, na którym spoczywają. W ciągu kilku lat uderzą o skałę piaskowca poniżej materiału organicznego i zalegną między głazami, na których leży mandala. Tam zostaną zmielone w jonowany termoplastyczny pył. Skarpa, na której się znajdujemy, schodzi na wschód, piłeczki dołączą więc do procesu powolnego wietrzenia skały i zostaną sproszkowane. Ostatecznie ich atomy osiądą w nowej skale albo w postaci zagęszczonej warstwy osadu, albo w gorącym basenie magmy. Piłki golfowe nie kończą cyklu przemian materii, jak może się nam wydawać. Ujmują w nową formę wydobytą spod ziemi ropę naftową i minerały, szybują przez moment w powietrzu, a następnie oddają swoje atomy w powolnym geologicznym tańcu.

Możliwy jest także inny los. Gwiazdosze i grzyby, które otaczają piłki leżące w mandali, mogą kiedyś znaleźć sposób na trawienie i recykling tworzyw sztucznych. Grzyby są mistrzami

dokonywania rozkładu, a zatem w wyniku doboru naturalnego mogą powstać takie, które będą zjadać plastik. W tworzywach sztucznych zamknięty jest ogrom materii i energii. Wielki ewolucyjny triumf czeka na zmutowanego grzyba, którego soki trawienne będą w stanie uwolnić te zamrożone aktywa i przywrócić je do życia. Grzyby i ich równie wszechstronnie utalentowani partnerzy w tym biznesie – bakterie – już okazały się zdolne do korzystania z innych innowacji przemysłowych, takich jak olej rafinowany i ścieki fabryczne. Piłki golfowe mogą stanowić kolejny przełom. „Słyszysz? Tworzywa sztuczne. To jest wspaniała przyszłość!”

28 sierpnia

Pasikoniki

CYK, CYK! CYK, CYK! Cały las wibruje. Zapadł wieczór i w mandali panuje mrok, świat jest jakby rozmyty, pasy światła i ciemności przecinają się wzajemnie. Gdy robi się ciemniej, chór staje się bardziej donośny. CYK, CYK! CYK, CYK! – dwójkowy rytm tysięcy pasikoników wyśpiewujących swe melodie na drzewach. Od czasu do czasu słychać wyróżniający się głos pojedynczego śpiewaka, ale przeważnie indywidualne triole i kuplety łączą się z ogólną pieśnią: CYK, CYK! CYK, CYK! Owady zadają pytanie lasowi, a potem same odpowiadają, „Kto pa-sie?” – „Ko-nik.” Przerwa, a potem znowu pytanie i odpowiedź. Okrzyki nakładają się na siebie, zlewają w jeden pulsujący rytm. Przez jakąś minutę brzmi on jednostajnie, potem rozpada się w zgiełk niezsynchronizowanych pieśni i zaraz znowu odzywa się unisono.

Ten dźwiękowy ostrzał jest akustycznym wyrazem rozbuchanej produktywności lasu. Energia słoneczna zostaje przekształcona w energię drzew, a następnie w energię pasikoników. Ich młode przez całe lato żywią się liśćmi, stopniowo rosnąc, aż jako dorosłe osiągną rozmiar kciuka. W ten sposób bujny wigor roślin przenosi się w imponujące kanonady dźwięku. Związek ten wyraża się w naukowej nazwie jednego z pasikoników – *Pterophylla camellifolia* (dosł. skrzydłoliść kameliowaty), określonych tak nie tylko dlatego, że ich życie zależy od liści, lecz także z tego powodu, że wyglądają jak liście.

Śpiew pasikonika płynie z jego skrzydełek. Nad nasadą lewego, tuż za głową, wyrasta pofałdowane zgrubienie. Naprzeciwko znajduje się gruzełek na prawym skrzydle. Oba te narządy nazywane są strydulacyjnymi – strydulacja oznacza właśnie umiejętność wydawania dźwięków za pomocą ocierania o siebie części ciała. Pasikoniki to nie są amatorzy, którzy skrzyknęli się, by trochę pobrzdakać. Modują siłę, kąt i długość pociągnięć „smyczka” niczym mistrzowie skrzypiec. Grają jednak szybciej niż wirtuozi z sal koncertowych czy domorośli wielbiciel gitary. Niektóre gatunki pasikonikowatych uderzają narządami strydulacyjnymi częściej niż sto razy na sekundę, co w zestawieniu z położonymi blisko siebie gruzelkami sprawia, że co sekundę wydają pięćdziesiąt tysięcy impulsów dźwiękowych, wykraczających poza zakres ludzkiego słuchu. Pasikoniki wokół mojej mandali grają bardziej stonowane melodie, generując pięć do dziesięciu tysięcy impulsów dźwiękowych na sekundę. Wytwarzane tony są wyższe niż tony najcieńszych strun fortepianu, ale na tyle niskie, że człowiek może je usłyszeć.

Narządy strydulacyjne pasikonikowatych nie pracują same. Tajemnica natężenia wydawanych przez nie dźwięków leży w łacie umieszczonej na skrzydle pasikonika, która działa niczym skóra pokrywająca bandžo – rezonuje i wzmacnia wibracje. Skórka ta jest tak napięta, że powstaje dźwięk inny niż ten generowany przez narządy strydulacyjne. Ta rozbieżność wibracji powoduje dysonans, który z kolei sprawia, że pasikoniki brzmią tak, jakby grały na rozstrojonym instrumencie. Świerszcze, ich kuzyni, mają skórę idealnie dostrojoną do narządów strydulacyjnych, co pozwala im wyśpiewywać słodkie tony, bez ostrych dźwięków obcych.

Podobnie jak u ludzi czy wielu ptaków, pieśni pasikoników śpiewane są w regionalnych dialektach. Owady z północy i środkowego zachodu śpiewają powoli, dwu- lub trzysylabowo. „Kto pa-sie? Ko-nik”. Te z południa dodają sylaby i śpiewają szybciej: „Kto-się pa-sie?” – „Pa-sie koń, ko-nik, ko-nik.” Na zachodzie pasikoniki śpiewają powoli, z jedną tylko lub

dwoma sylabami: „Pa-sie, koń. Pa-sie, koń”. Opowieść pasikonika najwyraźniej ma wiele interpretacji. Funkcja oraz skutki tych regionalizmów nie są jeszcze znane. Być może są one efektem adaptacji do właściwości akustycznych poszczególnych lasów. A może oddają ukryte różnice w preferencjach samic z różnych regionów, które zapobiegają mieszanemu się populacji o odmiennych cechach przystosowania środowiskowego.

Chórowi pasikoników towarzyszą krótkie, zamierające wybuchy cykania cykad. Te śpiewają w upalne popołudnia, wyciszając swoją akustyczną dominację w miarę zapadania zmierzchu. Przeciągające się zawrodoenie cykad wydawane jest przez jeszcze dziwniejszy aparat niż ten, który mają pasikoniki. Po każdej stronie ciała cykadki umiejscowione są osadzone w jej twardym szkieletcie zewnętrznym owalne tarczki, przekształcone w błoniaste żebrowane membrany. Owale te wyglądają niczym zakratowane iluminatory na statku. Sztywne pręty tych „krat” mogą poruszać się w tę i z powrotem. Gdy napięty mięsień wprawia tarczkę w ruch, pojedyncze słupki tworzące żebrowania poruszają się kaskadowo, wydając tryl. Gdy mięsień się rozluźnia, wracają do poprzedniej pozycji. Dźwięki wydawane przez cykadki są wzmacniane przez specjalne błony oraz znajdujący się wewnątrz ciała owada wypełniony powietrzem worek, tworzący pudło rezonansowe. Tarczki cykadki, zwane tymbalami, są wyjątkowe i nie mają odpowiednika w świecie zwierząt.

Zarówno cykadki, jak i pasikoniki czerpią energię z roślin. Larwy tych pierwszych są podziemnymi pasożytami drzew, które sączą soki z ich korzeni, żyjąc jak zaopatrzona w strzykawki armia kretów. Podczas gdy pasikoniki dorastają bardzo szybko, cykadom zajmuje to nawet kilka lat. Dzisiejszy chór cykadki zasilany jest kilkuletnim plonem soku z drzew, a śpiewają w nim żyjące pod ziemią „krety”, które wypelzły ze swoich nor i weszły na drzewa.

Samice pasikoników i cykadki bytują na wierzchołkach drzew, nie wydając żadnych dźwięków, tylko przysłuchując się męskim chórom. Pasikoniki słuchają nerwami umieszczonymi na odnóżach, a cykadki mają uszy na odwłokach. Jeśli któryś samiec śpiewa wystarczająco głośno lub wyróżnia się na tle, by poprowadzić chór, słuchająca go samica przysuwa się bliżej, słucha jeszcze przez chwilę, po czym oddaje się godom.

Podczas zbliżenia samiec pasikonika przekazuje samicy nie tylko mały miśzek ze spermą, lecz także „dar ślubny” w postaci pożywienia. Ten worek z jedzeniem stanowi zazwyczaj jedną piątą masy ciała samca. Wytworzenie go stanowi tak znaczący wysiłek, że odwłok samca jest w przeważającej mierze wypełniony gruczołami służącymi właśnie do tego. Cel tego daru jest inny w zależności od gatunku. Niektóre pasikonikowate przekazują pożywienie, dzięki któremu samica wyprodukuje jaja. U innych dar służy do przedłużenia jej życia.

Niestety, te miłosne pieśni słyszą nie tylko potencjalne partnerki i pozostali współplemieńcy. Śpiew niewątpliwie zwiększa ryzyko, że owad może zostać dostrzeżony przez ptaka. W polowaniu na pasikoniki lubują się zwłaszcza kukułki. Jednak najliczniejszym i najbardziej niebezpiecznym wrogiem śpiewaków są muchówki rączycowate. Choć te pokryte kolcami bestie żywią się nektarem roślin, ich larwy pasożytują na innych owadach. Niektóre z nich specjalizują się w pasikonikach i przeszukują las, nasłuchując śpiewu swoich ulubionych gospodarzy. Matka ląduje w pobliżu pasikonika i kolonizuje go, umieszczając na nim wijące się larwy. Te wciskają się w ciało swojej ofiary. Podobnie jak gąsieniczniki w ciele gąsienicy, larwy muchówki powoli zżerają pasikonika od środka. Strategia szybkiego uderzenia i odwrotu matki muchówki opiera się wyłącznie na słuchu, toteż ofiarą tego pasożyta padają przeważnie samce.

Robi się coraz ciemniej. Cykadki wreszcie milkną, odkładając swoje śpiewy do jutra, gdy obudzi je upał. Do chóru przyłączają się za to inne pasikoniki. Mniejsze wyrzucają z siebie gwałtowne dźwięki, jak drewniane grzechotki. Zawrodoenie i brzęczenie poszczególnych

gatunków wybija się z chóru, wskazując na różnorodność tych zjadaczy liści.

W miarę jak zapada noc, wzrok coraz bardziej mnie zawodzi, a las pokrywa się mrocznymi plamami, które ostatecznie zlewają się w pełną ciemność.

Daje się słyszeć tylko entuzjastyczne dudnienie: CYK, CYK! CYK, CYK!

21 września

Medycyna

W silnym porannym słońcu ogarnia mnie dziś wielka radość. Nastrój poprawiło mi kilkanaście wędrownych lasówek, kąpiących się w strumieniu, który przecina moją drogę do mandali. Stały w płytkich zastoinach wody, kręcąc się i trzęsąc oraz strosząc pióra. Każdy ptak wyrzucał w górę girlandę srebrzyście migających kropli. Wyglądało to jak chrzest w promieniach słońca.

Niepohamowana ptasia radość sprawiła mi szczególną satysfakcję, ponieważ ten sam strumień niedawno nie dawał mi spokoju. Dwa dni temu, gdy wracałem z mandali, dostrzegłem, że został splądrowany – każdy kamień był odwrócony lub wyrzucony na brzeg. Zdarzało się to już wcześniej: to kłusownicy szukający salamander, by wykorzystać je jako przynętę. Strumień został wybebeszony, a salamandry umrą na haczykach lub w cuchnących wiadrach z przynętą. Czułem obrzydzenie i złość. Szedłem dalej, a mój gniew rósł i odkładał się. Maszerowałem w górę, miotając w głowie gniewne myśli. Kiedy dotarłem do stóp urwiska, napięcie się skumulowało i trach! – serce zabiło mi gwałtownie, a potem zaczęło migotać, uderzenia wzmagaly się niekontrolowanymi rzutami.

Czekała mnie potem trudna jazda rowerem do miasta, kilka godzin w szpitalu pod kroplówką i przyjmowanie leków. W ciągu paru godzin serce się uspokoiło, a po dniu odpoczynku wróciłem do lasu. Dzisiaj łyskające piękno tych lasówek wydaje mi się więc szczególnie słodkie, może nawet zbawcze.

W mandali patrzę na rośliny nowymi oczami. Oprócz życiodajnego środowiska widzę teraz także farmakopeję. Ta nowa optyka narodziła się w chwili, gdy w szpitalu podano mi leki pochodzenia roślinnego. Aspiryna, stworzona z kory wierzby i liści wiązówki błotnej, weszła do moich komórek i – podobnie jak substancje chemiczne wstrzykiwane przez komary i kleszcze – zatrzymała proces krzepnięcia krwi. Naparstnica (w postaci wyciągu z liści) związała się z komórkami mojego serca, zmieniając ich równowagę chemiczną, dzięki czemu wzmocniło się i wyrównało tętno.

Z początku w sali szpitalnej poczułem się oddzielony od świata przyrody, ale to było tylko złudzenie. Jej macki wniknęły do środka i dotarły do mnie przez podane tabletki. Rośliny weszły we mnie, ich cząsteczki znalazły moje cząsteczki i chwyciły je w mocnym objęciu. Teraz widzę te związki w mandali: każdy gatunek ma ogromny potencjał leczniczy. Wierzba, wiązówka błotna i naparstnica co prawda tu nie rosną, ale rośliny mandali także mają właściwości zdrowotne.

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych roślin na tym zboczach góry jest stopkowiec, którego parasolowate liście wystają z kilku miejsc w mandali. Ta sięgająca nam kostek roślina wyrasta z podziemnych pędów z dna lasu. Pędy rosną poziomo, rozgałęziając się w ściółce i stopniowo rozszerzając swoje siedlisko, aż obszar o średnicy wielu metrów porosną dziesiątki liści. Rdzenni Amerykanie od dawna wiedzieli, że roślina ta ma silne właściwości. W bardzo niskich dawkach wyciągi z niej były stosowane jako środek przeczyszczający i służący do zabijania robaków jelitowych. Większe dawki, które byłyby śmiertelne dla ludzi, chroniły świeżo obsiane kukurydzą pola przed owadami i wronami.

Współczesne badania nad stopkowcem wykazały, że substancje chemiczne zawarte w tej

roślinie są w stanie zabijać wirusy i komórki nowotworowe. Ekstrakt ze stopkowca jest obecnie stosowany w kremach na brodawki pochodzenia wirusowego, a po chemicznym zmodyfikowaniu w laboratorium wchodzi w skład chemioterapeutyków na raka. Te lekarstwa z całą pewnością nie mogłyby istnieć bez stopkowca. Zależność ich od innych członków zbiorowiska leśnego jest mniej widoczna. Kwiaty stopkowca są zapylane przez trzmiele, które przelatują pod jego liśćmi, aby dotrzeć do sterzających luźno białych kwiatów. Później, w okresie letnim, kwiaty te dojrzewają i przekształcają się w żółte owoce wielkości małej cytryny – „jabłka”, od których roślina wzięła swoją angielską nazwę *mayapple*. Żółwie terrapeny mają niezwykłą słabość do dojrzałych owoców tej rośliny, wążają je, pożerają, a następnie oddalają się z brzuchem wypełnionym nasionami. Bez przejścia przez jelito żółwia nasiona na ogół nie mogą wykiełkować. Podręczniki farmaceutyczne nie omawiają ekologii trzmieli i żółwi, ale praktykowanie medycyny wymaga pomocy także tych gatunków.

Inną tutejszą rośliną o istotnych właściwościach leczniczych jest pochrzyn włochaty (dziki). Nie rośnie w mandali, ale w jej najbliższej okolicy, najchętniej w bardziej wilgotnych, zacienionych rejonach lasu. Rozwija się jak pnącze, owijając swoje cienkie łodygi wokół krzewów i małych drzew. W ten sposób wspina się na wysokość głowy lub nawet wyżej. Łodyga i delikatne sercowate liście nie są w stanie przetrwać silnych mrozów, więc roślina zimuje jako palcowate bulwy ukryte pod ściółką. Są one bogate w substancje chemiczne o strukturze podobnej do ludzkich hormonów, w tym progesteronu. Fakt ten nie umknął rdzennym Amerykanom, którzy używali tej rośliny do łagodzenia bólów porodowych. Później, w latach sześćdziesiątych XX wieku, przez chemiczną modyfikację wyciągów z bulw pochrzynu stworzono pierwsze pigułki antykoncepcyjne. Donosi się również, że roślina ta obniża poziom cholesterolu, zmniejsza osteoporozę i łagodzi astmę, choć dowody na te jej właściwości ciągle są dyskusyjne.

Stopkowca i pochrzyn łatwo znaleźć w naszym lesie. Inny dziki gatunek leczniczy, żeńszęń, niestety, nie jest tak powszechny. Jego los stanowi ostrzeżenie przed nadmiernym zbieraniem użytecznych roślin. Nasz apetyt na lecznicze i stymulujące właściwości żeńszęnia okazał się tak silny, że większość lasów wschodniej części Ameryki Północnej została pozbawiona tego zioła. W połowie XIX wieku Stany Zjednoczone co roku eksportowały go w ilości od ćwierć do połowy miliona kilogramów. Porównywalnie dużo mogło być używane w kraju. Obecnie z powodu zmniejszenia występowania żeńszęnia roczny eksport wynosi mniej niż jedną dziesiątą dawnego. Pomimo regulacji zbiorów rośliny przez rząd federalny i rządy stanowe, jego rynek kwitnie. Kilka kilometrów od mandali handlowcy rozstawili sezonowe stragany przy skrzyżowaniach głównych dróg i kupują korzenie od miejscowych zbieraczy. Po wysuszeniu osiągają one cenę powyżej 1000 dolarów za kilogram, która zapewnia silną motywację do ich poszukiwania. Dla doświadczonych zbieraczy stanowi to solidny zastrzyk finansowy w skądinąd trudnej lokalnej gospodarce.

Spadek populacji żeńszęnia skłonił niektórych dalekowzrocznych handlowców i zbieraczy do rozpoczęcia półdzikich upraw tej rośliny: szukając w lesie jej korzeni, wysiewają jej nasiona. Podobnie jak żółwie terrapeny w przypadku stopkowca, ludzie podjęli się roli rozprowadzania nasion żeńszęnia. Wcześniej było to zadanie ptaków, zwłaszcza drozdów, które uznają rubinowe jagody tej rośliny za smaczną przekąskę późnym latem. Na szczęście dla człowieka żeńszęń jest mniej wybredny od stopkowca i jego nasiona kiełkują bez konieczności przejścia przez czyjeś jelita. Czy te lokalne wysiłki zdołają ochronić żeńszęń przed dalszymi spadkami jego populacji? Nie wiemy. Większość botaników nadal niepokoi się o przyszłość tego gatunku.

Żeńszęń, pochrzyn i stopkowiec to małe rośliny, które zimują jako pożywne podziemne

łodygi lub korzenie. Ten wspólny sposób życia wyjaśnia, dlaczego wszystkie są tak bogate w substancje lecznicze. W przeciwieństwie do poruszających się zwierząt lub drzew o grubej korze, te osiadłe i nieopancerzone rośliny są wyjątkowo narażone na ataki ssaków i owadów. Szczególnie atrakcyjne dla potencjalnych rabusiów są ich podziemne magazyny żywności. Ze względu na brak możliwości ucieczki lub ukrycia się za murem kory jedyną szansą obrony jest dla tych roślin nasączenie swoich ciał substancjami chemicznymi, które sięją spustoszenie w jelitach oraz układach nerwowych i hormonach ich wrogów. Powstałe w wyniku doboru naturalnego substancje chemiczne, przeznaczone specjalnie do tego, by upośledzać czynności życiowe atakujących rośliny zwierząt, w umiejętnych rękach ludzkich mogą zostać wykorzystane jako leki. Znajdując odpowiednią dawkę, zielarze mogą przekształcić arsenał obronny roślin w imponującą kolekcję środków pobudzających, przeczyszczających, rozrzedzających krew, czynnych hormonalnie i innych.

Rośliny lecznicze mandali i leki krążące w mojej krwi są przedstawicielami znacznie większej grupy. Jedna czwarta wszystkich wypisywanych przez lekarzy recept zawiera specyfiki wytwarzane bezpośrednio z roślin, grzybów i innych organizmów żywych. Wiele spośród pozostałych leków powstało w wyniku modyfikacji substancji chemicznych, pierwotnie występujących u gatunków dziko rosnących. Ale skomplikowany świat substancji chemicznych występujących w roślinach mandali jest wciąż słabo znany. Spośród tysięcy cząsteczek różnorodnych związków chemicznych, które dałoby się wykryć w tych dwudziestu kilku gatunkach rosnących tu roślin, zaledwie garstka została dokładnie zbadana w laboratorium. Inne mają to jeszcze przed sobą, mimo że od dawna są stosowane w tradycyjnym zielarstwie. Niewidzialna różnorodność biochemiczna mandali ma w sobie ogromny potencjał, który czeka na przebadanie.

Doświadczenie z lekami roślinnymi uzmysłowiło mi, że moje pokrewieństwo z mieszkańcami mandali rozciąga się aż po mikroskalę cząsteczek. Wcześniej oznaczało przede wszystkim wspólną genealogię na drzewie ewolucji i zależności w obrębie ekosystemu. Teraz rozumiem, jak ściśle moje ciało jest powiązane z całą wspólnotą życia. Przez dawną biochemiczną rywalizację między roślinami i zwierzętami jestem powiązany z lasem dzięki budowie składających się na mnie cząsteczek.

23 września

Gąsienica

Migrujące lasówki wirują wokół drzew mandali, falami przedzierając się przez ich gałęzie. Lasówka oliwkowa wracająca ze swoich miejsc lęgowych w północnym lesie opada do niskiego drzewka klonu na krawędzi mandali i sonduje liście w poszukiwaniu pożywienia. Ptak ma jeszcze przed sobą kolejne trzy tysiące kilometrów, zanim dotrze do zimowego domu w południowej części Ameryki Środkowej. Pożywienie się jest więc sprawą niecierpiącą zwłoki.

Stan liści nad mandalą zdradza nam, co stanowi posiłek lasówki. Wszystkie liście są jakby podziurawione od kul, każdy z nich ma co najmniej dziesięć postrzępionych otworów. Większość straciła prawie połowę swojej powierzchni. Gąsienice bytujące w mandali przetworzyły letnie liście w ciała owadów. Teraz to ciało zapewni paliwo na długi lot lasówek.

Gąsienice słyną z żarłoczności. W ciągu swego życia zwiększają wagę dwa lub trzy tysiące razy. Gdyby z dzieckiem człowieka działo się to samo, dorosły osiągałby masę dziewięciu ton. A gdyby chciał dotrzymać kroku gąsienicy, stawałby się dorosły w kilka tygodni po urodzeniu.

Gąsienice rosną tak szybko, ponieważ skupiają się tylko na jednym zadaniu: jedzeniu liści. W przeciwieństwie do dorosłych owadów nie wytwarzają twardych szkieletów zewnętrznych, skrzydeł, nóg, złożonych narządów płciowych ani skomplikowanego układu nerwowego. Takie wyposażenie rozproszyłoby gąsienicę i spowolniło jej wzrost. Obronne szczecinki są jedyną niekulinarną ekstrawagancją, na jaką dozwolił im dobór naturalny. Wspecjalizowawszy się w ucztowaniu, gąsienice zajęły się działalnością, w której mało kto może z nimi konkurować. W większości lasów zjadają więcej liści niż wszystkie inne zwierzęta roślinożerne razem wzięte.

Do mandali wpełza gruba gąsienica ómy brudnicy. Jej ciało to feeria kolorowych piór i włosków, których krzykliwość ostrzega, że włoski parzą, a sam owad jest trujący. Z jej pleców, jak pędzle do golenia, wystają cztery żółte kępki szczecinek skierowane w niebo. Wyrastają spośród długich srebrnych włosów, pokrywających każdy segment ciała. Po obu stronach głowy wystają dwie czarne kępki, a ogon jest zakończony skupiskiem brązowych igieł. Przez te włosy prześwituje gdzieś skóra gąsienicy w kolorach żółtym, czarnym i szarym; strój jest równie wspaniały, co budzący trwogę.

Dorosłe brudnice nie narażają się na niebezpieczeństwo żerowania na otwartym terenie, zatem ich kolory mogą być nijakie. Samica wyłania się ze swego ukrytego kokonu, a następnie przywiera do niego i czeka na samca. Nie umie latać i wygląda jak futrzany śpiwór. Skoro nie musi wędrować, może przybrać maskujące ubarwienie ochronne. Dorosły samiec jest za to wytrawnym lotnikiem. Wyczuwa żeńskie feromony za pomocą pierzastych czułków; odbywa z samicą akt płciowy, po czym odlatuje. Obie płcie mają ciała w nijakim, brązowo-szarym kolorze, chronione przez zupełny bezruch samicy i energiczne skrzydła samca. Tak jak w wypadku wielu innych ciem pędzel doboru naturalnego wymalował krzykliwego wyrostka i niepozornego dorosłego.

Gdy obserwuję pstrokatą gąsienicę, na jej plecach wspina się czarna mrówka i przeciska się przez szczecinki jak człowiek przedzierający się przez bambusowy gąszcz. Mrówka wciska pomiędzy nie swoje szczęki, bezskutecznie starając się dotrzeć do szyi gąsienicy. Ta maszeruje

dalej, pozornie niewzruszona obecnością intruza. Mrówka zawraca i wgryza się między żółte kępki, ale znowu nie może dostać się do skóry. Potem jeszcze jedna mrówka, mniejsza, w kolorze miodu, dokonuje abordażu i przystępuje do ataku. Mrówki spotykają się i zaczynają ze sobą walczyć. Ich zapasy toczą się na macie porośniętej żółtymi szczecinkami. Miodowa mrówka zostaje zrzucana, wspina się z powrotem, znów spada, a za nią spada też czarna mrówka. Gąsienica przyspiesza, być może próbuje uciec, ale mrówki krążą wokół niej. Czarna rzuca się na gąsienicę i atakuje ponownie, wielokrotnie gryząc, ale nadal nie osiąga miękkiej skóry. Na moment odstępkuje od ataku, a gąsienica od razu wspina się na martwy liść, który pochylił się do dna lasu. Tam się zatrzymuje. Czy udało jej się wymanewrować mrówki? Te krążą po ziemi i nie mogą znaleźć ofiary. Ostatecznie odsuwają się od liścia. Gąsienica też z niego schodzi i pełźnie w kierunku pnia dużego klonu tuż obok mandali. Jest wolna!

Mniejsza gąsienica brudnicy nie miała tyle szczęścia. Mrówki ciągną jej zwłoki do gniazda, by nakarmić nimi swoich towarzyszy. Może jej szczecinki były zbyt krótkie lub poruszała się zbyt wolno? Bez względu na przyczynę dołącza do cichej procesji pogrzebowej martwych gąsienic, prowadzonych do mrowisk w okolicach mandali. Według jednego z badań do mrówczych gniazd trafia każdego dnia ponad dwadzieścia tysięcy gąsienic. Dopóki nie zobaczyłem walki gąsienicy w mandali, przypuszczałem, że przyczyną, która skłoniła gąsienice do wytworzenia owłosienia, były ptaki. Najwidoczniej jednak chroni ono również od mrówczych szczęk. Literatura naukowa potwierdza to, co dziś zaobserwowałem: głównymi wrogami większości gąsienic są mrówki.

Jest jednak grupa motyli, która odwróciła ten antagonizm. Modraszkowate w toku ewolucji wypracowały z mrówkami relację mutualistyczną. Gąsienice tych motyli są bezwłose i niezwykle podatne na ataki mrówek. Ale te na ogół ich nie gryzą, wolą bowiem skorzystać ze słodkiej spadzi, którą specjalnie dla nich wydzielają gąsienice. Ten dar gąsienic dla mrówek można pewnie porównać do haraczku oferowanego mafii. Za cenę odrobiny cukru mrówki zostawiają gąsienice w spokoju. Tyle że nie jest to prosta transakcja typu „spokój za pożywienie”; mrówki aktywnie chronią gąsienice, odpierając ataki innych drapieżników, zwłaszcza osy. Dlatego bardziej trafne byłoby porównanie mrówek do ochroniarzy gąsienic. Pozwalają one gąsienicom motyli modraszkowatych dziesięciokrotnie zwiększyć przeżycie w stosunku do gąsienic, które nie wypracowały takiej relacji. Gąsienice zdają się preferować życie w towarzystwie mrówek, a niektóre mają nawet specjalne skrobaki, których używają do wprowadzania liści w wibracje. Wibracje te przyciągają mrówki, zatem gąsienice dosłownie śpiewają swoim strażnikom.

Gąsienica brudnicy, która uciekła mrówkom, wspięła się na pień klonu. Na drzewie nie ma mrówek, ale lepkiemi niciami oplótł go pająki i gąsienica z trudem może się poruszać. Kolejne wyzwania stanowią plamy mchu, wciąż mokre od wczorajszego deszczu. Haczyki, w jakie wyposażone są odnóża gąsienicy, tracą przyczepność i zwierzę spada kilka centymetrów niżej, a potem znowu mozolnie posuwa się w górę.

Ta wspinaczka wprowadza gąsienicę w świat zdominowany nie przez mrówki, lecz ptaki. Mrówki znajdują swoje ofiary za pomocą dotyku i węchu. Ptaki korzystają ze wzroku. Pigmentacja oraz wzory na ciele są więc niezwykle ważne, jeśli owad chce uniknąć zwrócenia na siebie uwagi ptaków. Ponieważ ludzie są zorientowani wizualnie, jesteśmy zafascynowani niezwykle różnorodnością wyglądu gąsienic. Zajmują one poczesne miejsce w bajkach dla dzieci, a wielu przyrodników zawdzięcza swoją miłość do świata natury po części urokowi gąsienic. Za to larwy much, os i chrząszczy, które ukrywają się przed bystrymi oczami naszych ptasich kuzynów, są tylko zwykłymi białymi ciałkami pozbawionymi uroku.

Gąsienica brudnicy żerująca w mandali wykorzystuje bijący kontrast między jaskrawą

zółcią a głęboką czernią, by ogłosić wszem i wobec, że jest nieapetyczna. Szczotki żółtych włosków stanowią uderzający kontrast z teksturą kolczastych srebrnych włosków, które tworzą meszek nad resztą jej ciała. Ubarwienie to nie pozostawia obserwatorowi żadnych wątpliwości co do tego, że zwierzę ma mnóstwo kolców, szczecinek i toksyn. Większość ptaków nie zechce nawet skierować dziobu ku takiej fontannie kolorów. Podobne stroje cechują także inne trujące lub pokryte szczecinkami gąsienice, przy czym każdy gatunek tworzy własne wariacje na tematy barwy i kontrastu.

Gąsienice, które nie mają kolców lub szkodliwych substancji chemicznych, są z kolei oszustami. Upadabniają się do ptasich odchodów, martwych liści, patyków, małych węży lub trujących salamander. Dobór naturalny potraktował je w sposób nader wyrafinowany, dając naśladowcom patyków pęczki liści, naśladowcom węży – oczy, w których źrenicach malują się fałszywe odbicia, a naśladowców liści pomalował w kropki.

Wzrok ptaków nie odrywał się od gąsienic przez miliony lat, czyniąc z ich ciał arcydzieła sztuki projektanckiej. Co ciekawe, wzrok ten sprawił coś jeszcze. Przenikliwe ptasie spojrzenia odcisnęły się nawet na wzorze, jakie zostawia światło przeciskające się do mandali przez nadgryzione nad nią liście. Ptaki uczą się kojarzyć strzępiaste dziury w liściach z obecnością gąsienic. Ponieważ liście pozostają uszkodzone długo po tym, jak gąsienice je opuściły, ptaki nieustannie dostosowują wzorce żywieniowe do niedawnych doświadczeń na poszczególnych gatunkach drzew. Gąsienice, które zostawiają wyraźne dziury w liściach, a następnie spoczywają obok tych otworów, szybko przyciągają uwagę inteligentnych ptaków. Dlatego tylko dobrze chroniona gąsienica może sobie pozwolić, aby jeść niechlujnie. Gąsienice, które są bardziej narażone na ptasi atak, takie jak te z nielicznymi włoskami, skrupulatnie objadają liście od krawędzi, nie pozostawiając żadnych widocznych otworów i zachowując nienaruszoną sylwetkę liścia. Niektóre zwijają swoje liściokształtne ciała na brakujących krawędziach blaszek liściowych, wypełniając w ten sposób profil liścia i oszukując oczy drapieżnika. Liście nad mandalą noszą beztrosko chaotyczne ślady, toteż podejrzewam, że za większość uszkodzeń są odpowiedzialne gąsienice brudnicy.

To ptasie oczy wyrzeźbiły i wymalowały mandalę. Zarówno postać skubiącej liście gąsienicy, jak i forma wyskubanego przez nią liścia stanowi odzwierciedlenie ewolucyjnych zmagania między gąsienicami a ptakami. Zdawałoby się, że migrujące lasówki tylko przejściowo pojawiają się w mandali, tymczasem ich obecność nie kończy się z chwilą odlotu.

23 września

Sępnik

Oglądanie ponadgryzanych liści sprowokowało mnie do spojrzenia w niebo. Letnia pokrywa koron drzew zazwyczaj zawęża mój świat, sprawiając, że patrzę raczej w dół, tym razem jednak wpatruję się w luki między liśćmi. Solidna ulewa, która przeszła tu wczoraj, oczyściła niebo, teraz przejrzyste niebieskie. Letnia wilgotność powietrza spadła, więc upał dnia jest przyjemnie znośny. To typowa tu pogoda dla września – długie okresy czystego nieba, przerywane ciepłymi frontami z porywistym wiatrem, będącym często pozostałością po tropikalnych burzach znad Zatoki Meksykańskiej.

Sępnik różowogłowy krąży dziś dokładnie nad mandalą. Jego szerokie skrzydła wyglądają na tle nieba niczym rozpostarte żagle. Po zakolewaniu w powietrzu ptak kieruje się na wschód, pchnięty przez nagły powiew wiatru.

Mandala znajduje się na tyle daleko na południe, że co miesiąc napotyka się tutaj sępniki różowogłowe. O tej porze roku nasi zwykli rezydenci wśród ptactwa miesza się z tymi, którzy migrują z północy, by spędzić zimę na wybrzeżu Zatoki Meksykańskiej lub na Florydzie. Niektóre odlatują jeszcze bardziej na południe, do Meksyku i dalej. Ci długodystansowcy nie będą sami – sępniki różowogłowe na stałe mieszkają w Ameryce Środkowej i Południowej. Są one jednym z najpowszechniej występujących gatunków ptaków w całym Nowym Świecie.

W odróżnieniu od większości innych ptaków sępniki można łatwo rozpoznać nawet z dużej odległości. A to dlatego, że rozpościerają skrzydła w rozplaszczoną literę V, z koniuszkami skrzydeł zwróconymi ku górze, jak w nawiasie klamrowym \7d. Latają w trochę pijackim stylu, kołyszac się i bujając. Ta pozorna nietrzeźwość ma podłoże aerodynamiczne. Sępniki są mistrzami szybowania, rzadko machają skrzydłami, prawie nigdy nie robią tego częściej niż dziesięć razy pod rząd. By korzystać z wiatru, a zarazem oszczędzać energię, ich wielkie jak wiosła skrzydła wykorzystują prądy wstępujące i wiry powietrza, obracając na własną korzyść każdy podmuch wnoszący je ku górze. W efekcie ich lot jest powolny, kołyszący, a pod jego powierzchownym brakiem elegancji kryje się niezwykła skuteczność. „Pijak” to oszczędny geniusz, który nie potrzebuje sterowności, gracji ani prędkości. Sępniki bez pośpiechu obserwują swoje terytorium, spędzając w powietrzu nawet trzecią część aktywnego życia.

Sępniki różowogłowe żywią się tylko padliną, a ich niepozorny lot pozwala im patrolować tysiące hektarów dziennie w poszukiwaniu padłych zwierząt. Na terenie zalesionym, gdzie przede wszystkim szukają pożywienia, korony drzew uniemożliwiają im obserwację, ale nawet gdy nic nie zasłania widoku, trudno jest dostrzec nieruchome ciała, pokryte wtapiającym się w tło futrem czy upierzeniem. Mimo to sępniki systematycznie i precyzyjnie znajdują padlinę. Martwe kurczęta i szczury, celowo podrzucane przez naukowców w lesie, zazwyczaj znikają po jednym lub dwóch dniach, nawet jeśli przynęta pokryta jest liśćmi lub przysłonięta zaroślami. Sępniki różowogłowe najwyraźniej potrafią wywąchać posiłek; szerokie nozdrza sprawiają, że nie zwiedzie ich leśna gra kolorów.

Znalezienie cuchnącego martwego ciała za pomocą węchu nie jest niczym szczególnie zadziwiającym, ale sępniki potrafią znacznie więcej. W zasadzie niezbyt chętnie raczą się nadto rozłożonym mięsem. Przeczesaują przestworza w poszukiwaniu delikatnej woni świeżego zgonu. W przeciwieństwie do fali odoru wydobywającej się z gnijącego ciała zapach świeżej padliny jest

nieznaczny; składa się na niego niewiele cząsteczek będących produktem drobnoustrojów oraz stygnącego ciała. Szybujące sępniki wychwytyują te zapachy i idą ich śladem, lokalizując swój posiłek w obrębie tysięcy hektarów swego pola widzenia.

W dzisiejszych czasach zmysł węchu sępników różowogłowych może ich czasami zaprowadzić w ślepy zaułek. Krążą wokół rzeźni, które, choć z zewnątrz wyglądają jak zwykłe magazyny, wysyłają aromat świeżo padłych zwierząt. Źródłem podobnej frustracji są gazociągi. Do przesyłanego nimi gazu ziemnego, który pozbawiony jest wyraźnej woni, dodaje się związek chemiczny o silnym zapachu – etanotiol. Jeśli zawory lub złącza rur puszcza, zapach ten wydobywa się wraz z gazem, ostrzegając ludzi o możliwej eksplozji. Wyczuwają go także sępniki i gromadzą się wokół uszkodzonych gazociągów, stając się nieświadomymi asystentami poszukiwań przecieku. Ten zbieg powonień człowieka i ptaka wynika z tego, że uszkodzone rury wydają zapach śmierci; etanotiol wydobywa się także z ciał martwych zwierząt. Ludzi cechuje głęboka awersja do smrodu rozkładającego się mięsa, dlatego nasze nosy są niezwykle wrażliwe na zapach etanotiolu. Wyczuwamy go już wtedy, gdy mamy do czynienia ze stężeniem dwieście razy mniejszym niż choćby w wypadku amoniaku, który ma przecież bardzo mocny zapach. Dlatego wystarczy dodać naprawdę niewielkie ilości tej substancji do gazu. Niestety, sępniki wyczuwają nawet te minimalne stężenia i gromadzą się zdezorientowane wokół rozszczelnionych przewodów.

* * *

Sępniki różowogłowe są czyścicielami lasu. Dokonują ekologicznych obrzędów ostatniego pożegnania, przyspieszając materialną przemianę zwłok dużych zwierząt w poszczególne składniki odżywcze. Odzwierciedla to ich nazwa używana w nauce: *Cathartes* – ten, który czyści.

Ta pozornie skromna rola zjadacza zwłok wydaje się nam wyjątkowo odstręczająca. Jednak w lesie aż kipi od rywalizacji o to, czym ludzie pogardzają. Lisom i szopom pracom czasami udaje się zwędzić padlinę, nim dotrze do niej sępnik. Sępniki czarne atakują swoich większych kuzynów – różowogłowe – i odciągają je od posiłku. Chrząższe grabarze zabierają i ukrywają mniejsze kawałki mięsa.

Ssaki, ptaki i chrząszcze są konkurentami, ale ich rola błędnie w porównaniu z mikroskopijnymi śmierciożercami – bakteriami i grzybami. Mikroorganizmy te zaczynają pracę od samej chwili śmierci, trawiąc padłe zwierzęta od wewnątrz i od zewnątrz. Początkowo ich działania rozkładające pomagają sępnikom, gdyż wyzwalają obłoczki zapachu, które zwabiają ptaki. Jednak od momentu odnalezienia padliny sępniki muszą konkurować z mikroorganizmami o składniki odżywcze. Przy upalnej pogodzie w ciągu zaledwie kilku dni wygrywają mikroorganizmy; jeśli sępniki chcą się pożywić, muszą się spieszyć.

Bakterie i grzyby mają też bardziej bezpośredni sposób rywalizacji niż tylko szybkość przystąpienia do dzieła. Nie przypadkiem większość zwierząt ma mdłości po zjedzeniu zepsutego mięsa; są one wywołane między innymi truciznami wydzielanymi przez mikroorganizmy w celu ochrony swego pożywienia. „Zatrucie pokarmowe” to wbicie się na sztachtetę w płocie, którym drobnoustroje grodzą swój teren. Nasze podniebienia nagięły się do ewolucyjnej woli mikroorganizmów; stronimy od zepsutego pożywienia, by uniknąć ich obronnych wydzielin. Jednak sępniki różowogłowe nie dały się tak łatwo przekonać. Ich przewód pokarmowy wypala mikroskopijnych konkurentów akumulatorem kwasem i żrącymi sokami trawiennymi. Niezależnie od tego mają jeszcze jedną linię obrony. W ich krwi znajduje się zwykle bardzo wysoka liczba białych krwinek, które wyszukują obce bakterie i innych najeźdźców, by ich otoczyć i zniszczyć. Tego roju komórek obronnych dostarcza szczególnie rozrośnięta śledziona.

Silny organizm sępnika różowogłowego pozwala mu żywić się tym, co innych przyprawiłoby o wymioty lub mdłości. Paradoksalnie zatem toksyczne zapory obronne mikroorganizmów są dla nich do pewnego stopnia korzystne, gdyż zniechęcają inne zwierzęta. Ponownie widać tu, jak niełatwo odróżnia się rywalizację od współpracy.

Trawienny wigor sępników ma wpływ na szerzej pojęte zbiorowisko leśne. Skoro ich przewody pokarmowe są potężnymi niszczycielami drobnoustrojów, sępniki oczyszczają las nie tylko z martwych zwierząt. Po przejściu przez przewód pokarmowy tych ptaków giną bakterie wąglika i wirusy cholery. Jelita ssaków i owadów nie mają takiej mocy. Dlatego sępniki są niezastąpione, jeśli chodzi o oczyszczenie terenu dotkniętego epidemią. *Cathartes* mają bardzo trafną nazwę.

Na szczęście dla tych z nas, którzy nie są zwolennikami wąglika ani cholery, populację sępnika różowogłowego w Ameryce Północnej cechuje stabilność. Na północnym wschodzie odnotowuje się nawet wzrost ich liczebności, być może wskutek zwiększenia populacji jeleni, której osobniki ostatecznie muszą przecież umrzeć i las musi się ich pozbyć. Jednak mamy do czynienia z dwoma wyjątkami. W tych częściach kraju, gdzie w uprawie dominuje soja lub inne rośliny sadzone w rzędach, zauważono spadek populacji sępników. Monokultury rolnicze dają niewielką pożywkę dla fauny, małe jest też więc zapotrzebowanie na grabarzy. Inne, bardziej subtelne zagrożenie stanowią pozostawione przez myśliwych ustrzelone jelenie i króliki. Ołów z pocisków odkłada się w ich ciałach i zatrzuwa mięso. Zagubiony łup to zła wiadomość dla myśliwych i ich rodzin, ale jeszcze gorsza dla sępników, które częściej spożywają ustrzelone zwierzęta niż nawet najbardziej zapalony myśliwy. Choć wiele sępników podtruwa się ołowiem, populacja nie jest zagrożona z powodu tego metalu, być może dlatego, że większość osobników spożywa również sporo padliny niebędącej efektem polowania. Za to kuzyni sępników – kondory kalifornijskie – spożywają więcej naszpikowanych ołowiem padłych zwierząt niż one. Nieliczne żyjące na wolności kondory utrzymują się przy życiu dzięki temu, że raz na jakiś czas weterynarze chwytają je i poddają oczyszczeniu z ołowiu. Myśliwska kultura Ameryki Północnej powoduje konieczność zdumiewającej interwencji – oczyszczania czyścicieli.

Mogło jednak być gorzej. W Indiach interakcja między technologią a sępnikami wywołała znacznie poważniejszy kryzys. Powszechne używanie leków przeciwzapalnych w hodowli zwierząt nieodwracalnie spustoszyło populację sępników. Środek ten utrzymuje się w ciele padłego zwierzęcia i jest dla sępników śmiertelny. Niegdyś obfita populacja indyjskich czyścicieli znajduje się obecnie na krawędzi zagłady, a w konsekwencji rozkładające się ciała padłych zwierząt zalegają w całym kraju. Wzrosła za to liczba much i dziczących psów, co ma fatalne skutki dla zdrowia publicznego. W niektórych częściach Indii powszechnie występuje wąglik. Kraj ten cechuje się najwyższym na świecie odsetkiem zachorowań ludzi na wściekliznę, a większość z tych przypadków spowodowana jest ugryzieniem przez psa. Szacuje się, że wymarcie sępników i związany z tym rozrost populacji dziczących psów powoduje każdego roku od trzech do czterech tysięcy dodatkowych przypadków wścieklizny u ludzi.

Indyjska społeczność Parsów odczuła brak sępników w jeszcze inny sposób. Tamtejsze obrzędy grzebalne wymagają, by umieszczać ciała zmarłych na tzw. wieżach milczenia. Układa się je w kręgi i w ciągu kilku godzin sępy obracają je w stertę kości. Obecnie, wobec braku sępów, które zjadałyby ciała zmarłych, i przy równoczesnym religijnym zakazie grzebania lub spopielenia zwłok, Parsowie stają w obliczu wywołanego wyginieciem sępów kryzysu filozoficznego.

Indie otrzymały srogą i niezasłużoną lekcję na temat wartości pracy tych skrzydlatych sanitariuszy. Choć środki przeciwzapalne, które spowodowały te problemy, zostały już zakazane, w niektórych miejscach używa się ich nadal, a populacja sępników dopiero musi odbić się od

dna. Niestety, ten sam lek coraz powszechniej wprowadzany jest w Afryce, gdzie sępniki wydają się równie ważne i są na niego podobnie wrażliwe.

Tutaj, w Tennessee, widok sępnika różowogłowego krążącego nad wzgórzami jest tak powszechny, że łatwo zapomnieć, jak wielki skarb mamy.

26 września

Wędrowcy

Ptaki wędrowne nieustannie przelatują nad mandalą. Większość z nich leci na południe, z lasu borealnego stanowiącego 650 milionów hektarów lasów iglastych, które rozciągają się od Alaski przez Kanadę do stanu Maine. Ten las pod względem wielkości dorównuje tropikalnej puszczy Amazonii i jest miejscem wylęgu miliardów ptaków. Gdy wędrowcy przemieszczają się nad mandalą, na krótkich odcinkach towarzyszą im stada pobudzonych miejscowych ptaków. Z położonej dziesięć metrów wyżej skały obserwuję rosnące grupy lasówek, sikor i dzięciołów kosmatych. Las pełen jest ich ćwierkania i stukotu – to istna armia.

Ptaki wyzbyły się ostrożności charakteryzującej je w sezonie lęgowym i wcale się nie boją. Niektóre podchodzą prawie pod moją rękę i pozwalają mi się dobrze obejrzeć. Mają przepiękne upierzenie. Skrzydła i pióra ogona są delikatne, korony gładkie, a upierzenie reszty ciała błyszczy przy najmniejszym ruchu. Późnoletnie pierzenie już się zakończyło i teraz każde pióro jest wręcz doskonałe.

Lasówkom żółtoczelnym, przemieszczającym się całym stadem przez mandalę, świeżo wyrosłe pióra muszą wystarczyć na cały rok. Ich upierzenie będzie się stopniowo zużywać w kontakcie z roślinami, piaskiem oraz wiatrem, tak że do przesilenia letniego pióra staną się poszarpane i rzadkie. Lasówki obracają jednak ten proces starzenia się na swoją korzyść. Zrzucając wierzchnie pióra, ukazują swój strój godowy. Ich korony i gardła są teraz w kolorze stonowanej żółci, ale gdy tylko zewnętrzne pióra wypadną, pojawi się czerń upierzenia godowego. To bardzo gospodarna strategia; większość innych ptaków przywdziewa kolory, hodując nowe pióra, na co zużywa się dużo kosztownego białka.

Sikory, dzięcioły i lasówki wyhodowały swoje nowe jesienne pióra tutaj, w okolicach mandali, gdy tylko zakończyło się lato i ich okres lęgowy. Jednak większość ptaków żyjących w stadach pierzyło się znacznie dalej na północ, w świerkowej gęstwinie Kanady. Nazwy tych gatunków – lasówka magnoliowa i lasówka oliwkowa, w Ameryce zwana lasówką Tennessee – zakłamują zasięg ich występowania. Oba zostały po raz pierwszy opisane i nazwane od wędrownych osobników, napotkanych w południowych stanach, a ta osobliwość historyczna zachowała się w ich nazwach. Lasówka magnoliowa została upolowana, gdy siadła na drzewie magnolii w stanie Missisipi, zaś lasówka Tennessee na brzegach rzeki Cumberland w tym stanie. Inni mieszkańcy lasu borealnego także dzielą ten nomenklatury los. Lasówki przyładka May (rdzawolice), Nashville (rudogłowe) i Connecticut (cytrynki obrączkowe) to w rzeczywistości ptaki wielkich północnych lasów. Zatem konwencje nazewnictwa zoologicznego w Ameryce przesłaniają ważną prawdę o życiu ptaków tego kontynentu. To borealne lasy iglaste są kolebką ptasiej arystokracji Ameryki Północnej – lasówek, z których większość gniazduje wyłącznie lub głównie na północy. Dwa razy do roku nad mandalą przelewa się fala gatunków, które przychodzą na świat w ojczyźnie rosomaka i rysia, Kanadzie.

Przez dzwoneczki świergotu ptaków borealnych przebija się dźwięk zdecydowanie południowy. Z korony drzew odzywa się kukułka – kukawik żółtodzioby – zaczynając niekończącą się sekwencję głuchego ku-ku. Widzę, jak wysoko nad mandalą przeskakuje z gałęzi na gałąź, niczym małpa. Prawie nie rozpościera skrzydeł, gdy skacze i zapuszcza swój sierpowaty dziób w gąszcz liści. Chwyta pasikonika i chciwie przełyka grubego owada, po czym

chroni się z powrotem w koronie drzewa.

Kukawiki licznie występują w lesie wokół mandali, ale ich nieśmiałość i upodobanie do wysokich drzew sprawiają, że rzadko się je spotyka. Ptak ten, podobnie jak wcześniej inne kukułki, zaskakuje mnie swą odmiennością. Porusza się jak przedstawiciel naczelnych, jego głos jest podobny do bębnienia w wydrążony pień, a ponadto zjada owady, których inne ptaki nie mogą lub nie chcą tknąć. Jego ogromny dziób pozwala przełknąć pasikoniki, a nawet małe węże. Obronne włosy porastające gąsienice odstraszały inne ptaki, ale nie kukawika. Gładkie czy owłosione, wszystko wędruje do brzucha, czasem po szybkim podziobaniu, by usunąć włoski, ale częściej po prostu w całości, z włosami czy co tam ma. Trzewia kukawików są pewnie gęsto wyłożone kolcami gąsienic, powbijanymi w ściany jelit.

Kukułki za punkt honoru przyjmują łamanie również innych zasad ptasiej etykiety. Nie ustanawiają wyraźnych terytoriów, lecz w poszukiwaniu żywności wędrują po swych środowiskach lęgowych jak koczownicy, a następnie błyskawicznie rozbijają obóz i zaczynają się rozmnażać. Ich piskłeta szybko rosną i mają pióra, które pojawiają się dosłownie w pełni ukształtowane. A pierzenie dorosłych to już sprawa zupełnie przygodna. Zamiast zrzucić stare pióra i hodować nowe w ustalonej kolejności i czasie jak inne ptaki, kukułki gubią pióra od przypadku do przypadku, zarówno latem, jak i zimą. Może wierność wobec uswięconych zachowań rozluźniły psychoaktywne toksyny gąsienic, a może, co bardziej prawdopodobne, ich strategia pierzenia jest zbliżona do stylu rozmnażania, nastawionego na to, aby korzystać z lokalnej obfitości zasobów, a następnie jakoś przetrwać chude czasy. Nawet wędrowki kukułek nie mają sztywnego rytmu. Ornitologowie w Ameryce Południowej natknęli się na bardzo młode ptaki, co dobitnie sugeruje, że niektóre spośród „wędrownych” kukułek pozostają w miejscach zimowania i tam odbywają gody.

Spośród wszystkich ptaków, które zgromadziły się dzisiaj w mandali, kukawik migruje najdalej. Jego zimową ojczyzną są lasy Amazonii na wschód od Andów. Większość lasówek dociera nieco bliżej, do południowego Meksyku, Ameryki Środkowej i Karaibów. Mandala łączy więc w tym momencie prawie cały Nowy Świat. Wspomnienia tapirów i tukanów mieszają się z obrazami skrajów tundry; minerały z Ekwadoru i Haiti przelatują wraz z cukrami z Manitoby i Quebecu.

Dziś w nocy lasówki połączą mandalę ze światem bardzo odległym, wykraczającym poza naszą planetę, wnosząc do lasu obecność gwiazd. Po całodniowym wypoczynku i popasie wędrowcy polecą w chłodzie i bezpieczeństwie mroku na południe. Ptaki te będą bacznie obserwować niebo, znajdą Gwiazdę Polarną i określiwszy wobec niej azymut, udadzą się na południe. Tę astronomiczną wiedzę zdobyły jako młode w gnieździe, wpatrując się w noc i szukając gwiazdy, która nie porusza się po niebie. Przechowują tę pamięć w mokrym gąszczu swoich mózgów, a potem wpatrują się w jesienne niebo i lecą według wskazań konstelacji.

Choć imponujące jako umiejętność, czytanie gwiazd jest zawodną metodą orientacji w terenie. W pochmurne noce gwiazdy są ukryte, a niektóre ptaki mogą w pierwszym roku życia przebywać w gęstych lasach lub w regionach o dużym zachmurzeniu. Dlatego ptaki wędrowne mają w zanadrzu kilka dodatkowych umiejętności nawigacyjnych. Obserwują wschód i zachód słońca, uczą się podążać wzdłuż pasm górskich na linii północ-południe, a także wykrywają niewidzialne linie pola magnetycznego Ziemi.

Ptaki wędrowne szeroko otwierają swoje zmysły na kosmos, integrując sygnały Słońca, gwiazd i Ziemi, gdy wielką falą zdążają na południe.

5 października

Fale ostrzegające

Siedzę bez ruchu. Czas płynie powoli. Po przeciwległym skraju mandali przechadza się pręgowiec; jest niecały metr ode mnie. Zatrzymuje się, wściubia nos i łapy w ściółkę, a następnie znika między kamieniami. To niecodzienne spotkanie. Inaczej niż ich wiewiórczy kuzyni zamieszkujący przedmieścia lub kempingi, te górskie zwierzęta są bardzo płochliwe. Przybliżają się dopiero wtedy, gdy siedzę dłuższy czas w jednej pozycji. Zachęcony tym, co przyniósł mi mój bezruch, stapiam się z kamieniem.

Lekki wiaterek. W oddali śpiew ptaka. Spokojny szum strumienia. Mija godzina.

Nagle rozlega się ostry, chrapliwy wydech powietrza, zaledwie metr albo mniej za mną. Nie ruszam się. Jeleń wydaje z siebie kolejne ostrzegawcze parsknięcie, potem podobne podwójne. Wreszcie kątem oka widzę, jak miga biała plama, i zwierzę odskakuje, prychając. Jego ostrzegawcze okrzyki wbijają się jak nóż w trzewia stojącego, cichego powietrza i przez mandalę przebiega gwałtowna fala energii.

Parsknięcia jelenia natychmiast pobudzają do pisków i trajkotania trzy wiewiórki. Przyłącza się do nich osiem pręgowców, wyrzucających z siebie szybkie „czyp, czyp, czyp”. Fala rozprzestrzenia się z mandali. Poniżej na stoku zaczyna śpiewać swoje „ijaa-ija-jo” drozd, prostując na głowie grzebień, w miarę jak wydobywa pieśń z gardła. Gdzieś daleko to staccato podchwytyują inne pręgowce, niosąc je poza zasięg słuchu.

Okrzyk ostrzegawczy jelenia, który niespodziewanie natknął się na nieruchomego człowieka, poniósł się setki metrów wokoło. Wyciszenie się ogólnego podniecenia, szczególnie pręgowców, zabiera ponad godzinę.

Ptaki i ssaki w obrębie mandali żyją powiązane akustyczną siecią; każdy osobnik połączony jest z innymi poprzez dźwięki. W sieci tej rozchodzą się leśne wieści, informując o bieżących ruchach i poczynaniach rozrabiaków. Uświadomienie sobie tych sygnałów wymaga od nas, ludzi miasta, pewnego wysiłku. Przyzwyczailiśmy się do ignorowania „hałasów tła”, czerpiąc istotne dla siebie wskazówki z wewnętrznego hałasu swego umysłu. Przez większość czasu, jaki spędzam na siedzeniu w lesie lub spacerowaniu po nim, dryfuję na falach w mojej głowie, myśląc o czymś przeszłym lub przyszłym. Podejrzewam, że jest to powszechne doświadczenie. Wyłącznie wielokrotny akt woli przywraca nas terażniejszości i naszym zmysłom.

Gdy przybywamy do terażniejszości akustycznej, odkrywamy, że uwaga leśnego serwisu informacyjnego skupia się – o dziwo! – na nas. Jesteśmy duzi, hałaśliwi i szybcy. Wiele zwierząt widziało nas w naszym bardziej drapieżnym wydaniu. Te, które nie doświadczyły osobiście strzelb, wnyków i pił, szybko uczą się z doświadczenia innych – w interesie zwierzęcia leży, by zwracać baczną uwagę na to, co alarmuje pozostałe. Jesteśmy jak sokoły, sowy i lisy, które rzadko mają okazję obserwować leśną sieć, nie stając się przy tym tematem głównego wydania wiadomości. Niewydawanie dźwięków, bezruch i cierpliwe czekanie to jedyny sposób, by się w nią wśliznąć. A wtedy możemy doświadczyć naprzemiennych fal ciszy i stukotu leśnych telegrafów. Zanim pojawią się na przykład piesi turyści, biegnąca przed nimi fala informacji poprzedza o kilka minut pojawienie się ich paplaniny i śmiechów. Drobniejsze zakłócenia, takie jak spadająca na ziemię gałąź czy przelot kruka, wysyłają cichsze i bardziej krótkotrwałe

impulsy. Z drugiej strony ostrzegawczy okrzyk jelenia, który spotkał mnie na swej drodze, był eksplozją, wytluszczonym nagłówkiem.

Podpięcie się do tej sieci przynosi leśnej zwierzynie ewidentne korzyści. Świadomość, że zbliża się potencjalne zagrożenie, daje odsłuchującemu wiadomość czas na decyzję w sprawie reakcji. Jednak korzyści wynikające z aktywnego posyłania fal informacji nie są już tak oczywiste. Po co ryknąć, gdy widzi się drapieżnika? Dlaczego nie podsłuchiwać innych, samemu zachowując milczenie? Zwracanie na siebie uwagi głośnym parsknięciem, gdy zbliża się drapieżnik, wydaje się bez sensu.

Dla zwierząt, których młode znajdują się niedaleko, te ostrzeżenia mogą wynikać z potrzeby ochrony rodziny. Chociaż pora roku jest już zaawansowana, niektóre pręgowce i wiewiórki wokół mandali mają młode, tak więc ich piski i tryle uprzedzają potomstwo o zbliżającym się zagrożeniu. Jednak wiele zwierząt wydaje ostrzeżenia nawet wtedy, gdy ich rodziny nie ma w pobliżu. Musi więc chodzić o inne korzyści. Niektóre sygnały ostrzegawcze są tak zaprojektowane, by aktywnie komunikować się z drapieżnikiem, przyciągając jego uwagę w momencie zagrożenia. W ten sposób zwierzęta mogą odnieść paradoksalną korzyść z poinformowania drapieżnika, kim są i gdzie się znajdują. Ten drugi może uznać, że dość trudno będzie schwytać ofiarę, która dostrzegła, że jest w niebezpieczeństwie i szykuje się do ucieczki. Lepiej będzie poszukać sobie innej, nieświadomej czekającego ją losu. Ostrzeżenia mogą zatem dać ich autorowi bezpośrednią korzyść, wynikającą z poinformowania o nieopłacalności ataku, zapewniając mu w ten sposób bezpieczeństwo. „Widzę cię – nie złapiesz mnie. Idź swoją drogą.”

Jelenie wirginijskie (zwane po angielsku *white-tailed* – „białoogoniastymi”) posuwają się w tych ostrzeżeniach o krok dalej. Gdy uciekają przed drapieżnikiem, podnoszą i opuszczają ogony, migając białym zadem i podogoniem w stronę tego, który im zagraża. Bieg urozmaicają wysokimi podskokami, tracąc czas, który mogłyby przeznaczyć na czmychanie do przodu. To figlarne miganie musi mieć jeszcze inną funkcję oprócz informowania drapieżnika, że został dostrzeżony – ucieczka jest wystarczającym sygnałem, że jeleni odkrył zagrożenie. Możliwe, że w ten sposób zwierzę pokazuje swój wigor, a tym samym zdolność do ucieczki. Tylko zdrowy osobnik może sobie pozwolić na takie bezużyteczne opóźnianie rejterady; zwierzęta słabe czy chore nie będą ryzykować życia. Te zachowania jeleni wirginijskich nie zostały dobrze zbadane, jednak podobnie zagadkowe, przesadzone ruchy gazel zdają się uczciwie informować o ich kondycji.

Akustyczna sieć łącząca zwierzęta ma swój niewidzialny odpowiednik wśród roślin. Gdy owady atakują liście, wywołują u rośliny reakcję fizjologiczną, która nie tylko zniechęca do dalszego czynienia szkody, ale także ostrzega sąsiadów. Uszkodzone liście uruchamiają geny, które powodują napływ określonych substancji chemicznych. Niektóre z tych obronnych chemikaliów parują, nasączając swoim zapachem powietrze wokół zranionych liści. Mokre wnętrza sąsiednich roślin przesiąka cząsteczkami tych substancji i, podobnie jak zapach w ludzkim nosie, cząsteczki te rozkładają się i przechodzą do okolicznych komórek. Wtedy włączają się niektóre ze wspomnianych wcześniej genów. Niezaatakowane rośliny wokół uszkodzonego osobnika stają się wobec tego mniej smaczne dla owadów. Drzewa naprawdę słuchają.

Gdy siedzę w lesie lub po nim chodzę, nie jestem „podmiotem” obserwacji zapoznającym się z jej „przedmiotem”. Wkraczam do wnętrza mandali, wplątuję się w pajęczyny komunikacyjne, w sieci relacji. Bez względu na to, czy mam tego świadomość, wywołuję w nich zmiany, wprawiając w popłoch jelenia, alarmując pręgowca lub nadeptując na żywy liść. Oderwana obserwacja nie jest w mandali możliwa.

Te sieci oddziałują także na mnie. Każdy wdech sprawia, że mój organizm wypełniają

setki cząsteczek rozpylonych w powietrzu. Są one aromatem lasu, który zawiera w sobie zapach tysięcy stworzeń. Niektóre z tych zapachów są dla nas tak przyjemne, że je „udomowiliśmy”, tworząc perfumy. Przynajmniej jeden z nich, jasmonid, jest ostrzegawczym związkiem chemicznym, komunikującym zagrożenie wśród roślin. Być może nasze gusta węchowe odzwierciedlają pragnienie udziału w zmaganiach przyrody?

Jednak czarowne aromaty perfum stanowią wyjątek. Większość cząsteczek występujących w lesie omija mój węch i rozpuszcza się bezpośrednio we krwi, wnikając do mojego ciała i psychiki poniżej progu świadomości. Skutki naszych chemicznych powiązań z aromatami wydobywającymi się z roślin w większości nie są zbadane. Zachodnia nauka nie zadała sobie dotąd trudu, by na poważnie wziąć możliwość, że las lub jego brak może być częścią nas samych. Mimo to miłośnicy lasu bardzo dobrze wiedzą, że drzewa wpływają na stan naszego umysłu. Japończycy zdefiniowali tę wiedzę i przekształcili ją w praktykę *shinrin-joku*, czyli kąpieli w leśnym powietrzu. Wygląda na to, że udział w informacyjnej sieci mandali może zapewniać nam porcję dobrego samopoczucia na poziomie wilgotnego, chemicznego wnętrza nas samych.

14 października

Skrzydłaki

Kolory lasu stopniowo się zmieniają. Lindera zwyczajna w mandali jest w większości zielona, ale kilka jej liści ma już żółte plamy. Natomiast rosnący obok niej jesion wyblakł, a jego zewnętrzne liście straciły połysk i wysychają. Rosnące nade mną klon i orzesznik nadal mienią się kolorami lata, ale liście wielkiego orzesznika na stoku zrobiły się brązowo-żółte. Kilka z nich już opadło, odświeżając górną powierzchnię ściółki i sprawiając, że przemieszczające się zwierzęta wydają cichy chrzęst.

Skrzydlaty owoc zawierający nasionko klonu przelatuje obok mojej twarzy. Wiruje w plamie światła, jak latający nóż w cyrku. Nasionko opada niżej, uderza w rzezuchę, rosnącą między dwoma zeschniętymi liśćmi w ściółce lasu, omija nieduży kamień piaskowca i wpada nasionkiem w dół w szczelinę w glebie. Dobre miejsce do kiełkowania – to był szczęśliwy upadek.

Kwietniowe kwiaty klonu wreszcie dojrzały i po kilku miesiącach powolnego wzrostu ich helikopterowe nasionka są rozrzucone po całej okolicy. Kilka usadowiło się w ciemnych otworach w ściółce, ale większość poleguje na suchych powierzchniach liści lub kamieni. Mimo całej widowiskowości wirującego lotu z drzewa ostateczny los nasion klonu zależy od specyfiki miejsca, w którym wylądują. Mistrzami w łapaniu niesionych wiatrem nasion są nierówne powierzchnie, toteż omszałe kamienie przechwytyują ich więcej niż nagie skały. Zawietrzna strona drzew gromadzi więcej nasion niż nawietrzna. Żarłoczne zwierzęta niszczą nasiona, zjadając je, lub mimowolnie roznoszą i rozsiewają, zachowując je na przyszły posiłek, do którego nigdy nie dochodzi z powodu ich zapominalskości lub śmierci.

Roznoszone przez wiatr nasiona niewiele mogą zrobić w kwestii wyboru idealnego miejsca do wykiełkowania. Nie zostaną przeniesione do żyznego mrowiska jak nasiona przyłaszczki, złożone w stercie nawozu jak pestki wiśni, czy też umieszczone na odpowiedniej gałęzi przez dziób ptaka przenoszącego owoce jemioli. Jednak ta bezradność nasionka klonu w kwestii wyboru swojego miejsca przeznaczenia nie oznacza, że jest ono zupełnie bezwolne. Jego umiejętności ujawniają się przed ostatecznym lądowaniem.

Dziś rano w obrębie mandali nie spadały żadne nasiona. Teraz, późnym popołudniem, padają tak intensywnie, że trzaski ich uderzeń o ziemię sprawiają wrażenie pożaru w lesie. To nie jest przypadek. Cienki pasek tkanki, która łączy nasiono z jego rodzicem, jest najsłabszy w suche popołudnie. Wiatr jest wówczas najsilniejszy – drzewa uwalniają więc nasiona w momencie, gdy mogą one złapać najlepszy wiatr. Drzewo nie zatrudnia kontrolera ruchu lotniczego, który wskazuje nasionkom dokładny moment startu. Zamiast tego materiały zastosowane do mocowania nasion do drzewa macierzystego, a także kształt i wytrzymałość tego powiązania określają, kiedy i jak nasiona zostaną uwolnione. Miliony lat doboru naturalnego precyzyjnie dostroiły konstrukcję tych mechanizmów.

Strategia drzew nie ogranicza się jednak do samego wypuszczania nasion w suche powietrze. Przed nasionami latającymi otwierają się dwie możliwości. Droga w dół wiedzie je z korony drzewa na dno lasu w pobliżu rodzica. Nasiona te oddalają się na odległość co najwyżej stu metrów. Natomiast droga do góry zabiera je ponad koronę, ku niebu, i mogą wtedy przebyć wiele kilometrów.

Tę drugą drogę wybiera zaledwie kilka gatunków, ale ma to ogromne znaczenie dla ich losów. Nieliczne drzewa, które posyłają swoje nasiona na duże odległości, mają silny wpływ na strukturę genetyczną swojego gatunku, jego zdolność do przetrwania w pokawałkowanych siedliskach oraz tempo rozprzestrzeniania się w reakcji na cofanie się lodowca lub postęp globalnego ocieplenia. Podobnie jak w historii człowieka, dzieje ekologii i ewolucji zależą od działań pojedynczych osobników, którzy przemierzają kontynenty i osiedlają się z dala od domu.

Klony starają się załapać na statek Mayflower, mając sposób na wstrzeliwanie nasion w porywiste prądy powietrzne. Robią to, chętniej uwalniając nasiona we wstępujących wirach i podmuchach wiatru, a trzymając je mocno przy zstępujących. Wiele drzew, których nasiona roznosi wiatr, koncentruje je w górnej części korony, zwiększając szanse na wypuszczenie nasiona w momencie pojawienia się prądu wstępującego. Klony w obrębie mojej mandali mają dodatkowe ułatwienie. Tutaj wiatr wieje przeważnie wzdłuż doliny, a następnie wspina się po stromym zboczu, na którym usytuowana jest mandala. Wiatr ten daje nasionom dodatkowy impuls w walce z grawitacją.

Każde drzewo ma swój „cien opadowy nasion” – jest on najgęstszy, najbardziej zarzucony nasionami w bezpośrednim otoczeniu pnia, ale teoretycznie może rozciągać się na cały kontynent. Rzut oka w górę potwierdza, że prawie wszystkie nasiona klonu, które trzepocą na wietrze w obrębie mandali, należą do tutejszej odmiany tego drzewa i zapewne spadły z drzew rosnących w nieznaczej odległości. Bardzo mało jest wśród nich nasion konkurentów z innych części lasu, a tym bardziej rzadko spotykanych, które przybyłyby tu, jak sępy, z ciepłym prądem wstępującym z miejsc odległych o dziesiątki lub setki kilometrów.

Duża rozpiętość „cieni opadowych nasion” sprawia, że badanie rozsiewania okazuje się trudne. Łatwo jest zebrać informacje o zdecydowanej większości nasion, które pozostają blisko swoich rodziców. Ale potomstwo, które ruszyło w podniebną wędrówkę, praktycznie nie zostawia żadnego śladu, choć jest kluczowym graczem w całościowej historii gatunku.

Nie dysponując szpiegowskim dronem, który śledziłby losy wzlatających nasion, koncentruję się na nasionach klonu na powierzchni mandali. Różnorodność ich form jest zadziwiająca, zwłaszcza jeśli chodzi o kształt skrzydeł. Niektóre mają powierzchnię trzy razy większą od innych. Nieliczne są proste, jakby narysowane od linijki, podczas gdy inne zakrzywione jak bumerang, a jeszcze inne wygięte ku górze. Skrzydełko z reguły ma zagłębienie w miejscu ulokowania nasionka, ale niektóre są go pozbawione. Kąt i głębokość tego zagłębienia są zmienne, podobnie jak grubość samego skrzydełka. Mandala przekształciła się w botaniczny pokaz lotniczy, na którym można podziwiać samoloty o różnej konstrukcji skrzydeł, w tym kilka takich, jakich żaden ludzki inżynier nie odważyłby się zastosować.

Różnorodność kształtów powoduje, że nasiona klonu spadają każde w swoim własnym stylu. Najbardziej wyróżniają się te, które nie lecą, ale pikują w dół. Jedno na pięć ląduje w towarzystwie rodzeństwa. Te pary w ogóle nie wirują, tylko nurkują, uderzają o ziemię pod drzewem. Single z małymi lub garbatymi skrzydłami także opadają bez wirowania. Są to jednak wyjątki. Większość spada swobodnie przez sekundę lub dwie, a następnie zaczyna wirować. Skrzydełko obraca się tak, że jego żebra – grubsze krawędzie – tną powietrze, a za nimi podążają cienkie jak żyłka skrzydełka. Ten płat nośny powoduje ciąg wznoszący, który opóźnia upadek. Dryfujące nasionko może oczywiście odlecieć dalej od rodzica niż to, które spada jak kamień. Ale dodatkowy czas w powietrzu zwiększa również prawdopodobieństwo, że porwie je ku górze silny prąd wznoszący. Czy to przez płytkie opadanie, czy szczęśliwe wznoszenie, wiatr rozciąga „cienie opadowe nasion”, ograniczając konkurencję między rodzeństwem i rozpraszając potomstwo na większym obszarze.

Nasiona, które wytwarzają własny mechanizm do przemieszczania się, botanicy nazywają

skrzydlakami. Zasadniczo skrzydlak nie jest nasionem, ale wyjątkowym owocem, utworzonym przez tkanki zalążni, które podtrzymają nasiono w środku. Jesiony i tulipanowce także wytwarzają skrzydlaki, choć żaden z nich nie pokonuje takich odległości jak wirujące śmigła klonu. Przewagę temu ostatniemu daje asymetria. Jego skrzydlak jest tak zbudowany, że leci niczym ptak lub skrzydło samolotu, rozcinając powietrze ostrzem. Skrzydlaki jesionu i tulipanowca są symetryczne i nie udaje im się osiągnąć eleganckiego korkociągu, charakterystycznego dla klonu. Opadając, gwałtownie obracają się wokół swej długiej osi, co sprawia, że skrzydełko nie wgryza się w powietrze. Gatunki te mniej polegają na swoim płacie, a bardziej na sile wiatru. W związku z tym jesiony i tulipanowce mocno trzymają swoje skrzydlaki, pozwalając im na start tylko wtedy, gdy wiatr naprawdę silnie dmucha.

Skrzydlaki klonu plasują się w mało znanym obszarze granicznym pomiędzy aerodynamiką szybkich, dużych obiektów, takich jak samochody i samoloty, a aerodynamiką obiektów powolnych, małych, takich jak pyłki kurzu. Samoloty doświadczają otoczenia jako względnie wolnego od tarcia, natomiast pyłki kurzu są tak małe, że doświadczają niemal wyłącznie tarcia. Innymi słowy, w miarę jak przedmiot się zmniejsza, jego świat upodabnia się do słoja zimnej melasy; trudno w niej pływać, ale łatwo dryfować. Wielkość i szybkość skrzydlaków umieszcza je – dość stosownie – w rzadszym syropie klonowym. Uczeni wykazali, że takie syropowate powietrze tworzy wir nad krawędzią wiodącą obracającego się ostrza. Ten miniaturowy wir zasysa górną powierzchnię obracającego się skrzydlaka, spowalniając jego opadanie.

Aerodynamiczne konsekwencje różnych kształtów skrzydlaków klonu są trudne do oceny. Badacze, którzy zrzucali je z balkonu, wyciągnęli dwa wnioski natury ogólnej. Po pierwsze, szerokie końcówki skrzydełek wytwarzają turbulencje i prawdopodobnie spowalniają korkociąg skrzydełka, ograniczając jego unoszenie się w górę. Również zakrzywione skrzydełka są mniej zdolne do generowania prądów wstępujących niż proste. Zatem skrzydlaki o grubych końcówkach i zakrzywionym kształcie słabo latają w uporządkowanej atmosferze budynku laboratoryjnego. Tymczasem większość nasion w mandali tym właśnie się cechuje. Czy skrzydlaki te są wadliwymi wersjami nieuchwytej formy doskonałej? Czy też klony wiedzą coś, czego nie wiemy my, na temat korzyści z pogrubionych i krzywych albo w inny sposób „wadliwych” skrzydełek?

Wiatr w lesie to chaotyczny splot wirów i podmuchów. Kształty skrzydlaków wydają mi się botanicznymi wcieleniami złożoności wiatrów: inne skrzydełko na każdy prąd, inny zawijas na każdy podmuch. Ta różnorodność form biologicznych nie ogranicza się do skrzydlaków, lecz występuje powszechnie w całym lesie. Dokładniejsza analiza niemal dowolnego tworzywa – liści, kończyn zwierząt, gałązek, skrzydeł owadów – ukazuje, że praktycznie wszędzie natrafiamy na zmienność. Niektóre z tych odchyłeń wywodzą się z różnych kontekstów środowiskowych, w których znajdują się dane osobniki, ale wiele z nich ma głębsze korzenie w genetyce; umożliwiły je przetasowania DNA w trakcie rozmnażania płciowego.

To, że poszczególne osobniki subtelnie różnią się od siebie, wydaje się niewielkim szczegółem historii naturalnej, jednakże taka zmienność jest podstawą wszystkich zmian ewolucyjnych. Bez różnorodności nie może zaistnieć dobór naturalny i nie ma działań przystosowawczych. Darwin wiedział o tym, kiedy dwa pierwsze rozdziały rozprawy *O powstawaniu gatunków* poświęcił odmianom. Różnorodność skrzydlaków zwraca zatem pośrednio uwagę na niewidzialne mechanizmy ewolucji. Następna generacja klonów zostanie wybrana z tych różnorodnych form, specjalnie dostosowanych do wiatrów wiejących w obrębie tej konkretnej mandali.

29 października

Twarze

Strugi zimnego deszczu siekły las w ubiegłym tygodniu, sprawiając, że na ziemi pojawiła się nowa porcja liści. Teraz silne słońce spiekło tę ściółkę, a każdy krok zwierzęcia wywołuje głośny szelest. Świerszcze i pasikoniki ożywiły się pod wpływem ciepła i śpiewają z zapałem – słychać regularne, wysokie, pulsujące tony świerszczy ukrytych pod opadłymi liśćmi i chrapliwe tryle podwieszonych pod gałęziami pasikoników. W przeciwieństwie do porannego chóru ptaków rozlegającego się na wiosnę, świerszcze, które rozmnażają się jesienią, najgłośniejsze zachowują się wczesnym popołudniem, kiedy ich ciała przesiąknięte są ciepłem całego dnia.

Te precyzyjnie skomponowane pieśni owadów są przerywane nieregularnymi trzaskami. W kierunku mandali człapie wiewiórka szara, co jakiś czas zanurzając nos w leśnej ściółce. Sprawia wrażenie podekscytowanej, jej ciało drży z nieuporządkowaną energią. Bezustannie przerywa susy grzebaniem, w końcu dociera do drzewa, na które się wspina, i znika mi z pola widzenia. Kilka minut później schodzi głową w dół z orzechem w pysku. Dostrzega mnie swoimi ciemnymi oczami i zastyga nieruchomo. Przechyla głowę i wyciąga ogon równoległe do pnia drzewa. Obserwuje mnie. Zaraz potem jej ogon ogarniają jakby fale dreszczu. Futro na ogonie kładzie się, zmieniając zwykłą szczoteczkę w falujący wachlarz.

Słyszę ciche bębnienie, w miarę jak bije jej ogon. Tymi ruchami wystukuje na pniu drzewa ostrzegawczy rytm. Widziałem to trzepotanie ogona wiele razy, ale nigdy nie byłem na tyle blisko, lub otoczenie nie było wystarczająco ciche, bym mógł usłyszeć jego subtelne stukanie. To nie tylko konsekwencja moich słabych zdolności obserwacji; prawdopodobnie po prostu nie ja jestem adresatem sygnału. Delikatne bębnienie słabo niesie się w powietrzu, ale wibracje skutecznie przenoszą się przez drewno. Inne wiewiórki, znajdujące się akurat na tym drzewie, a zwłaszcza te ukryte w jego dziuplach, usłyszą ostrzeżenie zarówno uszami, jak i łapami.

Wiewiórka w podskokach schodzi na dół, na przemian bębniąc ogonem i sadząc energiczne susy po pniu. Jest już na ziemi, przebiega na drugą stronę pnia i wystawia głowę zza niego, by spojrzeć na mnie po raz ostatni. Następnie ucieka, z triumfalnie trzymanym w pyszczku orzechem.

Ta bębniąca wiewiórka nie była tam sama. W odległości pięciu metrów ode mnie jest ich przynajmniej cztery na ściółce i jeszcze więcej na gałęziach. Rosnący w sąsiedztwie mandali orzesznik jest jednym z kilku drzew na tym skrawku lasu, które ciągle jeszcze ma orzechy, co czyni go atrakcyjnym dla wiewiórek. To, czy przetrwają zimę, zależy od ich tkanki tłuszczowej i zapasu orzechów. Rywalizacja o łupy wywołuje trzask liści i piskliwe trajkotanie.

Gdy siedzę tak i słucham, popołudnie powoli zmienia się w wieczór. Odgłosy zabieganych wiewiórek narastają i opadają na tle łagodnie wybrzmiewających tryli świerszczy. Gdy zaczyna się ściemniać, pojawia się nowy dźwięk. Dochodzi z jakiegoś miejsca za mną, położonego wyżej na zboczu. Nie mam ochoty odwracać się i zaskakiwać zwierzęcia, więc siedzę nieruchomo, skupiając się na samych odgłosach. W przeciwieństwie do wiewiórczego trajkotania i szurania nosem po liściach, ten dźwięk jest ciągłym, nieprzerwanym i narastającym szumem, jakby po ściółce toczyła się wielka kula. Wzmaga się coraz bardziej. Kieruje się bezpośrednio w moją stronę, a ja czuję przyływ lekkiego zaniepokojenia. Powoli skręcam szyję,

licząc, że uda mi się ukradkiem zerknąć.

Przez ściółkę wiosłuje dwanaście łap. W moją stronę toczą się trzy szopy. Ich marsz jest skupiony, spokojny i celowy. Zdają się zsuwać po zboczu, jakby były ssaczymi gąsienicami, błyszczące srebrzystą szarością. Są nieco mniejsze niż dorosłe osobniki, które widuję w tej okolicy. Być może są to tegoroczne młode, urodzone wiosną.

Siedzę dokładnie na przebiegu ich trasy. Podchodzą na niecały metr i gwałtownie przystają. Odwróciłem się w niewłaściwą stronę i zwierzęta są teraz poza zasięgiem mojego wzroku. Zamieniam się w słuch. Szopy sapią i węższą w miejscu, badając sprawę nosem. Mija pół minuty i jeden z nich delikatnie prychnie, z miękkim, soczystym kwiknięciem. Wtedy wszystkie trzy ruszają dalej, omijając mnie o metr. Nie dostrzegam w nich żadnych oznak niepokoju, gdy wchodzą wreszcie w moje pole widzenia, a następnie schodzą ze wzgórza.

Moją pierwszą reakcją było zaskoczenie, podekscytowanie obcymi dźwiękami, które ułożyły się w odgłosy szurającego tria. Następnie pojawiły się te miłe szopie pyszczki: ciemne aksamitne maski, okolone śnieżnobiałymi liniami; oczy w kolorze obsydianu; zaokrąglone, podskakujące wesoło uszy i smukłe noski. Wszystko to zawinięte w srebrne futro. Jedno nie ulega wątpliwości: te zwierzęta są urocze.

Zoolog we mnie natychmiast poczuł się zażenowany tymi myślami. Od przyrodnika oczekuje się, by wyrósł z takiego sposobu myślenia. „Urocze” jest dla dzieci i amatorów, zwłaszcza gdy mówi się o tak zwyczajnym zwierzęciu jak szop. Staram się widzieć zwierzęta takimi, jakie są – odrębnymi istotami, a nie projekcjami pragnień, które wyskakują nieproszone z mojej psychiki. Mimo to te uczucia tam były, czy mi się to podoba, czy nie. Chciałem wziąć szopa na ręce i połaskotać go pod brodą. Było to ostateczne upokorzenie dla mojego naukowego ego zoologa.

Darwin pewnie współczułby mi w mej niedoli; znał emocjonalną siłę twarzy. W pracy *O wyrazie uczuć u człowieka i zwierząt*, opublikowanej dekadę po dziele *O powstawaniu gatunków*, wyjaśniał, w jaki sposób na obliczach ludzi i zwierząt odmalowują się stany emocjonalne. Nasze układy nerwowe wypisują wewnętrzne uczucia na naszych twarzach, nawet jeśli nasz rozum wolałby je ukryć. Darwin twierdził, że wrażliwość na niuanse mimiki jest podstawowym elementem naszej istoty.

Brytyjski uczony skoncentrował się na mechanizmach nerwowych i mięśniowych, które przekładają emocje na mimikę, zakładając implícite, że obserwatorzy będą je poprawnie interpretować. W pierwszej połowie XX wieku Konrad Lorenz, jeden z pierwszych propagatorów ewolucyjnego badania zachowań zwierząt, sformułował założenie Darwina explicite. Lorenz analizował mimikę jako formę komunikacji, zastanawiając się nad korzyściami ewolucyjnymi, jakie zwierzęta mogą czerpać z wrażliwości na nią. Lorenz rozszerzył również analizę Darwina, rozważając, dlaczego pyski niektórych zwierząt wydają się ludziom atrakcyjne, a innych nie.

Doszedł do wniosku, że naturalna łączność, jaką odczuwamy na widok twarzy niemowląt, może wprowadzać nas w błąd, gdy patrzymy na zwierzęta. Postrzegamy zwierzęta o „niemowlęcych twarzyczkach” jako „urocze”, nawet jeśli tak naprawdę wcale nie nadają się do przytulania. Lorenz uważał, że duże oczy, łagodne rysy oraz proporcjonalnie duże głowy i krótkie kończyny pobudzają nas do instynktownego tulenia i głaskania. Nieuzasadnione uczucia pojawiają się również w wypadku innych rodzajów pyska. Wielbłądy ustawiają nosy powyżej poziomu oczu, co sprawia, że wydają się nam wyniosłe i pogardliwe. Orły cechują się krzaczastymi brwiami i wąskimi, zaciśniętymi wargami, wobec czego dostrzegamy w nich przywództwo, imperializm i wojnę.

Lorenz twierdził, że nasz odbiór zwierząt jest silnie zabarwiony prawidłowościami postrzegania twarzy ludzkich. Podejrzewam, że miał rację, ale to tylko część prawdy. Ludzie żyją

od milionów lat w interakcji ze zwierzętami. Zdążyliśmy chyba podłapać zdolność do dostrzegania, że szop nie jest niemowlęciem. Umiejętność ta dobrze nam się przysłużyła. Każdy spośród naszych przodków, który umiał poprawnie interpretować zagrożenie lub użyteczność różnych gatunków zwierząt, prawdopodobnie miał przewagę nad jednostkami pozbawionymi tego zoologicznego wyczucia. Podejrzewam, że nasze podświadome reakcje na zwierzęta są kształtowane w takim samym stopniu przez te przedwieczne kalkulacje, co przez niewłaściwe stosowanie zasad wypracowanych w toku ewolucji do oceny ludzkich twarzy. Lubimy zwierzęta, które nie stanowią dla nas zbyt wielkiego zagrożenia fizycznego: małe, o delikatnych szczękach i uległych oczach. Boimy się zaś tych, które patrzą na nas z góry, których wydatne pyski pęcznią od mięśni szczękowych, a długie kończyny pozwalają dogonić nas i obezwładnić. Ostatnim rozdziałem w długiej ewolucji naszych relacji ze zwierzętami jest udomowienie. Ludzie, którzy skutecznie współpracowali ze zwierzęcymi partnerami, pozyskali sobie psy myśliwskie, kozy na mięso i dla mleka oraz woły pociągowe. Rozwój rolnictwa wymagał wyrafinowanych umiejętności rozszyfrowywania cech różnych zwierząt.

Kiedy w moim polu widzenia pojawiły się szopy, z ewolucyjnych głębi zwojów mego mózgu przodkowie krzyknęli do mnie: „Krótkie nogi i delikatne szczęki, niewielkie ciało – te stworzenia nie stanowią dużego zagrożenia. A ciało wygląda na dobrze umięśnione, to przyzwoity posiłek. Nie okazują strachu, może byłoby fajnie trzymać jednego takiego; mają uroczę mordki, zupełnie jak małe berbecie”. Wszystko to wzbiera we mnie bezsłownie i zalewa mnie falą sympatii dla tych zwierząt. Później słowa próbują wyjaśnić budzącą się we mnie tęsknotę, ale pierwotny proces przyciągania występuje poniżej progu rozumowego, usytuowany pod słowami i językiem.

Może więc nie powinienem czuć się aż tak zażenowany swoją natychmiastową i silną sympatią do tych zwierząt. To, co zinterpretowałem jako afront dla moich aspiracji do naukowego wyrafinowania zoologa, było w rzeczywistości lekcją na temat mojej własnej zwierzęcej natury. *Homo sapiens* jest gatunkiem czytającym mimikę. Przez całe życie płyniemy na falach emocjonalnych ocen, wyciągając błyskawiczne, podświadome wnioski za każdym razem, gdy widzimy jakąś twarz. Szopy zaszokowały mnie w psychologicznie absurdalny sposób, wprawiając mój świadomy umysł w konsternację. Jednak moja reakcja była po prostu powieleniem reakcji, których doświadczam dziesiątki lub setki razy dziennie.

Gdy szopy powoli znikają z mojego pola widzenia, szeleszcząc w ściółce, wyczuwam, że moja obserwacja lasu staje się lustrem, w którym widać moją własną naturę; lustrem, które jest tutaj mniej zamglone niż w syntetycznym świetle nowoczesności. Moi przodkowie żyli we wspólnocie ze zwierzętami lasów i łąk przez setki tysięcy lat. Jak u wszystkich gatunków, mój mózg i psychiczne preferencje zostały ukształtowane przez te tysiąclecia ekologicznych oddziaływań. Ludzka kultura modyfikuje, łączy i przemienia moje predyspozycje psychiczne, ale ich nie usuwa. Gdy wracam do lasu – choć bardziej w charakterze obserwatora, niż pełnoprawnego uczestnika wspólnoty – to psychiczne dziedzictwo zaczyna się objawiać.

5 listopada

Światło

Odgłos moich kroków zdecydowanie zmienił się w tym tygodniu. Dwa dni temu ściółka leśna pokryta była grubą warstwą suchych liści. Nie można było poruszać się cicho. Chodziło się jakby po polu pokrytym zgniecionymi, szeleszczącymi skrawkami celofanu. Dzisiaj nie słychać już chrupania deptanych jesiennych liści. Deszcz rozprężył ich napięte skrzydła. Zwierzęta stawiają nieme kroki na mokrym, wygłuszonym podłożu.

Deszcz spadł po trwającej tydzień suszy, toteż wszystkie lubujące się w wilgoci zwierzęta ze ściółki wy dostały się na powierzchnię po wielu dniach ukrycia. Najbardziej wyróżnia się wśród nich nagi ślimak, który prześlizguje się po łacie szmaragdowego mchu. Widziałem już takie ślimaki w innych częściach lasu, ale po raz pierwszy zauważyłem jednego z nich w mandali i po raz pierwszy widzę, by ujawniał się w samym środku dnia. Inaczej niż tzw. ślimaki europejskie, które masowo nachodzą tu okoliczne ogrody, ten gatunek jest miejscowy i żyje tylko w swoim pierwotnym leśnym środowisku.

Znany nam ślimak europejski ma na grzbiecie siodełko, umieszczone tuż za głową. Ten gładki kawałek skóry to tzw. płaszcz, okrywający jego płuca i narządy rozrodcze. Rdzenny ślimak napotkany w mandali należy do rodziny *Philomycidae*. Jej członkowie, w przeciwieństwie do ślimaków z Europy, mają płaszcz pokrywający im całe ciało niczym lukrowa polewa na eklerce. Zatem te ślimaki wyglądają nieco bardziej przyzwoicie niż ich europejscy kuzyni, którzy sprawiają wrażenie po prostu nagich. Rozciągnięte siodełko stanowi też płótno dla pięknych malowideł. Ślimak w mandali jest matowosrebrzysty, a na tym tle rysuje się czekoladowy w kolorze ornament – cienka linia, pociągnięta wzdłuż grzbietu, z odnogami sięgającymi do krawędzi siodełka.

Na zielonym, wilgotnym od deszczu mchu ślady zostawione przez ślimaka rzucają się w oczy i zdecydowanie wyróżniają. Gdy mięczak ześliznął się na pokryty porostem kamień, efekt jest odmienny. Kolor i forma zlewają się z różnobarwnym podłożem. Piękno zostało zachowane, ale jest to zakamufłowane piękno przynależności.

* * *

Obserwację ślimaka przerywa mi odgłos ulewy bijącej w korony drzew. W roztargnieniu nakładam kurtkę przeciwdeszczową, nie spuszczając z oczu ślimaka. Dałem się jednak nabrać – to nie był deszcz, tylko odgłos osypywania się zrzucanych przez wiatr liści. Nawałnica się kończy, dodając kolejną warstwę do coraz grubszej ściółki w obrębie mandali. Większość pokrywających ziemię liści pojawiła się tu w ciągu kilku ostatnich dni, gdy ich kurczowe trzymanie się gałązek zostało ostatecznie przerwane z powodu dodatkowego ciężaru deszczowej wilgoci. Dwa dni temu orzesznik i klon lśniły grubą warstwą brązowo-złotych liści. Dzisiaj zostało ich ledwie kilka, pancierz korony zniknął.

W końcu rzeczywiście zaczyna się śnieg. Zaczyna się od grubych, zimnych, rozpryskujących się kropli, które następnie przekształcają się w równy deszcz. Spadają kolejne liście. Rzekotka drzewna głośno rechocze na dębie, witając opad czterema zaśpiewami. Świerszcze milczą. Ślimak kontynuuje swoją wędrówkę; czuje się świetnie na śliskim podłożu.

Opatulam się kurtką, odczuwając niespodziewaną estetyczną ulgę w tym

przedzierzającym się lesie. Nie brzmi to zbyt rozsądnie – jesienne deszcze zapowiadają przecież chłody i zwijanie się życia na zimę. Jednak powróciło coś, czego brakowało latem. Gdy wpatruję się przed siebie poprzez krople deszczu, zdaję sobie sprawę, że moją uwagę przyciąga światło pod pozbawionymi liści drzewami. Zdaje się, że głębiej, pełniej ogarniam las wzrokiem. Czuję się uwolniony od ograniczeń oświetlenia, których nawet nie byłem świadom.

Rośliny zielne rosnące w obrębie mandali także sprawiają wrażenie, jakby dostrzegły tę zmianę. Słodki marchewnik anyżowy, który pięknie rósł późną wiosną, a wiął w miarę postępu lata, teraz wypuścił świeże pędy. Każdy egzemplarz ma kilka skupisk koronkowych listków. Prawdopodobnie te niskie rośliny robią użytek z kilku dodatkowych dni fotosyntezy w przerzedzonym lesie. Mimo że dni są teraz krótkie, do powierzchni mandali dociera wystarczająca ilość światła, by uzasadnić inwestycję w nowe pędy.

Bez parasola z rosnących na drzewach liści podłoże lasu jest jaśniejsze. Ale moja reakcja, jak podejrzewam, podobnie jak reakcje roślin zielnych, wynika również z postaci i jakości tego światła, a nie tylko jego większej intensywności. Utrata liści spowodowała, że spektrum światła się poszerzyło, wyswobodziło malarską rękę lasu.

Letnie światło jest ograniczone, wtłoczone w wąskie spektrum. W cieniu głębokiego lasu króluje światło żółto-zielone; wszelkie błękity, czerwienie i fioleto są wygaszone, podobnie jak odcienie powstające w wyniku mieszania się tych barw z innymi. Przebijające się przez korony drzew światło słoneczne jest przede wszystkim pomarańczowożółte, lecz przesmyki są tak wąskie, że nie widać błękitu nieba ani bieli chmur. W okolicy większych prześwitów w koronach drzew paprotne cienie są akcentowane pośrednimi kolorami z nieba, ale miedziana głębia słońca przebija się tu rzadko. Życie pod letnim baldachimem gęstego listowia toczy się w promieniach uboższego zestawu światła scenicznych.

Teraz czerwienie, fioleto, błękity, pomarańcze mogą mieszać się w tysiące tonów i odcieni. Popielate niebo, piaskowe i szafranowe liście, niebiesko-zielone porosty, srebrne i sepiove ślimaki, konary drzew w sjenach, ochrach i grafitach. Galeria Narodowa lasu udostępniła swoje zbiory. Po sezonie na żółto-zieloną paletę słoneczników Van Gogha i stawu liliowego Moneta – dzieł mistrzowskich, lecz będących tylko ułamkiem kolekcji – możemy przechadzać się po salach nasyconych pełną głębią i całym spektrum wizualnych doświadczeń.

Ta silna nieświadoma ulga, jaką odczułem wobec zmiany światła panującego w lesie, zdradza coś na temat naszego zmysłu wzroku. Pożądamy licznych odmian światła. Zbyt długi czas spędzony w jednym plenerze sprawia, że szukamy innego. Być może to właśnie wyjaśnia zmysłowe znudzenie osób żyjących pod niezmiennym niebem. Monotonia wyblakłego, słonecznego nieba lub nieustępujących chmur pozbawia nas różnorodności, za którą tęsknimy.

* * *

Środowisko świetlne mandali wpływa nie tylko na moje ludzkie poczucie estetyki. Od światła uzależniony jest wzrost roślin, a także żywność i rozmnażanie się większości zwierząt. Wrażliwość na zmiany w oświetleniu stanowi więc istotny aspekt życia leśnych stworzeń. Żyjące na dnie lasu rośliny zielne rozrastają się jesienią i łapią fale świetlne, które były wcześniej przechwytywane przez liście drzew. Gałęzie drzew wykorzystują natężenie i kolor światła, by kierować się w stronę słonecznych prześwitów, a z dala od innych gałęzi. Wewnątrz komórek roślinnych pochłaniające światło cząsteczki na bieżąco reagują na zmiany w oświetleniu, budując się i rozkładając w miarę potrzeb.

Zwierzęta także dostosowują zachowanie do zmian w oświetleniu. Niektóre pająki korygują kolor swoich sieci zgodnie z jasnością i ubarwieniem różnych części lasu. Rzekotki drzewne wtapiają się w otoczenie, przesuując wyżej lub niżej pigmenty w swojej skórze, przez

co zmieniają jej barwy i ich natężenie zależnie od powierzchni, na której siadają. Chcące się pokazać ptaki szukają takiego świetlnego otoczenia, które uwydatnia kolory ich piór.

Ptaki o czerwonym upierzeniu mają szczególnie duże pole do popisu w koronach drzew i pod nimi. Na kartach atlasu kardynały i pirangi szkarłatne wyglądają na jaskrawe i krzykliwe. Jednak w zielonkawym półmroku lasu czerwona część spektrum światła słabnie. „Jaskrawoczerwone” ptaki wydają się w leśnym cieniu ciemne i niewyraźne. Ale gdy tylko pojawiają się w miejscu dobrze oświetlonym słońcem, kolory nabierają wyrazu i ich upierzenia olśniewa. Przeskakując z miejsc oświetlonych w ocienione, czerwone ptaki leśne w jednej chwili zmieniają swój charakter – z szarych myszek w diwy. Z mojego doświadczenia wynika, że z tego triku bardzo chętnie korzystają dzięcioły. Wszystkie siedem gatunków tego ptaka ma czerwone grzebienie lub korony i wszystkie po mistrzowsku operują warunkami oświetlenia. Gdy pożywiają się w spokoju, praktycznie nie daje się ich zlokalizować, ale gdy zaznaczają swe panowanie nad kawałkiem lasu lub odbywają gody, są jak płonące pochodnie o zmierzchu – nie do przeoczenia.

Bogate upierzenie budzi zachwyt, ale nie stanowi największego osiągnięcia w mistrzowskim przystosowaniu zwierząt do panującego oświetlenia. Dużo trudniej jest zejść z widoku. Zakamuflowane zwierzę nie tylko musi naśladować ton i odcień swojego otoczenia, lecz także odtworzyć na sobie wzór i fakturę podłoża. Wszelkie niedociągnięcia wywołują wizualny dysonans i narażają kamuflaż na fiasko. W lesie można się wyróżnić na tysiące sposobów, ale jest tylko kilka, żeby się dobrze ukryć.

Ewolucja kamuflażu to misterny proces, w którym ogromną rolę odgrywają detale otoczenia. Dlatego też gatunki zwierząt, których życie toczy się w otoczeniu jednorodnym wizualnie – na przykład émy zamieszkujące tylko orzeszniki – z większym prawdopodobieństwem rozwiną kamuflaż niż gatunki, które poruszają się między różnorodnymi pod tym względem środowiskami, takie jak émy, które z orzesznika przelatują na gałęzie klonu lub lindery. Ruchliwe gatunki stawiają więc na inne formy obrony – szybkość ucieczki, szkodliwe substancje chemiczne lub kolce.

Dla gatunków korzystających z kamuflażu ukrywanie się w obrębie jednego mikrosiedliska jest znakomitą adaptacją na krótką metę. W dłuższej perspektywie może jednak okazać się pułapką, gdyż losy tych gatunków zostają związane z ich otoczeniem. émy idealnie ukrywające się wśród orzeszników, cieszą się tak długo, póki mają do dyspozycji odpowiednio wiele tych drzew, ale gdy populacja orzeszników spada, émy te, dysponujące niewieloma innymi metodami ochrony, stopniowo padają ofiarą bystrookich ptaków, które dostrzegają je w innym otoczeniu. Zresztą nawet jeśli orzeszniki nadal obficie porastają lasy, wyspecjalizowane w bytowaniu na nich émy podlegają ograniczeniom środowiskowym, a ich ewolucja w kierunku nowych sposobów życia jest mniej prawdopodobna. Ich kuzyni, którzy wykorzystują inne metody ochronne, mogą szukać nowych siedlisk, nie ryzykując surowej kary, którą pociąga za sobą nieudany kamuflaż. Pod pewnymi więc względami podręcznikowy przykład ewolucji kamuflażu – angielskie émy krępak nabrzozak, które wypracowały sobie ciemne skrzydła, gdy drzewa w ich środowisku zmieniły kolor z popielatych na kruczoczarny – nie stanowi najlepszego przykładu ewolucyjnych nacisków, jakich doświadczają émy. Rzadko kiedy szczęśliwa mutacja pozwala używającemu kamuflażu zwierzęciu przestawić się tak łatwo. Złożoność widzialnego środowiska oraz zaawansowanie oczu drapieżników sprawiają, że ewolucja kamuflażu jest najeżona większymi trudnościami i ograniczona liczniejnymi uwarunkowaniami, niż czytamy w podręcznikach.

Kolory ślimaka, który lawiruje przez mandalę, odpowiadają barwom porostów i mokrych liści, po których się porusza. Ta bezpośrednia forma kamuflażu jest spotęgowana przez dalsze

sztuczki optyczne. Nieregularne plamy ciemnego pigmentu, które spływają z krawędzi siodełka, sprawiają, że kontur ciała ślimaka zostaje zachwiany. Te urywane wzory zwodzą wzrok, sprawiając wrażenie, że ciało kończy się w innym miejscu niż naprawdę, zakłócając tym samym procesory neuronalne w oczach i mózgach drapieźników i ukrywając prawdziwą krawędź ciała zwierzęcia w pozornie nieistotnych mazach. Takie zwodzenie systemów wykrywania kształtów jest zaskakująco skuteczne. Eksperymenty z udziałem ptaków wykazały, że zakłócone wzory, utworzone nawet w krzykliwych kolorach, mogą dorównać zwykłemu kamuflażowi polegającemu na dostosowaniu kolorów do otoczenia, a nawet go przewyższyć.

Zakłócenie wzoru nie jest uzależnione od dokładnego dostosowania się zwierzęcia do kolorystyki i faktury otoczenia. Dlatego zwierzęta używające tego sposobu mogą ukrywać się w różnych środowiskach, unikając ograniczeń, jakim podlegają gatunki, których kamuflaż idealnie odpowiada tylko jednemu siedlisku. Idąc po zielonym mchu, ślimak nadal jest chroniony, chociaż nie ma na swoim ciele ani jednej zielonej plamki. Jego iluzjonistyczne krawędzie sprawiają, że nie da się w nim rozpoznać prawdziwego kształtu jadalnego ślimaka. Dopiero dłuższe wpatrywanie się może ujawnić podstęp. Jednak drapieźniki, przebiegające wzrokiem wielkie obszary, nie mogą sobie pozwolić na godzinne skupienie się na pojedynczej kępcie mchu, tak jak ja to zrobiłem.

Oczywiście drapieźniki nie są pozbawione własnych środków zaradczych. Tym optycznym pojedykiem między drapieźnikiem a jego ofiarą można po części wytłumaczyć pewne osobliwości fizjologii ludzkiego wzroku. Wojskowi eksperci z czasów drugiej wojny światowej zauważyli, że żołnierze nierozróżniający kolorów rozpoznają zakamuflowanego przeciwnika lepiej niż ich pozbawieni tej wady wzroku towarzysze. Późniejsze eksperymenty potwierdziły, że osoby cierpiące na dichromatyzm, czyli daltonizm (mają one w oku dwa typy receptorów barw, myląc kolor zielony z czerwonym), lepiej rozpoznają kamuflaż wroga niż osoby trichromatyczne (mające trzy typy receptorów, co jest sytuacją najbardziej powszechną). Daltoniści dostrzegają granice różnych faktur, natomiast umykają one trichromatom, wprowadzanym w błąd przez zmienność kolorów.

Lepsze zdolności wykrywania wzorów wśród daltonistów mogą wydawać się osobliwym, lecz mało istotnym wybrykiem nieszczęśliwej mutacji. Jednak dwa fakty przeczą takiemu pogładowi. Po pierwsze, częstość występowania daltonizmu wśród ludzi – od dwóch do ośmiu procent populacji mężczyzn (daltonizm jest silniej sprzężony genetycznie z płcią męską) – jest znacznie wyższa, niż można by oczekiwać, gdyby było to błędne przystosowanie. Aż taka powszechność występowania tego genu sugeruje, że ewolucja mogła w pewnych okolicznościach faworyzować tę cechę. Po drugie, wśród naszych kuzynów małp, zwłaszcza tych z Nowego Świata, także znajdujemy daltonistów i trichromatów w obrębie jednego gatunku. Ci pierwsi stanowią co najmniej połowę populacji, co potwierdza podejrzenie, że dichromatyzm nie jest przypadkową wadą. Eksperymenty przeprowadzone na małpach szerokonosych ujawniły, że daltoniści mają przewagę nad trichromatami, gdy światło jest przytłumione – być może dzięki temu, że dostrzegają wzory i fakturę powierzchni, której nie rozpoznają trichromaci. W jasnym świetle natomiast sytuacja się odwraca – trichromaci szybciej znajdują dojrzałe czerwone owoce niż daltoniści. Różnorodność sposobów widzenia światła u tych małp może więc stanowić odbicie różnorodności oświetlenia w lesie.

Małpy Nowego Świata zazwyczaj żyją w stadach, a posiadanie osobników z różnymi możliwościami wzrokowymi w obrębie jednej grupy przyczynia się do jej pomyślności, gdyż dzięki temu stado znajduje pożywienie w różnych warunkach. Nie wiadomo, czy to samo wytłumaczenie można odnieść też do ludzi. Niemniej nasza ewolucja również dokonywała się w społecznym kontekście życia grupowego, zatem możliwe, że daltonizm występuje u nas

obecnie z powodu dawnego doboru naturalnego. Być może grupy, do których należało też kilku daltonistów, radziły sobie lepiej niż złożone wyłącznie z trichromatów, co przekazywało genetyczną skłonność do dichromatyzmu kolejnym pokoleniom. Są to bardzo ciekawe rozważania, jednak jak dotąd nikt nie sprawdził eksperymentalnie ludzkiego wzroku w warunkach zbliżonych do panujących wśród naszych przodków.

* * *

Moja reakcja na zmianę oświetlenia w lesie była podświadoma i przejawiała się w sferze estetyki. Kuszące jest odrzucenie takich estetycznych reakcji jako zachowań wyłącznie ludzkich, bez związku z lasem. Cóż może być mniej naturalnego niż kultywowane gusta cywilizowanego człowieka? Okazuje się jednak, że nasza wrażliwość estetyczna jest odbiciem ekosystemu leśnego. Nasze wyczulenie na ton, barwę oraz intensywność światła jest powiązana z naszym ewolucyjnym dziedzictwem. Nawet zróżnicowanie zdolności wzrokowych ludzi może być echem środowiska życia naszych praprzodków.

Żyjemy w cywilizowanym świecie, w którym światło ma zwykle subtelność migającego ekranu monitora lub billboardu. Zmieniające się jesienią oświetlenie mandali obudziło we mnie świadomość subtelniejszych cech światła w lesie. Późno zwracam na nie uwagę. Marchewnik anyżowy zauważył je wiele tygodni przede mną i wypuścił nowe listki. Liczne pokolenia doboru naturalnego dały ślimakowi znajomość światła i wymalowały znaki na jego siodełku. Pająki, kardynały, dzięcioły i rzekotki wiedzą, jak las jest w danym czasie oświetlany, i dostosowują do tego swoje zachowanie, sierść, upierzenie, skórę. W miarę jak deszcz zmywa z drzew kolejne złote liście, również ja zaczynam widzieć.

15 listopada

Krogulec zmienny

Wkraczamy w kolejny sezon. Do mandali wrócił lód, pokrywając liście nisko rosnących ziół mieniącymi się kryształkami. Przez jakiś tydzień mróz skuwał korony drzew, ale po raz pierwszy tej jesieni sięgnął ziemi. W przeciwieństwie do drzew liściastych, zrzucających liście, aby uniknąć uszkodzenia ich przez mróz, wiele ziół utrzymuje się przez zimę, napelniwszy swoje komórki cukrami, które działają jak odmrażacz. Zalewają też liście fioletowym pigmentem, chroniącym komórki przed światłem słonecznym w okresie, kiedy pochłaniająca je dotychczas maszyna została zamrożona. Zioła, które poprzednio były całkowicie zielone, przylaszczka i *Polymnia canadensis*, są obecnie obszyte głębokim fioletem na znak zbliżającej się zimy. Liście te utrzymają się przez cały sezon, w ciepłe dni starając się uszczknąć odrobinę fotosyntezy, i obumrą, gdy tylko zastąpi je świeży wiosenny wzrost.

Choć poranki są mroźne, w mandali jest wciąż mnóstwo zwierząt. Gdy w ciągu dnia rośnie temperatura, w powietrzu aż roi się od małych owadów, a w ściółce nadal aktywne są mrówki, stonogi i pająki. Te bezkręgowce są bogatym źródłem pożywienia dla ptaków, z których wiele przybyło tu niedawno, uciekając przed śnieżycami, odcinających im dostawy żywności w lasach położonych bardziej na północ. Jeden z nich, strzyżyk amerykański, przyleciał, gdy siedziałem w mandali. Wylądował obok mnie i zaczął szturchać swoim cieniutkim dziobem fałdy mojej torby i rąbek kurtki, a następnie rzucił się na krzew kaliny. Tam zwisał z gałązki, przyglądając mi się jednym czarnym okiem, z przechyloną głową, a potem poderwał się i przefrunął w płataninę powalonych gałęzi kilka metrów dalej. Jego małe ciemne ciało zniknęło w gęstwinie, poruszając się bardziej jak mysz niż ptak. Klekoczące śpiewy tych strzyżyków trwały co najmniej tydzień, ale mam szczęście, że zostałem obejrzany przez tego ptaka z tak bliska. Zwykle są one o wiele bardziej nieufne.

W odróżnieniu od migrujących lasówek, które opuściły mandalę i przebywają obecnie w Ameryce Środkowej i Południowej, strzyżyki udają się w stosunkowo krótką podróż, przez całą zimę kręcąc się po lasach Ameryki Północnej. Na ogół jest to skuteczna strategia, oszczędzająca kosztownego lotu transkontynentalnego i pozwalająca na szybki powrót w miejsce składania jaj. Jednak upodobanie strzyżyków do zbierania żywności z ziemi i powalonych drzew utrudnia im przetrwanie szczególnie ciężkich zim. Połączenie mrozu i głębokiego śniegu w południowych lasach powoduje drastyczne spadki ich populacji w niektórych latach.

Ta wizyta ciekawskiego strzyżyka była moim drugim spotkaniem z nietypowym ptakiem tego dnia. Gdy szedłem przez las, z centrum mandali wystrzeliła pionowo w górę błyskawica kobaltowego błękitu. Skrzydła i ogon krogulca zmiennego rozpostarły się, gdy ptak wzbił się w powietrze, w mgnieniu oka unosząc się na wysokość sześciu metrów. Skrzydła zatrzepotały, ciało wyrównało położenie w powietrzu i po krótkim łukowatym locie ptak usiadł na gałęzi klonu. Siedział tam przez chwilę, trzymając swój długi ogon pionowo, po czym zsunął się wzdłuż zbocza ze skrzydłami i ogonem ułożonymi nieruchomo w literę T.

Jak kamyk sunący po lodzie, lot ptaka wydaje się płynny i niewymagający wysiłku. Kiedy zniknął mi z oczu w gąszczu drzew, boleśnie poczułem krótką smycz grawitacji, więżącą mnie przy ziemi. Jestem jak kamień, toporny głaz.

* * *

Maestria krogulca wynika z idealnej proporcji między jego wagą i mocą. Krogulec zmienny waży pewnie dwieście gramów, czyli kilkaset razy mniej ode mnie. Jego mięśnie w obrębie klatki piersiowej mają kilka centymetrów grubości, są więc bardziej mięsiste niż na wielu ludzkich klatkach piersiowych i stanowią jedną szóstą ciężaru ptaka. To ich skurcz sprawia zatem, że ptak gwałtownie wzbija się w powietrze, jak piłka plażowa kopnięta w niebo silną nogą.

Ludzie starali się naśladować krogulce, ale średniowieczni skoczkowie z wież – czy hippisi odlatujący po LSD – niezmiennie otrzymywali tę samą twardą odpowiedź na swe tęsknoty za swobodą przestworzy. Jedynie przekraczając ograniczenia naszego ciała przez zastrzyk mocy z energii paliw kopalnych, możemy urwać się ze smyczy, który trzyma nas na ziemi. Gdybyśmy chcieli to zrobić siłą własnego ciała, musielibyśmy dokonać w nim groteskowych modyfikacji: albo mięśnie piersiowe musiałyby zyskać grubość dwóch metrów, albo niewyobrażalnie zmniejszona musiałaby zostać wielkość pozostałej części ciała. Jesteśmy zbyt słabi jak na swoje ołowiane ciała. Historia lotu Ikara z Krety może być zatem pouczająca w kwestii pychy, ale źle tłumaczy aerodynamikę. Grawitacja nauczyłaby Ikara pokory na długo, zanim słońce wymierzyłoby swój sąd, topiąc jego przypięte skrzydła z wosku i piór.

Bilansowanie masy z mocą ciała jest podstawą całej biologii ptaków. Zwierzęta lądowe noszą swoje narządy rozrodcze przez cały rok, tymczasem jądra i jajniki ptaków ulegają atrofii po okresie składania jaja, kurcząc się do maleńkich drobin tkanki. Ptaki rezygnują także z zębów na rzecz cienkiego jak papier dziobu i rozdrabniającego pokarm żołądka. Odchody na szybach samochodowych są kolejnym elementem ptasiej strategii. Wydalanie białych kryształów kwasu moczowego zamiast wodnistego mocznika sprawia, że mogą zrezygnować z ciężkiego pęcherza.

Ponadto ciało ptaków jest tylko częściowo materiałem litym. Znaczna jego część jest wypełniona pęcherzykami powietrza, a wiele kości jest pustych w środku. Te rurkowe kostki obdarzyły ludzi niespodziewanym prezentem. Archeolodzy odkryli w Chinach flety sprzed dziewięciu tysięcy lat, wykonane z kości skrzydeł żurawia mandżurskiego. Flety zrobiono, wierząc otwory w kościach, przez co powstała skala tonów podobna do nowożytnej zachodniej „do, re, mi”. W ten sposób neolityczni artyści zdołali przekształcić magię lotu w inne płynące w powietrzu rozkosze.

Lekkość krogulca – zrobionego jakby z folii bąbelkowej – otrzymuje dodatkowy impuls w ruchu wzwyż od fizjologii jego grubych mięśni piersiowych. Ponieważ ciała ptaków funkcjonują w wysokich temperaturach, powyżej czterdziestu stopni Celsjusza, cząsteczki składające się na mięśnie reagują żwawo i energicznie, podwajając siłę skurczów mięśni w porównaniu do ospałych skurczów u ssaków. Mięśnie ptaków są usiane naczyniami włosowatymi, doprowadzającymi krew z serca, które jest proporcjonalnie dwukrotnie większe niż u ssaków i o wiele bardziej efektywne niż przeciekająca pompa ptasich przodków – gadów. Krew jest natleniana przez wyjątkowe, jednokierunkowe płuca ptaka, który wykorzystuje pęcherzyki powietrza w reszcie ciała jako miechy, utrzymujące przez cały czas dopływ świeżego powietrza do wilgotnej powierzchni płuc.

Cała ta imponująca fizjologia służy nie tylko zwyczajnym lotom. Krogulec odstawia wręcz balet w powietrzu. W ciągu zaledwie dziesięciu sekund zatrzymał gwałtowne nurkowanie, uniósł się pionowo przy jednoczesnym obrocie, podążył w nowym kierunku, podbił się trzepoczącymi skrzydłami i poleciał łukiem wznoszącym, kończąc idealnym lądowaniem w nieruchomej pozycji, postawiwszy nogi na gałęzi klonu. Precyzja i piękno lotu ptaków jest nam tak dobrze znana, że aż powszednie. Tymczasem powinniśmy zastygać w zdumieniu, widząc lądowanie kardynała na karmniku lub wróble śmigające wśród samochodów na parkingu.

Przechodzimy obok tych cudów, jakby kręcenie piruetów przez zwierzę w powietrzu nie zasługiwało na specjalne uznanie, było czymś tuzinkowym. Spektakularny wzlot krogulca nad centrum mandali wybija mnie z tego letargu, zdzierając z oczu zaciemniające warstwy spowszednienia.

Ponieważ kości skrzydeł ptaków są ułożone podobnie jak nasze przedramiona, możemy sobie wyobrazić, przynajmniej częściowo, na czym polega podnoszenie i składanie skrzydeł ptaków. Ale pióra stanowią obcy nam dodatek, który wymyka się naszemu intuicyjnemu rozumieniu. Najbliższe ptasim piórom są u nas włosy, ale nasze proste, białkowe liny są niemrawe i pozbawione życia w porównaniu z wyrafinowaniem i sterowalnością ptasich piór. Każde pióro to wachlarz zazębających się ostrzy, ułożonych wzdłuż centralnego wspornika, osadki. Jest ona zakotwiczona w skórze kłastrem mięśni, których ptak używa do precyzyjnej regulacji położenia pióra. Skrzydło jest zatem skoordynowanym zestawem mniejszych skrzydeł, dając ptakowi niezwykłą, budzącą podziw kontrolę.

W trakcie lotu krogulca pióra odchylają powietrze w dół, wypychając skrzydło w górę. Ponadto powietrze szybciej przepływa po zakrzywionej do dołu wierzchniej powierzchni skrzydła, niż po wklęsłej spodniej. Szybko przepływające powietrze wywiera mniejsze ciśnienie, więc ptak uzyskuje kolejny ciąg wzwyż. Aby wylądować lub szybko zmienić tor lotu, krogulec ustawia skrzydła pod ostrym kątem, łamiąc swobodny przepływ powietrza. Turbulencja za skrzydłami działa wtedy jak hamulec, wsysając skrzydło do tyłu. Opanowanie tego mechanizmu przez krogulca jest tak niezwykle, że lądowanie w bezruchu na gałęzi wydaje się w jego wykonaniu fraszką.

Krogulec, którego spotkałem w mandali, odbywał właśnie polowanie. Gatunek ten żywi się głównie małymi ptakami, takimi jak strzyżyk amerykański, a szerokie i krótkie skrzydła pozwalają mu przeciskać się między gałęziami oraz znacząco przyspieszać w pościgu za ofiarą. Długi ogon służy jako płat steru, pozwalający lawirować przez płataninę lasu lub poderwać się, porywając sierpowatymi szponami małe ptaki. Za pomocą okazałych nóg krogulec wyciąga wszelką zdobycz, która umknie do dziupli czy między zarośla.

Budowa krogulca ma jedną wadę. Na tępych końcówkach zaokrąglonych skrzydeł tworzą się turbulencje, wywołując chaotyczne wiry powietrza. Te wiry hamują ptaka, sprawiając, że przedłużony lot wymaga od niego więcej energii niż od sokoła i innych gatunków o ostro zakończonych skrzydłach. Ponadto skrzydła krogulca nie są wystarczająco rozłożyste, aby umożliwić mu szybowanie w powietrzu, jak robią to sępy. Krogulec to ptak lasu, przemykający między sosnowymi i dębowymi gałęziami, a jego budowa nie jest przystosowana do długich lotów. Krogulce zmienne pokonują długie dystanse dzięki naprzemiennym krótkim okresom trzepotania skrzydłami i szybowania, co stanowi kompromis pomiędzy ciągłym machaniem sokoła a spokojnym dryfowaniem sępa. Jest to męczące zajęcie, krogulce muszą więc zatrzymywać się na popas i odpoczynek w przeciwieństwie do bardziej utalentowanych pod względem lotów długodystansowych ptaków.

Krogulce zmienne w Tennessee nie migrują, natomiast dołączają do nich kuzyni wycofujący się z obszarów położonych dalej na północ. Ten jesienny napływ zmalał w ostatnich latach. Naukowcy na początku podejrzewali, że spadek liczby migrujących krogulców wynika z zanieczyszczenia środowiska lub utraty przez nie siedlisk. Jednak chodzi raczej o coś innego. Coraz więcej krogulców zmiennych decyduje się po prostu pozostać w zimnych północnych lasach, zamiast udawać się na południe. Są w stanie tam przetrwać, trzymając się ludzkich osiedli i wykorzystując istotny nowy element w środowisku Ameryki Północnej: karmniki dla ptaków.

Nasza miłość do ptaków sprawiła wystąpienie nowej migracji. W miejsce udających się z północy na południe ptaków pojawiły się migrujące z zachodu na wschód rośliny. Płody tysięcy

hektarów ziemi byłej prerii ruszają na wschód USA w postaci milionów ton nasion słonecznika. Te obfite zapasy energii sączą się z drewnianych skrzynek i szklanych rurek, dodając stałe i nieprzemieszczające się źródło pożywienia do repertuaru nieprzewidywalnie zmieniających się zimowych warunków we wschodnich lasach. Krogulce zimowe zostają więc wyposażone w niezawodne spiżarnie, dzięki czemu las może im służyć za dom w zimie. Karmniki nie tylko wzbogacają leśne zasoby, ale – co ważniejsze – sprawiają, że ptaki śpiewające zbijają się w gromady, będące dogodnymi stacjami karmy dla jastrzębi.

Ten wyraz naszej tęsknoty za pięknem ptaków niesie dalekosiężne skutki, które obejmują prerie i lasy, w tym moją mandalę. Mniej migrujących z północy krogulców uczyniło życie trochę łatwiejszym dla krogulca spotkanego przeze mnie. Ponadto ogólnie zima staje się mniej groźna dla ptaków śpiewających, a może umacnia nawet populację strzyżyka amerykańskiego. Więcej strzyżyków może zmniejszyć populację mrówek lub pajaków, rozszerzając skutki na społeczność roślin, gdy wiosenne efemerydy oferują swoje nasiona mrówkom, oraz na społeczność grzybów, gdy spadek liczby pajaków zwiększy populację komarów roznoszących zarodniki grzyba.

Nie możemy wykonać żadnego ruchu bez wzburzenia wody, bez wywołania w świecie następstw swoich pragnień. Krogulec ucieleśnia te rozchodzące się fale konsekwencji, a cud jego lotu skłania nas do uważnego patrzenia. Nasze zakorzenienie w naturze zyskuje wspaniały, namacalny wyraz: odnajdujemy ewolucyjne pokrewieństwo w wachlarzowatym skrzydle; solidne, fizyczne połączenie z lasami i preriami północy; brutalność i elegancję łańcucha pokarmowego przeciągniętego przez las.

21 listopada

Gałązki

Gałęzie wiszące nad mandalą są całkowicie nagie. Ograniczają mi widok jasnego nieba maswerkciem ciemnych linii. Bezpośrednio nade mną, na niewiarygodnie cienkiej gałązce na szczycie drzewa klonowego balansuje wiewiórka. Jej tylne łapy chwytają się gałązki, a przednie oraz pyszczek sięgają skupisk nieopadniętych jeszcze nasion. Łuski nasienne i małe patyczki spadają w miejsce, nad którym przybywa zwierzę, głucho uderzając o ziemię. Również całe nasiona dryfują w dół, powoli obracają się na wietrze i lądują kilkadziesiąt metrów na zachód od mandali. Po raz pierwszy od kilka tygodni widziałem wiewiórkę na klonie. Ostatnio lepszy łup stanowiły duże, pełne tłuszczu orzechy orzesznika, ale już zniknęły i wiewiórka zajęła się mniej preferowanymi produktami.

Przedemną leży jedna z większych ofiar destrukcyjnego żerowania wiewiórki. Gałązka klonu ma długość połowy mojego przedramienia, a jej końcówka jest rozgałęziona na kilka skupisk pustych łodyg nasiennych. Początkowo szcegół ten umyka moim oczom, nieświadomie zbagatelizowany. Potem jednak wracam do niego wzrokiem i detal ten wybucha mi przed oczami. Grzyby nie zatarły jeszcze inskrypcji wypisanych na korze gałązki, więc historia tego kawałeczka drzewnej korony jawi się wyraźnie.

Ciemna kora gałązki usiana jest kremowymi ustami, ustawionymi tak, że wszystkie wagi otwierają się równolegle do długości gałęzi. Te ledwie widoczne gołym okiem plamki to przetchlinki, przez które powietrze przepływa do położonych głębiej komórek. Gdy młoda gałązka dojrzeje, a następnie zmienia się w pień, przetchlinki stają się mniej liczne i ukrywają się u podstawy pęknięć w korze. Młodsze gałązki muszą mieć bardzo dużo przetchlinek, by zaopatrywać swe aktywne, rosnące komórki, podobnie jak u człowieka płuca dziecka są proporcjonalnie większe w stosunku do całego ciała niż u dorosłego.

Większe nabrzmiałe rożki wyrastają z miejsc, gdzie wcześniej wychodziły pędy liści. Każda blizna liściowa ma z wierzchu mały pączek lub okrągłe wcięcie w punkcie, z którego wcześniej wyrastał. Z tych pąków wyrosną małe gałązki, z których większość umrze w ciągu roku. Pozornie to rozrzutny sposób rozwoju; po kilku latach tylko jedna lub dwie gałązki z tych setek pozostanie jako gruba gałąź. Ta ekstrawagancja to powszechny wątek w ekonomii życia. Nasz układ nerwowy również rozgałęzia się w złożoną sieć, a potem częściowo obumiera, wkraczając w prostszą postać dojrzałą. Podobnie jest z relacjami społecznymi. Z ciągłych sprzeczek pomiędzy członkami nowo utworzonego stada ptaków szybko wyłania się prostsza hierarchia, w ramach której ptaki kłócą się już tylko ze swoimi bezpośrednimi przełożonymi i podwładnymi.

Drzewa, nerwy i zależności społeczne są systemami, które kształtują się w nieprzewidywalnych warunkach. Nasiono klonu nie może wiedzieć, gdzie światło będzie najsilniejsze, sieć nerwowa – czego będzie musiała się nauczyć, czy pisklę – gdzie wypadnie jego miejsce w porządku stada. Dlatego drzewa, nerwy i hierarchie społeczne testują dziesiątki lub setki wariantów i wybierają najlepszy, dostosowując się do swego środowiska. Rywalizacja o światło decyduje o tym, które gałązki przeżyją, a które umrą; zróżnicowany pokrój drzew bierze się ze specyfiki tych setek drobnych wydarzeń. Drzewo rosnące w pełnym świetle na otwartej przestrzeni ma wiele gałęzi, które zaczynają wyrastać nisko przy ziemi i nadają mu

rozłożysty, krągły profil. Tutaj, w mandali, wskutek stłoczenia i konkurowania o światło drzewa mają mało nisko położonych gałęzi i gęste, cylindryczne korony. Proces ten jest analogiczny do ewolucji drogą doboru naturalnego, w którym kilka zwycięskich cech zostaje wybranych spośród tysięcy wariantów. Widać to gołym okiem w krótkim odcinku gałązki leżącej przede mną. Jej starsza część jest naga, odrzuciła już wszystkie swoje odgałęzienia, natomiast czubek rozgałęzia się w busz powyginanych zapalek.

Gładka skóra gałązki jest przerywana skupiskami drobnych bransoletek. Pierścienie te są bliznami pozostawionym przez łuski pączków, pokrywek o łyżeczkowatym kształcie, które chronią uspięte pąki przez całą zimę. Dbałość drzewa o to, by ochraniać swoje pączki, wyrzyna znaki upływającego czasu, pozostawiając coroczny pierścień blizn. Odstępy pomiędzy nimi pokazują żywotność wzrostu w danym sezonie. Licząc od czubka, gałązka klonu przyrosła o półtora centymetra w tym roku, tyle samo w ubiegłym, a sześć centymetrów w dwóch poprzednich latach. Najstarszy odcinek został odłamany przez wiewiórkę, ale pozostała część pokazuje kilkanaście centymetrów wzrostu. Ta gałązka spowalniała swój wzrost w ostatnich pięciu latach.

Przenoszę wzrok na łuski chroniące pączki w małych drzewkach w mandali. Czy opowiadają tę samą historię? Zielony jesion dorastający mi do kolan jest zwieńczony wspianym pączkiem, pyszniącą się koroną wykonaną z dwóch dużych płatków i otoczoną dwiema mniejszymi łezkami. Łuski pączka, które otaczają to cudeńko, są ziarniste, o kolorze brązowego cukru. Ślady po zeszłorocznych łuskach znajdują się zaledwie półtora centymetra niżej – w tym roku nie było znacznego przyrostu. Ubiegły rok był niewiele lepszy, ale rok wcześniej dał trzy centymetry wzrostu, a czteroletnie drewno jest bardzo długie, ma kilkanaście centymetrów. Czyżby wpłynęły na to chłody w ostatnich dwóch latach?

Mały klon na zachodnim brzegu mandali wykazuje tę samą prawidłowość, chociaż różnica między poszczególnymi latami jest mniej wyraźna. Natomiast schematy wzrostu klonu i jesionu kilka metrów na północ dalej są odmienne. Ich gałązki przez dwa lata urosły o ponad kilkanaście centymetrów. Drzewa te są obfite, zwłaszcza na gałęziach, które wychodzą na wschód. Przyrosty zależą więc od czegoś bardziej skomplikowanego niż jednolita reakcja na warunki atmosferyczne.

Różnorodność przyrostu jest częściowo spowodowana rywalizacją o światło wśród młodych drzew. Zmniejszające się tempo wzrostu jesionu w mandali może wynikać z bujnego wzrostu otaczających go starszych osobników oraz klonów. Cztery lata temu te starsze drzewa nie były jeszcze na tyle wysokie, aby rzucać cień na środek mandali. Ale w ciągu ostatnich trzech lat stopniowo coraz bardziej ją zacięły, głodząc jesion.

Przyrost roślin odzwierciedla także wydarzenia wykraczające poza lokalny wyścig po światło. W koronach drzew zaraz na wschód od mandali znajduje się spora dziura. Dwa lub trzy lata temu stary orzesznik pięciolistkowy przewrócił się, pociągając za sobą kilka mniejszych drzew. Nie byłem świadkiem tego upadku, ale widziałem inne. Zaczyna się to od dźwięku wystrzałów karabinowych, gdy drewno się nadłamuje, a jego pień puszcza. Potem jest głośny szum, gdy tysiące liści ocierają się o koronę innych drzew; dźwięk ten się wzmacnia, w miarę jak drzewo osuwa się coraz szybciej. Uderzenie pnia o ziemię jest podobne do efektu wielkiego basowego bębna, w równym stopniu słyszanego, co odczuwanego. Następnie dobiega fala aromatów. Rozerwane liście wydzielają mdląco słodką woń, która miesza się z cierpkim, mokrym zapachem drewna i kory. Jeśli drzewo zostało wyrwane z korzeniami, ziemia jest przeorana, a płatanina korzeni sięga nieraz na wysokość dwóch metrów. Zniszczenia są zdumiewające – mniejsze drzewa zostały przygniecione, winorośl ściągnięta z koron drzew, wszędzie leżą poturbowane konary. Dopiero patrząc na powalone drzewo, widzimy, jak ogromne

są to organizmy, niczym wyrzucone na brzeg wieloryby. Upadek potężnego drzewa może stworzyć w lesie wyrwę wielkości kilku domów, zwłaszcza jeśli pociągnie za sobą inne drzewa.

Gdy upada drzewo, do lasu wlewa się światło. Sadzonki, które nie zostały zgniecione lub uduszone przez powalone drzewo, zostają skąpane światłem i szybko rosną. Długo na to czekały. Choć są małe i wyglądają młodo, niektóre z nich mogą mieć dziesiątki lub setki lat. Rosły powoli w cieniu, co kilka lat powracały do korzeni, a następnie rozgałęziały się ponownie, czekając, aż otworzy się jakaś luka i się wyswobodzą.

W lukach koron drzew zmienia się także jakość światła. Liście absorbują pewne długości fal świetlnych lepiej niż inne. W szczególności dobrze pochłaniają światło czerwone, ale „jeszcze czerwieniejsze” światło przez nie przechodzi. Ta podczerwień jest niewidzialna dla ludzi, ponieważ długość jej fali jest zbyt duża dla receptorów w naszych oczach. Ale rośliny „widzą” zarówno światło czerwone, jak i podczerwień. Rosnące gałązki wykorzystują względne proporcje tych dwóch długości fal światła, aby stwierdzić, w jakiej odległości od innych roślin się znajdują. Pod koronami drzew i w ścisłości zdecydowanie dominuje podczerwień, ponieważ rośliny pochłaniają większość światła czerwonego. Za to pod gołym niebem proporcja się zmienia. Gałązki reagują na to, modyfikując swoje kształty, rozkładając się szeroko i wyciągając końcówki do światła.

„Widzenie kolorów” zapewnia drzewom substancja chemiczna znajdująca się w liściach. Częsteczką tą, zwana fitochromem, może występować w dwóch różnych postaciach. Przełącznik pomiędzy nimi jest aktywowany przez światło: czerwień powoduje, że częsteczka się aktywuje, natomiast podczerwień ją dezaktywuje. Rośliny wykorzystują te właściwości, by oceniać proporcję czerwieni do podczerwieni w swym środowisku. W czerwonym świetle z luk w koronach przeważają fitochromy w pozycji aktywnej, sprawiając, że drzewa wypuszczają liczne gałęzie w kierunku tej szczeliny. W cieniu lasu dominuje podczerwień, a drzewa wyciągają się w górę, zachowując smukłe pnie i wypuszczając nieliczne gałęzie. Cała roślina jest przeniknięta fitochromami, więc drzewa funkcjonują jak wielkie oczy, wyczuwając kolor całą powierzchnią swoich ciał. Dziewiętnastowieczny filozof Ralph Waldo Emerson, który twierdził, że jest przezroczystą gałką oczną, otwartą na las, zapewne doceniłby nadzwyczajne zdolności drzew pod tym względem.

Pod wpływem nowego oświetlenia zmienia się przede wszystkim roślinność znajdująca się bezpośrednio pod lukami w koronach drzew, ale luki te sprawiają, że słońce wpełza także dalej do lasu, nawet do mandali, która jest położona pod parasolem klonu i orzesznika. Młode drzewka rosną szybciej po wschodniej stronie, a gałęzie idące w tym kierunku są bardziej żywotne niż ich odpowiedniki skierowane na zachód. Ten stok jest nachylony w kierunku północno-wschodnim, więc światło dochodzące z luki wzmacnia tę tendencję.

Wpływ szczeliny światła odczuwają także przygruntowe warstwy roślin zielnych. W zachodniej części mandali nie ma okazów *Polymnia canadensis*; pierwsze drobne pojawiają się w jej centrum i stopniowo rozrastają się aż do sięgających mi kostki na jej wschodniej krawędzi. Rośliny te są przystosowane do życia w takich świetlnych lukach i w centrum tutejszej sięgają do kolana. W przyszłym roku, kiedy zakwitną po ukończeniu drugiego i ostatniego roku wzrostu, najwyższe okazy dorosną mi do ramion. Pozostałe rośliny zielne, przylaszczka i marchewnik anyżowy, nie wykazują wyraźnych oznak zdążania ku nowemu światłu i wydaje się, że rosną równie dobrze w zacienionej zachodniej części mandali, jak i na jej wschodzie. Pod tą powierzchowną jednorodnością mogą się jednak skrywać bardziej subtelne skutki, ponieważ rośliny te nie reagują na większą ilość światła wyższym wzrostem, ale wytwarzaniem większej liczby nasion lub wypuszczaniem kolejnych kłączy.

W ciągu pięciu lat luka zadusi się ścigającymi się o miejsce w koronach młodymi drzewami. Rosnące na jej obrzeżach dojrzałe drzewa będą ją zamykać, zabierając światło

młodym. W ciągu dziesięciu lat jedno lub dwa młode drzewka wygrać ten wyścig, a dziesiątki przegranych zaczną wymierać. Walka ta trwa niedługo w porównaniu do wieków życia, czekającego dojrzałe drzewa po dotarciu przez nie do piętra koron, ale ta ostra konkurencja między młodymi ma duży wpływ na skład lasu. W różnorodnych lasach Tennessee żaden pojedynczy gatunek nie wygrywa systematycznie tego sprintu, co stanowi efekt zróżnicowanej gleby i umiarkowanego klimatu.

Powalony orzesznik i odłamana gałązka to dwa punkty na szerokim kontinuum zaburzeń w warstwie koron drzew. Na jednym krańcu kontinuum są wielkoobszarowe dewastacje powodowane na przykład przez huragany; te jednak rzadko nawiedzają tę część Tennessee, mniej więcej raz na sto lat. Na drugim krańcu znajdują się maleńkie szczeliny w rusztowaniach koron zrobione łapami wiewiórek. Utrzymują się one krótko i mają niewielką skalę, pozwalając na pojawienie się plamek słońca, które pobudzają wzrost efemeryd i nisko rosnących drzewek. Niewielkie luki w koronach powstają także wskutek rozkładu drewna i zimowego naporu lodu. Co kilka godzin słyszę jakąś spadającą dużą gałąź, zwłaszcza w zimie. Dość powszechne są również zakłócenia o średniej skali, najczęściej wynikające z wichur.

Burze w lesie mają bardziej pierwotny charakter niż wtedy, gdy przetaczają się przez poskromione obszary miejskie. Energiczne ulewy są radosnym wybuchem zmysłowej rozkoszy, ze swoim liściastym zapachem, szarym światłem i orzeźwiająjącym chłodem. Jednak prawdziwe, powalające drzewa nawałnice pobudzają zmysły poza zakres radosnej ekscytacji, wywołując strach. Gdy zwykły deszcz zamienia się w szkwał, korony drzew uginają się pod naporem wiatru. Pnie kołyszą się na wszystkie strony, zginając się pod, zdawałoby się, niemożliwymi kątami, po czym odbijają do pierwotnej pozycji. Wszystkie moje zmysły się rozbudzają, wzrok się wyostrza. Potem wzdryga się ziemia. Kołyszące się drzewa szarpią korzenie, które unoszą grunt. Nogi płaczą mi się, jakbym szedł po statku na falach. Burza wprowadza dezorientację – strugi deszczu ograniczają pole widzenia, huk wiatru w liściach ogłusza, a grunt usuwa się spod stóp. Zamęt ten krystalizuje się w impuls do biegu, ale jeśli w pobliżu nie ma skał lub innych schronisk, bieg nie przybliży do bezpieczeństwa. Od czasu do czasu poprzez gałęzie drzew spada jakiś konar. Wyobraźnia rozpala się i każdy trzask staje się odgłosem walącego się pnia. W takich burzach albo jak najszybciej zmykam w bezpieczne miejsce, jeśli jest takie, albo przywieram do solidnie wyglądającego pnia, czując na plecach jego falujący ciężar. Najbardziej obawiam się upadku ogromnego drzewa i strach ten nie ma ujścia, siedzę więc z przerażeniem w oczach, póki burza nie odpuści. W jej kulminacyjnych momentach znajduję dziwną ulgę w swojej bezsilności. Nie mam najmniejszego wpływu na rozszalały świat, który zamknął mnie w pułapce, pojawia się więc uległość, a wraz z nią ciekawy stan: przejrzysty umysł otoczony napiętym ciałem.

Gwałtowne burze atakują te zbocza dziesiątki razy każdego roku. Ale są one krótkotrwałe, a wynikające z nich materialne uszkodzenia koncentrują się raczej na małych powierzchniach – na kępie starszych klonów tu, na luźno zakorzenionym wielkim kasztanowcu tam. Las jest cętkowany szczelinami utworzonymi przez takie zdarzenia. Niektórym gatunkom, takim jak klon cukrowy, luka leśna daje szansę na wystrzelenie do samej góry. Niemniej klony tolerują cień, więc ich wzrost nie wymaga luk. Za to dla innych gatunków takie luki są jedyną nadzieją. Tulipanowce oraz, w mniejszym stopniu, dęby, orzeszniki i orzechy włoskie potrzebują do wzrostu jasnego światła, więc ich przetrwanie zależy od nieregularnej mozaiki zaburzeń w warstwie koron. Nasiona tulipanowca, które wylądowały w zacienionej części mandali, mają niewielkie szanse na wykiełkowanie i przetrwanie pierwszego roku. Te zaś, które siadły sześć metrów dalej na wschód, będą mogły zaspokoić swoje pragnienie słońca i wejść być może do grona tych jednych na milion, które w pełni realizują swój potencjał i osiągną piętro koron.

Odnowa koron drzew zależy paradoksalnie od tego, by czasami w jej obrębie dochodziło

do zniszczeń, pozwalających światłu dotrzeć do ziemi. Wszelkie zmiany w dynamice tych luk wpływają zatem na żywotność lasu. Sprawia to, że szczególnie niepokoi mnie wysmukłe drzewo, rosnące na skraju luki obok mandali. Od wiosny urosło ono kilka metrów, wprowadzając swoje sercowate, szerokie na pół metra liście w leśną lukę. Szybko rosnące gatunki obce, takie jak paulownia omszona, zwana też drzewną księżniczką, rozprzestrzeniają się we wschodnich lasach USA, zagarniając teren przez atakowanie nieznaczących luk i przerastanie gatunków rodzimych. Paulownia oraz inny gatunek inwazyjny, z którym współwystępuje, bożodrzew gruczołowaty (tak zwane niebiańskie drzewo), wytwarzają tysiące roznoszonych wiatrem nasion, więc szybko się rozprzestrzeniają. Lubują się szczególnie w przydrożach i lasach, w których prowadzi się wycinkę, ale jak większość pionierów chętnie zasiedlają też mniejsze luki.

Szybko rosnący najeźdźcy są szczególnie szkodliwi dla regeneracji tych z drzew rodzimych, które wymagają pełnego światła słonecznego: dębów, orzeszników, orzechów włoskich, tulipanowców. Gdy paulownia i bożodrzew kielkują w szczelinie powstałej w warstwie koron, zagłuszają wolniej rosnących tubylców. W lasach, które są silnie zaburzone przez ogień, wycinkę lub osadnictwo, niemacierzyste drzewa mogą szybko naruszyć pierwotną różnorodność drzewostanu.

* * *

Czytanie z gałązek wydaje się jakąś ezoteryką. Jednak takie wrażenie jest niebezpiecznie błędne. Licząc kolejne blizny po pączkach i oceniając roczne przyrosty, dostrzegam nie tylko zmagania między rodzimymi i obcymi drzewami, lecz zapoznają się także z parametrami atmosfery Ziemi. Każda gałązka powiększa się rocznie o kilka centymetrów, które sumarycznie tworzą w lesie jeden z największych na świecie magazynów węgla.

Gdy policzymy wszystkie nowe przyrosty w obrębie mandali – gałązki, liście, przybierające na masie pnie, wydłużone korzenie – najprawdopodobniej ten niewielki obszar przejął w tym roku dziesięć lub dwadzieścia kilogramów węgla z powietrza; stanowi to całkiem pokaźny kopczyk. Gdy zsumujemy powierzchnię, jaką zajmują lasy na całym świecie, okaże się, że zawierają one mniej więcej dwa razy więcej węgla niż znajduje się w atmosferze, ponad tysiąc milionów milionów ton. Ten ogromny magazyn to bufor chroniący nas przed katastrofą. Bez lasów znaczna część węgla znajdowałaby się w atmosferze, w postaci dwutlenku węgla, a my prażylibyśmy się w nieznośnej szklarni.

Spalając ropę naftową i węgiel, przywróciliśmy zalegające od dawna w ziemi zapasy węgla do atmosfery. Lasy ocaliły nas przed pełnymi skutkami wynikającej z tego zmiany klimatycznej. Połowa spalonego węgla została wchłonięta przez nie i przez oceany. Ostatnio ten efekt buforujący lasów się zmniejszył – drzewa mogą wchłaniać dodatkowy dwutlenek węgla z atmosfery w określonym tempie, a my przyspieszyliśmy spalanie paliw kopalnych. Niemniej lasy nadal chronią nas przed poważniejszymi następstwami naszej niefrasobliwości. Czytanie gałązek i blizn po pączkach jest zatem badaniem naszego przyszłego dobrobytu.

3 grudnia

Ściółka

Leżę obrócony twarzą do ziemi na skraju mandali, przygotowując się do zanurkowania pod powierzchnię ściółki. Czerwony liść dębu tuż pod moim nosem jest sztywny, zabezpieczony przed grzybami i bakteriami przez wysuszające słońce i wiatr. Podobnie jak inne liście na powierzchni ściółki, będzie tu spokojnie leżał przez prawie rok i ostatecznie rozpadnie się w trakcie przyszłorocznych letnich deszczy. Te liście na powierzchni ściółki tworzą skorupę, która zarówno chroni, jak i umożliwia spektakl życia rozgrywający się poniżej. Pod osłoną powierzchniowych liści reszta znoszonej jesiennej szaty zostaje przemielona w wilgotnym, ciemnym świetle ściółki. Co roku dno lasu nadyma się jak oddychający brzuch, unosząc się w szybkim październikowym wdechu, a potem powoli opadając, w miarę jak siła życiowa wnika w ciało lasu.

Leżące poniżej liście czerwonego dębu inne liście są wilgotne i matowe. Rozdzielam mokrą, warstwową kanapkę z trzech liści klonowych i orzesznikowych. Pojawiają się fale zapachów: najpierw ostry powiew stęchlizny rozkładu, a następnie przyjemny zapach świeżych grzybów. Towarzyszą im aromaty bogatszego ziemistego tła, oznaka zdrowej gleby. Doznania te są najlepszym dostępnym mi przybliżeniem „dostrzeżenia” społeczności drobnoustrojów w glebie. Receptory światła i soczewki w moich oczach są zbyt duże, aby rozróżnić poszczególne plamy fotonów odbijających się od bakterii, pierwotniaków i wielu grzybów, ale mój nos wykrywa cząsteczki buchające z mikroświata, pozwalając mi zerknąć weń mimo ślepoty.

Zresztą zerknięcie jest jedynym, do czego człowiek jest zdolny. Spośród miliardów bakterii, które żyją w garstce obnażonej przeze mnie ziemi, zaledwie jeden procent nadaje się do hodowli i badania w laboratorium. Zależności między pozostałymi dziewięćdziesięcioma dziewięcioma procentami są tak ścisłe, a nasza ignorancja w zakresie naśladowania lub replikowania ich jest tak przepastna, że mikroby te umierają, gdy izolujemy je od reszty. Społeczność mikroorganizmów gleby stanowi zatem wielką tajemnicę, a większość jej mieszkańców pozostaje dla nas bezimienna i nieznaną.

Gdy odłupujemy skrawki tej tajemnicy, ze skały naszej ignorancji wypryskują kolejne klejnoty. Ziemisty zapach, który dociera do mojego nosa, pochodzi od jednego z najjaśniejszych spośród tych klejnotów – promieniowców, nietypowych półkolonijnych bakterii, z których uzyskuje się wiele najskuteczniejszych antybiotyków. Podobnie jak lecznicze substancje w naparstnicy, wierzbie i tawule, cząsteczki te w promieniowcach wykorzystywane są przez bakterie do walki z innymi gatunkami przez wydzielanie antybiotyków, by poskromić lub wytrzebić konkurentów czy wrogów. Kierujemy tę walkę na korzystne dla nas tory dzięki mikologii lekarskiej.

Wytwarzanie antybiotyków stanowi niewielką część ogromnej i różnorodnej roli promieniowców w ekologii gleby. Zwyczajnie żywieniowe w obrębie tej grupy bakterii są tak bardzo zróżnicowane, jak w całym królestwie zwierząt. Niektóre promieniowce żyją jako pasożyty zwierząt, inne przylegają do korzeni roślin, podgryzając je, a zarazem zwalczając bardziej szkodliwe bakterie i grzyby. Niektóre z tych zamieszkałych na korzeniach bakterii mogą zwrócić się przeciwko swoim gospodarzom i zabić rośliny, przeprowadziwszy podziemny

zamach. Ponadto promieniowce spowijają całunem martwe ciała większych stworzeń, rozkładając je na próchnicę, cudowny ciemny składnik żyznych gleb. Są wszędzie, choć rzadko goszczą w naszej świadomości. Jednak wydajemy się intuicyjnie rozumieć ich znaczenie. Nasze mózgi są tak zaprogramowane, że doceniamy ich charakterystyczny „ziemisty” zapach i uznajemy ten aromat za oznakę dobrej kondycji gleby. Gleba, która jest wysterylizowana lub zbyt sucha czy mokra dla większości promieniowców, pachnie cierpko i nieprzyjemnie. Być może nasza długa historia ewolucyjna w roli łowców-zbieraczy i rolników nauczyła nasze nozdrza rozpoznawać żyzne tereny, zapewniając nam podświadomy związek z drobnoustrojami glebowymi, które wyznaczają niszę ekologiczną człowieka.

Pozostałych członków społeczności drobnoustrojów trudniej rozpoznaje się w złożonym zapachu, wydobywającym się z brzucha ziemi. Zarodniki grzybów przyczyniają się do gryzącej stęchlizny; bakterie rozkładające materię uwalniają słodkie aromaty ze szczątków martwych liści. Delikatna woń metanu wznosi się z przemoczonych płatów gleby, gdzie ukrywają się bakterie beztlenowe. Wiele innych mikroorganizmów żyje poza zasięgiem mojego nosa. Część bakterii przechwytuje azot z powietrza i wprowadza go do gospodarki biologicznej. Inne przejmują azot z martwych stworzeń i wysyłają go z powrotem do atmosfery. Pierwotniaki żywią się grzybami i bakteriami, pokrywającymi martwe liście. Ten sekretny mikrobiologiczny świat istnieje od miliarda lub więcej lat. W szczególności bakterie wykonują biochemiczne sztuczki, które pozwalają im żywić się od zarania życia biologicznego trzy miliardy lat temu. Toteż zapach w moim nosie pochodzi z ukrytego świata, który jest szeroki i głęboki, skomplikowany i pradawny.

Mikroby są niewidoczne, ale moje okno na glebę pozwala zobaczyć wiele innych rzeczy. Jasne jak błyskawica sznury grzybniove rozchodzą się po czarnych liściach. Różowe pluskwiaki tańczą wokół pomarańczowych pajaków. Upiorny biały skoczogonek przemieszcza się po ciemnych okrucach zeszłorocznych zbutwiałych liści. Wszystko jest tu miniaturowe. Zakopane nasiono klonu góruje nad tymi zwierzętami jak zamczysko przytłaczające swego właściciela. Największa żywa istota jest odgałęzieniem korzonka, jedną małą częścią jakiejś rośliny, może drzewka lub drzewa. Jest niewiele grubsza od szpilki, ale dominuje w dziurce, którą zrobiłem w ściółce.

Korzonek jest gładkim, kremowym kabełkiem, z którego kielkują włoski (włośniki), promieniujące z macierzy znajdującej się w glebie. Każdy z tych włosków jest delikatnym przedłużeniem powierzchni korzenia, macką wyciągniętą z komórki roślinnej. Włośniki pełzną wokół ziarenek piasku, wciskając się w cieniutkie warstewki wody, które trzymają się gleby. Znacząco zwiększając powierzchnię korzeni, włoski pozwalają roślinie zbierać wodę i składniki odżywcze, które w przeciwnym razie byłyby niedostępne. Są tak istotne, że jeśli ich skomplikowany zaczep w glebie zostaje wyeliminowany przez wyrwanie lub przesadzanie rośliny, więdnie ona i obumiera, o ile nie jest dodatkowo podlewana.

Włośniki czerpią wodę i rozpuszczone składniki pokarmowe z gleby, wysyłając je do góry, aby gasić pragnienie liści i dostarczać im minerałów, których potrzebują na swoje inwestycje budowlane. Energia potrzebna do tego ruchu do góry pochodzi głównie z odparowującej mocy słońca, przekazywanej w dół wzdłuż kolumn wody w ksylemie. Ale włośniki nie są tylko biernym zakończeniem rury ssącej glebę, jak pompa w studni. Ich związek z fizyką i biologią gleby jest dwustronny.

Najprostszym spośród darów, jakie te mikroskopijne korzenie wnoszą do gleby, są jony wodorowe, wypompowywane przez włośniki, by pomóc rozpuścić składniki odżywcze, które są związane z cząsteczkami gliny. Każda cząsteczka gliny ma ładunek ujemny i dlatego minerały z dodatnimi ładunkami, takie jak wapń lub magnez, przyczepiają się do jej powierzchni. To

przyciąganie pomaga glebie zatrzymać minerały, chroniąc je przed wymyciem przez deszcz, jednak wiązanie to uniemożliwia również pobranie ich przez roślinę. W odpowiedzi włósniki zanurzają cząsteczki gliny w dodatnio naładowanych jonach wodorowych. Te odczepiają niektóre jony minerałów z powierzchni gliny. Uwolnione minerały unoszą się w błonce wody otaczającej glinę i zostają wciągnięte do włósników wraz z jej strumieniem. Najbardziej przydatne z tych minerałów odczepiają się łatwo, zatem włósniki nie muszą wydzielić wielu jonów wodorowych, aby otrzymać swoją zapłatę. Intensywniejsza obecność jonów wodorowych, na przykład pochodzących z kwaśnych deszczy, uwalnia bardziej toksyczne pierwiastki, takie jak aluminium.

Ponadto korzenie dostarczają glebie dużą ilość materii organicznej. W odróżnieniu od biernie spadających liści, większość darowizn korzeniowych jest czyniona aktywnie, nie wyrzucana jako odpady. Oczywiście glebę wzbogacają martwe korzenie, ale wkład śmierci jest przyćmiewany przez mieszaninę cukrów, tłuszczów i białek, którymi żywe korzenie nasycają glebę wokół siebie. Ta galaretowata powłoka pokarmu naokoło korzenia wzbudza rejwach biologicznej aktywności, zwłaszcza w pobliżu włósników. Jak w barze w porze lunchu, większość życia gleby tłoczy się w wąskiej strefie korzeniowej, zwanej ryzosferą. Gęstość mikrobów jest tutaj sto razy wyższa niż w pozostałej części gruntu; wokół nich tłoczą się żywiące się nimi pierwotniaki; przez ten tłum przeciskają się nicienie i mikroskopijne owady, a w tę żyjącą zupę swoje macki wpuszczają jeszcze grzyby.

Ekologia ryzosfery stanowi w dużej mierze tajemnicę, trudną do zbadania ze względu na swą niezwykle delikatność. Jest jasne, że rośliny stymulują życie w glebie, ale co otrzymują w zamian? Eksplozja różnorodności biologicznej w ryzosferze może chronić korzenie przed chorobami, tak jak różnorodny las raczej nie zostanie opanowany przez chwasty, w przeciwieństwie do gołego pola. Ale to tylko spekulacje. Jesteśmy odkrywcami stojącymi na skraju mrocznej dżungli. Przyglądamy się dziwnym kształtom wnętrza gleby i nadajemy nazwy garstce najbardziej rzucających się w oczy nowości, ale rozumiemy z tego wszystkiego niewiele.

* * *

Mimo mroku otaczającego ten obszar, jedna relacja w dżungli ryzosfery jest tak ważna, że nawet najbardziej roztargnieni przybysze potykają się o jej pnąca, a następnie spoglądają ze zdziwieniem w górę. Partnerzy roślin w tym zaskakującym związku są widoczni w oknie, które stworzyłem w ściółce. Niteczki grzybów pokrywają większość gleby jak podziemna pajęczyna. Niektóre z nich są ciemnoszare i ułożone pozornie przypadkowo, powlekając wszystko, co leży na ich drodze. Inne rozwijają swoje białe sznury, które rozbiegają się i zbiegają niczym rzeka w delcie. Każda grzybna niteczka, czyli strzępka, jest dziesięć razy cieńsza od włosków korzeniowych. Ponieważ strzępki są tak cienkie, mogą się wcisnąć między mikroskopijne cząsteczki gleby i znacznie skuteczniej niż niezgrabne korzenie wnikać w ziemię. Naparstek gleby może zawierać kilka centymetrów włósników, ale nawet trzydzieści metrów strzępek, owiniętych wokół każdej grudki piasku lub mułu. Wiele z tych grzybów pracuje samodzielnie, trawiąc rozkładające się resztki liści i innych martwych stworzeń. Niektóre jednak wnikają do ryzosfery i rozpoczynają rozmowę z korzeniem. Ta konwersacja jest wstępem do pradawnego i żywotnego związku.

Grzyby i korzeń witają się sygnałami chemicznymi i jeśli pozdrowienie idzie gładko, grzyb wydłuża swoje strzępki, szykując się, by wziąć korzeń w objęcia. W pewnych przypadkach roślina reaguje wypuszczeniem małych korzonków do skolonizowania przez grzyby. W innych pozwala grzybowi przeniknąć ściany komórkowe korzenia i rozprzestrzenić strzępki do wnętrza komórek. Tam strzępki dzielą się, tworząc miniaturową, podobną do korzenia sieć w komórkach.

Sytuacja ta wygląda patologicznie. Byłbym ciężko chory, gdyby moje komórki zostały w ten sposób zaatakowane przez grzyby. Jednak zdolność strzępek do przenikania komórek roślinnych znajduje w tym małżeństwie zdrowe zastosowanie. Roślina zaopatruje grzyba w cukry i inne złożone cząsteczki, a grzyb odwzajemnia się strumieniem surowców mineralnych, zwłaszcza fosforanów. Związek ten zasada się na mocnych stronach obu królestw: rośliny potrafią tworzyć cukry z powietrza i światła słonecznego, natomiast grzyby – wydobywać minerały z drobnych szczelin gleby.

Ta relacja grzyb-korzeń, czyli mikoryza, została odkryta przypadkiem w trakcie prób hodowli trufli z inicjatywy króla Prus. Jego biologowie nie udało się udomowić tego cennego grzyba, ale odkrył, że podziemna sieć grzybni, która wydaje na świat trufle, jest podłączona do korzeni drzew. Później wykazał, że grzyby te nie są pasożytami, jak na początku podejrzewał, lecz spełniają rolę „mamek”, umożliwiając przejście substancji odżywczych do drzew i zwiększając ich tempo wzrostu.

W miarę jak botanicy i mikolodzy przeszukiwali królestwo roślin, spoglądając na próbki korzeni za pomocą mikroskopów, okazało się, że prawie wszystkie rośliny mają mikoryzowe grzyby na lub w swoich korzeniach. Wiele roślin nie może żyć bez swoich grzybowych partnerów. Inne mogą rosnąć same, ale są skarlłowaciałe i słabe, jeśli nie mogą połączyć swoich korzeni z grzybem. Dla większości roślin grzyby stanowią główną powierzchnię wchłaniającą w glebie; korzenie zapewniają tylko podłączenie do tej sieci. Roślina jest zatem wzorem współpracy: fotosynteza jest możliwa dzięki pradawnym bakteriom osadzonym w liściach, również oddychanie jest zasilane przez wewnętrznych pomocników, a korzenie służą jako łączniki z podziemną siecią pożytecznych grzybów.

Ostatnie eksperymenty pokazują, że mikoryza sięga jeszcze dalej. Karmiąc rośliny atomami promieniotwórczymi, fizjologowie roślin zdołali prześledzić rozchodzenie się materii w ekosystemie leśnym i stwierdzili, że grzyby działają niczym rurociągi między roślinami. Są one zachłanne na związki z korzeniami różnych roślin. Pozornie niepowiązane rośliny są fizycznie połączone przez swoich podziemnych kochanków – grzyby. Wydobyty z atmosfery węgiel, przekształcony w cukier przez drzewo klonu rosnące nad mandalą, może zostać przetransportowany do korzeni drzewa i przekazany grzybowi. Grzyb następnie sam zużywa ten cukier lub przekazuje go orzesznikowi, innemu klonowi albo linderze. Indywidualność w większości zbiorowisk roślinnych jest zatem złudzeniem.

Ekologia nie zdołała jeszcze w pełni przetrwać konsekwencji odkrycia tej podziemnej sieci. Wciąż myślimy o lesie jako ekosystemie rządzącym się zaciętą rywalizacją o światło i składniki odżywcze. W jaki sposób mikoryzowe dzielenie się zasobami zmienia obraz tej naziemnej walki? Czy aby na pewno wyścig o światło nie jest złudzeniem? Czy część roślin pasożytuje na innych, korzystając z paserstwa zaprzyjaźnionych grzybów, albo – patrząc na to inaczej – czy grzyby zmniejszają i wyrównują różnice między roślinami?

Niezależnie od odpowiedzi na te pytania, jest jasne, że stara, „krwawa” koncepcja gospodarki przyrody musi zostać zaktualizowana. Potrzebujemy nowej metafory lasu, takiej, która pomoże zobrazować, że rośliny zarówno konkurują z sobą, jak i współdziałają. Być może najbliższą analogię stanowi świat ludzkiej myśli: myśliciele są zaangażowani w osobistą walkę o mądrość, a czasem sławę, ale czerpią przecież z puli współdzielonych zasobów, które wzbogacają swoim własnym dziełem, zasilając tym samym swych intelektualnych „rywali”. Nasze umysły są jak drzewa; karłowacieją, jeśli zostają pozbawione odżywczych grzybów kultury.

Związek między grzybami i roślinami, będący filarem życia w mandali, jest starym małżeństwem z czasów pierwszych niepewnych kroków stawianych przez rośliny na lądzie.

Najstarsze rośliny lądowe były rozciągniętymi niemi, które nie miały korzeni ani łodyg czy prawdziwych liści. Miały jednak mikoryzowe grzyby, które wniknęły w ich komórki, co pomogło wprowadzić rośliny do tego nowego świata. Dowód tego związku jest wyryty w drobnoziarnistych skamieniałościach pionierskich roślin. Skamieniałości te napisały historię roślin na nowo. Korzenie, które traktowaliśmy jako jedną z najstarszych i najbardziej podstawowych części ciała roślin lądowych, okazują się późniejszym dodatkiem ewolucji. Pierwszymi podziemnymi mackami roślin były grzyby. Być może korzenie wykształciły się po to, by wyszukiwać i łączyć się z grzybami, a nie wyszukiwać i wchłaniać substancje odżywcze bezpośrednio z gleby.

W ten sposób współpraca zyskuje kolejny klejnot w swej ewolucyjnej koronie.

Większość najbardziej istotnych przemian w historii życia została osiągnięta przez spółki, takie jak związek roślin i grzybów. Nie tylko komórki wszystkich dużych stworzeń są zamieszkiwane przez bakterie symbiotyczne, ale siedliska, które zamieszkujemy, są tworzone lub modyfikowane przez symbiotyczne relacje. Rośliny lądowe, porosty i rafy koralowe – to wszystko produkty symbiozy. Jeśli usuniemy z naszego świata te trzy, praktycznie stanie się on nagi – mandala byłaby w takim wypadku stosem kamieni pokrytych bakteryjnym nalotem. Tę samą prawidłowość widać w naszej historii: rewolucja agrarna, która umożliwiła rozrost populacji ludzi, została zainicjowana przez wejście przez nas w relację wzajemnej zależności z pszenicą, kukurydzą i ryżem oraz przez splecenie naszego losu z losem koni, kóz i bydła.

Motor ewolucji jest napędzany genetycznym interesem własnym, ale ten przejawia się zarówno w jednostkowym egoizmie, jak i we wspólnym działaniu. W gospodarce przyrody jest tyle samo związków zawodowych, co krwiożerczych kapitalistów, tyle samo indywidualistycznej przedsiębiorczości, co wspólnotowej solidarności.

Szparka, przez którą zajrzałem do gleby, pozwoliła mi uzmysłowić sobie nowe sposoby myślenia o ewolucji i ekologii. Czy jednak są one tak nowe? Być może gleboznawcy po prostu odkrywają i przenoszą na nowy obszar to, co nasza kultura wie już od dawna i co zostało głęboko osadzone w języku. Im więcej dowiadujemy się o życiu gleby, tym bardziej trafne okazują się nasze językowe metafory: „korzenie”, „ugruntowanie”. Słowa te odzwierciedlają nie tylko fizyczne połączenie z miejscem, ale także wzajemność relacji ze środowiskiem, współzależność z innymi członkami społeczności oraz pozytywny wpływ korzeni na całą rodzinę. Wszystkie te związki są osadzone w tak zamierzchłej historii, że jednostkowość zaczęła zanikać, a odcięcie od korzeni jest niemożliwe.

6 grudnia

Podziemny bestiariusz

Nasze codzienne doświadczenie z królestwem zwierząt jest zdominowane przez dwie grupy: kręgowce i owady. Choć te dwie gałęzie na drzewie życia zajmują większość zoologicznego pola widzenia naszej kultury, stanowią tylko część strukturalnej różnorodności zwierząt. Biolodzy dzielą królestwo zwierząt na trzydzieści pięć grup, czy też typów, każdy definiując przez charakterystyczną budowę ciała. Kręgowce i owady stanowią dwie grupy wśród trzydziestu pięciu.

Dlaczego ptaki i pszczoły stały się elementem budującym naszą wyobraźnię, pozostawiając nicienie, płazińce i resztę bestiariusza świata na zakurzonej zapleczy naszej świadomości? Prosta odpowiedź brzmi, że nicieni zbyt często nie spotykamy. A przynajmniej tak się nam wydaje. Pogłębiona odpowiedź stara się wyjaśnić, dlaczego większa część różnorodności zwierząt jest przed nami ukryta. Kręcimy się po całym świecie, dlaczego więc nie spotykamy naszych sąsiadów?

Ze szkodą dla bogactwa naszego doświadczenia żyjemy w nietypowym i bardzo odległym zakątku dostępnym na Ziemi siedlisk. Zwierzęta, które napotykamy, to te nieliczne gatunki, które również zamieszkują tę niezwykle niszę.

Pierwszą przyczyną wyobcowania jest nasza wielkość. Jesteśmy dziesiątki tysięcy razy więksi niż przeważająca część żywych stworzeń, dlatego nasze zmysły nie są w stanie wykryć obywateli państwa Liliputów, którzy krążą wokół i nad nami. Bakterie, pierwotniaki, roztocza i nicienie wzniosły swoje siedziby w łańcuchach górskich naszych ciał, ukryte przed nami przez zmianę rzędu skali. Żyjemy w koszarze empirysty: daleko poza naszą percepcją istnieje inna rzeczywistość. Zmysły zawodzą nas od tysiącleci. Dopiero gdy udało nam się uzyskać wysokiej jakości szkło i wyprodukowaliśmy przejrzyste, polerowane soczewki, mogliśmy spojrzeć przez mikroskop i uświadomić sobie ogrom swojej dotychczasowej ignorancji.

Od reszty królestwa zwierząt dodatkowo oddala nas to, że zamieszkujemy ląd, pogłębiając niefortunny efekt gigantyzmu. Dziewięć dziesiątych głównych gałęzi królestwa zwierząt mieszka w wodzie: morzu, słodkowodnych rzekach i jeziorach, wypełnionych wodą szczelinach w glebie lub wilgotnych wnętrzach innych zwierząt. Do wysuszonych wyjątków należą stawonogi lądowe (głównie owady) oraz ta mniejszość kręgowców, która wyszła na ląd (najliczniejszymi gatunkami kręgowców są ryby, więc życie poza wodą jest czymś niezwykle trudnym nawet dla kręgowców). Ewolucja wyrwała nas z mokradeł, odrywając nas od naszych krewnych. Nasz świat jest więc zaludniony przez ekstremistów, zniekształcając nam obraz prawdziwej różnorodności życia.

Moje pierwsze zanurkowanie w glebę pomogło mi wydostać się z tej dziwnej środowiskowej pustelni i dotknąć skarbcza, w którym życie tętni pod powierzchnią. Moje pragnienie zostało rozbudzone, zanurzam się więc ponownie. W trzech miejscach wokół krawędzi mandali podnoszę małe kupki liści, tworząc otworek w ściółce, zaglądam tam przez lupę, a następnie umieszczam liście z powrotem na swoim miejscu. Kontrast ze światem nadziemnym jest uderzający. Poza przelatującą sikorką wydaje mi się, że nie ma nikogo w nadziemnej części lasu. Jednak dwa centymetry poniżej powierzchni ściółki zwierząt jest bez liku.

Największym zwierzęciem, które tu dostrzegam, jest salamandra zwinięta w kielichu z martwego liścia dębu. Zmieściłaby się na moim kciuku, ale i tak jest setki razy większa od wszystkich innych zwierząt, które tam spotykam. Ta salamandra jest krokodylem wśród płotek, obserwowanym przez krótkowzrocznego wieloryba.

Gdy uważnie przyglądam się przez lupę, za salamandrą dostrzegam migotanie oraz prawie niezauważalne falowanie pasm grzyba i martwych liści. Wytężam wzrok tak, że zaczynają boleć mnie oczy, ale nie mogę zidentyfikować drobniutkich zwierząt, które wywołują te ruchy. Doszedłem do percepcyjnej ściany. Na szczęście po tej jej stronie jeszcze wiele mogę zobaczyć. Najczęściej występującymi stworzenia są skoczogonki (*Collembola*). Jeśli moja mandala jest typowa dla większości ekosystemów lądowych, w jej granicach może się znajdować nawet sto tysięcy skoczogonków. Nic więc dziwnego, że ilekroć podnoszę martwy liść, znajduję co najmniej jednego. Dla nieuzbrojonego oka są to nieokreślone plamki, ale pod lupą mogę rozróżnić sześć przysadzistych odnóży wystających z cylindrycznego ciała. Wszystkie oglądane przeze mnie osobniki są ciastowato białe i mokre oraz nie mają oczu. Te żyjące żelki są członkami rodziny *Onychiuridae*. Brak pigmentu i ślepotą odzwierciedlają specjalizację tej grupy do życia w świecie podziemnym; w przeciwieństwie do innych skoczogonków zwierzęta te nigdy nie wychodzą do świata nadziemnego. *Onychiuridae* straciły narząd skoku (widełki skokowe i hamowidło). Przypuszczalnie potężna katapulta przymocowana do brzucha okazała się mało przydatna zwierzęciu, które spędza całe życie w szczelinach gleby. Zamiast odskakiwać od drapieżników, *Onychiuridae* zniechęcają je przez uwalnianie szkodliwych substancji chemicznych z gruczołów na skórze. Substancje te odstraszały drapieżne roztocza i innych mięsożerców zamieszkujących glebę, choć można się spodziewać, że są mniej skuteczne przeciwko większym, acz rzadziej spotykanym tu dziobom strzyżyków i indyków.

Sto tysięcy skoczogonków zostawia po sobie dużo kupek odchodów. W mandali znajduje się milion grudek odchodów skoczogonka, a każda z nich zawiera miniaturowy pakiet przetrwanego grzyba lub rośliny. Przetrawalniki bakterii i zarodniki grzybów przechodzą przez jelita niestrawione, więc skoczogonki działają zarówno jako mistrzowie tworzenia kompostu, jak i czynnik rozprzestrzeniający drobnoustroje. Drugi koniec ich przewodu pokarmowego także wywiera istotny wpływ. Choć szczegóły tej zależności są nadal niejasne, skoczogonki wydają się zwiększać mikoryzowe związki między grzybami i korzeniami roślin. Pasą się na strzępkach grzybów i tym samym stymulują pewne grzyby, a wytrzebiamy inne. Jak krowy na pastwisku, regulują wzrost swojego pożywienia przez ciągłe przycinanie oraz nawożenie gruntu swoimi odchodami.

Istotna pozycja skoczogonków w życiu gleby niestety nie znajduje odzwierciedlenia w ich taksonomii. Mają sześć nóg, ale ich dziwny aparat gębowy (chowany i wysuwany z kieszonki na głowie) oraz charakterystyczne DNA wskazują, że są grupą siostrzaną owadów. Ponieważ utknęły pomiędzy owadami a innymi bezkręgowcami, niewielu biologów się nimi zajmuje i ich życie jest słabo poznane. Niemniej stanowią one ewolucyjną bazę, z której wywodzą się owady zamieszkujące nasz świat nadziemny.

Skoczogonki to zwierzęta najliczniej występujące w moich próbkach, ale ponieważ ich ciała są tak małe, stanowią mniej niż pięć procent całkowitej masy zwierząt w leśnej glebie. W stosunku do ich znaczenia ekologicznego skoczogonki są także grupą o niewielkiej liczbie gatunków. Naszą planetę zamieszkuje sześć tysięcy gatunków skoczogonka – w porównaniu do miliona gatunków owadów (w tym ponad stu tysięcy gatunków muchówek). Gdy poruszam się po mandali, napotykam więc wiele skoczogonków, a wszystkie wydają się tego samego typu. Inne spotykane przeze mnie zwierzęta są tak różnorodne taksonomicznie, że w każdej próbce znajduję przedstawiciela innego ich gatunku.

Kolejnymi pod względem liczebności wśród widocznych zwierząt w glebie są inne stawonogi: pająki, muchówki *Nematocera* i krocionogi. Opancerzone ciało stawonogów zostało zmodyfikowane przez ewolucję w najfantastyczniejsze projekty inżynierskie. Pancierz został spłaszczony w skrzydła much i zaostroszony w szczękoczułki pająka. Podzielone na kilka członów nogi zostały przekształcone w pęsety do przędzenia jedwabiu, wgryzający się w grzyby aparat gębowy i stopy przystosowane do wspinania się po każdej powierzchni. Żadna inna grupa zwierząt nie może rywalizować ze stawonogami pod względem różnorodności form ciała, choć wszystkie one są zbudowane na tym samym planie: segmentowej obudowy zewnętrznej, która jest okresowo zmieniana – przez linienie – aby umożliwić dalszy wzrost zwierzęcia.

Ciała stawonogów są dobrze reprezentowane w mandali, lecz nie jest to jedyny obecny tu wzorzec. Małutkie ślimaki żerują pośród martwych liści w glebie mandali. Niektóre z nich są młodocianymi wersjami większych ślimaków, które przemieszczają się na powierzchni mandali, ale inne gatunki spędzają całe życie w mokrych objęciach ściółki. Muszla ślimaka stanowi doskonały pancierz, ale jest prostsza i mniej uniwersalna niż kombinezon stawonogów, kryjący je w pełni. Ponieważ ślimaki nie linieją, nie mogą obudować całego ciała pancierzem i są narażone na ataki przez otwory w muszli. Wiele ślimaków w mandali zmniejsza to ryzyko, częściowo zastawiając wejście do muszli zębopodobnymi wypustkami jej krawędzi. Niektóre z tych wypustek są tak znaczne, że pozostawiają mało miejsca na to, by ciało ślimaka mogło się między nimi przecisnąć, gdy mięsista część zwierzęcia wysuwa się w poszukiwaniu pożywienia.

Ślimaki zawdzięczają swój sukces sprytnym sposobom korzystania z języka. Nie mają sobie równych w lizaniu – mało ziemskich powierzchni umyka ich uwadze. Ich język, radula, zwany również tarką, to zębaty chitynowy pasek, który ślimak wystawia, a następnie wciąga wraz z tym, co udało mu się zagarnąć. Gdy radula wraca do ust, przechodzi nad sztywną dolną wargą, co powoduje odwiniecie tarki i uniesienie ząbków do góry. Każdy ząbek jest jak łyżka spychacza, która wyrasta z powierzchni poniżej i służy zagarnianiu jedzenia do ust. To skrzyżowanie taśmociągu z heblem jest kluczem, który otwiera przed ślimakami cały świat. Patrzymy na głaz i widzimy nagą skałę, ślimaki zaś wyczuwają warstwę masła i dżemu rozsmarowanych na powierzchni kamienia.

W trakcie dalszego nurkowania pod ziemią znajdują kolejną formę cielesną – „robaka”. Niektóre z tych robaków okazują się dobrymi znajomymi – segmentowane dżdżownice i ich mniejsi krewni wazonkowce. Ale tym znanym kształtom poświęcam uwagę tylko przez kilka sekund, a potem kieruję ją na inny, bardziej obcy typ robaka, spoczywającego na rozdartej krawędzi liścia. Zwierzę jest widoczne tylko przez lupę i znajduje się w warstwie wody pokrywającej liść. Gdy go obserwuję, robak podnosi się i miota w powietrzu, a następnie spada z powrotem do wody. Ten ruch zdradza jego tożsamość nicienia. W odróżnieniu od dżdżownic i wazonkowców zwierzę to nie ma segmentowanego ciała, a jego głowa i ogon zwężają się ostro na końcach. W mandali może znajdować się miliard nicieni, ale większość z nich jest tak mała, że widać je tylko pod silnym mikroskopem. Niektóre z nich są pasożytami, niektóre drapieżnikami, inne żywią się roślinami i grzybami. Tylko stawonogi mają bardziej zróżnicowane style żywienia i role ekologiczne. Jednak ze względu na to, że nicienie są tak małe i że tak bardzo ukochały wodę, żyją w naukowym cieniu. Nieliczni specjaliści, którzy je badają, twierdzą, że jeśli odjęlibyśmy całą materię, pozostawiając tylko nicienie, kształt naszej planety utrzymałby się w postaci skupiska tych robaków. Kształty zwierząt, roślin i grzybów nadal byłyby dostrzegalne, a ponieważ nicienie są tak wyspecjalizowane, pierwotni mieszkańcy tych form nadal byłiby rozpoznawalni. Powiedz mi, jakie masz robaki, a powiem ci, kim jesteś.

* * *

Mój wypad do górnej powierzchni gleby w mandali ujawnił większą różnorodność zwierzęcych ciał, niż można znaleźć we wszystkich ogrodach zoologicznych. Miliony pełzają, skręcają się i wiją pod moimi stopami. Ale tu, w powietrzu nad mandalą, wydaje się, że jestem sam. Tę zoologiczną ekstrawagancję umożliwiają ciepło i wilgotność gleby, lecz te sprzyjające warunki na nic by się nie zdały, gdyby gleba nie była dobrze zaopatrzona. A głównym dostawcą żywności jest śmierć. Wszystkie zwierzęta lądowe, liście, cząsteczki kurzu, odchody, pnie drzew, kapelusze grzybów ostatecznie trafiają do gleby. Wszyscy jesteśmy skazani na przejście przez ciemności podziemi, karmiąc inne stworzenia. Gospodarka ludzka nie jest porównywalnym partnerem dla wszechogarniającego monopolu gleby. Niektóre segmenty naszej gospodarki są silniejsze od innych, ale nigdzie żadna pojedyncza branża nie dostaje do przetworzenia i nie ciągnie zysku z pracy *wszystkich* pozostałych. Banki zbliżają się do tego ideału, ale zostają wyeliminowane w przypadku wymiany gotówkowej. Tymczasem w przyrodzie nie ma ucieczki od prorocтва Izajasza: „tak korzeń ich będzie zgnilizną, a kielek ich jak pył porwany się wzniesie” (tłum. za Biblią Tysiąclecia). Organizmy rozkładające martwą materię organiczną oraz ich biznesowi partnerzy wypełniają glebę swoimi ożywionymi i zróżnicowanymi działaniami. Pozorna dominacja nadziemnej części świata jest zatem złudzeniem. Przynajmniej połowa aktywności na świecie toczy się pod ziemią.

Nasze wymiary i suchość ukrywają więc przed nami nie tylko różnorodność tego bestiariusza, ale prawdziwą naturę fizjologii życia. Jesteśmy dużymi ozdobami na skórze życia, ślizgającymi się po powierzchni, tylko mgliście świadomymi mikroskopijnych rzeszy, które składają się na resztę tego ciała. Zajrzenie pod powierzchnię mandali jest jak delikatne uciśnięcie skóry na ciele, pod którą czuje się bijący puls.

26 grudnia

Wierzchołki drzew

Mamy południe i niebo jest czyste, ale słońce nie oświetla mandali. Stok nachylony jest w kierunku północno-wschodnim, z dala od nisko wędrującego słońca, a wyrastająca nad tym terenem ściana urwiska zasłania promienie słoneczne. Skośne promienie rozświetlają samo urwisko i wierzchołki drzew, tworząc granicę światła i cienia na wysokości trzech i pół metra od gruntu. Ta linia będzie się codziennie obniżać, aż w lutym słońce będzie już na tyle wysoko, by jego promienie mogły po dłuższej nieobecności ponownie ucałować ziemię.

Cztery szare wiewiórki wylegają się na oświetlonych wyższych gałęziach martwego orzesznika pięciolistkowego, który znajduje się pięćdziesiąt metrów niżej. Obserwuję je przez godzinę. Przeważnie wygrzewają się na słońcu, leżąc z rozłożonymi kończynami. Wydają się towarzyskie; od czasu do czasu skubią sierść na tylnej łapie lub ogonie kompana. Co jakiś czas któraś z nich przerywa opalanie, by popodgryzać pokryte grzybami gałęzie, a następnie wraca bezszelestnie do pozostałych.

Ta scena wiewiórczej sielanki sprawia mi niewyobrażalną radość. Być może tak często widzę i słyszę ich kłótnie, że dzisiejsza beztroska wydaje się szczególnie słodka. Jednak za tą moją radością kryje się coś jeszcze: czuję się wolny od jarzma, jakie narzuca mi mój przeedukowany umysł. Ta radość dzikich zwierząt z obecności towarzyszy i oddawania się przyjemnościom swego świata jest całkowicie namacalna i realna, nie dociera jednak do podręczników i doniesień naukowych na temat zwierząt i ekologii. Odsłania mi się tutaj pewna prawda, wręcz absurdalna w swej prostocie.

Nie chodzi o to, że nauka się myli czy że jest zła. Przeciwnie, rzetelnie uprawiana, pogłębia nasze obcowanie ze światem. Jednak w wyłącznie naukowym jego postrzeganiu tkwi niebezpieczeństwo. Las przekształca się wówczas w diagram, zwierzęta w maszyny, a poczynania natury w przejrzyste wykresy. Dzisiejsza koleżeńskość wiewiórek wydaje się być zaprzeczeniem takiej uproszczonej wizji. Przyroda nie jest maszyną. Te zwierzęta odczuwają. Są przeniknięte życiem; są naszymi krewnymi i dysponują bagażem wspólnego doświadczenia implikowanego przez pokrewieństwo.

Wyglądają tak, jakby cieszyły się ze słońca, co jest zjawiskiem, którego nie porusza się ani jeden raz w programie nauczania nowoczesnej biologii.

Niestety, współczesna nauka zbyt często jest niezdolna lub niechętna do obrazowania lub odczuwania doświadczeń innych. Naukowy gambit „obiektywności” może niewątpliwie być pomocny w zrozumieniu części natury i uwalniania nas z pewnych kulturowych nastawień. Nowoczesne naukowe upodobanie do beznamiętnej analizy zachowań zwierząt powstało w reakcji na praktykę wiktoriańskich naturalistów i ich poprzedników, którzy postrzegali całą przyrodę jako alegorię potwierdzającą wyznawane przez nich wartości kulturowe. Jednakże gambit to tylko otwarcie partii szachów, a nie spójna wizja całej rozgrywki. Obiektywizm nauki uwalnia nas od pewnych założeń, ale obarcza innymi, które, ubrane w akademicki rygor, mogą wywoływać pychę i bezduszność w pojmowaniu świata. Niebezpieczeństwo pojawia się wówczas, gdy mylimy ograniczony zasięg naszych metod naukowych z realną rozpiętością świata. Opis przyrody w postaci diagramu strzałkowego czy zwierzęcia jako maszyny może być użyteczny i wskazany, jednak tego rodzaju użyteczność nie może być traktowana jako

potwierdzenie, że nasze ograniczone założenia odwzorowują kształt świata.

Nieprzypadkowo pycha wąsko stosowanych nauk służy potrzebom gospodarki przemysłowej. Maszyny się kupuje, sprzedaje i wyrzuca, natomiast z radością brykającymi kuzynami się tego nie robi. Dwa dni temu, w Wigilię Bożego Narodzenia, amerykańska Służba Leśna zezwoliła na komercyjny wyręb osiemdziesięciu pięciu tysięcy hektarów starodrzewu w obrębie Państwowych Lasów Tongass. To ponad miliard jednometrowych mandali takich jak moja. W arkuszach kalkulacyjnych przesunęły się strzałki, zmienił się wykres ilościowy drewna. Nowoczesne nauki o lesie bez problemu włączyły się w globalny rynek towarowy – język i wyznawane wartości okazały się te same.

Modele naukowe i metafory maszyn są pomocne, ale ograniczone. Nie są w stanie powiedzieć nam wszystkiego, co powinniśmy wiedzieć. Co leży poza obrębem teorii narzucanych przez nas przyrodzie? W tym roku spróbowałem odłożyć aparat naukowy i posłuchać – podejść do przyrody bez hipotezy, bez planu zbierania danych, bez konspektu lekcji prezentującej uczniom odpowiedzi, bez przyrządów i próbek. Zauważyłem, jak przebogata jest nauka, ale także jak bardzo uboga w swym zakresie i duchu. Wielka szkoda, że praktyka słuchania jest w zasadzie wykluczona z formalnej edukacji przyrodników. Przez ten brak nauka niepotrzebnie kuleje. Jesteśmy przez to zubożeni, a być może również okaleczeni. Jakie bożonarodzeniowe prezenty mogłyby dać swoim lasom słuchająca kultura?

Jaka myśl przemknęła mi, gdy wiewiórki wygrzewały się w słońcu? Nie taka, by odwrócić się od nauki. Moje obcowanie ze zwierzętami jest bogatsze dzięki znajomości ich historii, a nauka jest znakomitym sposobem pogłębiania takiej wiedzy. Uświadomiłem sobie raczej, że wszystkie te historie są częściowo zanurzone w fikcji – w fikcji upraszczających założeń, kulturowej krótkowzroczności oraz dumy snujących te historie autorów. Nauczyłem się fascynować tymi opowieściami, ale nie brać ich za jaśniejącą, niewysłowioną naturę świata.

31 grudnia

Obserwowanie

Słabe słońce późnego popołudnia świeci na opadającym w stronę zachodnią zboczu po drugiej stronie doliny. Zabarwione na czerwono światło odbija się od kory gęsto porośniętych tutaj drzew, nadając lasowi fioletowo-szary poblask. W miarę jak słońce zachodzi, linia cienia wspina się po zboczu, gasząc to ciepłe odbicie i spowijając las mrocznymi brązami. Gdy słońce obniża się jeszcze bardziej, jego promienie odbijają się ku niebu, za górę. Mgła na horyzoncie staje się purpurowa, błękit nieba blaknie, najpierw w rozwodniony fiolet, następnie w szarość.

Dziesięć dni temu, w dniu przesilenia zimowego, oglądałem ten sam ruch słonecznego światła. Podnosząca się granica pomiędzy ciemnością a jasnością na przeciwległym zboczu przykuła całą moją uwagę – jej wspinaczka po górze trwająca aż do momentu, gdy cień sięga szczytu, a jasne światło słońca znika. W tej samej chwili, gdy linia cienia dotknęła horyzontu, zaczęły wyć ukryte na leśnym stoku po mojej wschodniej stronie kojoty. Skowyczały i zawodziły przez pół minuty, a potem zapadła cisza. Zbieg czasowy początku tego chóru wydał się zbyt idealny, aby mógł być przypadkiem – usłyszałem go dokładnie w tej chwili, gdy światło słoneczne ześliznęło się ze zbocza. Jedni i drudzy, kojoty i ludzie, obserwujemy ten świetlny spektakl i zniknięcie słońca tak samo nas porusza. Ustalono, że wycie kojotów jest uzależnione od światła dziennego oraz faz księżyca, można więc racjonalnie przypuścić, iż zwierzęta te mogą niekiedy zawodzić na pożegnanie zachodzącego słońca.

Dzisiejszego wieczoru kojoty albo zachowują milczenie, albo ich tu nie ma, a ja oglądam grę światła bez ich akompaniamentu. Las jednak nie jest pogrążony w ciszy. Szczególnie dobrze słyszalne są ptaki; zapewne ożywia je temperatura panująca za dnia, która podniosła się znacznie powyżej zera. Teraz trąkoczą strzyżyki i dzięcioły udające się na nocny odpoczynek, świergocąc i gderając, w miarę jak pogłębia się ciemność. Po zapadnięciu słońca za horyzont i uciszeniu się ptasich dźwięków z wysokiego drzewa poniżej na stoku rozlega się odgłos puszczyka kreskowanego. Powtarza on swoje pohukiwanie kilkanaście razy, być może wzywając partnera w tym zimowym sezonie zalotów.

Gdy puszczyk także milknie, w lesie zalega najgłębsza cisza, jakiej tu kiedykolwiek doświadczyłem. Nie słychać ptaków ani owadów. Nie ma wiatru. Odgłosy aktywności ludzkiej, odległego samolotu czy szos, są zatarte. Jedyne wykrywalne dźwiękiem jest cichuteńki szmer strumienia na wschodzie. Mija dziesięć minut w tej zadziwiającej ciszy. Potem pojawia się podmuch wiatru i wierzchołki drzew wydają poszum. Słychać silniki samolotu lecącego wysoko nad nami, a z odległej farmy dochodzi przytłumione stukanie młotka. Każdy dźwięk uwydatnia się w otaczającej ciszy.

Horyzont traci kolor i świetlistość, przybierając głęboką atramentową barwę. Brzuchaty księżyc, widoczny w trzech czwartych, świeci nisko na niebie. Moje oczy tracą moc, w miarę jak las zamienia się w cień.

Powoli na ciemnym niebie rozbłyskują gwiazdy. Energia dnia odpływa, rozluźniając mnie. I nagle – ciach! – przeszywa mnie ostrze. Strach. Kojoty szarpia ciszę na strzępy. Są blisko, znacznie bliżej niż kiedykolwiek do tej pory. Ich oszalałe wycie dobiega z odległości kilku metrów ode mnie. Dźwięk wznosi się crescendo w piski i gwizdy, nałożone na głęboki, gardłowy szczek. Mój umysł wpada w gorączkę. Wszelka myśl ogniskuje się na doznanym

ciosie: Te dzikie psy mnie rozszarpią. O rany, jak one wyją!

Wszystko to wydarza się w zaledwie kilka sekund. Potem mój świadomy umysł opanowuje się i zanim przebrzmiewa ten chór, pozbywam się ostrza strachu. Kojoty zdecydowanie mi nie grożą. Przeciwnie, mam szczęście, że nie wyczuły mojego zapachu, inaczej nie podeszłyby tak blisko. Mój strach szybko mija. Jednak przez chwilę moje ciało przypomniało sobie dawne lekcje. Skumulowana pamięć setek milionów lat tropionego życia eksplodowała w mojej głowie z niezwykłą jasnością.

Kojoci chór niesie się kilometrami w dół doliny, gdzie w odległych stodołach i na polach reagują na niego psy. Ich mózgi także zostały ukształtowane przez lata doboru naturalnego, w których nasi przodkowie zachęcali psy do nieprzerwanego szczekania, jeśli usłyszą wycie swoich dzikich krewnych. Żaden kojot ani wilk nie odważyłby się wejść w miejsce opanowane przez kakofonię psów domowych, a ten strach stanowi akustyczną tarczę ochronną dla zwierząt gospodarskich. Ludzie, dzikie psowate oraz psy domowe żyją zatem w ewolucyjnym suple dźwięków. Poza granicami lasu ten supel przejawia się w syrenach pojazdów uprzywilejowanych, które dają znać o sobie, wyjąc niczym gigantyczne wilki, czym wydobywają głęboko zakorzenione ludzkie lęki. Nasze psy domowe także wychwytyują to pradawne echo i wyją na przejeżdżające karetki. Las wkracza więc naszymi śladami do cywilizacji, zachowany w psychice.

Wycie urywa się równie nagle, jak się zaczęło. W ciemności jestem ślepy, a kojoty poruszają się bezszelestnie, toteż nie mogę się zorientować, czy i którędy odeszły. Najprawdopodobniej udały się do swego nocnego zajęcia: polowania na małe zwierzęta, i kierowane dobrze uzasadnionymi obawami ominęły człowieka szerokim łukiem.

* * *

Do mandali powraca cisza. Zanurzam się w chwili, mając znajome poczucie przybycia. To nieustanne powracanie do mandali i setki godzin przesiedzianych tutaj w ciszy obaliły niektóre z barier między lasem a moimi zmysłami, intelektem i emocjami. Potrafię być obecny w sposób, o którego istnieniu nawet nie wiedziałem.

Pomimo tego poczucia przynależności moje powiązania z tym miejscem wcale nie są jednoznaczne. Odczuwam głęboką bliskość i jednocześnie niewysłowiony dystans. W miarę zapoznawania się z mandalą wyraźniej dostrzegłem swoje ekologiczne i ewolucyjne pokrewieństwo z lasem. Mam wrażenie, że wiedza ta jest wpleciona w moje ciało, przetwarzając mnie czy – ściślej – budząc we mnie zdolność dostrzegania tego, jaki byłem od początku.

Jednocześnie pojawiło się równie silne poczucie odmienności. W miarę jak dokonywałem kolejnych obserwacji, uzmysławiałem sobie ogrom swojej niewiedzy. Nawet proste wyliczenie i nazwanie mieszkańców mandali daleko przekracza moje możliwości. Głębsze niż czysto powierzchowne zrozumienie ich życia i wzajemnych powiązań jest zupełnie nieosiągalne. Im dłużej patrzę, tym bardziej oddalam się od wszelkiej nadziei na zrozumienie mandali, uchwycenie jej zasadniczej natury.

Jednak odczuwane przez mnie oddzielenie jest czymś więcej niż tylko wyostrzoną świadomością niewiedzy. W głębi ducha zrozumiałem, że jestem tutaj niepotrzebny, podobnie jak reszta ludzkości. W tej świadomości jest samotność, coś przejmującego w mojej zbędności.

Z drugiej strony czuję jednak niewymowną, ale wielką radość z powodu tej niezależności życia mandali. Dotarło to do mnie, gdy kilka tygodni temu wszedłem do lasu. Na pniu drzewa przysiadł i zaśpiewał dzięcioł włochaty. Gwałtownie uderzyła mnie obcość tego ptaka. Oto stworzenie, którego przodkowie wydawali dzięciole odgłosy przez miliony lat przed zaistnieniem ludzi. Jego codzienność wypełniają płyty kory, ukryte chrząszcze i odgłosy sąsiadów – inny

świat, równoległy do mojego. Miliony takich równoległych światów istnieją w jednej mandali.

Niespodziewanie ten szok uświadomienia sobie mojej odrębności zalewa mnie falą ulgi. Świat nie obraca się wokół mnie ani innych przedstawicieli mojego gatunku. Przyczynowe centrum świata przyrody jest miejscem, w którego stworzeniu ludzie nie mieli udziału. Życie nas przekracza. Kieruje nasz wzrok na zewnątrz. Poczułem się zarówno unижony, jak i uniesiony lotem dzięcioła.

Kontynuuję więc obserwację na poły obcy, a na poły swój w tej mandali. Jasny księżyc wywabia las z niebytu swą srebrzystą poświatą. W miarę jak oczy przyzwyczajają mi się do ciemności, dostrzegam mój cień w blasku księżyca, układający się w kręgu liści.

POSŁOWIE

Współcześni przyrodnicy powszechnie ubolewają nad nasilającym się oderwaniem naszej kultury od świata naturalnego. Jestem w stanie – przynajmniej częściowo – solidaryzować się z tym zatroskaniem. Gdy proszę studentów pierwszego roku o rozpoznanie dwudziestu logotypów firm i dwudziestu pospolitych gatunków z naszego regionu, wymieniają większość nazw tych pierwszych i prawie żadnej spośród tych drugich. Tak samo jest, gdy poprosimy o to większość pozostałych ludzi.

Jednak lamentsy takie nie są niczym nowym. Karol Linneusz, jeden z twórców nowoczesnej ekologii i taksonomii, tak pisał na temat botanicznych zdolności swoich XVIII-wiecznych rodaków: „Oczy niewielu widzą i umysły niewielu rozumieją. Przez ten brak obserwacji i wiedzy świat cierpi ogromne straty”. Znacznie później Aldo Leopold, rozmyślając nad stanem świata w latach czterdziestych XX wieku, napisał: „Wasz prawdziwie nowoczesny człowiek jest odseparowany od ziemi przez licznych pośredników i materialne wynalazki. Nie ma z nią prawdziwej więzi (...) Puść go samopas na jeden dzień na jakimś kawałku ziemi, a jeśli nie będzie to pole golfowe lub «park krajobrazowy», zanudzi się na śmierć”. Wydaje się, że wykształceni przyrodnicy zawsze uważali, iż kultura ich czasów niebezpiecznie zbliża się do zerwania ostatniej niteczki łączącej ją z ziemią.

Sympatyzuję ze słowami obu myślicieli, ale czuję też, że w pewnym sensie żyjemy teraz w lepszych czasach dla przyrodników. Zainteresowanie środowiskiem naturalnym jest bardziej rozpowszechnione i żywe niż w poprzednich dziesięcio-, a może nawet stuleciach. Troska o los ekosystemów weszła do narodowego i międzynarodowego dyskursu politycznego. W czasie krótszym niż życie jednego człowieka ekologiczny aktywizm, edukacja i nauka rozrosły się praktycznie od zera do znacznej skali, a kwestia zarządzania naszemu wyalienowaniu z natury stała się częstym wątkiem dla reformatorów szkolnictwa. Całe to zainteresowanie jest, być może, zjawiskiem nowym i napawającym otuchą. W czasach Linneusza i Leopolda ani społeczna wyobraźnia, ani państwo nie przejmowały się specjalnie ekologią innych gatunków. Oczywiście, nasze obecne zainteresowanie jest częściowo wymuszone przez bałagan ekologiczny powstały wskutek beztroski naszych poprzedników, ale myślę, że jest również motywowane autentyczną ciekawością innych form życia i troską o ich dobrobyt.

Dzisiejszy świat obfituje w rozpraszające pokusy i różne bariery dla przyrodników, ale zapewnia im również spektakularny zbiór pomocnych narzędzi. Gdyby Gilbert White, autor XVIII-wiecznej klasycznej *Historii Naturalnej Selborne*, posiadał bibliotekę składającą się z dokładnych przewodników terenowych, komputer z dostępem do zdjęć kwiatów i odgłosów żab oraz bazę najnowszych artykułów naukowych, jego szczegółowe obserwacje natury mogłyby zostać wzbogacone, zmniejszając jego intelektualną samotność i dając mu głębsze zrozumienie ekologii. Mógłby też oczywiście roztrwonić swoją ciekawość na syntetyczne światy on-line, ale zmierzam do tego, że przed ludźmi, którzy interesują się historią naturalną, otwiera się teraz znacznie więcej możliwości.

Z pomocą tych środków zgłębiałem moją leśną mandalę. Mam nadzieję, że książka ta zachęci innych do własnych poszukiwań. Miałem to szczęście, że mogłem oglądać niewielki skrawek starego lasu naturalnego. Jest to rzadki przywilej; las taki porasta obecnie mniej niż pół procenta terenu wschodniej części Stanów Zjednoczonych. Jednak nie jest on jedynym oknem na

ekologię świata. W istocie jednym z efektów mojej obserwacji mandali było uświadomienie sobie, że tworzymy wspaniałe miejsca przez poświęcanie im swojej uwagi, a nie przez wyszukiwanie „dziewiczych” obszarów, które ujawniają przed nami swe cuda. Ogrody, miejskie drzewa, niebo, pola, młody las, stado wróbli hasających po przedmieściach – to wszystko są mandale. Ich dokładna obserwacja jest tak samo owocna jak oglądanie wiekowego lasu.

Różnimy się sposobami zdobywania wiedzy, więc sugerowanie, jak obserwować te mandale, może być zarozumiałością z mojej strony, ale wydaje mi się, że warto, bym podzielił się dwoma spostrzeżeniami z mojego doświadczenia. Pierwsze z nich jest takie: odstawcie na bok oczekiwania. Oczekiwanie, że obserwacja zapewni nam wzruszenia, piękno, sceny przemocy, oświecenie czy sakrament, przeszkadza w jasnej obserwacji i spowija umysł mgłą niecierpliwości. Liczcie tylko na entuzjastyczną otwartość zmysłów.

Moja druga sugestia jest taka, by korzystać z doświadczeń praktyki medytacji i wielokrotnie sprowadzać swoją uwagę na bieżącą chwilę. Nasza uwaga nieubłaganie schodzi na manowce. Łagodnie przywołaj ją z powrotem. Nieustannie wyszukuj zmysłowe detale: specyfikę dźwięku, dotyku i zapachu danego miejsca, jego bogactwo wzrokowe. Nie jest to męczące, ale wymaga świadomych aktów woli.

Wewnętrzna charakterystyka naszego umysłu sama w sobie jest wielkim nauczycielem historii naturalnej. To tutaj dowiadujemy się, że „przyroda” nie jest czymś osobnym od nas. My też jesteśmy zwierzętami, naczelnymi obdarzonymi bogatym kontekstem środowiskowym i ewolucyjnym. Dzięki bacznej uwadze możemy obserwować to wewnętrzne zwierzę w dowolnym momencie: nasze żywe zainteresowanie owocami, mięsem, cukrem i solą; obsesję na punkcie hierarchii społecznej, klanów i znajomości; fascynację estetyką ludzkiej skóry, włosów i kształtów ciała; nieustanną ciekawość intelektualną i ambicję. Każdy z nas zamieszkuje wielopiętrową mandalę o złożoności i głębi odwiecznego lasu. Co więcej, obserwacja siebie nie stoi w opozycji do obserwacji świata; obserwując las, wyraźniej ujrzałem siebie.

Elementem tego, co odkrywamy, obserwując siebie, jest pokrewieństwo z otaczającym nas światem. Pragnienie nazwania, zrozumienia i radowania się resztą wspólnoty życia należy do naszego człowieczeństwa. Wyciszona obserwacja mandali stanowi jeden ze sposobów tego, by na nowo odkryć i rozwijać to dziedzictwo.

PODZIĘKOWANIA

Mandala mieści się na terenie należącym do University of South w Sewanee, w stanie Tennessee. Książka ta nie mogłaby powstać bez trudu wielu pokoleń ludzi, którzy dbali o tę ziemię. Moi koledzy z uniwersytetu zapewniają mi przyjazną i stymulującą atmosferę pracy. W szczególności byli to: Nancy Berner, Jon Evans, Ann Fraser, John Fraser, Deborah McGrath, John Palisano, Jim Peters, Bran Potter, George Ramseur, Jean Yeatman, Harry Yeatman, a Kirk Zigler odpowiadał na moje szczegółowe pytania dotyczące konkretnych zagadnień poruszonych w tej książce. Jimowi Petersowi zawdzięczam wiele spostrzeżeń na temat natury nauki, uzyskanych zwłaszcza w trakcie naszego wspólnego nauczania ekologii i etyki. Rozmowy z Sidem Brownem i Tomem Wardem pomogły mi umieścić moje doświadczenie praktyki kontemplacyjnej w szerszym i bardziej spójnym kontekście. Znakomity personel Biblioteki DuPont i jej wspaniałe zbiory sprawiły, że przeprowadzanie badań źródłowych na potrzeby tej książki było prawdziwą przyjemnością. Wyjątkowi studenci Sewanee dają mi natchnienie i wielkie nadzieje na przyszły rozwój biologii i historii naturalnej.

Moją znajomość historii naturalnej naszego regionu znacznie rozszerzyły wyprawy po lesie w towarzystwie wielu lokalnych przyrodników. Wieloma spostrzeżenia w ciągu lat podzielili się ze mną w szczególności Joseph Bordley, Sanford McGee i David Withers.

Bill Hamilton, Stephen Kearsy, Beth Okamura i Andrew Pomiankowski z Uniwersytetu w Oksfordzie oraz Chris Clark, Steve Emlen, Rick Harrison, Robert Johnston, Amy McCune, Carol McFadden, Bobbi Peckarsky, Kern Reeve, Paul Sherman i David Winkler z Cornell University byli szczególnie hojnymi i ważnymi mentorami podczas moich lat formalnego kształcenia uniwersyteckiego.

Moi koledzy, którzy uczestniczyli wraz ze mną w warsztatach pisarskich Wildbranch w Sterling College, pomogli mi rozwinąć się jako autorowi i przyrodnikowi. Za rady i przykład własny szczególnie dziękuję Tony'emu Crossowi, Alison Hawthorne Deming, Jennifer Sahn i Holly Wren Spaulding.

Pierwsze brudnopisy tej książki wiele skorzystały z uwag redaktorskich Johna Gatta, Jean Haskell, George'a Haskell i Jacka Macrae. Zmodyfikowana wersja rozdziału *Medycyna* została opublikowana przez Whole Terrain i skorygowana przez Annie Jacobs i jej redakcję. Henry Hamman chętnie poświęcił czas, dzieląc się spostrzeżeniami i kontaktami w krytycznym momencie powstawania tej książki.

Alice Martell jest niezwykłym agentem. Jej przenikliwe uwagi stanowią źródło zachęty, a jej wspaniała praca doprowadziła ten projekt do końca. Wnikliwa redakcja Kevina Doughtena wniosła spójność i wigor do rękopisu. Wysiłki Kevina w roli pasterza, ambasadora i adwokata tej książki są nie do przecenienia.

Zaciągnąłem ogromny dług intelektualny u tysięcy przyrodników, których badania naukowe pogłębiły moją znajomość biologii. Książka ta, jak mam nadzieję, oddaje cześć ich ważnej pracy. Musiałem pominąć dane wielu z tych badań, skupiając się na tych, które najbardziej bezpośrednio dotyczyły mojego doświadczenia w mandali lub które pomogły mi wyjaśnić różne kwestie biologiczne. Takie wyłuskiwanie szczegółów jest niebezpieczne, zwłaszcza w nauce, toteż zachęcam czytelników, by bogactwo poruszonych tu tematów odkrywali dalej samodzielnie w ramach podanej bibliografii i poza nią.

Sarah Vance z wielkim zaangażowaniem poparła ten projekt. Jej uwagi naukowe, porady

redakcyjne i praktyczna pomoc w przygotowaniu rękopisu nie tylko sprawiły, że książka mogła się ukazać, ale znacznie poprawiła jej jakość.

Książka ta jest uczczeniem życia lasów, toteż co najmniej połowę dochodów z praw autorskich przekażę na rzecz projektów zmierzających do ochrony lasów.

BIBLIOGRAFIA

Przedmowa

Bentley, G. E., ed. 2005. *William Blake: Selected Poems*. London: Penguin.

1 stycznia – Związki

Giles, H. A., trans. and ed. 1926. *Chuang Tzŭ*. 2nd ed., reprint 1980. London: Unwin Paperbacks.

Hale, M. E. 1983. *The Biology of Lichens*. 3rd ed. London: Edward Arnold.

Hanelt, B., and J. Janovy. 1999. "The life cycle of a horsehair worm, *Gordius robustus* (Nematomorpha: Gordioidea)." *Journal of Parasitology* 85: 139–41.

Hanelt, B., L. E. Grother, and J. Janovy. 2001. "Physid snails as sentinels of freshwater nematomorphs." *Journal of Parasitology* 87: 1049–53.

Nash, T. H., III, ed. 1996. *Lichen Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Purvis, W. 2000. *Lichens*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Rivera, M. C., and J. A. Lake. 2004. "The ring of life provides evidence for a genome fusion origin of eukaryotes." *Nature* 431:152–55.

Thomas, F., A. Schmidt-Rhaesa, G. Martin, C. Manu, P. Durand, and F. Renaud. 2002. "Do hairworms (Nematomorpha) manipulate the water seeking behaviour of their terrestrial hosts?" *Journal of Evolutionary Biology* 15: 356–61.

17 stycznia – Dar Keplera

Kepler, J. 1966. *The Six-Cornered Snowflake*. 1661. Translation and commentary by C. Hardie, B. J. Mason, and L. L. Whyte. Oxford: Clarendon Press.

Libbrecht, K. G. 1999. "A Snow Crystal Primer." Pasadena: California Institute of Technology. www.its.caltech.edu/~atomic/snowcrystals/primer/primer.htm.

Meinel, C. 1988. "Early seventeenth-century atomism: theory, epistemology, and the

insufficiency of experiment.” *Isis* 79: 68–103.

21 stycznia – Eksperyment

Cimprich, D. A., and T. C. Grubb. 1994. “Consequences for Carolina Chickadees of foraging with Tufted Titmice in winter.” *Ecology* 75: 1615–25.

Cooper, S. J., and D. L. Swanson. 1994. “Seasonal acclimatization of thermoregulation in the Black-capped Chickadee.” *Condor* 96: 638–46.

Doherty, P. F., J. B. Williams, and T. C. Grubb. 2001. “Field metabolism and water flux of Carolina Chickadees during breeding and nonbreeding seasons: A test of the ‘peak-demand’ and ‘reallocation’ hypotheses.” *Condor* 103: 370–75.

Gill, F. B. 2007. *Ornithology*. 3rd ed. New York: W. H. Freeman.

Grubb, T. C., Jr., and V. V. Pravasudov. 1994. “Tufted Titmouse (*Baeolophus bicolor*),” The Birds of North America Online (A. Poole, ed.). Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology; doi:10.2173/bna.86.

Honkavaara, J., M. Koivula, E. Korpimäki, H. Siitari, and J. Viitala. 2002. “Ultraviolet vision and foraging in terrestrial vertebrates.” *Oikos* 98: 505–11.

Karasov, W. H., M. C. Brittingham, and S. A. Temple. 1992. “Daily energy and expenditure by Black-capped Chickadees (*Parus atricapillus*) in winter.” *Auk* 109: 393–95.

Marchand, P. J. 1991. *Life in the Cold*. 2nd ed. Hanover, NH: University Press of New England.

Mostrom, A. M., R. L. Curry, and B. Lohr. 2002. “Carolina Chickadee (*Poecile carolinensis*).” The Birds of North America Online. doi:10.2173/bna.636.

Norberg, R. A. 1978. “Energy content of some spiders and insects on branches of spruce (*Picea abies*) in winter: prey of certain passerine birds.” *Oikos* 31: 222–29.

Pravosudov, V. V., T. C. Grubb, P. F. Doherty, C. L. Bronson, E. V. Pravosudova, and A. S. Dolby. 1999. “Social dominance and energy reserves in wintering woodland birds.” *Condor* 101: 880–84.

Saarela, S., B. Klapper, and G. Heldmaier. 1995. “Daily rhythm of oxygen-consumption and thermoregulatory responses in some European winter-acclimatized or summer-acclimatized finches at different ambient-temperatures.” *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systems, and Environmental Physiology* 165: 366–76.

Swanson, D. L., and E. T. Liknes. 2006. “A comparative analysis of thermogenic capacity

and cold tolerance in small birds.” *Journal of Experimental Biology* 209: 466–74.

Whittow, G. C., ed. 2000. *Sturkie's Avian Physiology*. 5th ed. San Diego: Academic Press.

30 stycznia – Rośliny zimowe

Fenner, M., and K. Thompson. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lambers, H., F. S. Chapin, and T. L. Pons. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Berlin: Springer-Verlag.

Sakai, A., and W. Larcher. 1987. *Frost Survival of Plants: Responses and Adaptation to Freezing Stress*. Berlin: Springer-Verlag.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. 3rd ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

2 lutego – Tropy

Allen, J. A. 1877. *History of the American Bison*. Washington, DC: U.S. Department of the Interior.

Barlow, C. 2001. “Anachronistic fruits and the ghosts who haunt them.” *Arnoldia* 61: 14–21.

Clarke, R. T. J., and T. Bauchop, eds. 1977. *Microbial Ecology of the Gut*. New York: Academic Press.

Delcourt, H. R., and P. A. Delcourt. 2000. “Eastern deciduous forests.” In *North American Terrestrial Vegetation*, 2nd ed., edited by M. G. Barbour and W. D. Billings, 357–95. Cambridge: Cambridge University Press.

Gill, J. L., J. W. Williams, S. T. Jackson, K. B. Lininger, and G. S. Robinson. 2009. “Pleistocene megafaunal collapse, novel plant communities, and enhanced fire regimes in North America.” *Science* 326: 1100–1103.

Graham, R. W. 2003. “Pleistocene tapir from Hill Top Cave, Trigg County, Kentucky, and a review of Plio-Pleistocene tapirs of North America and their paleoecology.” In *Ice Age Cave Faunas of North America*, edited by B. W. Schubert, J. I. Mead, and R. W. Graham, 87–118. Bloomington: Indiana University Press.

Harriot, T. 1588. *A Briefe and True Report of the New Found Land of Virginia*. Reprint,

1972. New York: Dover Publications.

Hicks, D. J., and B. F. Chabot. 1985. "Deciduous forest." In *Physiological Ecology of North American Plant Communities*, edited by B. F. Chabot and H. A. Mooney, 257–77. New York: Chapman and Hall.

Hobson, P. N., ed. 1988. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Barking, UK: Elsevier Science Publishers.

Lange, I. M. 2002. *Ice Age Mammals of North America: A Guide to the Big, the Hairy, and the Bizarre*. Missoula, MT: Mountain Press.

Martin, P. S., and R. G. Klein. 1984. *Quaternary Extinctions*. Tucson: University of Arizona Press.

McDonald, H. G. 2003. "Sloth remains from North American caves and associated karst features." In *Ice Age Cave Faunas of North America*, edited by B. W. Schubert, J. I. Mead, and R. W. Graham, 1–16. Bloomington: Indiana University Press.

Salley, A. S., ed. 1911. *Narratives of Early Carolina, 1650–1708*. New York: Scribner's Sons.

16 luteo – Mech

Bateman, R. M., P. R. Crane, W. A. DiMichele, P. R. Kendrick, N. P. Rowe, T. Speck, and W. E. Stein. 1998. "Early evolution of land plants: phylogeny, physiology, and ecology of the primary terrestrial radiation." *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 263–92.

Conrad, H. S. 1956. *How to Know the Mosses and Liverworts*. Dubuque, IA: W. C. Brown.

Goffinet, B., and A. J. Shaw, eds. 2009. *Bryophyte Biology*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Qiu, Y.-L., L. Li, B. Wang, Z. Chen, V. Knoop, M. Groth-Malonek, O. Dombrowska, J. Lee, L. Kent, J. Rest, G. F. Estabrook, T. A. Hendry, D. W. Taylor, C. M. Testa, M.

Ambros, B. Crandall-Stotler, R. J. Duff, M. Stech, W. Frey, D. Quandt, and C. C. Davis. 2006. "The deepest divergences in land plants inferred from phylogenomic evidence." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 103: 15511–16.

Qiu Y.-L., L. B. Li, B. Wang, Z. D. Chen, O. Dombrowska, J. J. Lee, L. Kent, R. Q. Li, R. W. Jobson, T. A. Hendry, D. W. Taylor, C. M. Testa, and M. Ambros. 2007. "A nonflowering land plant phylogeny inferred from nucleotide sequences of seven chloroplast, mitochondrial, and nuclear genes." *International Journal of Plant Sciences* 168: 691–708.

Richardson, D. H. S. 1981. *The Biology of Mosses*. New York: John Wiley and Sons.

28 lutego – Salamandra

Duellman, W. E., and L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Milanovich, J. R., W. E. Peterman, N. P. Nibbelink, and J. C. Maerz. 2010. "Projected loss of a salamander diversity hotspot as a consequence of projected global climate change." *PLoS ONE* 5: e12189. doi:10.1371/journal.pone.0012189.

Petranka, J. W. 1998. *Salamanders of the United States and Canada*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Petranka, J. W., M. E. Eldridge, and K. E. Haley. 1993. "Effects of timber harvesting on Southern Appalachian salamanders." *Conservation Biology* 7: 363–70.

Ruben, J. A., and A. J. Boucot. 1989. "The origin of the lungless salamanders (Amphibia: Plethodontidae)." *American Naturalist* 134: 161–69.

Stebbins, R. C., and N. W. Cohen. 1995. *A Natural History of Amphibians*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Vieites, D. R., M.-S. Min, and D. B. Wake. 2007. "Rapid diversification and dispersal during periods of global warming by plethodontid salamanders." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 104: 19903–7.

13 marca – Przylaszczka

Bennett, B. C. 2007. "Doctrine of Signatures: an explanation of medicinal plant discovery or dissemination of knowledge?" *Economic Botany* 61: 246–55.

Hartman, F. 1929. *The Life and Doctrine of Jacob Boehme*. New York: Macoy.

McGrew, R. E. 1985. *Encyclopedia of Medical History*. New York: McGraw-Hill.

13 marca - Ślimaki

Chase, R. 2002. *Behavior and Its Neural Control in Gastropod Molluscs*. Oxford: Oxford University Press.

25 marca – Wiosenne efemerydy

Choe, J. C., and B. J. Crespi. 1997. *The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids*. Cambridge: Cambridge University Press.

Curran, C. H. 1965. *The Families and Genera of North American Diptera*. Woodhaven, NY: Henry Tripp.

Motten, A. F. 1986. "Pollination ecology of the spring wildflower community of a temperate deciduous forest." *Ecological Monographs* 56: 21–42.

Sun, G., Q. Ji, D. L. Dilcher, S. Zheng, K. C. Nixon, and X. Wang. 2002. "Archaeofractaceae, a new basal Angiosperm family." *Science* 296: 899–904.

Wilson, D. E., and S. Ruff. 1999. *The Smithsonian Book of North American Mammals*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

2 kwietnia – Pila łańcuchowa

Duffy, D. C., and A. J. Meier. 1992. "Do Appalachian herbaceous understories ever recover from clear-cutting?" *Conservation Biology* 6: 196–201.

Haskell, D. G., J. P. Evans, and N. W. Pelkey. 2006. "Depauperate avifauna in plantations compared to forests and exurban areas." *PLoS ONE* 1: e63. doi:10.1371/journal.pone.0000063.

Meier, A. J., S. P. Bratton, and D. C. Duffy. 1995. "Possible ecological mechanisms for loss of vernal-herb diversity in logged eastern deciduous forests." *Ecological Applications* 5: 935–46.

Perez-Garcia, J., B. Lippke, J. Comnick, and C. Manriquez. 2005. "An assessment of carbon pools, storage, and wood products market substitution using life-cycle analysis results." *Wood and Fiber Science* 37: 140–48.

Prestemon, J. P., and R. C. Abt. 2002. "Timber products supply and demand." Chap. 13 in *Southern Forest Resource Assessment*, edited by D. N. Wear and J. G. Greis. General Technical Report SRS-53, U.S. Department of Agriculture. Asheville, NC: Forest Service, Southern Research Station.

Scharai-Rad, M., and J. Welling. 2002. "Environmental and energy balances of wood products and substitutes." Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. www.fao.org/docrep/004/y3609e/y3609e00.HTM.

Yarnell, S. 1998. *The Southern Appalachians: A History of the Landscape*. General Technical Report SRS-18, U.S. Department of Agriculture. Asheville, NC: Forest Service, Southern Research Station.

2 kwietnia – Kwiaty

Fenster, C. B., W. S. Armbruster, P. Wilson, M. R. Dudash, and J. D. Thomson. 2004. "Pollination syndromes and floral specialization." *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 375–403.

Fosket, D. E. 1994. *Plant Growth and Development: A Molecular Approach*. San Diego: Academic Press.

Snow, A. A., and T. P. Spira. 1991. "Pollen vigor and the potential for sexual selection in plants." *Nature* 352: 796–97.

Walsh, N. E., and D. Charlesworth. 1992. "Evolutionary interpretations of differences in pollen-tube growth-rates." *Quarterly Review of Biology* 67: 19–37.

8 kwietnia – Ksylem

Ennos, R. 2001. *Trees*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Hacke, U. G., and J. S. Sperry. 2001. "Functional and ecological xylem anatomy." *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 4: 97–115.

Sperry, J. S., J. R. Donnelly, and M. T. Tyree. 1988. "Seasonal occurrence of xylem embolism in sugar maple (*Acer saccharum*)." *American Journal of Botany* 75: 1212–18.

Tyree, M. T., and M. H. Zimmermann. 2002. *Xylem Structure and the Ascent of Sap*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag.

14 kwietnia – Ćma

Smedley, S. R., and T. Eisner. 1996. "Sodium: a male moth's gift to its offspring." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 93: 809–13.

Young, M. 1997. *The Natural History of Moths*. London: T. and A. D. Poyser.

16 kwietnia – Ranne ptaszki

Pedrotti, F. L., L. S. Pedrotti, and L. M. Pedrotti. 2007. *Introduction to Optics*. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Wiley, R. H., and D. G. Richards. 1978. "Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 3: 69–94.

22 kwietnia – Wędrujące nasiona

Beattie, A., and D. C. Culver. 1981. "The guild of myrmecochores in a herbaceous flora of West Virginia forests." *Ecology* 62: 107–15.

Cain, M. L., H. Damman, and A. Muir. 1998. "Seed dispersal and the holocene migration of woodland herbs." *Ecological Monographs* 68: 325–47.

Clark, J. S. 1998. "Why trees migrate so fast: confronting theory with dispersal biology and the paleorecord." *American Naturalist* 152: 204–24.

Ness, J. H. 2004. "Forest edges and fire ants alter the seed shadow of an ant-dispersed plant." *Oecologia* 138: 448–54.

Smith, B. H., P. D. Forman, and A. E. Boyd. 1989. "Spatial patterns of seed dispersal and predation of two myrmecochorous forest herbs." *Ecology* 70: 1649–56.

Vellend, M., Myers, J. A., Gardescu, S., and P. L. Marks. 2003. "Dispersal of *Trillium* seeds by deer: implications for long-distance migration of forest herbs." *Ecology* 84: 1067–72.

29 kwietnia – Trzęsienie ziemi

U.S. Geological Survey, Earthquake Hazards Program. "Magnitude 4.6 Alabama." http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2003/eq_030429/.

7 maja – Wiatr

Ennos, A. R. 1997. "Wind as an ecological factor." *Trends in Ecology and Evolution* 12: 108–11.

Vogel, S. 1989. "Drag and reconfiguration of broad leaves in high winds." *Journal of Experimental Botany* 40: 941–48.

18 maja – Roślinozercy

Ananthkrishnan, T. N., and A. Raman. 1993. *Chemical Ecology of Phytophagous Insects*. New York: International Science Publisher.

Chown, S. L., and S. W. Nicolson. 2004. *Insect Physiological Ecology*. Oxford: Oxford University Press.

Hartley, S. E., and C. G. Jones. 2009. "Plant chemistry and herbivory, or why the world is green." In *Plant Ecology*, edited by M. J. Crawley. 2nd ed. Oxford: Blackwell Publishing.

Nation, J. L. 2008. *Insect Physiology and Biochemistry*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Waldbauer, G. 1993. *What Good Are Bugs?: Insects in the Web of Life*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

25 maja – Rozchodzące się kręgi fal

Clements, A. N. 1992. *The Biology of Mosquitoes: Development, Nutrition, and Reproduction*. London: Chapman and Hall.

Hames, R. S., K. V. Rosenberg, J. D. Lowe, S. E. Barker, and A. A. Dhondt. 2002. "Adverse effects of acid rain on the distribution of Wood Thrush *Hylocichla mustelina* in North America." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 99: 11235–40.

Spielman, A., and M. D'Antonio. 2001. *Mosquito: A Natural History of Our Most Persistent and Deadly Foe*. New York: Hyperion.

Whittow, G. C., ed. 2000. *Sturkie's Avian Physiology*. 5th ed. San Diego: Academic Press.

2 czerwca – Wyprawa po Święty Graal

Klompfen, H., and D. Grimaldi. 2001. "First Mesozoic record of a parasitiform mite: a larval Argasid tick in Cretaceous amber (Acari: Ixodida: Argasidae)." *Annals of the Entomological Society of America* 94: 10–15.

Sonenshine, D. E. 1991. *Biology of Ticks*. Oxford: Oxford University Press.

10 czerwca – Paprocie

Schneider, H., E. Schuettpelz, K. M. Pryer, R. Cranfill, S. Magallon, and R. Lupia. 2004. "Ferns diversified in the shadow of angiosperms." *Nature* 428: 553–57.

Smith, A. R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider, and P. G. Wolf. 2006. "A classification for extant ferns." *Taxon* 55:705–31.

20 czerwca – Splot

Haase, M., and A. Karlsson. 2004. "Mate choice in a hermaphrodite: you won't score with a spermatophore." *Animal Behaviour* 67: 287–91.

Locher, R., and B. Baur. 2000. "Mating frequency and resource allocation to male and female function in the simultaneous hermaphrodite land snail *Arianta arbustorum*." *Journal of Evolutionary Biology* 13: 607–14.

Rogers, D. W., and R. Chase. 2002. "Determinants of paternity in the garden snail *Helix aspersa*." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 52: 289–95.

Webster, J. P., J. I. Hoffman, and M. A. Berdoy. 2003. "Parasite infection, host resistance and mate choice: battle of the genders in a simultaneous hermaphrodite." *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 270: 1481–85.

2 lipca – Grzyby

Hurst, L. D. 1996. "Why are there only two sexes?" *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 263: 415–22.

Webster, J., and R. W. S. Weber. 2007. *Introduction to Fungi*. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Whitfield, J. 2004. "Everything you always wanted to know about sexes." *PLoS Biol* 2(6): e183. doi:10.1371/journal.pbio.0020183.

Xu, J. 2005. "The inheritance of organelle genes and genomes: patterns and mechanisms." *Genome* 48: 951–58.

Yan, Z., and J. Xu. 2003. "Mitochondria are inherited from the MATa parent in crosses of the Basidiomycete fungus *Cryptococcus neoformans*." *Genetics* 163: 1315–25.

13 lipca – Robaczki świętojańskie

Eisner, T., M. A. Goetz, D. E. Hill, S. R. Smedley, and J. Meinwald. 1997. "Firefly 'femmes fatales' acquire defensive steroids (lucibufagins) from their firefly prey." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 94: 9723–28.

27 lipca – Plamka światła słonecznego

Heinrich, B. 1996. *The Thermal Warriors: Strategies of Insect Survival*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Hull, J. C. 2002. "Photosynthetic induction dynamics to sunflecks of four deciduous forest understory herbs with different phenologies."

Williams, W. E., H. L. Gorton, and S. M. Witiak. 2003. "Chloroplast movements in the field." *Plant Cell and Environment*: 2005–14.

1 sierpnia – Traszka i kojot

Brodie, E. D. 1968. "Investigations on the skin toxin of the Red-Spotted Newt, *Notophthalmus viridescens viridescens*." *American Midland Naturalist* 80:276–80.

Hampton, B. 1997. *The Great American Wolf*. New York: Henry Holt and Company.

Parker, G. 1995. *Eastern Coyote: The Story of Its Success*. Halifax, Nova Scotia: Nimbus Publishing.

18 sierpnia – Gwiazdosze

Hibbett, D. S., E. M. Pine, E. Langer, G. Langer, and M. J. Donoghue. 1997. "Evolution of gilled mushrooms and puffballs inferred from ribosomal DNA sequences." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 94: 12002–6.

26 sierpnia – Pasikoniki

Capinera, J. L., R. D. Scott, and T. J. Walker. 2004. *Field Guide to Grasshoppers, Katydid, and Crickets of the United States*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Gerhardt, H. C., and F. Huber. 2002. *Acoustic Communication in Insects and Anurans*. Chicago: University of Chicago Press.

Gwynne, D. T. 2001. *Katydid and Bush-Crickets: Reproductive Behavior and Evolution of the Tettigoniidae*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Rannels, S., W. Hershberger, and J. Dillon. 1998. *Songs of Crickets and Katydid of the Mid-Atlantic States*. CD audio recording. Murgansville, MD: Wil Hershberger.

21 września – Medycyna

Culpeper, N. 1653. *Culpeper's Complete Herbal*. Reprint, 1985. Secaucus, NJ: Chartwell Books.

Horn, D., T. Cathcart, T. E. Hemmerly, and D. Duhl, eds. 2005. *Wildflowers of Tennessee, the Ohio Valley, and the Southern Appalachians*. Auburn, WA: Lone Pine Publishing.

Lewis, W. H., and M. P. F. Elvin-Lewis. 1977. *Medical Botany: Plants Affecting Man's Health*. New York: John Wiley and Sons.

Mann, R. D. 1985. *William Withering and the Foxglove*. Lancaster, UK: MTP Press.

Moerman, D. E. 1998. *Native American Ethnobotany*. Portland, OR: Timber Press.

U.S. Fish and Wildlife Service. 2009. *General Advice for the Export of Wild and Wild-Simulated American Ginseng (Panax quinquefolius) Harvested in 2009 and 2010 from States with Approved CITES Export Programs*. Washington, DC: U.S. Department of the Interior.

Vanisree, M., C.-Y. Lee, S.-F. Lo, S. M. Nalawade, C. Y. Lin, and H.-S. Tsay. 2004. "Studies on the production of some important secondary metabolites from medicinal plants by plant tissue cultures." *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 45: 1–22.

23 września – Gašienica

Heinrich, B. 2009. *Summer World: A Season of Bounty*. New York: Ecco.

Heinrich, B., and S. L. Collins. 1983. "Caterpillar leaf damage, and the game of hide-and-seek with birds." *Ecology* 64: 592–602.

Real, P. G., R. Iannazzi, A. C. Kamil, and B. Heinrich. 1984. "Discrimination and generalization of leaf damage by blue jays (*Cyanocitta cristata*)." *Animal Learning and Behavior* 12: 202–8.

Stamp, N. E., and T. M. Casey, eds. 1993. *Caterpillars: Ecological and Evolutionary Constraints on Foraging*. London: Chapman and Hall.

Wagner, D. L. 2005. *Caterpillars of Eastern North America: A Guide to Identification and Natural History*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

23 września – Sępnik

Blount, J. D., D. C. Houston, A. P. Møller, and J. Wright. 2003. "Do individual branches of immune defence correlate? A comparative case study of scavenging and non-scavenging

birds.” *Oikos* 102: 340–50.

DeVault, T. L., O. E. Rhodes, Jr., and J. A. Shivik. 2003. “Scavenging by vertebrates: behavioral, ecological, and evolutionary perspectives on an important energy transfer pathway in terrestrial ecosystems.” *Oikos* 102:225–34.

Kelly, N. E., D. W. Sparks, T. L. DeVault, and O. E. Rhodes, Jr. 2007. “Diet of Black and Turkey Vultures in a forested landscape.” *Wilson Journal of Ornithology* 119: 267–70.

Kirk, D. A., and M. J. Mossman. 1998. “Turkey Vulture (*Cathartes aura*),” The Birds of North America Online (A. Poole, ed.). Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. doi:10.2173/bna.339.

Markandya, A., T. Taylor, A. Longo, M. N. Murty, S. Murty, and K. Dhavala. 2008. “Counting the cost of vulture decline—An appraisal of the human health and other benefits of vultures in India.” *Ecological Economics* 67: 194–204.

Powers, W. *The Science of Smell*. Iowa State University Extension. www.extension.iastate.edu/Publications/PM1963a.pdf.

26 września – Wędrowcy

Evans Ogden, L. J., and B. J. Stutchbury. 1994. “Hooded Warbler (*Wilsonia citrina*),” The Birds of North America Online (A. Poole, ed.). Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. doi:10.2173/bna.110.

Hughes, J. M. 1999. “Yellow-billed Cuckoo (*Coccyzus americanus*),” The Birds of North America Online (A. Poole, ed.). Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. doi:10.2173/bna.418.

Rimmer, C. C., and K. P. McFarland. 1998. “Tennessee Warbler (*Vermivora peregrina*),” The Birds of North America Online. doi:10.2173/bna.350.

5 października – Fale ostrzegające

Agrawal, A. A. 2000. “Communication between plants: this time it’s real.” *Trends in Ecology and Evolution* 15: 446.

Caro, T. M., L. Lombardo, A. W. Goldizen, and M. Kelly. 1995. “Tail-flagging and other antipredator signals in white-tailed deer: new data and synthesis.” *Behavioral Ecology* 6: 442–50.

Cotton, S. 2001. “Methyl jasmonate.” www.chm.bris.ac.uk/motm/jasmine/jasminev.htm.

Farmer, E. E., and C. A. Ryan. 1990. “Interplant communication: airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves.” *Proceedings of the National*

Academy of Sciences, USA 87: 7713–16.

FitzGibbon, C. D., and J. H. Fanshawe. 1988. “Stotting in Thomson’s gazelles: an honest signal of condition.” *Behavioral Ecology and Sociobiology* 23: 69–74.

Maloof, J. 2006. “Breathe.” *Conservation in Practice* 7: 5–6.

14 października – Skrzydlaki

Green, D. S. 1980. “The terminal velocity and dispersal of spinning samaras.” *American Journal of Botany* 67: 1218–24.

Horn, H. S., R. Nathan, and S. R. Kaplan. 2001. “Long-distance dispersal of tree seeds by wind.” *Ecological Research* 16: 877–85.

Lentink, D., W. B. Dickson, J. L. van Leewen, and M. H. Dickinson. 2009. “Leading-edge vortices elevate lift of autorotating plant seeds.” *Science* 324: 1438–40.

Sipe, T. W., and A. R. Linnerooth. 1995. “Intraspecific variation in samara morphology and flight behavior in *Acer saccharinum* (Aceraceae).” *American Journal of Botany* 82: 1412–19.

29 października – Twarze

Darwin, C. 1872. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Reprint, 1965. Chicago: University of Chicago Press.

Lorenz, K. 1971. *Studies in Animal and Human Behaviour*. Translated by R. Martin. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Randall, J. A. 2001. “Evolution and function of drumming as communication in mammals.” *American Zoologist* 41: 1143–56.

Todorov, A., C. P. Said, A. D. Engell, and N. N. Oosterhof. 2008. “Understanding evaluation of faces on social dimensions.” *Trends in Cognitive Sciences* 12: 455–60.

5 listopada – Światło

Caine, N. G., D. Osorio, and N. I. Mundy. 2009. “A foraging advantage for dichromatic marmosets (*Callithrix geoffroyi*) at low light intensity.” *Biology Letters* 6: 36–38.

Craig, C. L., R. S. Weber, and G. D. Bernard. 1996. “Evolution of predator-prey systems: Spider foraging plasticity in response to the visual ecology of prey.” *American Naturalist* 147:

205–29.

Endler, J. A. 2006. “Disruptive and cryptic coloration.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 273: 2425–26.

—. 1997. “Light, behavior, and conservation of forest dwelling organisms.” In *Behavioral Approaches to Conservation in the Wild*, edited by J. R. Clemmons and R. Buchholz, 329–55. Cambridge: Cambridge University Press.

King, R. B., S. Hauff, and J. B. Phillips. 1994. “Physiological color change in the green treefrog: Responses to background brightness and temperature.” *Copeia* 1994: 422–32.

Merilaita, S., and J. Lind. 2005. “Background-matching and disruptive coloration, and the evolution of cryptic coloration.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 272: 665–70.

Mollon, J. D., J. K. Bowmaker, and G. H. Jacobs. 1984. “Variations of color-vision in a New World primate can be explained by polymorphism of retinal photopigments.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 222: 373–99.

Morgan, M. J., A. Adam, and J. D. Mollon. 1992. “Dichromats detect colour-camouflaged objects that are not detected by trichromats.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 248: 291–95.

Schaefer, H. M., and N. Stobbe. 2006. “Disruptive coloration provides camouflage independent of background matching.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 273: 2427–32.

Stevens, M., I. C. Cuthill, A. M. M. Windsor, and H. J. Walker. 2006. “Disruptive contrast in animal camouflage.” *Proceedings of the Royal Society, Series B: Biological Sciences* 273: 2433–38.

15 listopada – Krogulec zmienny

Bildstein, K. L., and K. Meyer. 2000. “Sharp-shinned Hawk (*Accipiter striatus*),” *The Birds of North America Online* (A. Poole, ed.). Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. doi:10.2173/bna.482.

Hughes, N. M., H. S. Neufeld, and K. O. Burkey. 2005. “Functional role of anthocyanins in high-light winter leaves of the evergreen herb *Galax urceolata*.” *New Phytologist* 168: 575–87.

Lin, E. 2005. *Production and Processing of Small Seeds for Birds*. Agricultural and Food Engineering Technical Report 1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Marden, J. H. 1987. "Maximum lift production during takeoff in flying animals." *Journal of Experimental Biology* 130: 235–38.

Zhang, J., G. Harbottle, C. Wang, and Z. Kong. 1999. "Oldest playable musical instruments found at Jiahu early Neolithic site in China." *Nature* 401: 366–68.

21 listopada – Gałazki

Canadell, J. G., C. Le Quere, M. R. Raupach, C. B. Field, E. T. Buitenhuis, P. Ciais, T. J. Conway, N. P. Gillett, R. A. Houghton, and G. Marland. 2007. "Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 104: 18866–70.

Dixon R. K., A. M. Solomon, S. Brown, R. A. Houghton, M. C. Trexler, and J. Wisniewski. 1994. "Carbon pools and flux of global forest ecosystems." *Science* 263: 185–90.

Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to Plant Physiology*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.

Howard, J. L. 2004. *Ailanthus altissima*. In: Fire Effects Information System. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/ailalt/all.html.

Innes, R. J. 2009. *Paulownia tomentosa*. In: Fire Effects Information System. www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/pautom/all.html.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, and H. L. Miller (eds.). 2007. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.

Woodbury, P. B., J. E. Smith, and L. S. Heath 2007. "Carbon sequestration in the U.S. forest sector from 1990 to 2010." *Forest Ecology and Management* 241: 14–27.

3 grudnia – Ściółka

Coleman, D. C., and D. A. Crossley, Jr. 1996. *Fundamentals of Soil Ecology*. San Diego: Academic Press.

Crawford, J. W., J. A. Harris, K. Ritz, and I. M. Young. 2005. "Towards an evolutionary ecology of life in soil." *Trends in Ecology and Evolution* 20: 81–87.

Horton, T. R., and T. D. Bruns. 2001. "The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black-box." *Molecular Ecology* 10: 1855–71.

Wolfe, D. W. 2001. *Tales from the Underground: A Natural History of Subterranean Life*. Reading, MA: Perseus Publishing.

6 grudnia – Podziemny bestiariusz

Budd, G. E., and M. J. Telford. 2009. “The origin and evolution of arthropods.” *Nature* 457: 812–17.

Hopkin, S. P. 1997. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford: Oxford University Press.

Regier, J. C., J. W. Shultz, A. Zwick, A. Hussey, B. Ball, R. Wetzer, J. W. Martin, and C. W. Cunningham. 2010. “Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences.” *Nature* 463: 1079–83.

Ruppert, E. E., R. S. Fox, and R. D. Barnes. 2004. *Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach*. 7th ed. Belmont, CA: Brooks/Cole-Thomson Learning.

26 grudnia – Wierzchołki drzew

Weiss, R. 2003. “Administration opens Alaska’s Tongass forest to logging.” *The Washington Post*, December 24, page A16.

31 grudnia – Obserwowanie

Bender, D. J., E. M. Bayne, and R. M. Brigham. 1996. “Lunar condition influences coyote (*Canis latrans*) howling.” *American Midland Naturalist* 136: 413–17.

Gese, E. M., and R. L. Ruff. 1998. “Howling by coyotes (*Canis latrans*): variation among social classes, seasons, and pack sizes.” *Canadian Journal of Zoology* 76: 1037–43.

Posłowie

Davis, M. B., ed. 1996. *Eastern Old-Growth Forest: Prospects for Rediscovery and Recovery*. Washington, DC: Island Press.

Leopold, A. 1949. *A Sand County Almanac, and Sketches Here and There*. New York: Oxford University Press.

Linnaeus, C. [1707–1788], quoted as epigram in Nicholas Culpeper, *The English Physician*, edited by E. Sibly. Reprint, 1800. London: Satcherd.

White, G. 1788–89. *The Natural History of Selbourne*, edited by R. Mabey. Reprint, 1977. London: Penguin Books.



David Haskell w trakcie obserwacji swojej leśnej mandali