

6 VẬT LIÊU

**ĐỊNH HÌNH
VĂN MINH
NHÂN LOẠI**

MATERIAL WORLD

Copyright © Ed Conway 2023
First published as MATERIAL WORLD in 2023 by WH Allen, an imprint of Ebury. Ebury is part of the Penguin Random House group of companies.

No part of this book may be used or reproduced in any manner for the purpose of training artificial intelligence technologies or systems. This work is reserved from text and data mining (Article 4(3) Directive (EU) 2019/790).

6 VẬT LIỆU ĐỊNH HÌNH VĂN MINH NHÂN LOẠI

Tác giả: Ed Conway
Bản quyền tiếng Việt © Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam, 2024
Bản dịch tiếng Việt © Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam
Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam xuất bản, bìa mềm, tay gấp, 2025

Thiết kế và trình bày: Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam

Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam – thành viên của Alpha Publishing Group.

CÔNG TY CP SÁCH OMEGA VIỆT NAM (OMEGA PLUS) thành lập tháng 9/2016 với định hướng xuất bản tri thức nền tảng trong lĩnh vực Khoa học Nhân văn, Khoa học Tự nhiên, Chính trị – Xã hội, Triết học, Nghệ thuật... Đến nay, chúng tôi đã xuất bản gần 500 đầu sách thuộc 7 tủ sách, bao gồm: Kinh điển, Sử Việt, Khoa học, Nhân vật Vĩ đại, Nghệ thuật, Tủ sách Đời người và Tủ sách Y sinh. Thông qua việc xuất bản các ấn phẩm có giá trị, mang hàm lượng tri thức cao, qua các hoạt động nhằm đưa tri thức hữu ích đến cộng đồng, Omega Plus mong muốn đóng góp theo cách riêng vào sự phát triển đang ngày càng mạnh mẽ của xã hội.

Không phần nào thuộc sở hữu của Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam và được chủ sở hữu nhượng quyền trong xuất bản phẩm này được phép sao chép, lưu trữ trong hệ thống truy xuất hoặc truyền đi dưới bất kỳ hình thức nào hoặc bằng bất kỳ phương tiện nào gồm điện tử, cơ khí, sao chụp, ghi âm hoặc mọi hình thức và phương tiện khác mà không có sự cho phép trước bằng văn bản của Công ty Cổ phần Sách Omega Việt Nam. Chúng tôi luôn mong muốn nhận được những ý kiến đóng góp của quý vị độc giả để sách ngày càng hoàn thiện hơn.

Biên mục trên xuất bản phẩm của Thư viện Quốc gia Việt Nam

Conway, Ed
6 vật liệu định hình văn minh nhân loại : Lịch sử của cát, muối, sắt, đồng, dầu mỏ và lithium / Ed Conway ; Dịch: Nguyễn Trịnh... - H. : Tri thức ; Công ty Sách Omega Việt Nam, 2025. - 516 tr. ; 24 cm

1. Kinh tế học 2. Tài nguyên khoáng sản 3. Nguyên liệu thô
333.7 - dc23
TCF0077p-CIP

Góp ý về sách, liên hệ về bản thảo và bản dịch: info@omegaplus.vn
Liên hệ ebooks, hợp tác xuất bản & truyền thông trên sách: truyenthong@omegaplus.vn
Liên hệ dịch vụ bản quyền, xuất bản, ký gửi và phát hành: dichvu@omegaplus.vn

ED CONWAY

6 VẬT LIÊU ĐỊNH HÌNH VĂN MINH NHÂN LOẠI

LỊCH SỬ CỦA CÁT, MUỐI, SẮT,
ĐỒNG, DẦU MỎ VÀ LITHIUM

Nguyễn Trịnh, Nguyễn Thảo,
Nguyễn Việt dịch

⊕MEGA⁺



NHÀ XUẤT BẢN
TRI THỨC

ĐỘI NGŨ TRIỂN KHAI OMEGA+

Phụ trách xuất bản: Trần Hoài Phương

Phụ trách bản quyền: Kim Ngân, Thiên Hương

Điều phối sản xuất: Nguyễn Hương, Vũ Dung

Biên tập viên: Ngô Tuấn

Thiết kế bìa: Hoàng Duy Khánh

Trình bày: Vũ Lê Thư

Thư ký xuất bản: Bùi Thị Huyền

ĐƠN VỊ HỢP TÁC TRUYỀN THÔNG



TRẠM ĐỌC

<https://www.facebook.com/tramdocvn>

website: <http://tramdoc.vn/>

Mục lục

Giới thiệu.....	9
-----------------	---

01

CÁT

Chương 1	Homo Faber.....	34
Chương 2	Xây dựng trên cát.....	71
Chương 3	Hành trình dài nhất.....	96

02

MUỐI

Chương 4	Những con đường muối.....	134
Chương 5	Muối của Trái đất.....	153
Chương 6	Thuốc lửa.....	174
phụ lục	Những loại muối.....	189

03

SẮT

Chương 7	Chẳng còn đất nước.....	206
Chương 8	Bên trong ngọn núi lửa.....	226
Chương 9	Vụ nổ cuối cùng.....	245

04

ĐỒNG

Chương 10	Điều tuyệt vời tiếp theo	262
Chương 11	Hồ mở	277

05

DẦU

Chương 13	Con voi	320
Chương 14	Những đường ống	339
Chương 15	Mọi thứ từ dầu mỏ	357
Phụ lục	Định dầu	375

06

LITHIUM

Chương 16	Vàng trắng	384
Chương 17	Bánh kem cuộn	411
Chương 18	Tái chế	427
Kết luận		438
Chú thích		458
Tài liệu tham khảo		477
Lời cảm ơn		487
Mục từ tra cứu		490

Dành tặng Eliza

Giới thiệu

Tôi đang đứng trên rìa một vách đá dựng đứng và nhìn xuống cái hố sâu nhất mà tôi từng thấy. Dưới đáy hố là một nhóm người đội mũ bảo hộ, hoặc ít nhất đó là điều người ta nói; họ ở quá xa để có thể thấy rõ bằng mắt thường. Gần chỗ họ làm việc là hàng trăm cân thuốc nổ mạnh đặt trên mặt đất. Tôi được biết số thuốc nổ này đủ để phá hủy cả một khu phố.

Trước mặt tôi là một bảng kim loại với hai nút bấm, và có một người đàn ông cầm bộ đàm đứng bên cạnh tôi. Chúng tôi đang lắng nghe tiếng đếm ngược từ phòng điều khiển. Tôi được dặn phải nhấn đồng thời cả hai nút khi có tiếng đếm ngược đến không. Dòng điện từ kíp nổ sẽ ngay tức khắc truyền đến đáy hố và một khu vực rộng bằng sân bóng bầu dục trên đất Nevada sẽ bốc hơi ngay trước mắt chúng tôi.

“Anh sẽ cảm nhận được sóng xung kích trước,” người cầm bộ đàm nói. “Sau đó, anh sẽ thấy đất đá bắn lên, rồi tiếp đến là tiếng nổ. Thứ tự này quả thực khá lạ lùng.”

Tôi không đến vùng sa mạc trên cao này để kích nổ bom mà đến vì một bảng tính. Một vài tháng trước, tôi nhận thấy một điều bất thường khi xem qua các bảng thống kê thương mại của Anh: các dòng lưu chuyển của vàng đang bóp mép số liệu thống kê, từ đó làm sai lệch bức tranh về nền kinh tế của cả đất nước. Thực vậy, trong một giai đoạn ngắn, vàng đã vượt qua cả ô tô và dược phẩm

một chút để trở thành mặt hàng xuất khẩu lớn nhất của Anh. Điều này thật khó hiểu vì Anh không có ngành công nghiệp khai thác vàng. Làm sao một quốc gia không có trữ lượng vàng đáng kể lại trở thành một trong những nhà sản xuất lớn nhất? Theo như tôi tìm hiểu được, việc hầu hết sản lượng vàng trên thế giới đều đi qua London trên hành trình từ nơi sản xuất đến nơi tiêu thụ đã phần nào giải thích được sự khó hiểu này. Để tìm hiểu ngọn nguồn vấn đề, tôi đã đến nơi mà kim loại quý này thực sự được khai thác để theo dõi hành trình của nó: từ khâu khai thác lòng đất đến nhà máy tinh luyện và sau đó các thỏi vàng thành phẩm tiếp tục chu du khắp thế giới. Nhưng khi chúng tôi bắt đầu tiến hành phóng sự, tôi chợt nhận ra có một câu chuyện thậm chí còn hấp dẫn hơn nữa, một câu chuyện nói lên rất nhiều điều về mối quan hệ giữa con người và thế giới.

Phải mất vài tháng để nhà sản xuất của tôi thuyết phục được công ty khai thác được đề cập, Barrick Gold Corporation, cho phép chúng tôi tiếp cận, và mất vài ngày để đi từ London đến đó. Mỏ Cortez không phải là nơi mà bạn có thể tình cờ thấy. Chúng tôi phải trải qua hai chuyến bay rồi bốn giờ lái xe về phía tây qua những cánh đồng muối ở Utah, tiếp theo là một hành trình dài hai tiếng bằng xe ô tô khác cùng với các nhân viên giám sát của Barrick. Chúng tôi đã đi trên một đường cao tốc gần như vắng tanh, chỉ thỉnh thoảng mới có vài chiếc xe tải hạng nặng chạy qua, tiếp đó là một con đường dài xuyên qua sa mạc, rồi lại một con đường đất ngoằn ngoèo dẫn vào thung lũng khô cằn không người ở. Vùng đất của cao bồi.

Mỏ này nằm trên sườn núi Tenabo, một địa điểm linh thiêng của bộ lạc Tây Shoshone. Quy trình khai thác ở đây khá đơn giản và gợi nhắc tới kỹ thuật của những người đào vàng từ thế kỷ 19 nhưng ở quy mô lớn hơn nhiều. Đá được làm nổ bắn ra khỏi lòng đất, nghiền và xay thành bột mịn, cuối cùng được trộn với dung dịch xyanua để tách vàng ra.

Đây chính là thực tế của việc khai thác tài nguyên trong thế kỷ 21: nghiền nát một lượng lớn đá và xử lý hóa học những gì còn lại. Thực trạng này vừa gây ấn tượng mạnh vừa khiến người ta lo ngại. Một rủi ro là xyanua và thủy ngân, những chất được sử dụng trong quá trình khai thác, có thể rò rỉ ra hệ sinh thái xung quanh. Dù các công ty khai thác như Barrick khẳng định rằng họ tuân thủ tất cả các quy định của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ (EPA) nhưng các nhà hoạt động môi trường vẫn cảnh báo rằng ô nhiễm thường bị rò rỉ từ các mỏ. Thực tế là vài năm trước EPA đã phạt Barrick và một công ty khai thác mỏ gần đó 618.000 đô-la vì không báo cáo việc thải ra các chất độc hại bao gồm xyanua, chì và thủy ngân. Nhưng điều khiến tôi ấn tượng nhất khi quan sát từng giai đoạn của quy trình này là chúng ta ngày nay sẵn sàng đi xa đến mức nào để lấy được một mẫu kim loại lấp lánh nhỏ bé.

Chỉ riêng quy mô của mỏ khai thác này cũng đủ khiến tôi choáng ngợp. Khi nhìn xuống hố, tôi có thể thấy một vài chiếc xe tải dưới đó nhưng chỉ khi chúng leo lên đến miệng hố, tôi mới nhận ra chúng cao hơn cả một tòa nhà ba tầng; riêng lớp xe đã to bằng cả một chiếc xe bus hai tầng. Tôi hỏi những người giám sát rằng cần đào bao nhiêu đất đá để tạo ra một thỏi vàng. Tuy không rõ con số chính xác nhưng họ biết trong một ngày làm việc, những chiếc xe tải đó có thể di chuyển một lượng đá nặng tương đương với tòa nhà Empire State. Sau đó tôi tự nhắm tính rằng để tạo ra được một thỏi vàng tiêu chuẩn (nặng 400 ounce), họ phải đào khoảng 5.000 tấn đất đá. Khối lượng này gần bằng khối lượng của mười chiếc siêu máy bay Airbus A380 chất đầy tải trọng, loại máy bay chở khách lớn nhất thế giới.

Có lẽ bạn đã biết rằng vàng ngày nay được khai thác như vậy. Vì Mẹ Thiên nhiên không tạo ra vàng dưới dạng quặng hay vỉa nguyên khối nên thứ kim loại quý hiếm này được tách ra bằng các phản ứng hóa học sử dụng một trong những hỗn hợp độc hại nhất mà loài người biết đến và nó được khai thác không phải bằng cách

đào xới đất mà là bằng cách xẻ cả một ngọn núi. Có lẽ tôi đã ngây thơ, nhưng quả thực trước đây bản thân tôi chưa nhận thức đầy đủ về điều này.

Khi nhìn xuống đáy hố lộ thiên với những chiếc xe tải to bằng cả căn nhà và những người thợ mỏ hối hả như kiến quanh khu vực nổ mìn, tôi bắt đầu thấy hơi nồn nao. Không chỉ vì khung cảnh trước mắt – mà còn vì thứ tôi đang đeo trên ngón tay mình.

Tôi đã kết hôn vài tháng trước. Chúng tôi trao nhau những chiếc nhẫn vàng như biểu tượng của tình yêu trước sự chứng kiến của gia đình và bạn bè. Khi tiếng đếm ngược vang lên qua bộ đàm bên cạnh, tôi xoay xoay chiếc nhẫn và suy ngẫm. Có lẽ nó cũng được khai thác từ lòng đất bằng chính những kỹ thuật mà tôi đang chứng kiến. Tại sao tôi không kiểm tra xem nó đến từ đâu? Tôi đã cẩn thận kiểm tra để biết chắc viên kim cương trong nhẫn đính hôn của vợ không phải là kim cương “bẩn”, vậy mà tôi lại không tìm hiểu xem con người và đất đai đã phải hy sinh những gì để có được vàng? Sau này tôi mới biết rằng nếu như trước đây để có đủ vàng cho một chiếc nhẫn cưới bằng các phương pháp truyền thống người ta chỉ cần khai thác khoảng 0,3 tấn quặng thì ngày nay có thể cần từ 4 đến 20 tấn đá. Đứng trước bộ kích nổ, tôi thấy mình giống như một người vừa thương thức xong bữa sáng thịnh soạn với xúc xích và trứng rồi bị dẫn đi tham quan lò mổ.

Rồi còn cả ngọn núi nữa. Hố khai thác mà tôi đang nhìn vào không chỉ nằm gần núi Tenabo mà chính là núi Tenabo. Mỏ khai thác đang được đào sâu vào thân núi theo nghĩa đen. Khi nhìn sang phía bên kia hố, tôi có thể đếm được từng lớp đá đủ màu sắc, từng lớp từng lớp tạo nên cấu trúc bên trong của ngọn núi này. Tôi không tin vào các vị thần nước mà người Tây Shoshone bản địa thờ phụng, nhưng dù vậy, thật khó để không cảm thấy có điều gì đó vừa tàn nhẫn vừa mang tính biểu tượng trong việc bóc đi lớp da của đất và nhìn vào sâu bên trong.

Khi tiếng đếm ngược tiếp tục, tôi quay lại, nhìn về phía nhà sản xuất chương trình của mình với vẻ đầy khẩn thiết. “Cô có muốn vinh dự này không?”

Cô nhìn tôi với ánh mắt không tin nổi rồi bước lên thay chỗ tôi. Bối rối, tôi lùi lại và đứng nhìn.

Tiếng đếm ngược về đến số không. “Khai hỏa cú nổ đầu tiên, khu Cortez Hills,” người đàn ông nói qua bộ đàm và chỉ vào các nút bấm. Cô ấy nhấn cả hai nút. Sau một khoảng dừng tầm một giây, một làn sóng áp lực ập đến, không quá dữ dội mà chỉ như một luồng không khí thoáng qua. Rồi ngay sau đó mặt đất rung chuyển và tôi nhìn xuống hàng chục mét về phía đáy hố, nơi mà mặt đất như hóa lỏng. Vụ nổ lan dọc theo đáy mỏ, hất tung đất và khối lên không trung. Chỉ đến lúc đó chúng tôi mới nghe thấy tiếng âm âm. Âm thanh vang vọng khắp thung lũng, tưởng chừng kéo dài đến vài phút.

*

Nhà kinh tế John Maynard Keynes từng gọi vàng là một “di tích man rợ”. Ý của ông là dù vàng có thể trông lấp lánh trên một chiếc vòng cổ hay trong một lăng mộ nhưng thực tế nó chẳng mấy hữu dụng.

Rõ ràng vàng có giá trị – nếu không, tại sao chúng ta lại phá hủy cả ngọn núi để lấy vài thỏi vàng? Nhưng hãy nghĩ xem vàng thực sự có tác dụng gì. Nó đóng vai trò phần nào trong điện tử và hóa học, nhưng các lĩnh vực này chỉ chiếm chưa đến một phần mười nhu cầu hiện nay. Thay vào đó, công dụng chính của vàng là trong trang sức, đồ trang trí và là tài sản cho những người lo ngại về khủng hoảng kinh tế. Một phần trong số vàng được khai thác ở Nevada mà tôi chứng kiến có lẽ giờ đang nằm trên ngón tay ai đó. Hoặc cũng có thể nó lại quay trở lại dưới lòng đất dưới dạng một thỏi vàng trong két lưu trữ ngân hàng. Nghe có vẻ báng bổ với các thợ kim hoàn và nhà đầu tư lo xa nhưng thế giới có lẽ sẽ không

ngừng vận hành, cũng như nền văn minh sẽ không dừng lại, nếu chúng ta bất ngờ cạn kiệt vàng.¹

Vậy nên trong những tháng sau khi trở về từ Nevada, tôi cứ mãi trăn trở với vài câu hỏi. Nếu việc khai thác một kim loại mà phần lớn chúng ta có thể sống thiếu đã đòi hỏi công sức như thế này, thì việc khai thác các vật liệu mà chúng ta *thực sự* cần sẽ đòi hỏi những gì? Hãy thử nghĩ xem các vật liệu nào là thực sự thiết yếu cho cuộc sống của chúng ta? Những thành phần vật chất nào là cốt lõi mà nếu thiếu chúng, nền văn minh sẽ thực sự ngừng lại, và chúng đến từ đâu?

Tôi linh cảm rằng thép sẽ nằm trong số các vật liệu thiết yếu. Hầu hết các tòa nhà và ô tô – chưa kể đến những cỗ máy được dùng để sản xuất ra mọi thứ khác – đều được làm từ hợp kim sắt, carbon và một vài nguyên tố quan trọng khác này. Chúng ta không thể tạo ra các không gian hiện đại mà không có bê tông. Đồng chắc chắn cũng là một nguyên tố không thể thiếu vì nó là vật liệu quan trọng trong các mạng lưới điện. Và vì chúng ta vẫn dựa vào nhiên liệu hóa thạch để phục vụ cho phần lớn nhu cầu năng lượng nên tôi đoán chúng cũng được coi là vật liệu thiết yếu. Tuy vậy, có lẽ chúng ta cũng nên cân nhắc đến những thứ như lithium bởi chúng là thành phần cốt lõi trong tất cả các loại pin mà chúng ta sẽ cần trong tương lai. Nhưng làm sao để đo lường mức độ phụ thuộc của chúng ta vào các vật liệu này? Và liệu việc khai thác chúng có luôn dẫn đến sự tàn phá giống như những gì tôi đã chứng kiến tại mỏ Cortez hay không?

Tôi đã dành phần lớn sự nghiệp để làm việc trong lĩnh vực kinh tế học nhưng dường như ngành này không thể đưa ra câu trả lời rõ ràng cho những câu hỏi như trên. Theo cách giải thích thông thường, giá trị của một thứ gì đó là số tiền mà ai đó sẵn sàng trả cho nó. Nếu một thứ gì đó khan hiếm, mọi người sẽ cắt giảm nhu cầu, tìm một thứ thay thế phù hợp (nếu có thứ như vậy) và tiếp tục. Hết chuyện.

Tuy nhiên, câu chuyện này dường như không phù hợp với thực tế vì những thứ này rõ ràng là quan trọng. Mặc cho chúng ta được nghe rằng mình đang sống trong một thế giới ngày càng phi vật chất, nơi mà giá trị ngày càng nằm ở những thứ vô hình – ứng dụng, mạng lưới và dịch vụ trực tuyến – thế giới hữu hình vẫn tiếp tục làm nền tảng cho tất cả mọi thứ khác. Điều này không đặc biệt rõ ràng khi bạn nhìn lướt qua cơ cấu nền kinh tế Mỹ, nơi mà bốn trên năm đô-la tạo ra từ ngành dịch vụ, còn phần đóng góp từ các ngành năng lượng, khai thác và sản xuất đang ngày càng thu hẹp. Nhưng gần như mọi thứ, từ mạng xã hội đến bán lẻ hay dịch vụ tài chính đều phụ thuộc hoàn toàn vào cơ sở hạ tầng vật chất tạo điều kiện duy trì chúng và nguồn năng lượng để vận hành chúng. Nếu không có bê tông, đồng và cáp quang thì sẽ không có trung tâm dữ liệu, không có điện, và không có Internet. Chúng ta có thể nói rằng thế giới sẽ không kết thúc nếu Twitter hay Instagram đột ngột ngừng hoạt động; nhưng nếu thép hay khí đốt tự nhiên đột nhiên cạn kiệt thì đó sẽ là một câu chuyện hoàn toàn khác.

Chúng ta đều biết điều này một cách bản năng. Những nguyên tắc này trở nên hiển nhiên trong thời kỳ chiến tranh, khan hiếm hay khủng hoảng tài chính. Tuy nhiên, khi xét đến các thống kê quan trọng như tổng sản phẩm quốc nội (GDP), một đô-la vẫn là một đô-la, bất kể nó được chi cho Facebook hay thực phẩm. Cách tiếp cận này có lý và mang lại sự mạch lạc nhất định, nhưng chúng không thực sự trả lời được những câu hỏi của tôi. Biết *giá* của một thứ là điều tốt nhưng giá cả không phải là thước đo cho *tầm quan trọng* thực sự.

Tôi bắt tay vào viết cuốn sách này như một nỗ lực để trả lời những câu hỏi đó – một sự suy ngẫm không hẳn về giá trị thị trường của các vật liệu mà về sự *phụ thuộc* của chúng ta vào chúng. Nhưng khi tôi vượt ra ngoài vùng an toàn của kinh tế học thông thường để tìm hiểu sâu hơn thì điều này đã trở thành một câu chuyện về sự kỳ

điều. Càng hiểu về các vật liệu bình thường, quen thuộc và rẻ tiền thì tôi lại càng thấy chúng kỳ diệu hơn.

Hãy thử nghĩ về một thứ đơn giản như hạt cát. Không có nguyên tố nào trong vỏ Trái đất ngoài oxy có thể phổ biến hơn thành phần chính của cát – silic. Nhưng khi hạ thấp người và nhìn kỹ vào cát, bạn sẽ nhanh chóng nhận ra mình đang chìm trong một vũ trụ đầy phức tạp. Có những loại cát hạt thô, góc cạnh, lý tưởng cho việc xây dựng. Có loại cát biển nằm trên đáy đại dương cho đến khi được nạo vét lên để tạo ra các vùng đất mới. Có những loại cát sa mạc bị gió bào mòn đến mức khi quan sát dưới kính hiển vi, bạn sẽ thấy chúng trông giống như một đồng bi nhỏ – bởi các cạnh của cát đã bị mài tròn sau hàng nghìn năm xói mòn. Có những loại cát còn sót lại từ các đại dương nhiệt đới cổ đại với độ tinh khiết cao đến mức chúng được buôn bán khắp thế giới.

Trộn cát và đá dăm với xi măng rồi thêm nước thì bạn sẽ có bê tông, hay chính là vật liệu cơ bản cho các thành phố hiện đại. Khi trộn cát với sỏi và bitum, bạn có nhựa asphalt, chính là chất liệu phổ biến để trải lên mặt đường – khi chúng không được làm từ bê tông thường. Chúng ta sẽ không thể tạo ra các chip máy tính hỗ trợ thế giới hiện đại nếu như không có silic. Thủy tinh tưởng chừng là một vật liệu đơn giản nhưng hóa ra lại là một trong những bí ẩn lớn của khoa học vật liệu. Được tạo ra bằng cách nung chảy cát ở nhiệt độ cao với các phụ gia phù hợp, thủy tinh không phải là chất lỏng cũng không phải chất rắn với cấu trúc nguyên tử chưa được khám phá hoàn toàn. Kính chắn gió chỉ là ứng dụng cơ bản của thủy tinh vì khi được kéo thành sợi và kết hợp với nhựa, thủy tinh biến thành sợi thủy tinh và đây là vật liệu tạo nên cánh quạt của tuabin gió. Khi tinh chế thành dây dẫn tinh khiết, thủy tinh biến thành sợi cáp quang được sử dụng để truyền dẫn dữ liệu Internet. Thêm nguyên tố lithium vào thủy tinh sẽ làm tăng tính bền và đàn hồi còn nếu thêm tiếp nguyên tố bo vào thì chúng ta sẽ có thủy tinh bosilicat.

Bạn có thể đã gặp thủy tinh bosilicat dưới thương hiệu mà nhà sản xuất Corning đặt cho nó: Pyrex. Thủy tinh bosilicat là một trong những anh hùng thầm lặng của thời hiện đại với đặc tính chắc chắn, trong suốt và bền với khả năng chịu đựng một dải nhiệt độ rộng, từ ngọn lửa của đèn đốt Bunsen đến cái lạnh cắt da của không gian sâu thẳm. Khác với thủy tinh thông thường khi tiếp xúc với các hóa chất mạnh có thể rò rỉ vi hạt vào chất lỏng, thủy tinh bosilicat vẫn giữ được tính trơ hóa học khiến nó trở thành vật liệu hoàn hảo cho ống nghiệm, cốc thí nghiệm và lọ thuốc. Thủy tinh bosilicat được sử dụng làm lọ dùng trong nghiên cứu, lưu trữ và vận chuyển hầu hết mọi loại thuốc hay vaccine từ xưa đến nay – gồm cả vaccine COVID-19.

Song chúng ta thường không chú ý đến những thứ này cho đến khi chúng trở nên khan hiếm. Điều này đã xảy ra với thủy tinh bosilicat, khi mà chúng đột nhiên nhận được sự quan tâm lớn trong đại dịch COVID-19. Lúc đó, người ta lo ngại rằng việc phân phối vaccine có thể bị chậm trễ không phải vì thiếu được phẩm mà do thiếu ống thủy tinh để vận chuyển chúng. Nhờ vào nỗ lực của hàng nghìn công nhân trong chuỗi cung ứng phức tạp kéo dài từ các mỏ, nhà máy tinh luyện đến các xưởng sản xuất, mối lo ngại đã được ngăn chặn. Công ty Corning thậm chí còn sản xuất một loại thủy tinh hoàn toàn mới, không sử dụng nguyên tố bo mà dùng nhôm, canxi và magie, để đáp ứng nhu cầu về ống đựng.

Không phải lĩnh vực nào cũng may mắn như vậy. Trong và sau đại dịch, có nhiều mặt hàng khan hiếm như khẩu trang, tấm bông, hóa chất xét nghiệm, xi măng, thép, gỗ, giấy vệ sinh, khí công nghiệp, hóa chất, thịt, mù tạt, trứng và sữa. Đặc biệt, sự thiếu hụt chip silic – tức thiếu vật liệu bán dẫn – đã buộc các nhà sản xuất ô tô trên toàn thế giới phải tạm ngừng sản xuất và đóng cửa nhà máy. Các công ty sản xuất máy tính và smartphone không thể hoàn thành đơn đặt hàng. Dù đã ra mắt cả năm, thế hệ máy chơi game mới vẫn khan hiếm. Phải mất gần hai năm thì tình trạng này mới dần chấm dứt.

Điều trở trêu về những vụ khủng hoảng chuỗi cung ứng thế này nằm ở chỗ dường như các chính phủ và nhà hoạch định chính sách trên thế giới lúc nào cũng ngờ người ra. Họ ngạc nhiên khi thiếu hụt vật liệu bán dẫn, không ngờ rằng ô tô cần nhiều chip như vậy, và việc thiếu hụt xe mới lại đẩy giá xe cũ lên cao kỷ lục.

Cuối năm 2021, chính phủ Anh cũng không khỏi bất ngờ khi phát hiện họ đang thiếu khí CO₂, và cũng nhận ra rằng nếu không có CO₂ thì ngành công nghiệp thực phẩm không thể sản xuất đồ uống có ga cũng như bảo quản thực phẩm hay làm choáng lợn, gà trước khi giết mổ. Nguyên nhân của việc này xuất phát từ việc hai nhà máy sản xuất phân bón ở Cheshire và Teesside đột ngột đóng cửa. Hóa ra, phần lớn nguồn cung CO₂ của Anh đến từ hai nhà máy này, mà sản phẩm chính của chúng là một thứ hoàn toàn khác: amoniac. Amoniac được sản xuất từ khí đốt tự nhiên nên khi giá khí đốt tự nhiên tăng cao đã dẫn đến sự thiếu hụt đột ngột của một chất tương chừng không liên quan.

Nhưng liệu tất cả những điều này có *thực sự* đáng ngạc nhiên? Để tìm câu trả lời, hãy xem xét một bài luận nổi tiếng của một nhà kinh tế người Mỹ, Leonard Read, viết vào năm 1958 mang tên “Tôi, cây bút chì”. Bài luận mở đầu bằng câu: “Tôi là một cây bút chì gỗ, loại bút chì thông thường mà mọi đứa trẻ và người lớn biết đọc biết viết đều quen thuộc. Nhưng, như Read viết, hay chính xác hơn là cây bút chì kể lại, “chẳng ai trên thế giới này biết tôi được làm ra như thế nào”.²

Gỗ của bút chì được lấy từ những cây tuyết tùng mọc ở miền tây nước Mỹ, bị đốn bằng cưa thép được sản xuất trong lò luyện thép và hoàn thiện trong xưởng gia công. Sau đó gỗ được cắt thành các thanh, sấy khô, nhuộm màu và sấy khô lần nữa, các tấm gỗ được tạo rãnh và dán lại với nhau. Lõi bút chì làm từ than chì khai thác ở Sri Lanka, được tinh chế và trộn với đất sét từ Mississippi cùng với các hóa chất làm từ mỡ động vật và axit sulfuric. Gỗ và lõi bút chì được phủ một lớp sơn làm từ dầu thầu dầu, chiết xuất từ hạt

thầu dầu, nhựa được dùng để ghi nhãn, và đầu bút được bọc bằng đồng thau làm từ đồng và kẽm khai thác ở tít bên kia địa cầu. Cục tẩy được làm từ dầu hạt cải từ Indonesia, với vô số hóa chất khác như lưu huỳnh clorua và cadmium sulphua.

Tất cả những công đoạn đó chỉ để làm ra một vật đơn giản như cây bút chì. Tuy nhiên, từ những người sản xuất từng nguyên liệu, những người vận chuyển các bộ phận, đến những người làm việc tại các nhà máy điện cung cấp năng lượng cho quá trình này, “hàng triệu người,” cây bút chì của Read viết, “đã góp phần vào việc tạo ra tôi, mà ai trong số họ cũng chỉ biết cùng lắm là vài người khác.”

Có vài bài học đơn giản ở đây. Thứ nhất là chúng ta biết rất ít về cách các sản phẩm thông dụng được làm ra. Thứ hai, không một cá nhân nào có thể tự mình thực hiện hay điều hành toàn bộ các quá trình sản xuất phức tạp này. Được viết vào thời kỳ đỉnh điểm của Chiến tranh Lạnh, vì nhiều lý do hiển nhiên nên “Tôi, cây bút chì” tập trung nhiều vào bài học thứ hai. Bài luận của Read được nhà kinh tế theo trường phái thị trường tự do Milton Friedman ca ngợi như một minh chứng cho thấy tại sao các đối thủ của ông sai lầm khi cố điều hành nền kinh tế thông qua các ủy ban kế hoạch trung ương.

Tuy nhiên, khi suy nghĩ về sự gián đoạn trong chuỗi cung ứng thế kỷ 21, tôi nhận ra rằng chúng ta cũng nên nhớ đến bài học đầu tiên. Chắc chắn nếu dành thêm thời gian để hiểu rõ cách các sản phẩm thiết yếu được tạo ra, chúng ta sẽ không quá ngạc nhiên khi chúng trở nên khan hiếm. Qua bài luận của Read, hàng triệu sinh viên kinh tế giờ đây đã hiểu rõ về chuỗi cung ứng của một chiếc bút chì, nhưng còn smartphone, vaccine hay pin thì sao? Còn chuỗi cung ứng của khí carbon dioxide hay thủy tinh bosilicat thì thế nào?

Những mạng lưới nhân lực và tri thức đã biến nguyên liệu thô thành các sản phẩm hoàn thiện phục vụ chúng ta cũng quan trọng không kém gì chính các vật liệu, và đây cũng là một điểm nổi bật của cuốn sách này. Trong những trang tiếp theo, bạn sẽ thấy một

sự tôn vinh về cách con người dù đa số không hề quen biết nhau nhưng vẫn có thể hợp tác để biến những chất liệu tưởng chừng vô tri thành những điều kỳ diệu. Và tôi nhận ra rằng ít có chuỗi cung ứng nào kỳ diệu như chuỗi cung ứng sản xuất chip silic.

Từ lâu trước khi xảy ra tình trạng thiếu hụt chip bán dẫn, tôi đã bắt đầu hành trình kể câu chuyện về một hạt silic, từ thời điểm được khai thác ở mỏ đá cho đến khi trở thành một phần của chiếc smartphone tại nhà máy sản xuất và lắp ráp chip bán dẫn. Cũng giống như câu chuyện về chiếc bút chì của Read, tôi nhanh chóng nhận ra rằng không một ai, kể cả những người tham gia vào chuỗi cung ứng, có thể hoàn toàn giải thích cho tôi ngay cả những quy trình đơn giản nhất diễn ra như thế nào. Những người làm việc tại nhà máy sản xuất chip hiểu rất nhiều về công nghệ quang khắc và mài hóa học, nhưng lại biết rất ít về cách tạo ra các tấm wafer silic (tấm bán dẫn silic) siêu tinh khiết mà họ đang làm việc cùng. Không ai ở các mỏ khai thác đá thạch anh từ lòng đất (hóa ra, chip bắt đầu không phải từ các hạt cát mà từ những hòn đá to bằng nắm tay) có thể hiểu được nhiều về số phận cuối cùng của những hòn đá này.

Tuy nhiên, điều ấn tượng nhất chính là độ dài và những diễn biến phức tạp của hành trình này. Từ lúc bị nổ tung khỏi lòng đất tại một mỏ đá cho đến khi nằm trong một chiếc smartphone, một hạt silic đã thực hiện nhiều chuyến chu du vòng quanh thế giới. Nó bị nung nóng đến hơn 1.000°C rồi được làm nguội, không chỉ một hoặc hai mà là tới ba lần. Nó được biến đổi từ một khối vô định hình thành một trong những cấu trúc tinh thể tinh khiết nhất trong vũ trụ. Nó được chiếu bằng tia laser sử dụng loại ánh sáng mà bạn không thể nhìn thấy và cũng không thể tồn tại khi tiếp xúc với không khí. Quá trình biến silic thành một con chip nhỏ bé chính là hành trình kỳ diệu nhất mà tôi từng khám phá.

Nhưng đó mới chỉ là sự khởi đầu. Trong những tháng tiếp theo, tôi còn đi thăm nhiều mỏ đá hơn. Tôi đã được cảm nhận sự ngột ngạt ở đáy của mỏ sâu nhất châu Âu. Tôi đã thấy nơi muối

được khai thác và cách nó được biến đổi thành các hóa chất cực kỳ quan trọng đối với cuộc sống của chúng ta. Tôi đã chứng kiến đá đỏ được nung chảy rồi được đúc thành thép. Tôi đã đến thăm những hồ nước xanh kỳ lạ, nơi chúng ta lấy lithium và theo dõi hành trình của chất này khi nó được dán, cuộn lại và ép thành pin cho xe điện. Càng đi nhiều, tôi càng nhận ra phần lớn cuộc đời tôi đã sống trong một thế giới khác nữa, nơi mà tôi dần coi là một thế giới phi vật chất.

Có lẽ bạn cũng sống ở đó: một nơi khá dễ chịu, một thế giới của ý tưởng. Trong thế giới phi vật chất này, chúng ta bán dịch vụ, quản lý và hành chính; chúng ta xây dựng ứng dụng và trang web; chúng ta chuyển tiền từ cột này sang cột khác; chúng ta chủ yếu giao dịch bằng tư duy và lời khuyên, bằng dịch vụ cắt tóc và giao đồ ăn. Nếu những ngọn núi ở phía bên kia hành tinh bị phá hủy thì dường như chẳng mấy liên quan đến thế giới phi vật chất này.

Mục đích thực sự của tôi khi bay đến Nevada quay cảnh một ngọn núi bị nổ tung là nhằm ghi lại một phép ẩn dụ trực quan, để biến vật chất thành thứ gì đó siêu thực: một bản tin giúp mọi người hiểu rõ hơn về một ý tưởng như dòng chảy thương mại. Nhưng khi đứng ở rìa hố của mỏ khai khoáng, tôi mới nhận ra rằng góc nhìn của mình thật quá ư nông cạn. Đột nhiên, tôi thấy mình đang nhìn chằm chằm từ bờ vực của một thế giới vào một thế giới khác: Thế giới Vật liệu.

Thế giới Vật Liệu này là nền tảng của cuộc sống thường ngày. Không có thế giới này, bạn không thể bật được những chiếc smartphone hay cũng không có pin để chạy chiếc xe điện mới tinh. Thế giới Vật Liệu không mang đến cho bạn một ngôi nhà lộng lẫy mà mang đến sự bền vững cho ngôi nhà ấy. Nó giữ cho bạn ấm áp, sạch sẽ, no đủ và khỏe mạnh, dù bạn không chú ý tới điều đó.

Thế giới Vật Liệu là nơi bạn sẽ tìm thấy những công ty quan trọng nhất nhưng lại không hề quen thuộc, như CATL, Wacker, Codelco, Shagang, TSMC và ASML. Có thể những cái tên này

chẳng có ý nghĩa gì với bạn nhưng thực ra chúng lại quan trọng không kém, thậm chí có thể còn quan trọng hơn, so với những thương hiệu quen thuộc mà ai cũng biết như Walmart, Apple, Tesla và Google. Bí mật được giấu kín nhất của nền kinh tế hiện đại là những thương hiệu nổi tiếng phụ thuộc hoàn toàn vào các công ty ít được biết đến trong Thế giới Vật Liệu để tạo ra các sản phẩm và biến những ý tưởng thông minh của họ thành hiện thực. Đây chính là nơi mà ý tưởng trở thành sản phẩm hữu hình.

Tại sao các thương hiệu lớn ngày nay lại sẵn lòng dựa vào các công ty khác để thực hiện các công đoạn sản xuất ra sản phẩm thực sự? Nói một cách thẳng thắn thì một phần lý do là các hoạt động trong lĩnh vực vật liệu – nơi bạn phải khai thác và chuyển hóa nguyên liệu thô thành sản phẩm thương mại – là một công việc khó khăn, nguy hiểm và đầy bụi bẩn. Trong những trang tiếp theo, chúng ta sẽ thấy nhân loại thế kỷ 21 sẵn sàng đi xa đến mức nào để có được các vật liệu này, dù đó là đào những hố sâu như hẻm núi hay lũng vực đầy đại dương để tìm kiếm những khoáng sản có hàm lượng kim loại cao hơn so với ở trên đất liền.

Điều này dẫn đến một trong những ngộ nhận nghiêm trọng nhất đang thống trị thế giới phi vật chất: con người đang giảm dần sự phụ thuộc vào các vật liệu. Một số nhà kinh tế sử dụng dữ liệu thống kê ở Mỹ và Anh để chỉ ra rằng chúng ta đang tiêu thụ ngày càng ít tài nguyên hơn cho mỗi đô-la hoặc bảng Anh thu nhập. Trong suốt phần lớn lịch sử nhân loại, sự tăng trưởng kinh tế của chúng ta luôn gắn chặt với việc khai thác tài nguyên thiên nhiên cũng như việc sử dụng năng lượng nhưng trong vài thập niên gần đây, hai đường biểu đồ này đã tách rời: GDP tiếp tục tăng trong khi việc sử dụng tài nguyên dường như chững lại. Họ cho rằng đây là bằng chứng không thể chối cãi về việc chúng ta đang “đạt được nhiều [lợi nhuận, của cải] hơn từ ít [tài nguyên] hơn”.³

Đó là một ý tưởng hấp dẫn – đặc biệt là trong bối cảnh khí hậu toàn cầu nóng lên và loài người đang khao khát những tin tức tích

cực – nhưng tôi có phần hoài nghi sau khi chứng kiến một ngọn núi linh thiêng bị phá hủy để khai thác một thứ mà chúng ta thực sự không cần. Liệu có phải chúng ta chỉ đơn giản là dịch chuyển tất cả những công việc bản thủ này sang một nơi khác để không phải nghĩ về nó nữa? Nói ngắn gọn, chúng ta không cần nghĩ về Thế giới Vật liệu nữa?

Sau khi tìm hiểu thêm, tôi phát hiện rằng trong khi mức tiêu thụ vật liệu ở các quốc gia hậu công nghiệp như Mỹ và Anh thực sự đang giảm thì mức tiêu thụ này lại đang tăng với tốc độ chóng mặt ở những quốc gia mà người Mỹ và người Anh đang phải nhập khẩu hầu hết các loại hàng hóa mà họ cần. Thực vậy, các mỏ vàng ở Nevada chỉ được xem là phần nhỏ nhất. Chúng ta đang đi xa hơn nhiều để khai thác đồng, dầu mỏ, sắt, coban, mangan và lithium từ lòng đất. Chúng ta đang đào cát, đá, muối, và đá xây dựng với tốc độ đáng kinh ngạc. Đây không phải là những ngành phụ mà chúng ngày càng trở nên quan trọng hơn. Ví dụ điển hình nhất về điều này liên quan trực tiếp đến biến đổi khí hậu. Một nghịch lý quan trọng là để đạt được các mục tiêu môi trường trong ngắn và trung hạn, chúng ta sẽ cần nhiều vật liệu hơn đáng kể để sản xuất xe điện, tuabin gió và pin mặt trời nhằm thay thế nhiên liệu hóa thạch. Kết quả là trong những thập niên tới, chúng ta sẽ phải khai thác nhiều kim loại từ bề mặt Trái đất hơn bao giờ hết.

Nhưng đây chỉ là chương mới nhất trong một câu chuyện dài đang diễn ra *rồi*. Theo dữ liệu mới nhất của năm 2019 khi tôi bắt tay vào viết cuốn sách này, chúng ta đã khai thác và đào bới nhiều vật liệu từ bề mặt Trái đất hơn tổng số tất cả những gì loài người đã khai thác từ xa xưa cho đến năm 1950. Hãy dừng lại một chút để nghĩ kỹ về điều này. Trong vòng một *năm*, chúng ta đã khai thác nhiều tài nguyên hơn so với toàn bộ lịch sử nhân loại – từ những ngày đầu khai thác đến Cách mạng Công nghiệp, những cuộc thế chiến, và hơn thế nữa. Và năm 2019 không phải là ngoại lệ. Thực vậy, bạn có thể nói điều tương tự về mọi năm kể từ năm 2012. Và

thay vì giảm đi, nhu cầu về nguyên liệu thô của chúng ta vẫn tiếp tục tăng, khoảng 2,8% vào năm 2019, đối với tất cả các loại khoáng sản, từ cát và kim loại đến dầu và than.

Bạn không thường nghe nhiều về điều này, hoặc nếu có thì cũng chủ yếu được đề cập qua lăng kính nhiên liệu hóa thạch. Vì nhiều lý do dễ hiểu, việc khai thác hydrocarbon rất được quan tâm. Bạn có thể đã biết rằng trong nhiều thập niên qua, chúng ta đã khai thác một lượng lớn than và dầu từ lòng đất nhưng chúng ta cũng đang dần bớt phụ thuộc vào những loại nhiên liệu này. Nói đúng hơn, chúng ta chỉ đang làm chậm tốc độ khai thác chúng lại một chút.

Bạn có thể nghĩ rằng điều này đồng nghĩa với việc nhu cầu về khoáng sản của chúng ta đang giảm dần. Nhưng điều này hoàn toàn sai. Thực tế là dầu mỏ và các nhiên liệu hóa thạch khác chỉ chiếm một phần nhỏ trong tổng khối lượng tài nguyên mà chúng ta đang khai thác từ Trái đất. Với mỗi tấn nhiên liệu hóa thạch, chúng ta khai thác thêm 6 tấn vật liệu khác – chủ yếu là cát và đá, nhưng cũng có thể bao gồm kim loại, muối và hóa chất. Ngay cả khi chúng ta, những công dân của thế giới phi vật chất, sử dụng ít nhiên liệu hóa thạch hơn thì chúng ta lại tiêu thụ gấp bội các tài nguyên khác. Nhưng bằng cách nào đó, chúng ta tự huyễn rằng điều ngược lại mới là sự thật.

Tôi cho rằng rằng điều này phần nào liên quan đến dữ liệu – hoặc việc thiếu hụt dữ liệu. Chúng ta rất giỏi trong việc đếm số đô-la của GDP nhưng hiểu rất ít về lượng *vật chất* mà ta đào lên từ lòng đất. Liên Hợp Quốc và một vài cơ quan thống kê quốc gia như Văn phòng Thống kê Quốc gia ở Anh trong những năm gần đây đã bắt đầu xây dựng cái gọi là phân tích dòng chảy vật liệu – tức là đo lường các chất liệu mà chúng ta khai thác, tiêu thụ, rồi tái chế hoặc vứt bỏ. Nhưng dữ liệu này chỉ theo dõi “vật liệu” được khai thác, chứ không theo dõi lượng đất đá khổng lồ – tương đương với mười chiếc máy bay siêu lớn – bị di chuyển để lấy được tài nguyên đó. Từ góc nhìn thống kê, chỗ “đá thải” này – hay ngọn núi linh

thiên này – đơn giản là không bao giờ được chú ý đến. Nói cách khác, dấu tích thực sự của nhân loại lên Trái đất lớn hơn rất nhiều so với những gì chúng ta đang biết. Về sau tôi mới biết dấu tích của việc khai thác vàng chẳng thấm gì so với khai thác các kim loại như sắt và đồng, và lại càng nhỏ bé hơn so với lượng cát và đá mà chúng ta đào xới và làm nổ tung.

Khát khao khai thác khoáng sản luôn là một trong những động lực mạnh mẽ nhất thúc đẩy nhân loại. Nó không bắt đầu hay kết thúc tại núi Tenabo, trên vùng đất tổ tiên của người Shoshone; mà vẫn tiếp diễn từ Mỹ sang Trung Quốc, châu Phi, châu Âu và thậm chí đến tận đáy Đại Tây Dương. Song vì việc khai thác khoáng sản này diễn ra ngày càng kín đáo và không được thể hiện rõ ràng trong các dữ liệu kinh tế thông thường nên chúng ta cứ tự huyễn rằng chúng không tồn tại.

Nhưng không phải lúc nào cũng vậy. Trong phần lớn lịch sử nhân loại, các chính phủ đã luôn đặt sự kiểm soát những tài nguyên này lên hàng đầu. Những cuộc đấu tranh giành quyền kiểm soát tài nguyên đã là yếu tố thúc đẩy nhiều giai đoạn lịch sử mà hậu quả của chúng vẫn đang được chúng ta cố lý giải: đế chế, thuộc địa và chiến tranh. Khi Bức tường Berlin sụp đổ, một số nhà kinh tế tuyên bố rằng chúng ta đã bước vào một kỷ nguyên mới về tài nguyên toàn cầu – cuộc đua giành tài nguyên đã kết thúc với sự ra đời của thương mại và các chuỗi cung ứng toàn cầu. Kết quả là nhiều quốc gia, bao gồm cả Mỹ, bắt đầu giảm dần các kho dự trữ những khoáng sản quan trọng này, vốn được xây dựng trong nửa thế kỷ trước. Khi các rào cản thương mại được dỡ bỏ, sản xuất trở thành một ngành công nghiệp toàn cầu thực sự, với các chuỗi cung ứng không tồn kho trải dài khắp hành tinh.

Tuy nhiên ngày nay, các chính phủ trên khắp thế giới nhanh chóng nhận ra việc kiểm soát những tài nguyên và quy trình này đã trở nên quan trọng hơn bao giờ hết. Một trong những hành động đầu tiên của Joe Biden khi trở thành tổng thống là ký sắc lệnh hành

pháp về “Chuỗi cung ứng của nước Mỹ” để xem xét mức độ mà Mỹ đang phụ thuộc vào các quốc gia khác. Đối với vật liệu bán dẫn, đó là các chip silic mà chúng ta sẽ tìm hiểu thêm trong các trang tiếp theo. Đối với pin, đó là một tập hợp các kim loại bao gồm coban, nickel, kẽm và quan trọng nhất là lithium.

Cuốn sách này kể về sáu vật liệu: cát, muối, sắt, đồng, dầu mỏ và lithium. Việc đưa các vật liệu này thành chủ đề có phần hơi lạ, vì hầu hết những câu chuyện về tiến bộ của loài người đều từ góc nhìn của chính chúng ta. Tại sao một số quốc gia phát triển thịnh vượng trong khi những quốc gia khác lại thất bại? Tại sao Cách mạng Công nghiệp diễn ra ở Anh chứ không phải ở Ethiopia? Quan điểm phổ biến ngày nay cho rằng điều này chủ yếu là do sự kết hợp giữa lịch sử, sự ngẫu nhiên và các thể chế phù hợp cho phép con người đổi mới và phát triển. Nhưng câu chuyện không chỉ có thế vì bí quyết thành công của loài người không chỉ nằm ở DNA hay các thể chế chính trị. Vận mệnh của chúng ta luôn gắn với những gì chúng ta khai thác từ lòng đất và biến đổi chúng để phục vụ cho mục đích của mình.

Những thuật ngữ như thời Đồ đá, Đồ đồng và Đồ sắt thường được dùng để chỉ những thời kỳ xa xưa và đã bị lãng quên, nhưng thực tế, sự phụ thuộc của chúng ta vào những công cụ và vật liệu này không hề giảm mà còn càng bùng nổ. Với lượng cát và đá mà chúng ta vẫn đang khai thác từ lòng đất, có thể nói rằng chúng ta vẫn gắn chặt với thời Đồ đá. Nhu cầu về thép và đồng của chúng ta đã tăng gấp bội trong những năm gần đây. Vì thế, đây cũng là thời Đồ sắt, chưa kể đến thời đại của đồng, muối, dầu mỏ và lithium.

Sáu vật liệu này là thành phần thiết yếu của môi trường mà bạn đang sử dụng để đọc những dòng này – pin để điện thoại của bạn hoạt động, bê tông để làm nền móng ngôi nhà bạn không sụp đổ. Những vật liệu này hiếm khi xuất hiện trong các câu chuyện về sự nỗ lực hay đổi mới của con người, hoặc nếu có, chúng chỉ là những chất vô tri được biến đổi kỳ diệu bởi một nhà phát minh lỗi lạc.

Nhưng đã đến lúc các vật liệu này được bước ra ánh sáng, và kể câu chuyện của nhân loại dưới góc nhìn của chúng. Chúng ta có thể sống mà không cần đến sáu vật liệu này nhưng không thể phát triển mạnh mẽ nếu thiếu chúng. Đây là những chất liệu mà gần như không thể thay thế. Chúng đã giúp chúng ta xây dựng thế giới của mình và chúng ta sẽ rơi vào hỗn loạn nếu mất đi quyền tiếp cận chúng. Như chúng ta sẽ khám phá, có một thực tế là sự sụp đổ của một số nền văn minh và sự thịnh vượng của những nền văn minh khác có thể được quy cho một hoặc một số trong sáu vật liệu này.

Chúng ta sẽ khám phá cách mà việc chạy theo các vật liệu này đã định hình lịch sử địa chính trị và đang bắt đầu định hình tương lai. Chúng ta cũng sẽ làm rõ những hệ quả tiêu cực đối với môi trường từ sự thèm khát không ngừng của con người đối với các vật liệu này. Đôi khi, trải nghiệm này sẽ khiến bạn cảm thấy không thoải mái – nhất là khi nhận ra mỗi chúng ta đều có phần liên đới trong việc tạo ra nhu cầu về các nguyên liệu thô được khai thác từ lòng đất. Bạn có thể sẽ nghĩ rằng giải pháp tốt nhất là cố tiêu thụ ít hơn và tái chế nhiều hơn, và thực ra đó là một ý kiến không tồi.

Nhưng về cuối cuốn sách, chúng ta sẽ thấy một cái nhìn thoáng qua đầy hứa hẹn về một thế giới, nơi lần đầu tiên kể từ Cách mạng Công nghiệp, chúng ta có thể tự duy trì mà không cần phải khai thác sâu hơn vào lòng đất hay phá hủy các ngọn núi để đáp ứng nhu cầu vật chất. Chúng ta sẽ không bao giờ sống trong một thế giới hoàn toàn phi vật chất; từ khi con người nhặt đá và chế tạo thành công cụ, chúng ta đã khai thác Trái đất và để lại dấu vết của mình. Nhưng chúng ta có thể thu nhỏ tác động sinh thái để giảm thiểu sự gia tăng phát thải khí nhà kính và đối mặt với biến đổi khí hậu. Tuy vậy, như bạn sẽ thấy, có một nghịch lý là để tới được miền đất hứa đó chúng ta có thể phải khai thác và phá hủy nhiều hơn bao giờ hết.

Trong miền đất hứa đó, chúng ta có thể không còn phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch, nhưng ở hiện tại chúng ta vẫn hoàn toàn phụ thuộc vào chúng. Điều này đã trở nên rõ ràng vào đầu năm

2022 khi xung đột Nga-Ukraine đã đẩy giá năng lượng ở châu Âu lên mức cao kỷ lục, kéo theo sự gia tăng chi phí sinh hoạt. Mức độ tăng giá đã khiến các nhà kinh tế bất ngờ – bởi lẽ, trong thế giới phi vật chất, chúng ta đã dễ dàng tự huỷ hoại rằng con người đã không còn phụ thuộc những thứ hữu hình như năng lượng và nguyên liệu thô. Nhưng một trong những bài học nhanh chóng được rút ra khi bước vào Thế giới Vật liệu là trong kinh tế học, hầu như mọi thứ đều quay về với năng lượng – ngay cả những thứ bạn ít ngờ tới nhất. Phân bón, muối, hóa chất, nhựa, thực phẩm và đồ uống – dù ít dù nhiều đều là sản phẩm từ nhiên liệu hóa thạch.

Các sự kiện ở Ukraine có thể sẽ thúc đẩy quá trình chuyển đổi của chúng ta sang năng lượng tái tạo – miễn là nó không đẩy thế giới quay trở lại với than đá – nhưng điều này cũng sẽ mang đến những thách thức mới. Dầu có giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và các quốc gia dầu mỏ như Nga thì chúng ta cũng sẽ trở nên phụ thuộc nhiều hơn vào một loạt các kim loại ít phổ biến hơn đến từ các quốc gia khác để xây dựng các cỗ máy cung cấp năng lượng sạch. Và vì năng lượng tái tạo có mật độ năng lượng thấp hơn nhiều so với nhiên liệu hóa thạch hay năng lượng hạt nhân, chúng ta sẽ phải xây dựng nhiều công trình hơn để sản xuất cùng một lượng điện. Đó chính là thực tế của Thế giới Vật liệu.

Tại sao cuốn sách này chỉ tập trung vào sáu vật liệu? Tại sao chỉ là cát, muối, sắt, đồng, dầu mỏ và lithium? Thực tế là có hàng trăm nguyên tố, hợp chất và vật liệu đóng vai trò quan trọng trong việc sản xuất các sản phẩm và dịch vụ thiết yếu trong thế giới hiện đại. Nguyên tố bo chưa từng xuất hiện trong bất kỳ kế hoạch ứng phó đại dịch nào, nhưng việc có đủ bo sẽ trở thành nhiệm vụ trung tâm của nỗ lực sản xuất và phân phối vaccine COVID-19 – một nhiệm vụ không hề dễ dàng khi bo chủ yếu được tìm thấy ở một số ít nơi có hoạt động núi lửa và khí hậu khô cằn. Gần một phần ba trữ lượng bo toàn cầu nằm ở Thổ Nhĩ Kỳ, với các nguồn cung khác nằm ở sa mạc California và vùng viễn đông của Nga.

Ngoài ra, borat – các muối chứa bo – có rất nhiều ứng dụng khác: chúng là thành phần trong phân bón có vai trò giúp phát triển hạt giống và tăng năng suất cây trồng; chúng giúp bảo quản gỗ bằng cách bảo vệ gỗ khỏi côn trùng và nấm mốc. Thép sẽ tăng độ bền khi được trộn thêm bo và muối chứa bo có thể giúp ngăn sự phát triển của tảo và giảm tính axit của nước bể bơi.

Hoặc hãy nghĩ đến thiếc, một thành phần quan trọng trong bảng mạch điện tử và cũng là một trong những kim loại đầu tiên mà tổ tiên chúng ta biết cách khai thác. Còn nhôm, kim loại phổ biến nhất trong vỏ Trái đất – dù chúng ta chỉ mới học cách tinh luyện nó gần đây? Hay bạch kim và các kim loại “chị em” như palladium và rhodium – những thành phần hiếm nhưng quan trọng trong các linh kiện điện tử và bộ chuyển đổi xúc tác? Còn về crom, vật liệu đóng vai trò thiết yếu trong sản xuất thép không gỉ, hay coban, hoặc các kim loại đất hiếm như neodymium, được sử dụng trong nam châm chính xác thì sao?

Tôi đã xác định rõ sự phân định như sau: ngoài sáu vật liệu được nhắc đến trong cuốn sách này thì vẫn còn các vật liệu quan trọng khác trên thế giới nhưng thật khó để tưởng tượng nền văn minh hiện đại sẽ ra sao nếu không có sáu vật liệu ấy. Chúng ta có thể làm pin mà không cần coban. Chúng ta có thể làm tai nghe và động cơ điện mà không cần nam châm neodymium – nhưng chúng sẽ lớn hơn và kém hiệu quả hơn. Các vật liệu trong cuốn sách này là những thứ khó thay thế nhất.

Albert Einstein từng được một nhóm phóng viên hỏi về thuyết tương đối của ông. “Tôi có thể giải thích thế này,” ông nói. “Trước đây người ta tin rằng nếu mọi vật chất trong vũ trụ biến mất thì thời gian và không gian vẫn còn. Tuy nhiên, theo thuyết tương đối thì thời gian và không gian cũng biến mất cùng với vật chất.” Bạn có thể nói điều tương tự về Thế giới Vật liệu. Những chất liệu này là nền tảng của nền văn minh. Nếu không có chúng, cuộc sống bình thường như chúng ta biết sẽ chẳng còn.⁴

Không phải ngẫu nhiên mà chúng ta bắt đầu với cát. Cát là vật liệu mà loài người đã dùng để tạo ra phần lớn môi trường sống của mình. Cát cũng mang đến cho chúng ta một *cái nhìn toàn cảnh* về Thế giới Vật liệu. Từ cát, chúng ta có sản phẩm lâu đời nhất của thế giới (thủy tinh) và một trong những sản phẩm tiên tiến nhất (vật liệu bán dẫn). Trong khi cát là chất liệu để chúng ta tạo ra vật dụng, thì muối là một chất liệu kỳ diệu giúp chúng ta biến đổi mọi thứ, đồng thời là thành phần thiết yếu cho sức khỏe và dinh dưỡng. Các chương về sắt và đồng được sắp xếp theo thứ tự này vì câu chuyện của sắt gắn liền với câu chuyện về than đá, trong khi đồng là vật liệu được dùng để dẫn điện. Sắp xếp như vậy cho phép chúng ta đề cập đến hai cuộc chuyển dịch năng lượng lớn đầu tiên của thời hiện đại: việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch và điện năng. Cuộc chuyển dịch năng lượng thứ ba và thứ tư được đề cập trong phần về dầu mỏ, thực tế bao gồm cả dầu và khí đốt. Sau khi đã dành phần lớn cuốn sách để xem xét các vật liệu giúp đưa chúng ta đến với những cuộc cách mạng công nghiệp trong quá khứ, chúng ta sẽ kết thúc với vật liệu hứa hẹn mang lại cuộc cách mạng tiếp theo. Lithium là trung tâm của cuộc chuyển dịch năng lượng sắp tới – rời xa nhiên liệu hóa thạch và hướng tới các nguồn tài nguyên tái tạo.

Tôi đã tự cho mình vài đặc quyền trong quá trình viết sách. Những người theo chủ nghĩa thuần túy có thể đặt câu hỏi về quyết định gộp dầu mỏ và khí đốt vào chung một phần, hoặc việc phân viết về muối không chỉ tập trung vào natri clorua mà còn đề cập đến một số loại muối khác. Và các vật liệu khác – như than đá và phân bón dựa trên nitơ – cũng xuất hiện thường xuyên trong các chương dù chúng không nằm trong danh sách sáu vật liệu chính.

Hành trình khám phá Thế giới Vật liệu là một trải nghiệm thú vị và kích thích trí tuệ nhất trong sự nghiệp của tôi. Nhưng nó còn mang lại điều gì đó khác: sự tri liệu bất ngờ. Khi đi sâu vào nghiên cứu những nguyên liệu cơ bản của cuộc sống hiện đại, tôi bắt đầu cảm thấy mình kết nối hơn một chút với thế giới xung quanh. Dĩ

nhiên, tôi không tiến gần hơn đến việc có thể chế tạo pin ô tô, một tấm kính hay một chiếc smartphone, nhưng những vật dụng này không còn là những điều hoàn toàn bí ẩn đối với tôi nữa. Sau khi dành phần lớn cuộc đời trong thế giới phi vật chất, không biết gì về cách chúng ta tạo ra và sở hữu mọi thứ, tôi bắt đầu nhìn nhận thế giới xung quanh bằng con mắt mới. Hy vọng rằng cuốn sách này sẽ truyền cảm hứng cho bạn để nhìn lại thế giới chúng ta đang sống, nơi có sự kỳ diệu trong những vật dụng hằng ngày và sự ngạc nhiên trong các vật liệu đơn giản.

Sáu vật liệu được mô tả trong sách có thể không hiếm, trông không bắt mắt hay đặc biệt hấp dẫn. Bản thân chúng cũng không có giá trị cao. Nhưng chúng là những thành tố cơ bản làm nên thế giới này. Chúng đã thúc đẩy sự thịnh vượng của các đế chế, giúp chúng ta xây dựng và cũng giúp phá hủy các thành phố. Chúng đã làm biến đổi và có thể vừa kịp để giúp cứu lấy khí hậu. Những vật liệu này là những anh hùng thầm lặng của thời hiện đại, đã đến lúc chúng ta lắng nghe câu chuyện của chúng.