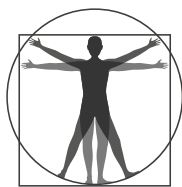


# **WŁADCY OGNIA**

Jak człowiek zrealizował projekt  
ujarzmienia ognia i przekształcenia  
naszej planety



## SERIA WYJĄTKOWY GATUNEK

Czy ludzie są przypadkowymi wytworami ślepego i obojętnego Wszechświata? A może są beneficjentami uprzednio zaplanowanego kosmicznego porządku, dzięki któremu mogli powstać i się rozwijać? Michael Denton, światowej sławy australijski biochemik, przedstawia serię danych naukowych z takich dziedzin, jak fizyka, chemia czy biologia – szczególną uwagę zwracając na właściwości węgla, wody i tlenu – i dochodzi do nieoczywistego dla dzisiejszych badaczy wniosku, że nasz Wszechświat został tak zaprojektowany, by pojawiło się życie, a zwłaszcza inteligentne życie.

Denton w pewnym sensie wraca do idei uprzywilejowanej pozycji człowieka, która od czasów Darwina nie cieszyła się większym zainteresowaniem, ale ten powrót nie jest motywowany religijnie, lecz naukowo. Australijski uczonej jest krytykiem kreacjonistycznego podejścia do świata przyrody, zgodnie z którym człowiek jest istotą odrębną od innych organizmów. Denton twierdzi, że istnieje nieprzerwana ciągłość świata organicznego, a wszystkie żywe istoty występujące na Ziemi są formami naturalnymi w najgłębszym sensie tego słowa – podobnie jak naturalne są kryształy soli, atomy, wodospady czy galaktyki. Człowiek także jest istotą naturalną, niemniej jego niepowtarzalne cechy sprawiają, że można uznać go za wyjątkowy gatunek.

# Władcy ognia

## Jak człowiek zrealizował projekt ujarznienia ognia i przekształcenia naszej planety

Michael Denton



Warszawa 2023

Tytuł oryginału  
Fire-Maker: How Humans Were Designed to Harness Fire  
and Transform Our Planet

Copyright © 2016 by Discovery Institute, All Rights Reserved

Copyright © for the Polish edition by Fundacja En Arche, Warszawa 2023

Przekład  
*Zbigniew Kościuk*

Redaktor naukowy serii  
*prof. dr hab. Kazimierz Jodkowski*

Redaktor prowadzący  
*Katarzyna Łopaciuk*

Redakcja merytoryczna  
*dr hab. Krzysztof Kilian, prof. UZ*

Redakcja językowa  
*Paweł Michalczyk*

Korekta  
*Małgorzata Koniarska*

Projekt okładki  
*Ewa Jabłońska*

Projekt graficzny  
*Maria Rostoniec*

Skład  
*Elżbieta Pich*

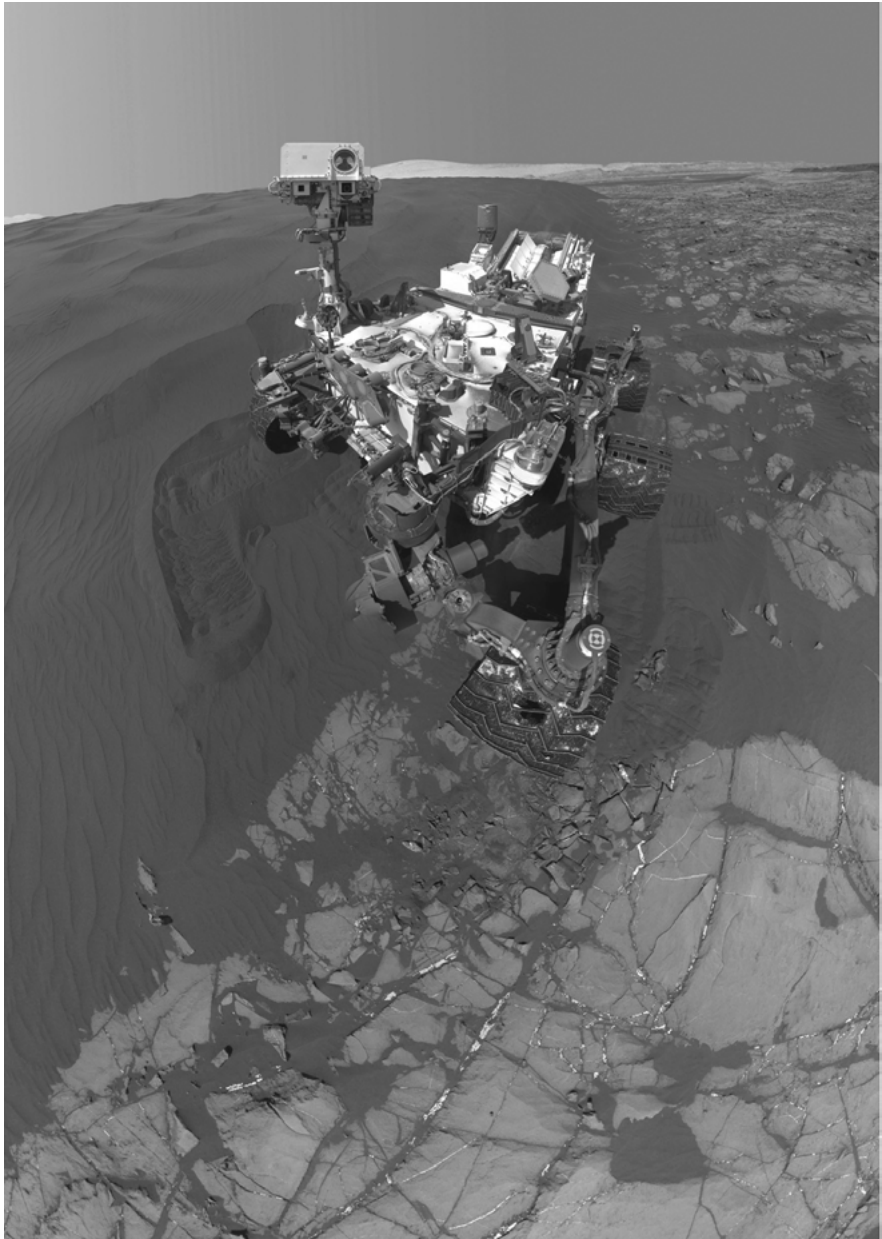
Wydanie I

ISBN 978-83-67363-26-6

Fundacja En Arche  
al. Jana Pawła II 80 lok. 15  
00-175 Warszawa  
biuro@enarche.pl  
Księgarnia internetowa  
enarche.pl/ksiegarnia/

# Spis treści

Rozdział 1. Ogień	9
Rozdział 2. Odpowiednia planeta	27
Rozdział 3. Odpowiednie paliwo	49
Rozdział 4. Władcy ognia	63
Rozdział 5. Wnioski	87
Bibliografia	93
Indeks osobowy	99
Indeks rzeczowy	101



**Ilustracja 1.1.** Łazik Curiosity poszukuje śladów życia na Marsie (źródło: NASA/JPL-Caltech).



# Rozdział 1

## Ogień

*Starożytni Grecy, którzy znali odpowiedź na niemal wszystkie pytania, wierzyli, że Prometeusz przyniósł ogień z nieba – przez co naraził się poważnie Zeusowi. „Zem światła skryte otworzył im źródło”, powiada Ajschylos w Prometeuszu w okowach, „sztukę niezliczonych skarbnicę bogatą”<sup>1,2</sup>.*

– Arthur Wilson

Kiedy piszę te słowa, mały robot Curiosity eksploruje powierzchnię innej planety, Marsa, w poszukiwaniu śladów życia. Małe zautomatyzowane laboratorium analizuje i bada glebę, szukając związków organicznych i wody. Zasilany baterią słoneczną robot będzie mógł działać kilka lat bez żadnej pomocy ze strony swoich twórców, którzy znajdują się miliony kilometrów dalej, skrzętnie dekodując i analizując zagadkowe komunikaty wysyłane przez niego na Ziemię.

Łazik Curiosity to tylko jedno urządzenie z mnóstwa współczesnych cudów techniki. A są one naprawdę zdumiewające. Zaledwie 200 pokoleń po wynalezieniu pierwszego metalowego narzędzia technika doszła do poziomu, na którym jej osiągnięcia coraz bardziej przypominają coś, co nasi przodkowie uznaliby za jakąś formę magii.

Efektom wielkiego postępu technicznego, jaki dokonał się w ciągu ostatniego stulecia, były niezwykle urządzenia, które pozwoliły ludziom zdobyć ogromną wiedzę o świecie przyrody – od budowy

---

<sup>1</sup> Ajschylos, *Prometeusz w okowach*, tłum. J. Szujski, Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich, Lwów 1866, 100.

<sup>2</sup> A. Wilson, *The Living Rock: The Story of Metals since Earliest Times and Their Impact on Developing Civilization*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England 1994, s. 9.

kosmosu po strukturę DNA – większą od tej, jaką dysponowaliśmy we wszystkich poprzednich stuleciach. Używając światła i radioteleskopów, obserwowaliśmy galaktyki oddalone o miliardy lat świetlnych od Ziemi. Patrzyliśmy w przeszłość, na początki czasu i kulę ognia, z której powstał nasz Wszechświat. Potrafiliśmy oszacować jego wiek i rozmiar. Odkryliśmy inne ziemie orbitujące wokół odległych gwiazd i określiliśmy, że ich liczba, tylko w naszej galaktyce, sięga dziesiątków miliardów<sup>3</sup>. Dowiedzieliśmy się też, w jaki sposób dochodzi do syntezy atomów w gwiazdach.

Techniczne cuda naszej cywilizacji oraz gruntowna wiedza naukowa dotycząca fundamentalnej natury rzeczywistości, którą zdobyliśmy razem z nimi, nie przyszły nam łatwo. Wszystko to było efektem wielu odkryć technicznych i postępu, który na przestrzeni kilku tysięcy lat sprawił, że nasz gatunek przeszedł od stosowania prymitywnej techniki epoki kamiennej do magii nanotechnologii XXI wieku: od wytworzenia kamiennego przecinaka po skonstruowanie boeinga 787.

Wśród wszystkich odkryć dokonanych podczas długiej drogi ludzkości ku współczesnej cywilizacji było jedno podstawowe, które sprawiło, że możliwe stały się wszystkie pozostałe. Wykorzystujemy je codziennie i uznajemy za coś zupełnie oczywistego. Jednak to właśnie ono zmieniło wszystko.

Gatunek ludzki odkrył, jak rozniecić i ujarzmić ogień.

Darwin słusznie uważał to za „bodaj najdonioślejsze [odkrycie] – poza mową – spośród wszystkich kiedykolwiek dokonanych przez człowieka”<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Por. A. Cassan, D. Kubas, J.-Ph. Beaulieu et al., *One or More Bound Planets per Milky Way Star from Microlensing Observations*, „Nature” 2012, Vol. 481, s. 167–169.

<sup>4</sup> K. Darwin, *O pochodzeniu człowieka*, tłum. S. Panek, w: tenże, *Dzieła wybrane*, t. IV, „Biblioteka Klasyków Biologii”, Polskie Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1959, s. 105–106.



## Ogień i metale

Odkrycie ognia było otwarciem szlaku wiodącego ludzkość do nowoczesnej techniki. Umiejętność jego ujarznienia doprowadziła do wynalezienia sztuki gotowania i do konstatacji, że ogień zamienia grudki gliny w kamień lub ceramikę, z której można zrobić naczynia do przechowywania żywności. Efektem tego było powstanie pierwszego przemysłu w dziejach ludzkości – wytwórstwa ceramiki, które w wielu częściach świata dobrze się rozwinęło już około 10 000 roku przed Chr.<sup>5</sup>

Ujarzmienie ognia umożliwiło też odkrycie węgla drzewnego, powstającego przez spalanie lub „gotowanie” drewna w środowisku o obniżonej zawartości tlenu (technika stosowana przez artystów jaskiniowych już około 30 000 roku przed Chr.<sup>6</sup>), oraz przekonanie się, że węgiel drzewny wytwarza wyższą temperaturę spalania niż zwyczajne drewno używane na opał<sup>7</sup>. Ta jego właściwość doprowadziła z kolei do tego, że zaczęto wykorzystywać węgiel drzewny w piecach do wypalania

<sup>5</sup> Por. *Garncarstwo*, Wikipedia, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Garncarstwo> [dostęp: 8 IX 2022]; por. X. Wu, C. Zhang, P. Goldberg et al., *Early Pottery at 20,000 Years Ago in Xianrendong Cave, China*, „Science” 2012, Vol. 336, No. 6089, s. 1696–1700 [DOI: 10.1126/science.1218643.PMID 22745428; PIMD23575637].

<sup>6</sup> Por. P. Harris, *On Charcoal*, „Interdisciplinary Science Reviews” 1999, Vol. 24, No. 4, s. 301–306 [DOI: 10.1179/030801899678966]; wersja artykułu zamieszczonego na stronie: <http://www.personal.rdg.ac.uk/~scsharip/Charcoal.htm> [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>7</sup> Por. tamże; Lee Horne zauważył, że: „Jako przypadkowy produkt uboczny spalania, węgiel drzewny z pewnością był znany tak długo, jak sam ogień. Bardzo możliwe, że jego wyjątkowe właściwości, takie jak bezdymność i wysoka temperatura spalania, zostały docenione bardzo wcześnie i od czasu do czasu były wykorzystywane. Jednak w pewnym nieznanym momencie przeszłości węgiel drzewny zaczął być wytwarzany dla niego samego, nie zaś jako produkt uboczny rozpalania ognisk dla innych celów. W końcu stał się towarem handlowym i ludzie zaczęli zarabiać na życie jego wytwarzaniem. Drewno, z którego otrzymuje się węgiel drzewny, stało się ważnym zasobem przemysłowym, również niezbędnym do wytwarzania metali, jak sama ruda” – L. Horne, *Fuel for the Metal Worker*, „Expedition Magazine” 1982, Vol. 25, No. 1, s. 6–13, <https://www.penn.museum/documents/publications/expedition/PDFs/25-1/Fuel.pdf> [dostęp: 8 IX 2022].

ceramiki glazurowanej i zastosowania miechów do wytworzenia ciągu wymuszonego, aby zwiększyć temperaturę we wnętrzu pieca<sup>8</sup>.

Być może przypadkowe podgrzanie rudy metalu w ognisku o wysokiej temperaturze i odkrycie następnego ranka podczas „grzebania w popiele”<sup>9</sup> grudek metalu doprowadziło do wynalezienia metalurgii. A może, jak przekonują inni, do odkrycia, że metale można otrzymać z ich rudy, przywiodła obserwacja pieca do wypalania ceramiki, w którym ogień powstający ze spalania węgla drzewnego dał wystarczająco wysoką temperaturę do wytopienia rud metali<sup>10</sup>. Wilson pisze w książce *The Living Rock*: „W efekcie dostosowania [procesu szklenia ceramiki w piecu, z użyciem węgla drzewnego jako paliwa] rudy miedzi mogły ulegać redukcji i w ten sposób prowadzić do uzyskania metalu”<sup>11</sup>.

Nikt dokładnie nie wie, jaka sekwencja zdarzeń doprowadziła do powstania metalurgii<sup>12</sup>, ale nie ma wątpliwości, że było to kolejne przełomowe wydarzenie, ustępujące jedynie odkryciu i ujarzmieniu ognia. Zdaniem Wilsona: „Niezależnie od tego, w jaki sposób doszło do poznania tajemnicy metalurgii – nigdy nie dowiemy się tego dokładnie – był to doniosły krok na drodze prowadzącej do cywilizacji [...]. Człowiek, ciągle się potykając, wkroczył w epokę metali, co otworzyło przed nim widoki na przyszłość, o jakich wcześniej nawet nie marzył”<sup>13</sup>. Jednym z pierwszych powszechnie używanych metali była miedź. Istnieją dowody na to, że ludzkość opanowała sztukę jej

---

<sup>8</sup> Por. A. Wilson, *The Living Rock*, s. 10–11.

<sup>9</sup> Tamże, s. 10.

<sup>10</sup> Por. tamże; „Odkrycie [wytapiania miedzi] stało się tematem wielu dyskusji. Normalnym ogniskom brakuje około 200°C do niezbędnej temperatury [...], wysunięto więc przypuszczenie, że początkowo wytapiano miedź w piecach do wypalania ceramiki” – *Smelting*, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Smelting> [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>11</sup> A. Wilson, *The Living Rock*, s. 11.

<sup>12</sup> Por. tamże, s. 10–11; *Smelting*, Wikipedia.

<sup>13</sup> A. Wilson, *The Living Rock*, s. 11.



**Ilustracja 1.2.** Jednym z pierwszych efektów ujarznienia ognia była ceramika (źródło: Wikimedia Commons).

wytapiania już 7 tysięcy lat temu<sup>14</sup>. Późniejsze uzyskiwanie miedzi z jej rud, a także łączenie tego metalu z cyną w procesie wytwarzania brązu, zostało odkryte niezależnie przez różne kultury ze starego oraz nowego świata<sup>15</sup> i zainicjowało epokę brązu na starożytnym Bliskim Wschodzie, około 3500 lat przed Chr.<sup>16</sup>

Wytapianie miedzi odbywa się w temperaturze od 1150 do 1250°C<sup>17</sup>. Aby poddać temu procesowi żelazo, potrzeba jeszcze wyższych temperatur<sup>18</sup>, dodatkowych warunków umożliwiających zajście procesów redukcji<sup>19</sup> oraz „większego nadmuchu powietrza”<sup>20</sup>. Wymagało to no-

---

<sup>14</sup> „Stanowisko archeologiczne Belovode, na serbskiej górze Rudnik, zawiera najstarsze, datowane w sposób niewątpliwy, świadectwa wytapiania miedzi w wysokiej temperaturze, pochodzące z piątego tysiąclecia przed Chr.” – *Chalcolithic*, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Chalcolithic> [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>15</sup> „Kultura Mochica z Ameryki Południowej w sposób niezależny odkryła i rozwinęła metodę wytapiania brązu. Technologia ta została udoskonalona przez Inków i stosowana powszechnie do produkcji przedmiotów codziennego użytku i rzeźb. Późniejsze pojawienie się w zachodnim Meksyku wytapiania miedzi na mniejszą skalę wskazuje na istnienie kontaktów pomiędzy ludnością tego regionu a kulturami andyjskimi lub na niezależne odkrycie tej technologii. Technologię wytwarzania brązu znalazł [również] lud Calchaquí z północno-zachodniej Argentyny” – *Bronze Age*, Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bronze\\_Age](https://en.wikipedia.org/wiki/Bronze_Age) [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>16</sup> Por. *Bronze Age*, Wikipedia.

<sup>17</sup> Por. A. Wilson, *The Living Rock*, s. 15; L. Horne, *Fuel for the Metal*.

<sup>18</sup> Por. J. King, *The Emergence of Iron Smelting and Blacksmithing: 900 B.C. to the Early Roman Empire*, „Jay’s Roman History, Coins, and Technology Back Pages”, <http://www.jaysromanhistory.com/romeweb/glossary/timeln/t10.htm> [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>19</sup> Uzyskiwanie metali z ich rud wymaga nie tylko ciepła, lecz także stworzenia warunków redukcyjnych w celu usunięcia tlenu z rudy metalu. W artykule czytamy: „Redukcja jest końcową fazą wytapiania metalu, przebiegającą w wysokiej temperaturze. To wtedy tlenek staje się wolnym niezwiązanym metalem. Redukcyjne środowisko (wytworzone przez niepełne spalanie w piecu o małej zawartości powietrza) usuwa ostatnie atomy tlenu z nieprzetworzonego metalu” – *Smelting*, Wikipedia. To, że połączenie C+O w piecu nie tylko wytwarza ciepło, lecz także jednocześnie silnie redukuje CO (co jest istotne dla uzyskania żelaza), stanowi interesujący składnik przystosowania w przyrodzie, ważny dla potrzeb metalurgii.

<sup>20</sup> P. Harris, *On Charcoal*.

wocześniejszych pieców i metod wypalania<sup>21</sup>. Technikę wytapiania żelaza opanowano dopiero później, około 1200 roku przed Chr.<sup>22</sup>, dając ludziom dostęp do najbardziej użytecznego i najważniejszego ze wszystkich metali oraz zapoczątkowując w ten sposób epokę żelaza<sup>23</sup>.

Był to punkt zwrotny na drodze ku postępowi. Ze względu na to, że rudy żelaza występowały dość powszechnie, a metal i jego stopy (na przykład stal) były bardzo przydatne do wytwarzania wszelkiego rodzaju mocnych i trwałych narzędzi, od plugów po igły, stosowanie metalowych narzędzi i znajomość metalurgii żelaza rozpowszechniły się w całym starym świecie. Trudno przecenić znaczenie metali, a szczególnie żelaza, oraz doniosłość wynalezienia metalurgii.

Oczywiście, ta ostatnia była zaledwie jedną z wielu technologii wykorzystujących ogień, które pojawiły się po tym, kiedy człowiek nad nim zapanował. Stephen Pyne w książce zatytułowanej *Vestal Fire* [Ogień westalek] pisze o tym tak:

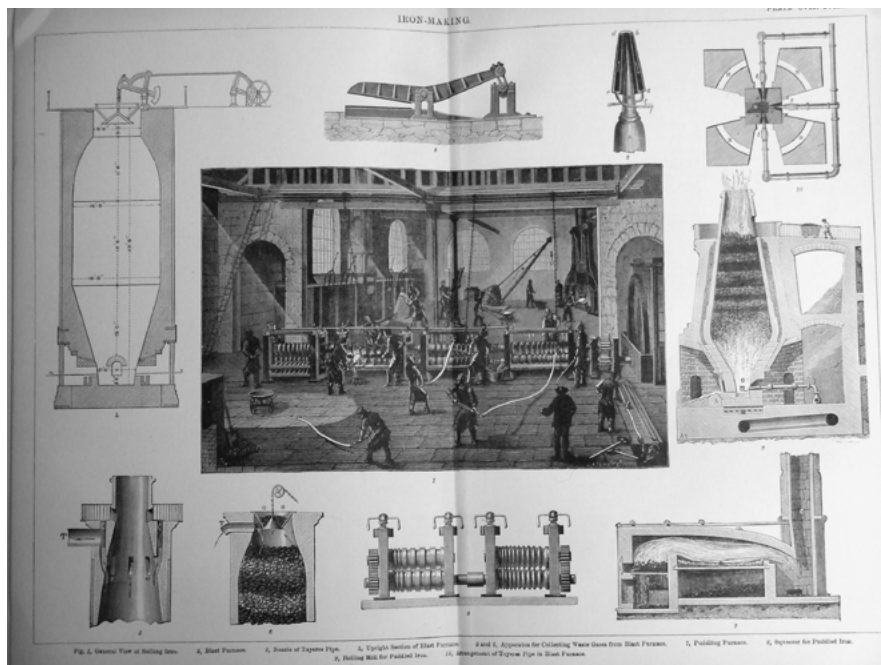
Właściwie żadne urządzenie ani dokonanie człowieka nie powstało bez jakiegoś elementu opartego na technologii spalania. [...] Za pomocą ognia wydestylowano sól z wody morskiej; drewno

<sup>21</sup> „Techniki rozwinięte przez metalurgów zajmujących się wytapianiem miedzi nie dawały dostatecznie wysokiej temperatury, aby ruda żelaza uwolniła tlen. Także ilość tlenku węgla [który wytwarza w piecu środowisko sprzyjające redukcji] musiała być znacznie większa niż w przypadku miedzi. Żelazo nie tylko topi się w wyższej temperaturze od miedzi, lecz także znacznie silniej od tlenku miedzi wiąże swoje atomy tlenu. Rozwiązaniem było uzyskanie węgla drzewnego wyższej jakości, z twardego drewna. [...] Ruda żelaza musiała zostać całkowicie przykryta przez węgiel drzewny, a piec – mieć bardziej zamkniętą konstrukcję, z odprowadzaniem wylotów przez komin, oraz otwory, przez które miechy mogłyby dostarczać powietrze. Najpierw do pieca wkładano węgiel drzewny, a następnie rudę żelaza i ponownie węgiel drzewny. Później rozniecano ogień i energicznie pompowano powietrze miechami, aby wytworzyć temperaturę zdolną dostarczyć tlenkowi żelaza wystarczającej energii, by osłabić wiązanie atomów tlenu” – J. King, *The Emergence of Iron*.

<sup>22</sup> Por. P. Harris, *On Charcoal, Iron Age*, Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Iron\\_Age](https://en.wikipedia.org/wiki/Iron_Age) [dostęp: 8 IX 2022].

<sup>23</sup> Por. P. Harris, *On Charcoal*.

zamieniono w smołę; żywicę – w smołę i terpentynę; zboże i winogrona – w alkohol; przekształcono drewno w popiół, a następnie w mydło, i wytworzono wapno palone ze skały zawierającej kalcyt. Z kolei gips i cement zachęciły do nowego sposobu budowania<sup>24</sup>.



**Ilustracja 1.3.** Produkcja żelaza opisana w *The Popular Encyclopedia* vol. VII, opublikowanej w 1894 roku (źródło: Wikimedia Commons).

Wprawdzie ceramika, wytwarzanie szkła, chemia i mnóstwo innych technologii opartych na spalaniu odegrały ważną rolę w przeprowadzeniu człowieka od paleolitu do XXI wieku, to narodziny metalurgii przyćmiewają swoją doniosłością wszystko inne.

<sup>24</sup> S.J. Pyne, *Vestal Fire: An Environmental History, Told through Fire, of Europe and Europe's Encounter with the World*, University of Washington Press, Seattle 1997, s. 42–43.

Ujarzmienie ognia oraz późniejszy rozwój metalurgii i umiejętności wytwarzania skomplikowanych metalowych artefaktów stworzyły podwaliny nadchodzącej rewolucji przemysłowej i przyczyniły się do wynalezienia w ciągu pięciu minionych wieków wszelkiego rodzaju złożonych urządzeń i maszyn: od teleskopów i mikroskopów po pierwsze sztucznie napędzane lokomotywy. Wynalazki mnożyły się błyskawicznie: dynama i silniki elektryczne (wprowadzenie w erę elektryczności), silniki spalinowe, pierwsze samoloty, silniki odrzutowe czy elektroniczny komputer skonstruowany w latach II wojny światowej.

## Przyroda podaje rękę

Oczywiście, ludzka determinacja, pomysłowość i geniusz odegrały ważną rolę w rozwoju techniki. Jest to jednak tylko część opowieści. Nawet pobieżne prześledzenie postępu technicznego – od epoki kamiennej do lazika *Curiosity* – pokazuje, że był on możliwy jedynie dzięki niezwykle sprzyjającemu splotowi warunków środowiskowych, bez którego, mimo naszego geniuszu, pozostalibyśmy myśliwymi i zbieraczami. Gdyby nie ten splot, jak 100 lat temu zauważył Alfred Russel Wallace, żaden postęp wykraczający poza najbardziej prymitywne kamienne narzędzia nie byłby możliwy<sup>25</sup>.

Spalanie drewna lub węgla może się wydawać tak zwyczajne, że aż niewarte uwagi. Jednak o spalaniu – czyli o reakcji zachodzącej pomiędzy zredukowanym węglem (zawartym w drewnie, węglu lub węglu drzewnym) a tlenem – można powiedzieć wszystko, tylko nie to, że jest czymś zwyczajnym.

Wręcz przeciwnie, jest to wyjątkowa reakcja chemiczna, dostarczająca ogromnej ilości energii i ciepła do wykonania wielu użytecznych zadań, niemająca jednocześnie charakteru wybuchowego i łatwa do kontrolowania. Względna powolność reakcji tlenu z węglem – czego

<sup>25</sup> Por. A.R. Wallace, *The World of Life*, Chapman and Hall, London 1910, s. 359–361.

świadczeniem są trudności z rozpaleniem grilla – jest efektem istnienia unikalnych cech zarówno atomów tlenu, jak i atomów węgla<sup>26</sup>. Cechy te odpowiadają za to, że węgiel i tlen są wyjątkowo mało reaktywne w temperaturze otoczenia.

Niska chemiczna reaktywność pozwala na bezpieczne i kontrolowane wykorzystanie ognia. Dzięki niej my również nie ulegamy spontanicznemu spalaniu w temperaturze otoczenia – w atmosferze ziemskiej zawierającej 21 procent tlenu. Z powodu owej intrygującej niereaktywności atomów tlenu w temperaturze otoczenia tlen musi zostać **aktywowany**, aby można było wykorzystać jego potencjał energetyczny: w organizmie – poprzez specjalne procesy katalityczne, czy w drewnie – przez zastosowanie ciepła.

Co więcej, jak już wspomniałem, tylko dlatego, że węgiel drzewny reaguje z tlenem gwałtowniej niż drewno niepoddane obróbce termicznej, można było uzyskać wysoką temperaturę w piecach i w paleniskach, co umożliwiło wytop metali z ich rud oraz rozwój metalurgii. Dodając jeden szczęśliwy zbieg okoliczności do drugiego: spalany węgiel drzewny nie tylko dostarcza koniecznego ciepła, lecz także umożliwia zajście procesów redukcyjnych w piecach i w paleniskach, zaś procesy te pozbawiają rudy metali zawartego w nich tlenu, co jest istotnym elementem procesu wytopiania i metalurgii żelaza<sup>27</sup>. Zdaniem Arthura Wilsona: „Należy uznać za **szczęśliwy zbieg okoliczności** [wyróżnienie autora], że paliwo, którego człowiek pierwotny użył do wytworzenia ciepła [wystarczającego do wytopu metali], było również skutecznym czynnikiem chemicznym pozwalającym zredukować utlenione rudy do stanu metalicznego”<sup>28</sup>.

To, że ta sama substancja, węgiel drzewny, stanowi źródło ciepła do wytopu metali i umożliwia wytworzenie w piecu warunków

---

<sup>26</sup> Świadczy o tym niereaktywność sadzy, grafitu i węgla. Por. N.V. Sidgwick, *The Chemical Elements and Their Compounds*, Vol. 1, Oxford University Press, Oxford 1950, s. 490.

<sup>27</sup> Por. J. King, *The Emergence of Iron*.

<sup>28</sup> Por. A. Wilson, *The Living Rock*, s. 11.





**Ilustracja 1.4.** Węgiel drzewny – niezwykle materiał, który pomógł człowiekowi ujarzmić ogień (źródło: Romary / Wikimedia Commons).