

# WPROWADZENIE

Podczas kontroli bezpieczeństwa na lotnisku skonfiskowano mi masło orzechowe, miód, pesto, pastę do zębów i, co najbardziej przykre, butelkę whisky single malt. W takich sytuacjach zawsze tracę zimną krew. Mówię rzeczy w stylu: „Chcę się widzieć z pana szefem!”, albo: „Masło orzechowe to przecież nie płyn”, choć wiem, że nie mam racji. Masło wykazuje zdolność przepływu i przybiera kształt zawierającego je naczynia, więc jest płynem. Mimo wszystko irytuje mnie fakt, że w dobie „inteligentnej” techniki ochrona na lotnisku wciąż nie potrafi odróżnić smarowidła do chleba od ciekłego materiału wybuchowego.

W 2006 roku zakazano przewożenia na pokładzie samolotu opakowań z płynem o objętości powyżej 100 mililitrów; od tamtego czasu w metodach detekcji nie zaszedł jednak zbyt wielki postęp. Maszyny rentgenowskie prześwietlają bagaż i alarmują ochronę, gdy wykryją podejrzanе obiekty – suszarki kształtem przypominające pistolety czy pióra podobne do noży. Ale płyny są bezkształtne. Przybierają formę pojemnika.

Technologia skanowania bagażu pozwala też określić gęstość substancji i niektóre z jej składników chemicznych. Lecz i tu pojawiają się problemy. Budowa cząsteczkowa wybuchowej nitrogliceryny jest podobna do budowy masła orzechowego. W obu występują węgiel, wodór, azot i tlen, a mimo to ta pierwsza eksploduje, to drugie zaś – cóż, jest po prostu pyszne. Istnieje ogromna liczba niebezpiecznych toksyn, trucizn, wybielaczy i patogenów, które – gdy trzeba działać szybko i skutecznie – niesłychanie trudno odróżnić od innych, nieszkodliwych płynów. Tym właśnie argumentem wielu ochroniarzy na lotniskach (oraz ich zwierzchników) ostatecznie przekonuje mnie, naburmuszonego, że moje masło orzechowe czy jakaś inna zawierająca płyn buteleczka, którą jak zawsze zapomniałem wyjąć z bagażu podręcznego, naprawdę może stanowić poważne zagrożenie.

Płyny to alter ego porządných, trwałych materiałów. O ile solidne tworzywa są wiernymi towarzyszami ludzkości, na zawsze przybierającymi formy ubrań, butów, telefonów, aut czy lotnisk, o tyle płyny ciekną. Przybierają jakiś kształt wyłącznie wtedy, gdy wleje się je do naczynia. W przeciwnym razie pozostają w ciągłym ruchu: przesączają się, powodują korozję, kapią i wymykają się nam spod kontroli. Gdy ustawi się gdzieś jakiś solidny obiekt, pozostanie on na miejscu (o ile nikt go nie usunie przy użyciu siły), a czasem nawet będzie robił coś pożytecznego, na przykład podpierał budynek czy dostarczał osiedlu elektryczność. Tymczasem wśród płynów panuje anarchia – lubią sobie coś zniszczyć. W łazience toczy się nieustanna walka o to, by woda nie przeciekała szczelinami ani nie gromadziła się pod posadzką, bo tam zaczyna naprawdę dokazywać: sprawia, że drewniane dźwigary gniją i pękają. Woda rozlana

na gładkich kafkach grozi poślizgnięciem, prowadząc do niewyobrażalnie wielkiej liczby wypadków z poważnymi uszkodzeniami ciała. Gdy zbiera się w rogu łazienki, sprzyja rozwojowi czarnej, glutowatej pleśni oraz mikrobów, które mogą się wdrzeć do wnętrza naszego ciała i nas zainfekować. A mimo to ją kochamy. Uwielbiamy zanurzać się w wodzie, brać prysznic i się nią polewać. Ponadto łazienka nie byłaby łazienką bez bakterii butelek czy tubelek zawierających płynne mydła, szampony, odżywki, kremy i pasty do zębów. Rozkoszujemy się tymi cudownymi cieczami, choć jednocześnie spoglądamy na nie podejrzliwie: czy aby na pewno nam nie szkodzą? Czy nie powodują raka? Nie niszczą środowiska? Gdy mowa o płynach, przyjemność i niebezpieczeństwo zawsze idą w parze. Ciecz jest z natury dwulicowa: ni to gaz, ni ciało stałe, tylko coś pomiędzy – coś zagadkowego i tajemniczego.

Weźmy na przykład rtęć, która oczarowywała i truła ludzkość przez tysiące lat. Jako dziecko nawet się nią bawiłem – toczyłem srebrzyste kulki po blacie, zafascynowany ich niezmiernym urokiem, dopóki nie uswiadomiono mi, że są trujące. W wielu pradawnych kulturach uważano jednak, że rtęć przedłuża życie, leczy złamania i sprzyja zdrowiu. Nie wiadomo, dlaczego tak sądzono – być może dlatego, że jest jedynym metalem, który utrzymuje płynną postać w temperaturze pokojowej. Pierwszy chiński cesarz Qin Shi Huang zażywał pigułki z rtęcią dla poprawy zdrowia, lecz – prawdopodobnie z tego właśnie powodu – zmarł w wieku trzydziestu dziewięciu lat. Mimo to pochowano go w grobowcu z ornamentem rtęciowych potoków. Starożytni Grecy używali tego pierwiastka w maściach, a alchemicy wierzyli, że jego połączenie z inną elementarną substancją – siarką – stanowi podstawę wszelkich

metali. Doskonała proporcja rtęci i siarki miała doprowadzić do powstania złota. Dało to asumpt błędnemu mniemaniu, że złoto można pozyskać z różnych metali, o ile zmiesza się je w odpowiednich proporcjach. Choć okazało się to nieprawdą, złoto rzeczywiście rozpuszcza się w rtęci, a gdy powstała po jego wchłonięciu masa się podgrzeje, rtęć wyparuje, pozostawiając litą bryłkę złota. Dla większości dawnych społeczeństw proces ten był wprost magiczny.

Rtęć nie jest jedynym płynem, który potrafi wchłonąć inną substancję. Sól dodana do wody szybko znika – gdzieś jest, ale gdzie? Jeśli jednak wsypać ją do oleju, opadnie na dno nierozpuszczona. Dlaczego? Płynna rtęć może wchłonąć złoto, lecz odrzuci wodę. Czemu tak się dzieje? Woda absorbuje gazy, w tym tlen – gdyby tak się nie działo, żylibyśmy w zupełnie innym świecie, ponieważ pierwiastek ten, rozpuszczony w wodzie, pozwala oddychać rybom. I choć woda nie jest w stanie przyjąć dość tlenu, by mogli nim oddychać ludzie, inne cieczki mają takie właściwości. Istnieje pewien olej, ciecz perfluorowana, który nie wchodzi w niemal żadne reakcje chemiczne ani elektrochemiczne. Telefon komórkowy zanurzony w naczyniu wypełnionym takim olejem wciąż będzie normalnie działał. Płyn ten daje się nasycić tlenem do tego stopnia, że można nim oddychać. Takie oddychanie – cieczą zamiast powietrza – znajduje wiele zastosowań. Najważniejszym z nich jest leczenie noworodków cierpiących na zespół zaburzeń oddychania (IRDS).

Woda w stanie ciekłym jest jednak krynicą życia, można w niej bowiem rozpuścić także cały wachlarz innych chemikaliów poza tlenem, w tym cząsteczki bazujące na węglu. W środowisku wodnym mogą więc powstać nowe, spontanicznie

zrodzone organizmy. Tak przynajmniej głosi teoria. I to dlatego naukowcy poszukują na obcych planetach czy księżycach właśnie wody. Lecz woda jest rzadkim towarem we wszechświecie. Być może pod lodową skorupą Europy, jednego z księżyców Jowisza, istnieje wodny ocean. Niewykluczone, że woda jest także na Enceladusie, księżycu Saturna. Jednak spośród wszystkich planet Układu Słonecznego tylko na Ziemi duże ilości wody występują bezpośrednio pod gołym niebem.

Dzięki szczególnym właściwościom naszej planety temperatura i ciśnienie przy jej powierzchni pozwalają na istnienie wody w postaci ciekłej. Płynne, metaliczne jądro Ziemi, które generuje pole magnetyczne chroniące ją przed oddziaływaniem wiatru słonecznego, zapobiegło ulotnieniu się całej wody już przed miliardami lat. Krótko mówiąc, na naszej planecie jeden płyn pozwolił istnieć drugiemu, a to doprowadziło do powstania życia.

Ciecze bywają także niszczycielskie. Gąbka wydaje się miękka, ponieważ łatwo poddaje się zgniataniu – rzućcie się na wykonany z niej materac, a poczujecie, jak się pod wami ugina. Ciecze nie mają takiej właściwości. Zamiast tego następuje w nich przepływ – jedne cząsteczki natychmiast zajmują miejsca zwolnione przez inne. Zjawisko to widać, gdy ogląda się rzekę, płynącą z kranu wodę albo mieszaną łyżeczką kawę. Gdy uderzacie w powierzchnię wody po skoku do basenu, płyn musi ustąpić naciskowi ciała. Na przepływ potrzeba jednak czasu: przy dużej prędkości uderzenia woda nie rozstępuje się dość szybko i stawia opór. To za sprawą tej właśnie siły piecze nas brzuch, gdy skoczymy na deskę do basenu, a upadek z dużej wysokości na taflę wody przypomina uderzenie w beton. Niezdolność wody do kompresji jest

również przyczyną niszczycielskiej siły fal, takich jak tsunami, które rujnują budynki i miasta, miotając samochodami niczym szczapkami drewna. W 2004 roku trzęsienie ziemi na Oceanie Indyjskim wywołało serię fal tsunami, które spowodowały śmierć 230 tysięcy ludzi w czternastu krajach. Pod względem skali zniszczeń był to ósmy spośród odnotowanych kataklizmów naturalnych.

Inną niebezpieczną cechą płynów są ich właściwości wybuchowe. Zaczynając pracę nad doktoratem na Oksfordzie, w ramach badań przygotowywałem kilka próbek do analizy pod mikroskopem elektronowym. W tym celu schładzałem tak zwany elektrolit do elektropolerowania – roztwór butoksyetanolu, kwasu octowego i kwasu nadchlorowego – do temperatury  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dowiedziałem się, jak to robić, od innego doktoranta w laboratorium, Andy'ego Godfrey'a, i uznałem, że sobie poradzę. Jednak kilka miesięcy później Andy zauważył, że podczas procesu elektropolerowania często dopuszczam do wzrostu temperatury elektrolitu. „Lepiej uważaj” – powiedział ze zmarszczonymi brwiami, zaglądając mi przez ramię. Spytałem, w czym problem, na co wskazał mi ustęp laboratoryjnego podręcznika zagrożeń chemicznych:

Kwas nadchlorowy wykazuje właściwości korozyjne i uszkadza tkanki ciała. W razie inhalacji, połknięcia bądź kontaktu ze skórą lub oczami może być groźny dla zdrowia. Podgrzany powyżej temperatury pokojowej lub w stężeniu przekraczającym 72 procent (w dowolnej temperaturze) staje się silnym utleniaczem. W razie polania lub zmieszania z kwasem nadchlorowym materiały organiczne są wyjątkowo podatne na

samoczynny zapłon. Opary tego kwasu w systemach wentylacyjnych mogą zamieniać się we wrażliwe na wstrząsy nadchlorany.

Krótko mówiąc: może wybuchnąć.

Przeglądając zawartość laboratorium, odkryłem wiele podobnych przejrzystych, bezbarwnych płynów, w większości niemal nieodróżnialnych od siebie. Używaliśmy na przykład kwasu fluorowodorowego, który nie tylko potrafi przeżreć beton, metal i ciało, lecz także staje się trucizną zaburzającą działanie układu nerwowego w kontakcie ze skórą. Ma to straszliwe skutki: ofiara nawet nie czuje, kiedy kwas trawi jej ciało. Można łatwo przeoczyć przypadkowe ochłapanie.

Do kategorii trucizn zalicza się także alkohol. Zwłaszcza przyjmowany w wysokich dawkach zabił znacznie więcej osób niż kwas fluorowodorowy, odegrał jednak wielką rolę w społeczeństwach i kulturach świata – przez wieki wykorzystywano go jako środek antyseptyczny, przeciwkaszlowy, przeciwbólowy i uspokajający, a także jako paliwo. Do jego najbardziej atrakcyjnych właściwości należy zaś tłumienie działania układu nerwowego – jest narkotykiem, substancją psychoaktywną. Wielu ludzi nie jest w stanie funkcjonować bez codziennej lampki wina, a podczas większości spotkań podaje się alkohol. Choć nie ufamy tego rodzaju cieczom (słusznie!), i tak je uwielbiamy.

Kiedy alkohol trafi do krwiobiegu, zaczynamy odczuwać jego wpływ na naszą fizjologię. Bicie serca wciąż przypomina nam o roli, jaką w organizmie odgrywa nieustannie krążąca krew. Funkcjonujemy tylko dzięki działaniu organicznej pompki, a kiedy przestaje ona działać, umieramy. Spośród wszystkich płynów na świecie krew jest dla nas zdecydowanie

najważniejsza. Na szczęście serce można dziś wymienić, a żyły wokół niego pozszywać w innych konfiguracjach. Samą krew daje się uzupełniać lub odsysać, przechowywać, przekazywać innym, mrozić i rozmrażać. Bez banków krwi miliony osób poddawanych operacjom, rannych na wojnie lub poszkodowanych w wypadkach nie miałyby szans na przeżycie.

Krew może także zostać zainfekowana patogenami, takimi jak wirus HIV czy wirus zapalenia wątroby, a wtedy zamiast leczyć, szkodzi. Musimy więc pamiętać, że podobnie jak wszystkie inne ciecze, ona też bywa dwulicowa. Nie warto więc pytać, czy danej cieczy można ufać, czy trzeba się jej strzec – czy jest dobra czy zła, zdrowa czy trująca, smaczna czy ohydna. Warto się raczej zastanowić, czy rozumiemy ją na tyle dobrze, by ją okiełznać.

Nie ma lepszej metody na zilustrowanie poczucia mocy i radości, jaką dają nam ujarzmione ciecze, niż opowiadanie o płynach biorących udział w locie samolotu. O tym właśnie jest ta książka: opisuję w niej wszystkie dziwne, cudowne ciecze, które uczestniczą w locie transatlantyckim. Miałem okazję odbyć taką podróż, ponieważ nie wysadziłem się w powietrze podczas robienia doktoratu – nadal badałem materiały, aż w końcu zostałem dyrektorem Institute of Making przy londyńskim University College. Prowadzimy tam między innymi badania pozwalające zrozumieć, jak ciecze ukrywają się pod postacią ciał stałych. Na przykład asfalt, z którego robi się drogi, choć sprawia wrażenie twardego materiału, jest cieczą, podobnie jak masło orzechowe. Dzięki naszym badaniom jesteśmy zapraszani na konferencje na całym świecie. Ta książka przedstawia podróż na jedną z nich – z Londynu do San Francisco.



Lot opisuję językiem cząsteczek, uderzeń serca i fal oceanu. Zamierzam odsłonić tajemnicze właściwości cieczy, na których polegamy. Przelecimy nad islandzkimi wulkanami, mroźnymi przestworami Grenlandii i cętkami jezior wokół Zatoki Hudsona, by skręcić na południe i podążać wzdłuż amerykańskiego wybrzeża Pacyfiku. To przestrzeń na tyle wielka, byśmy przyglądając się jej, mogli omówić cieczę w różnych skalach: od głębin oceanów po zawarte w chmurach kropelki. Zbadamy też intrygujące ciekłe kryształy ukryte w ekranach pokładowego systemu rozrywki, napoje serwowane przez personel oraz oczywiście paliwo lotnicze, dzięki któremu samolot utrzymuje się w stratosferze.

Każdy rozdział poświęcam innej fazie lotu i omawiam właściwości biorących w niej udział cieczy, zdolnych między innymi do wybuchowego samospalania, rozpuszczania w sobie innych substancji lub zaparzania ziół. Pokazuję, w jaki sposób różne osobliwe cechy płynów, takie jak zdolność do nawilżania i formowania kropel, lepkość, rozpuszczalność, ciśnienie czy napięcie powierzchniowe, umożliwiają nam dalekie podróże. Przy okazji opowiem, jak to możliwe, że ciecz płynie w górę pnia drzewa, lecz pod górę stromego zbocza już nie, dlaczego olej jest lepki, czemu fale mają tak wielki zasięg, dlaczego przedmioty schną, czy to możliwe, by płyn był jednocześnie kryształem, jak się nie zatruć, pędząc bimber, i – co bodaj najważniejsze – jak zaparzyć doskonałą filiżankę herbaty. Proszę, polećcie razem ze mną – obiecuję niezwykłą, magiczną podróż.