

*De plumbo pestilenti.*  
Kwestia zatruc ołowiem  
w starożytnym Rzymie\*

Ołów – metal powszechnie występujący i łatwy w kształtowaniu – z pozoru nie wyróżniał się wśród innych surowców, których używali Rzymianie. Nie zdawali sobie oni jednak sprawy z jego niezwykle toksycznych właściwości.

Charakterystyka i formy występowania ołowiu

Wśród metali opisywanych przez starożytnych Greków i Rzymian ołów (gr. μόλυβδος, łac. *plumbum*) zazwyczaj nie cieszył się szczególną estymą<sup>1</sup>. Złoto i srebro od zarania dziejów były używane jako środek płatniczy i materiał ozdobny. Narzędzia z kości i krzemienia zostały natomiast wyparte przez stop cyny i miedzi (brąz), który z kolei musiał później ustąpić miejsca znacznie twardszemu i trwalszemu żelazu. Pośród wspomnianych metali ołów nie wyróżnia się wyjątkowymi właściwościami. Dość miękki i łatwy w formowaniu, a przede wszystkim łatwo dostępny, był powszechnie używany w niemal wszystkich starożytnych kulturach śródziemnomorskich, ale początkowo nie znaleziono dla niego zbyt wielu zastosowań<sup>2</sup>. Dostęp do metalicznego ołowiu był dość

<sup>1</sup> M.A. Lessler, *Lead and Lead Poisoning from Antiquity to Modern Times*, „Ohio Journal of Science”, nr 88 (3), 1988, s. 78-79.

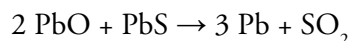
<sup>2</sup> Ołów był używany od II tys. p.n.e. na Krecie, Sardynii, Korsyce, w Mezopotamii i Azji Mniejszej, a nieco później (od panowania XVII dynastii) był w użytku i w Egipcie. [Za:] H.A. Waldron, *Lead Poisoning in the Ancient World*, „Medical History”, nr 17 (4), 1973, s. 392-393.

utrudniony, gdyż w przeciwieństwie do złota czy miedzi, ołów rodzimy w postaci bryłek metalu bez domieszek występuje niezwykle rzadko w naturze<sup>3</sup>. Dość powszechnie jednak można natknąć się na jego związki, pośród których dla starożytnych największe znaczenie posiadały następujące cztery substancje: galena [PbS], glajta [PbO], cerusyt [(PbCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> • Pb(OH)<sub>2</sub>] oraz octan ołowiu (II) [Pb(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>]<sup>4</sup>. Galena (siarczek ołowiu) jest połyskliwą, srebrno czarną, metaliczną rudą, którą w czasach starożytnych wydobywano m. in. w Anatolii, Hiszpanii, Sardynii, Wielkiej Brytanii i na Bałkanach (słynne kopalnie Laurion w Attyce)<sup>5</sup>. Wyrabiano z niej ozdoby, a w sproszkowanej postaci stanowiła główny składnik srebrzystego barwnika kosmetycznego<sup>6</sup>. Najistotniejsza w galenie była jednak dosyć spora domieszka srebra, które uzyskiwano poprzez przetopienie jej w procesie kupelacji<sup>7</sup>; ołów był tu częstokroć tylko produktem ubocznym metalurgii srebra<sup>8</sup>. Glajta (tlenek ołowiu) jest żółtopomarańczowym proszkiem, produktem ubocznym kupelacji srebra. Ze względu na intensywny kolor była z rzadka używana w barwieniu glazur ceramicznych i w budownictwie<sup>9</sup>. Biały proszek cerusytu lub bieli ołowianej (uwodniony węglan ołowiu) często z kolei służył jako składnik pudrów kosmetycznych<sup>10</sup> i lekarstw, a także jako półprodukt w przemyśle<sup>11</sup>. Ostatni ze związków, octan ołowiu, składa się z bezbarwnych kryształów o słodkim smaku, które były używane do słodzenia potraw i ich konserwowania. Jego

przydatność w konserwacji żywności jest ściśle związana z obecnością ołowiu w jego cząsteczce: atomy tego metalu skutecznie blokują działanie większości enzymów, co uniemożliwia rozwój szkodliwych drobnoustrojów w produkcie, który chcemy zabezpieczyć<sup>12</sup>. Działanie ołowiu nie jest jednak wybiórcze: podlegają mu tak bakterie znajdujące się w żywności, jak i ludzie, którzy ją spożywają.

### Rozwój produkcji i zużycia ołowiu w basenie morza Śródziemnego

Dzięki swym właściwościom, ołów w starożytności był metalem łatwo dostępnym, powszechnym i tanim już w okresie pierwszych eksperymentów metalurgicznych w basenie Morza Śródziemnego. Pierwiastek ten posiada jedną z najniższych temperatur topnienia pośród znanych podówczas metali – już temperatura rzędu 350°C zazwyczaj wystarcza do wytopienia ołowiu z jego najczęściej spotykanej rudy, galeny – siarczku ołowiu (PbS)<sup>13</sup>. Przypadkowo wrzucona do ogniska galena w kontakcie z płonącym węglem łatwo utlenia się do tlenku ołowiu (PbO), a ten reaguje z resztą nieutlenionej galeny, tworząc ołów (Pb) i dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>)<sup>14</sup>, według poniższego równania:



Jeśli uświadomimy sobie, że ognisko zasilane węglem drzewnym zazwyczaj wytwarza temperaturę tylko nieco niższą niż 800°C, to nie zdziwi nas fakt, że niektórzy badacze przypuszczają, jakoby to ołów miał być pierwszym przetapianym metalem w historii<sup>15</sup>. Spośród siedmiu metali znanych człowiekowi w starożytności tylko cyna ma niższą temperaturę topnienia<sup>16</sup>, jest jednak stosunkowo rzadko spotykana w porównaniu

<sup>3</sup> N.H. Gale, Z. A. Stos-Gale, *Cycladic Lead and Silver Metallurgy*, „The Annual of the British School at Athens”, nr 76, 1981, s. 174.

<sup>4</sup> F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning in Ancient Rome*, „Acta Theologica Supplementum”, nr 26 (2), 2006, s. 149.

<sup>5</sup> T. Waldron, C. Wells, *Exposure to lead in ancient populations*, „Transactions and studies of the College

of Physicians of Philadelphia”, nr 1, 1979, s. 102-115; J. O. Nriagu, *Occupational exposure to lead in ancient times*, „The Science of the Total Environment”, nr 31, 1983, s. 105-116. Cyt. za: F. P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 148.

<sup>6</sup> L. Aitchison, *A History of Metals*, Londyn 1960, s. 43 [za:] H. A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 391.

<sup>7</sup> Opis procesu kupelacji w dalszej części tekstu.

<sup>8</sup> N.H. Gale, Z.A. Stos-Gale, *Cycladic Lead...*, s. 179.

<sup>9</sup> F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 149-150.

<sup>10</sup> J. Partington, *Origins and Development of Applied Chemistry*, Londyn 1935, s. 83. [Za:] H. A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 392.

<sup>11</sup> Dioskurydes, *De materia medica*, V 103. [Za:] F. P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 149.

<sup>12</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine: Eberard Gockel and the Colica Pictorum*, „Medical History”, nr 26, 1982, s. 285.

<sup>13</sup> Lessler podaje 328°C jako temperaturę topnienia, u Waldrona jest to 347°C. Dokładna temperatura zależy od ciśnienia, zanieczyszczeń w rudzie i innych czynników. [Za:] M.A. Lessler, *Lead and Lead Poisoning...*, s. 78. H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 392.

<sup>14</sup> N. H. Gale, Z. A. Stos-Gale, *Cycladic Lead...*, s. 178.

<sup>15</sup> Ibidem, s. 176-180.

<sup>16</sup> M. A. Lessler, *Lead and Lead Poisoning...*, s. 78.

z powszechnie występującą galeną<sup>17</sup>. Gale i Stos-Gale, historycy metalurgii ołowiu, przekonują, że aż do IV tys. p.n.e. najczęściej przetapianym metalem (choć wciąż przetopem zajmowano się niezwykle rzadko) był ołów, a nie miedź. W tym okresie nie ceniono jeszcze stosunkowo miękkiej i trudno dostępnej miedzi, wciąż preferując narzędzia z powszechnie występującego krzemienia i obsydianu<sup>18</sup>. Używano już w tym okresie zielonkawoniebieskich rud miedzi, takich jak malachit i azuryt, lecz najprawdopodobniej tylko w celach kosmetycznych (pudry i proszki). Nie są one jednak w żaden sposób podobne do bryłek miedzi rodzimej, więc człowiek pierwotny nie miałby żadnego istotnego powodu, by próbować przetopu tych turkusowych minerałów<sup>19</sup>. Dodatkowo należy wspomnieć o tym, że przetop miedzi wymaga utrzymania temperatur rzędu 1200°C, nieosiągalnych przed 3800 r. p.n.e. z przyczyn technicznych<sup>20</sup>.

Ołów posiada natomiast wiele cech, które mogły ułatwić jego przetop. W przeciwieństwie do rud miedzi, galena wykazuje się ciemnym kolorem i metalicznym połyskiem, co miałyby zasugerować pierwszym eksperymentatorom jej pokrewieństwo z metalem i zainspirować ich do umieszczenia jej w palenisku. W temperaturze ok. 800°C z rudy powstałaby bryłka ołowiu, spływająca na dno paleniska, którą po ostygnięciu można by formować ze względu na jej miękkość<sup>21</sup>. Metal ten nie miałby zastosowań praktycznych z tych samych powodów co miękka miedź, lecz mógłby służyć do ozdoby. Przypuszczenie to potwierdziło się – w Anatolii odnaleziono spore ilości ołowianych paciorków datowanych na ok. 6500 lat p.n.e., które musiały powstać z ołowiu wytopionego z galeny<sup>22</sup>. Wskutek braku praktycznych zastosowań dla przetopu ołowiu, Gale i Stos-Gale przypuszczają, że proces ten został wielokrotnie wynaleziony i zarzucony w wielu miejscach bez wpływów zewnętrznych<sup>23</sup>. Do-

piero rozwój przetopu miedzi w IV tys. p.n.e. dał impuls do powtórnego rozpoczęcia prób metalurgicznych z szarym metalem. Przyczyną był tu przełom techniczny – temperatury rzędu 1200°C, niezbędne do przetopu miedzi i tworzenia brązu, były także wystarczające do przeprowadzenia procesu kupelacji<sup>24</sup>. Polega on na stopieniu ołowiu uzyskanego z galeny i ogrzewaniu go w tyglu o porowatych ściankach (tzw. kupeli) do odpowiedniej temperatury. Nad jego powierzchnią przedmucha się następnie strumień gorącego powietrza. Ołów w kontakcie z tlenem stopniowo przechodzi w tlenek ołowiu (glajtę), która pływa po powierzchni roztopionego metalu w postaci szumowin, dopóki nie zbierze się jej ręcznie lub też nie wchłoną jej porowate ścianki tygla. Wraz z postępującym utlenianiem ilość ołowiu oraz jego drobnych zanieczyszczeń w tyglu spada, w miarę jak coraz większe ilości utleniają się do glajty i wypływają z tygla. Ostatecznie na dnie pozostaje bryłka srebra – metalu, który nie może już zostać utleniony, gdyż jako metal szlachetny jest niewrażliwy na większość czynników chemicznych<sup>25</sup>. Srebro rodzime występuje w niektórych skałach, lecz rzadko, w ilości zaledwie 0,2% zasobów miedzi rodzimej<sup>26</sup>. Znacznie większe ilości srebra występują w rudach ołowiu, rozproszone w tym metalu. Srebro jest na tyle mocno związane z ołowiem, że wstępny wytop ołowiu z galeny w najmniejszy sposób nie zmniejsza jego ilości – dopiero kupelacja pozwala na oddzielenie tych pierwiastków.

Odkrycie kupelacji i możliwość wytopu dużej ilości srebra stworzyło olbrzymi popyt na galenę, a przy okazji spowodowało proces gromadzenia się dużych ilości glajty jako produktu ubocznego. Sporą część odpadu poprodukcyjnego zredukowano ponownie do ołowiu, ogrzewając glajtę z galeną. Ołów ten był już pozbawiony srebra, lecz nadal nadawał się do innych celów, jak wytwarzanie ozdób, obciążników, figurek i przedmiotów codziennego użytku<sup>27</sup>. Ilości przetapianego ołowiu pozostawiły po sobie wyraźny ślad, który można dzisiaj odczytać: jego atomy podczas przetopu oraz obróbki unosiły się i niesione prądami powietrza rozprzestrzeniały się w atmosferze. Część z nich opadła na Grenlandię i zniknęła

<sup>17</sup> Cyna jest na tyle rzadka, iż przez długi czas trwały badania nad tym, skąd starożytni metalurzy uzyskiwali ilości niezbędne do produkcji brązu.

<sup>18</sup> N.H. Gale, Z.A. Stos-Gale, *Cycladic Lead...*, s. 177. Od VI tys. p.n.e. używano czasami miedzi rodzimej, lecz głównie w tworzeniu dekoracyjnych szpil i innych ozdób: jej miękkość wyklucza inne zastosowania.

<sup>19</sup> Ibidem, s. 178.

<sup>20</sup> Ibidem, s. 179.

<sup>21</sup> Ibidem, s. 178.

<sup>22</sup> Ibidem, s. 178-179.

<sup>23</sup> Ibidem, s. 180.

<sup>24</sup> Ibidem.

<sup>25</sup> Opis kupelacji za: N.H. Gale, Z.A. Stos-Gale, *Cycladic Lead...*, s. 179.

<sup>26</sup> Ibidem, s. 179.

<sup>27</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 392-933.

pod sukcesywnie narastającymi warstwami lodu, a w dzisiejszych czasach odwierty pozwalają nam na powtórne dotarcie do nich. Badania zawartości ołowiu w lodach grenlandzkich wykazały, że ok. 680 r. p.n.e., wraz z początkiem bicia srebrnych monet w świecie śródziemnomorskim, ilość antropogenicznego ołowiu w kolejnych warstwach lodu zaczyna wyraźnie rosnać: badania izotopowego składu drobin ołowiu pozwoliły nawet na zidentyfikowanie, z których obszarów pochodziła przetapiana galena<sup>28</sup>. Ołów w naturze składa się z mieszaniny czterech izotopów: <sup>204</sup>Pb, <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb oraz <sup>208</sup>Pb, z których tylko pierwszy występuje w stałej ilości, natomiast trzy kolejne – produkty rozpadu pierwiastków promieniotwórczych – mogą trafić do miejscowej rudy ołowiu w różnych ilościach. Każda taka ruda posiada zatem swoją charakterystyczną kombinację izotopową. Zbadanie wzajemnego stosunku izotopów często pozwala na zidentyfikowanie kopalni, z której pochodziła galena<sup>29</sup> – odkrycie tym cenniejsze, że srebro wytopione podczas kupelacji zawsze zawiera jeszcze odrobinę ołowiu (0,5–2%), który także może izotopowo wskazać geograficzne pochodzenie rudy<sup>30</sup>. Próbkę z Grenlandii wskazują na intensywną eksploatację kopalń galeny na obszarze dzisiejszej Hiszpanii za czasów obecności kartagińskiej na tych terenach, z dodatkowymi źródłami emisji ołowiu w tym okresie na ziemiach Italii, Bałkanów i Sardynii<sup>31</sup>. Alternatywne analizy izotopowe ołowianych/srebrnych artefaktów i monet pochodzenia egejskiego udowadniają także, iż kultura cykladzka<sup>32</sup> oraz mieszkańcy Grecji archaicznej oraz klasycznej<sup>33</sup> korzystali z pokładów srebronośnych rud ołowianych z kopalni na wyspie Siphnos, z kopalni attyckiego Laurion oraz z innych miejsc wydobycia w basenie Morza Egejskiego.

<sup>28</sup> K.J.R. Rosman et al., *Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines Isotopically Identified in Greenland Ice Dated from 600 B.C. to 300 A.D.*, „Environmental Science and Technology”, nr 31 (12), 1997, s. 3415.

<sup>29</sup> R.H. Brill, J.M. Wampler, *Isotope Studies of Ancient Lead*, „American Journal of Archaeology”, nr 71 (1), 1967, s. 63-64.

<sup>30</sup> N.H. Gale, Z.A. Stos-Gale, *Cycladic Lead...*, s. 179.

<sup>31</sup> K.J.R. Rosman et al., *Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines...*, s. 3415.

<sup>32</sup> N.H. Gale, Z.A. Stos-Gale, *Cycladic Lead*, s. 211.

<sup>33</sup> W. Gentner, O. Müller, G.A. Wagner, *Silver Sources of Archaic Greek Coinage*, „Naturwissenschaften”, nr 65, 1978, s. 278-284.

Badania próbek lodu z odwiertów sugerują, że wzrost zanieczyszczenia ołowiem można skorelować w czasie z rozwojem imperium rzymskiego. Stężenie tego pierwiastka osiąga maksymalne wartości w próbkach z okresu końca republiki i utrzymuje się na wysokim poziomie aż do początku III w. n.e., kiedy to jego poziom w próbkach zaczyna sukcesywnie spadać<sup>34</sup>. Dane stratygraficzne z Grenlandii zgadzają się z analizami historyków metalurgii, według których produkcja ołowiu w świecie śródziemnomorskim wzrosła z 3170 kiloton/rok w epoce brązu do 14960 kiloton/rok w okresie cesarstwa rzymskiego (50 r. p.n.e. – 500 r. n.e.), aby później gwałtownie opaść do poziomu niewiele wyższego od tego z epoki brązu<sup>35</sup>. Ołów pozostawał uprzednio metalem niezbyt przydatnym ze względu na swą miękkość, natomiast dopiero w epoce rzymskiej architekci i budowniczowie docenili tę i inne jego cechy, po czym rozpoczęli używać go na szeroką skalę. Świat rzymski zużywał ołów w olbrzymich ilościach: na wyprodukowanie tylko jednej części urządzenia przewodzącego wodę w akwedukcie koło Lyon wykorzystano 12 tysięcy ton tego metalu<sup>36</sup>. Rzymianie opanowali też technikę walcowania ołowiu w celu tworzenia cienkich płyt metalu, z których następnie formowano rury akweduktów, syfony i inne elementy systemów kanalizacyjnych i hydraulicznych<sup>37</sup>. Z ołowiu odlewano posążki i przedmioty ozdobne, formowano z niego rynny i dachy, monety i odważniki, a także pociski i obciążniki do żagli<sup>38</sup>. Szczególnie wiele ołowiu znajdowało się na ówczesnych okrętach: przeciętny statek z tego okresu o długości 15–18 m dźwigał na sobie od 380 do 530 kg ołowiu w postaci płyt metalu na poszyciu okrętu oraz osprzętowania takiego jak sondy, pierścienie, ciężarki wędkarskie, ołowiane piecyki przenośne i naczynia, a także pojemniki do przechowywania żywności<sup>39</sup>. Znaczące ilości tego pierwiastka znajdowano w kuchniach okrętów, które nie mogły sobie pozwolić na ceramikę,

<sup>34</sup> K.J.R. Rosman et al., *Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines...*, s. 3415-6.

<sup>35</sup> J.O. Nriagu, *Occupational exposure...*, s. 106. Cyt. za: F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 149.

<sup>36</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>37</sup> Ibidem.

<sup>38</sup> J.O. Nriagu, *Occupational exposure...*, s. 105. Cyt. za: F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 151.

<sup>39</sup> B. Rosen, E. Galili, *Lead Use on Roman Ships and its Environmental Effects*, „The International Journal of Nautical Archaeology”, nr 36 (2), 2007, s. 304-305.

zbyt kruchą w warunkach ciągłego kołysania. Mimo ceramicznej alternatywy, gospodarstwa domowe na łądzie także używały ołowianych pojemników i naczyń. Kotły i garnki z brązu oraz miedzi często powlecano ołowiem lub stopem srebra i ołowiu dla poprawy smaku<sup>40</sup>, bowiem w gotującej się żywności przy kontakcie z miedzią powstaje zielononiebieski grynszpan: złożona mieszanina chlorków, węglanów, octanów i innych organicznych soli miedzi, która nadaje potrawom nieprzyjemny smak<sup>41</sup>. W naczyniach powlekanych stopami ołowiu zachodzi inna reakcja: w kwaśnym środowisku dwuwartościowe jony ( $Pb^{2+}$ ) przechodzą do gotującej się potrawy, tworząc sole ołowiu i kwasów organicznych, zazwyczaj przyjemnie słodkie w smaku<sup>42</sup>. W użyciu były sztuczne ze stopu cyny i ołowiu, a także naczynia do przechowywania oliwy i wina zrobione z ołowiu lub nim powlekanie<sup>43</sup>. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na fakt, że ołowiu używano także w formie związków: w skład wielu kosmetyków, lekarstw i przedmiotów wchodziły galena, cerusyt i glajta.

### Hipoteza rzymskiej ołowicy: historia badań

Tak powszechnie używany w imperium rzymskim metal zwrócił na siebie uwagę wielu historyków, którzy – świadomi jego toksycznej natury – próbowali dociec, czy Rzymianie byli narażeni na ołowicę czy też nie. Sami starożytni często zauważali negatywne skutki kontaktu ze związkami ołowiu, najczęściej jednak opisywali zatrucia cerusytem (węglanem ołowiu), który ze względu na postać proszku mógł zostać przypadkowo połknięty<sup>44</sup>. Cerusyt lub biel ołowiana (łac. *cerussa*, gr. *ψιμύθιον*) to proszek o właściwościach wybielających, składnik wielu kosmetyków<sup>45</sup>, słabo wchłaniający się przez skórę,

lecz w przypadku wdychania pyłu lub też bezpośredniego spożycia, ilość ołowiu przedostającego się do ustroju gwałtownie wzrasta<sup>46</sup>. Pliniusz i Dioskurydes byli świadomi jego toksycznych właściwości, a Galen i Kelsos zalecali nawet pewne antidota na zatrucie cerusytem<sup>47</sup>. Metaliczny ołów nie był natomiast podejrzewany o większą szkodliwość. Pliniusz stwierdził krótko, że pary tego metalu są szkodliwe dla istot żywych, ale nie przeszkodziło mu to podać wielu receptur na lekarstwa wytwarzane z ołowiu<sup>48</sup>. Witruwiusz w *De architectura* spekuluje natomiast o szkodliwości ołowiu w następujących słowach:

*Ponadto woda z rur glinianych jest znacznie zdrowsza niż z rur ołowianych, gdyż z ołowiu powstaje biel ołowiana, podobno dla zdrowia szkodliwa; jeśli więc to, co z ołowiu pochodzi, jest szkodliwe, to tym bardziej ołów nie może być zdrowy. Jako przykład mogą służyć pracujący przy ołowiu ludzie, którzy mają cerę bladą. Kiedy bowiem przy topieniu ołów staje się płynny, pary jego atakują członki ciała i, prażąc je codziennie, pozbawiają krwi. Jeśli więc chcemy mieć zdrową wodę, wydaje się, że należy ją jak najrzadziej sprowadzać wodociągami z ołowiu<sup>49</sup>.*

Jeśli nawet Witruwiusz dostrzegał zagrożenia dla zdrowia płynące z użycia ołowianych rur, to całkowite zarzucenie tej praktyki byłoby ze zrozumiałego powodu całkowicie niemożliwe. Ołów był na tyle tani i przydatny, że całkowite wyrugowanie go z przemysłu i gospodarstwa domowego byłoby po prostu nieopłacalne. Dodatkowo należy wspomnieć fakt, że tak jak istnieli autorzy, którzy odradzali użycie ołowiu, tak i dotrwały do naszych czasów dzieła tych, którzy wykorzystanie ołowiu wręcz polecali. Do drugiej grupy należą między innymi Marek Por-

<sup>40</sup> F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 149-50.

<sup>41</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>42</sup> Ibid.; H.A. Waldron and D. Stofen, *Sub-clinical lead poisoning*, London, New York 1974. [za:] J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 288.

<sup>43</sup> Ibid., F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 150.

<sup>44</sup> A.T. Hodge, *Vitruvius, Lead Pipes and Lead Poisoning*, „American Journal of Archaeology”, nr 85 (4), 1981, s. 486.

<sup>45</sup> Owidiusz, *De Medicamen. Fac. Fem.*, 73; Martialis, 2, 41, 12 i 7, 25, 2. [za:] A.T. Hodge, *Vitruvius...*, s. 486.

<sup>46</sup> H. Hu et al., *The Epidemiology of Lead Toxicity in Adults: Measuring Dose and Consideration of Other Methodologic Issues*, „Environmental Health Perspectives”, nr 115 (3), 2007, s. 456.

<sup>47</sup> Plin. Nat. XXXIV, 70; Dioskurydes 5, 103; Galen *De antidotis* 14, 144 [w:] *Claudii Galeni Opera omnia*, ed. K.G. Kühn, Lipsiae 1826; Kelsos 5, 27, 12, [w:] *Celsus: On Medicine*, przel. W.G. Spencer. Harvard 1938 [za:] A.T. Hodge, *Vitruvius...*, s. 486.

<sup>48</sup> Plin. Nat. XXXIV, 50, 167 [za:] F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 147.

<sup>49</sup> *De architectura* VIII 6, 10/11 [za:] F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 147; Witruwiusz. *O architekturze ksiąg dziesięć*. Przel. K. Kumaniecki. Warszawa 2004, s. 202.

cjusz Kato, Kolumella i Pliniusz, którzy polecali naczynia powlekane ołowiem do przyrządzania *sapa/defrutum*<sup>50</sup> – lepkiego, słodkiego syropu z moszczu winnego, który cieszył się niezwykle popularnością<sup>51</sup>.

Syrop ten powstawał w procesie długotrwałego wygotowywania moszczu lub wina w kotłach do połowy lub dwóch trzecich oryginalnej objętości. Produkt końcowy odznaczał się winno-słodkawym zapachem, słodkim smakiem, konsystencją miodu i przyjemnym, ciemnym kolorem<sup>52</sup>. *Sapa* w rzymskiej kuchni było nieomalże przyprawą uniwersalną: stosowano je do doprawiania mięs, sosów i wszelkich potraw, które wymagały słodzenia<sup>53</sup>. W tym samym czasie odkryto także inne zastosowanie brązowego syropu. W miarę wzrostu popytu na wino coraz częściej pojawiały się przypadki sztucznego „poprawiania jakości” słabych lub kwaśnych win, w okresie wczesnego cesarstwa tak nagminnie, iż przyczyniły się do narzekań Pliniusza, że rzeczą niemożliwą jest skosztować niepodrabianego wina<sup>54</sup>. Syrop moszczowy znakomicie nadawał się do fałszowania – jego słodycz i skoncentrowany aromat głużyły nieprzyjemne aromaty, a zachęcający smak sprawiał, że wedle pisarzy starożytnych wino zaprawione nim miało być szczególnie popularne wśród kobiet<sup>55</sup>. Rzymianie zauważyli też jeszcze jedną niezwykle przydatną cechę *sapa*: dodane do przetworów i napojów, wyraźnie wydłużało okres przydatności do spożycia i chroniło przed zepsuciem. Zabezpieczające właściwości syropu znalazły zastosowanie zwłaszcza w winach, które przechowywane w nieszczelnych i zanieczyszczonych pojemnikach mogły niezwykle szybko sfermentować i przeobrazić się w ocet<sup>56</sup>. Rzymscy winiarze znali co prawda grecką metodę zaprawiania win żywicą, lecz używali jej rzadko, co

wskazuje na to, że syrop *sapa* w roli konserwantu musiał najwidoczniej bardziej przypadać do gustu przeciętnemu konsumentowi w imperium<sup>57</sup>. Zdolność *sapa* do hamowania procesów rozkładu biologicznego była jednak spowodowana obecnością czynnika równie szkodliwego dla bakterii jak i innych organizmów żywych – ołowiu.

Syrop moszczowy powstawał w procesie odparowania płynu, który gotowano powoli w wielkich kadziach, albo wykonanych ze stopu ołowiu, albo też ołowiem powlekanych<sup>58</sup>. Rzymscy winiarze cenili naczynia ołowiane bardziej niż brązowe, skarżąc się często, że moszcz wygotowywany w brązowych kadziach nabierało nieprzyjemnego aromatu poprzez zbierające się w płynie związki miedzi, takie jak wspomniany już uprzednio grynspan. Wielu autorów starożytnych wyraźnie zaleca wobec tego używanie naczyń z powłoką ołowianą, argumentując to lepszym smakiem produktu końcowego<sup>59</sup>. Długotrwałe gotowanie kwaskowatego moszczu z kontaktem z ołowiem sprzyja jednakże powstawaniu organicznych soli ołowiu, takich jak octan ołowiu (II), które, cechując się rozpuszczalnością w wodzie, koncentrując się w dużych ilościach w roztworze<sup>60</sup>. Picie wina i spożywanie potraw przyprawionych *sapa* mogłoby zatem stosunkowo szybko doprowadzić do wysycenia organizmu ołowiem i w konsekwencji pojawienia się pierwszych objawów ołowicy.

Wraz z narodzinami nowoczesnej chemii i medycyny coraz większa liczba badaczy starożytnego Rzymu poczęła dostrzegać fakt, iż Rzymianie na co dzień stykali się z olbrzymimi ilościami ołowiu, co nie mogło pozostać bez skutku dla ich zdrowia. Metalu tego używano do produkcji rur wodociągowych, zastawy kuchennej, odważników, posążków, przedmiotów codziennego użytku i naczyń do przechowywania żywności, a jedna z najbardziej popularnych przypraw także zawierała spore jego ilości. Ołowiane przedmioty były dotykane, uderzane, skrobane, podgrzewane, bite i przenoszone, a wszystkie te działania powodowały powstanie drobnego pyłu ołowianego, który trafiał z powietrzem do płuc

<sup>50</sup> Terminologia nie jest do końca jasna: spotykamy się z terminami *sapa*, *defrutum* i *caroenum*, które czasami używane są wymiennie, a czasami są stosowane na oznaczenie różnych stężeń otrzymanego syropu.

<sup>51</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>52</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 285.

<sup>53</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393; J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 285.

<sup>54</sup> Plin. *Nat.* XIV 31. Sławnym przypadkiem jest tu historia Munny, wspomnianego w epigramie (X 36) Marcjalisa: miał on podobno wysłać z Marsylii do Rzymu zatrute wina, przez co sam wolał nigdy nie pojawiać się w stolicy, bojąc się skosztować własnych produktów. [Za:] J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 284.

<sup>55</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 285.

<sup>56</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>57</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 284.

<sup>58</sup> Marcus Cato, *De agri cultura*, CV [za:] H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>59</sup> O powłoce ołowianej wspominają Pliniusz (*Nat.*; XIV 49) i Columella (*Rei rusticae* XII 20) [za:] H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393.

<sup>60</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 393; J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 286.

i wchłaniał się do krwiobiegu<sup>61</sup>. Niebezpieczeństwo ołowiu nie zostało niezauważone przez historyków: w 1885 r. niemiecki badacz Carl Hoffmann po raz pierwszy wysnuł hipotezę, iż mieszkańcy państwa rzymskiego najprawdopodobniej bardzo często cierpieli na chroniczną ołowicę<sup>62</sup>. Čwierć wieku później owa hipoteza została ponownie rozważona przez rodaka Hoffmanna, Rudolfa Koberta: badacz ów podzielił opinię swego poprzednika. Obaj uczeni zwrócili uwagę na fakt, że w antycznej literaturze medycznej (ale także i z innych dziedzin) pojawiają się opisy objawów chorobowych, które mogły zostać wywołane nadmierną ilością ołowiu w ustroju. Niektórzy upatrują wzmianek o takim stanie już ok. 370 r. p.n.e. w pismach Hipokratesa, lecz krótkie, nieklarowne opisy palącej gorączki, słabości i kolek, niczego w tym przypadku nie dowodzą, gdyż objawy te są zbyt ogólne, aby możliwe było ustalenie ich etiologii<sup>63</sup>. Pierwsze bezsprzeczne powiązanie ołowiu i zatrucia pojawia się w *Alexipharmaca* Nikandra w II w. p.n.e., gdzie szczegółowo opisuje on objawy chorobowe ludzi po spożyciu glajty i bieli ołowianej, takie jak kolki, zaparcia, paraliż i niezwykle bladość skóry<sup>64</sup>. Przytoczony już uprzednio Witruwiusz w swym opisie wspomina bladość i bezkrwistość u pracujących na co dzień z tym metalem. Co więcej, po raz pierwszy przypisuje szkodliwe właściwości metalicznemu ołowiu, a nie jego związkom<sup>65</sup>. Jego obawy podziela Pliniusz<sup>66</sup>, co zresztą nie przeszkadza mu polecać ołowianych naczyń do wygotowywania moszczu<sup>67</sup>. Dość przekonujące źródła literackie zebrane przez Hoffmanna i Koberta zachęciły Seabury'ego Gilfillana do opublikowania w 1965 r. artykułu zawierającego rewolucyjną jak na tamten okres tezę. Według niego, to właśnie szeroko rozpowszechniona ołowica miałyby być przyczyną upadku imperium

rzymskiego. Skupiając się głównie na spadającej płodności wyższych warstw społecznych, badacz ów dowodzi, iż ciągły kontakt z ołowiem osłabił rzymską arystokrację do tego stopnia, iż nie była ona w stanie efektywnie zarządzać imperium<sup>68</sup>. Artykuł Gilfillana słusznie zwrócił uwagę na nierówną dystrybucję przyjmowanej dawki ołowiu w społeczeństwie – późniejsze analizy wykazały wyraźną korelację pomiędzy statusem społecznym, a ilością ołowiu przyjmowaną ze środowiska. Arystokracja, ze względu na stosunkowo większe zużycie metalowych naczyń, kosmetyków, lekarstw, wody z akweduktów i wina w porównaniu do uboższych warstw mogła przyjmować do 250 mg ołowiu dziennie, w porównaniu do 35 mg spożywanych przez plebs i 15 mg u niewolników<sup>69</sup>, co zostało częściowo potwierdzone badaniami porównawczymi co do zawartości Pb w kościach bogatszych i uboższych Rzymian<sup>70</sup>. Szczególnie uderzający wydaje się tu fakt, iż we współczesnych czasach pozytywna korelacja między statusem, a dawką ołowiu odwróciła się: obecnie to najubożsi są najczęściej narażeni na zetknięcie się z metalami ciężkimi<sup>71</sup>. Być może nieco zbyt śmiała hipoteza Gilfillana została szybko skrytykowana i uznana przez innych badaczy za wyciąganie wniosków z absolutnie niewystarczającej ilości materiału źródłowego. Badania szczątków ludzkich w celu wykrycia ilości metali w tym okresie nie odznaczały się jeszcze zbyt dużą precyzją; dodatkowo należy wspomnieć, że Gilfillan wyprowadził swoje dane, przebadawszy niereprezentatywną grupę kości w liczbie ok. 40 i nie przedstawivszy w pełni metodologii badawczej<sup>72</sup>. Po publikacji Gilfillana badania nad rzymską ołowicą zaczęły rozwijać się dwutorowo. Część badaczy skupiała się głównie na skażeniu wynikającym z używania ołowianych rur wodociągowych: do ich grona włączył się

<sup>61</sup> A. Eisenberg et al., *Identification of Community Flour Mills as the Source of Lead Poisoning in West Bank Arabs*, „Archives of Internal Medicine”, nr 145, 1985, s. 1848-1851 [za:] B. Rosen, E. Galili, *Lead Use on Roman Ships...*, s. 305.

<sup>62</sup> K. B. Hofmann, *Das Blei bei den Völkern des Altertums*, [w:] F. Dentike (editor), „Beitriige aus der Geschichte der Chemie”, Leipzig 1885 [za:] J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 286.

<sup>63</sup> H. A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 395.

<sup>64</sup> Nikander, *Alexipharmaca*, I 600 [za:] H. A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 395.

<sup>65</sup> Witruwiusz *De architectura* VIII 6, 10/11

<sup>66</sup> Plin. Nat. XXXIV 66.

<sup>67</sup> Plin. Nat. XIV 49.

<sup>68</sup> S.C. Gilfillan, *Lead poisoning and the fall of Rome*, „Journal of Occupational Medicine”, nr 7, 1965, s. 53-60 [za:] H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 395.

<sup>69</sup> J.O. Nriagu, *Saturnine gout among Roman aristocrats*, „The New England Journal of Medicine”, nr 308 (11), 1983, s. 661 [za:] F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 156.

<sup>70</sup> A.C. Mackie, A. Townsend and H.A. Waldron *The lead content of some Romano-British Bones*. „Archaeometry”, nr 18 (2), 1976, s. 221-227 [za:] M.A. Lessler, *Lead and Lead Poisoning...*, s. 80.

<sup>71</sup> H. Hu et al., *The Epidemiology of Lead Toxicity...*, s. 459.

<sup>72</sup> H.A. Waldron, *Lead Poisoning...*, s. 396.

A. Trevor Hodge, publikując w 1981 r. wyważony i poprawny metodologicznie artykuł, w którym udowodnił, że rury akweduktów miały niewielki wpływ na dawkę ołowiu spożywaną przez społeczeństwo rzymskie<sup>73</sup>. W latach osiemdziesiątych większą aktywnością odznaczyła się grupa, która upatrywała źródeł rzymskiej ołowicy w stosowaniu zanieczyszczonego syropu moszczowego. Przełomowy okazał się tu artykuł Jerome Nriagu, nigeryjskiego specjalisty z dziedziny metalurgii i cyklu obiegu metali ciężkich w środowisku. Nriagu w 1983 napisał tekst, w którym odnowił tezę, jakoby arystokracja cesarstwa miała masowo wymierać z powodu olbrzymich ilości ołowiu przyjmowanych poprzez spożywanie syropu *sapa* w winie i potrawach<sup>74</sup>. Publikacja ta wywołała burzę w środowisku naukowym. Odezwało się wiele głosów potępiających „naciągane” hipotezy Nigeryjczyka: najczęściej zarzucano mu nadinterpretację źródeł literackich i zbyt pochopne przypisywanie wszelkich objawów chorobowych zatruciom ołowiu<sup>75</sup>. Z drugiej strony, należy jednak podkreślić, że wypowiedź specjalisty w zakresie nauk przyrodniczych dodała nowe perspektywy rozwoju dla przeciągającej się dysputy na ten temat. Na początku dwudziestego pierwszego wieku na temat rzymskiej ołowicy zaczęli się wypowiadać lekarze, patolodzy, archeolodzy i chemicy, którzy – korzystając z archeologii eksperymentalnej i coraz doskonalszego sprzętu – coraz lepiej są w stanie zweryfikować zawartość ołowiu w szczątkach z okresu rzymskiego.

<sup>73</sup> A.T. Hodge, *Vitruvius...*, s. 491.

<sup>74</sup> J.O. Nriagu, *Occupational exposure...*

<sup>75</sup> Prace krytykujące hipotezy Nriagu opublikowali m.in. Chisolm, Houston, Needleman / Needleman i Scarborough [za:] S. Muhlberger, *Lead and the Fall of Rome: A Bibliography*, dostęp 29.10.2011 r. <http://www.nipissingu.ca/departement/history/muhlberger/orb/lead.htm>; F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 156.

<sup>1</sup>J. Chisolm, „Bulletin of the History of Medicine”, nr 59, 1985, s. 258-9; G.W. Houston, „Classical Journal”, 1989-90, s. 73-5, 80;

<sup>1</sup>. Needleman & D. Needleman, *Lead poisoning and the decline of the Roman aristocracy*, „Classical Views”, nr 29, 1985, s. 64-94;

<sup>1</sup>J. Scarborough, *The Myth of Lead Poisoning among the Romans: An Essay Review*, „The Journal of the History of Medicine and Allied Sciences”, nr 39, 1984, s. 469-75.

## Źródła ołowiu w otoczeniu rzymianina: prawda, mit i przypuszczenie

Badania w XX w. pozwoliły nam na wyizolowanie trzech podstawowych grup źródeł ołowiu, z którymi miał do czynienia mieszkaniec imperium rzymskiego: rur wodociągowych, potraw i napojów z dodatkiem syropu *sapa* oraz innych źródeł, w tym związanych z poszczególnymi grupami zawodowymi i społecznymi, takimi jak żeglarze i mieszkańcy portów. Teoria, głosząca jakoby ołów dostawał się do wody poprzez użycie rur wodociągowych z tego metalu, nie znajduje już dzisiaj poparcia. Ironii dodaje tutaj fakt, że od skażenia ołowiem uchroniła Rzymian pewna naturalna cecha wody, na którą niejednokrotnie się skarżyli. Rzymscy *plumbarii*, budujący i konserwujący wodociągi w miastach, wielokrotnie musieli żmudnie przetykać rury z powodu złogów węglanu wapnia odkładających się w świetle przewodów, który i dzisiaj gromadzi się na długo używanych kranach<sup>76</sup>. Kluczowa okazuje się tutaj twardość wody dostępnej w źródle. Ołów rozpuszcza się w wodzie, lecz tylko wówczas, gdy zawiera ona niewiele soli mineralnych (jest miękka). Taka sytuacja występuje, gdy woda w ujęciu pochodzi z przesączu przez skały magmowe takie jak granit<sup>77</sup>. Jeśli natomiast – sytuacja znacznie częstsza – warstwa wodonośna napęlnia się wodą z przesączu przez skały osadowe (takie jak wapienie i dolomity), to woda z takiego źródła odznacza się dużą twardością (wysyceniem solami mineralnymi, głównie wapnia i magnezu). Sole te będą się osadzały w przewodach, odcinając ołowianą powierzchnię od płynącej wody<sup>78</sup>. Wapienne skały osadowe oczyszczają także przy przesączaniu wodę deszczową z wszelkich rozpuszczonych w niej metali ciężkich, działając jak filtr i wyłapując jony szkodliwych pierwiastków; złogi wapieni w rurach działałyby w podobny sposób, pochłaniając ołów już rozpuszczony w wodzie<sup>79</sup>. W przypadku obecności złogów szczęśliwie mamy do czynienia tak ze źródłami literackimi, jak i archeologicznymi. Frontinus w *De aquaeductu* wspomina wapienie narastający

<sup>76</sup> A.T. Hodge, *Vitruvius...*, s. 488.

<sup>77</sup> Ibidem.

<sup>78</sup> Ibidem.

<sup>79</sup> Ibidem, s. 489.



w rurach<sup>80</sup>; złogi owe są wyraźnie dostrzegalne na powierzchni zachowanych rzymskich rur wodociągowych nawet w dzisiejszych czasach. Co prawda należy przyznać, że skały osadowe nie są jedynym typem podłoża geologicznego na obszarze cesarstwa rzymskiego. Nie można zatem wykluczyć, iż na terenach występowania skał magmowych, takich jak zbocza wulkanów i stare góry, woda mogła być wystarczająco miękka do rozpuszczenia ołowiu; obszary takie jednak nie były zasiedlane w pierwszej kolejności<sup>81</sup>. Należy tutaj także dodać, iż Rzymianie prawdopodobnie rzadko używali zaworów kurkowych, stosując zazwyczaj jedynie awaryjne zawory odcinające do tymczasowego zatrzymania strumienia wody<sup>82</sup>. W rzymskim systemie myślowym nie istniało pojęcie „oszczędzania wody”: natryski, fontanny i upusty płynęły cały czas, wstrzymywane jedynie w wyjątkowych okolicznościach<sup>83</sup>. Jeżeli nawet jakieś ilości ołowiu przedostałyby się do wody wskutek braku ochronnych wapieni, to najprawdopodobniej nie zdążyłyby się skumulować do niebezpiecznego poziomu, jak to się dzieje we współczesnych kranach, gdzie woda pozostaje przez długi czas w bezruchu, pobierana tylko w razie potrzeby. Płynący bezustannie strumień wody wypłukuje ołowiane jony na bieżąco, co znacząco zmniejsza ryzyko zatrucia<sup>84</sup>.

Mniej jednoznaczna w ocenie wydaje się być natomiast hipoteza postawiona przez Nriagu, jakoby to skażony syrop moszczowy i przyprawione nim wino miałyby być odpowiedzialne za ołowicę u Rzymian. Pomimo zarzucanej jej autorowi tendencji do nadinterpretacji faktów, nie można odmówić słuszności twierdzeniu, iż *sapa* często bywała skażona związkami ołowiu. Dokładna ilość tego pierwiastka w syropie jest trudna do ustalenia. Pewna grupa badaczy spróbowała wykonać próbkę *sapa* na podstawie receptur przekazanych przez Kolumellę i Katona Starszego<sup>85</sup>. K. B. Hoffmann, przyrządziwszy w 1883 r. syrop moszczowy we wnętrzu kotła wyłożonego ołowianą blachą, jak nakazywała

rzymska receptura, odkrył, iż otrzymany syrop *defrutum* zawiera ok. 240 mg ołowiu/l<sup>86</sup>. Rozcieńczył go następnie, oddając dwie łyżeczki syropu na litr wina: otrzymany płyn wciąż zawierał od 20 do 30 mg Pb/l. Niemiecki lekarz zauważył też, że przy nieco dłuższym procesie wygotowywania, zawartość ołowiu w syropie gwałtownie wzrasta, dochodząc do 1 g/l<sup>87</sup>. Eksperyment ten powtórzył w 1979 r. Josef Eisinger, otrzymawszy podobny wynik. W swoich badaniach kierował się wskazówkami Kolumelli co do rozcieńczania syropu: *sextarius* (ok. 0,5 l) zagęszczonego *defrutum* wlewano do amfory pełnej wina (ok. 26 l), co daje w rezultacie proporcję ok. 1:48<sup>88</sup>. Wino z dodatkiem takiej ilości syropu zawiera ok. 20 mg/l, co potwierdza wcześniejsze ustalenia Hoffmanna. Naturalnie, rzeczą konieczną jest brać pod uwagę różnice w recepturach i wynikającym z nich stężeniu końcowym. Kolumella zastrzega się, że jego sąsiedzi dodają więcej syropu niż on, lecz nie jest to polecane, gdyż nabywca może odstraszyć zbyt słodki smak tak doprawionego wina; w praktyce syrop rozcieńczano w proporcjach od 1:28 do 1:288<sup>89</sup>. Nawet przy najniższym polecanym stężeniu syropu, tj. 1:288, otrzymane wino wciąż zawierało ok. 3,5 mg/l. Ilość tę można porównać z maksymalną dopuszczalną dawką wchłoniętego ołowiu na dzień, powyżej której rozpoczyna się już chroniczna ołowica – 0,5 mg. Wypicie litra (najsłabiej doprawionego) wina dziennie dostarczało zatem ilości ołowiu 7 razy większej niż maksymalna dopuszczalna dawka; wyższe stężenia oczywiście powiększały tę ilość.

Wina zaprawiane *defrutum* nie były jednak jedynym źródłem ołowiu w środowisku rzymskim, chociaż z pewnością na kontakt z nim narażona była stosunkowo duża część społeczeństwa. W ostatnich latach zaczęto jednak zwracać uwagę na niektóre grupy zawodowe i społeczne, które ze względu na specyfikę swych zawodów lub też trybu życia znacznie częściej stykały się ze źródłami ołowiu w środowisku. Do takich grup należą oczywiście metalurzy i pracujący w przetwórstwie ołowiu; górnicy nie są tu najbardziej narażoną grupą ze względu na fakt, że

<sup>80</sup> „*limo concrecente, qui interdum in crustam indurescit.*” Front. 122, 1 [za:] A. T. Hodge, *Vitruius...*, s. 488.

<sup>81</sup> Ibidem, s. 488.

<sup>82</sup> Ibidem, s. 488-489.

<sup>83</sup> Ibidem.

<sup>84</sup> Ibidem.

<sup>85</sup> Columella, *De re rustica* XII 19-21; M. Porcius Cato *De agricultura* 105, 107, 122 [za:] J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 284.

<sup>86</sup> K.B. Hofmann, *Das Blei bei den Völkern...* [za:] M.A. Lessler, *Lead and Lead Poisoning...*, s. 80.

<sup>87</sup> Ibidem.

<sup>88</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 286-288. 1 *amphora* = 2 *urnae* = 8 *congii* = 48 *sextarii*.

<sup>89</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 287.

galena wydziela bardzo niewielkie ilości wolnego ołowiu przed przetopieniem<sup>90</sup>. Sam proces przetwarzania stanowi znacznie większe zagrożenie ze względu na obecność par ołowiu i glajty, łatwo wchłanianej przez żywe organizmy. Istniały jednak i inne grupy szczególnie narażone na kontakt z tym pierwiastkiem. Dość specyficzną grupą tego typu byli żeglarze, przebywający często długie tygodnie na statkach pełnych ołowianych przedmiotów<sup>91</sup>. Jak już wcześniej wspomniano, jednostki pływające w tej epoce nie tylko posiadały kadłub pokryty blachą z tego metalu, lecz także korzystały ze sprzętu rybackiego, naczyń, pojemników, kotwic, rur i przenośnych piecyków wykonanych bądź to w całości, bądź częściowo z ołowiu – jego ilość mogła sięgać ok. 500 kg<sup>92</sup>. Dla porównania, amerykańskie przepisy federalne nakazują zgłaszać niebezpieczne składowiska tego pierwiastka, zawierające go w sumie więcej niż 50 kg. Oczywiście, w środowisku otwartym na działanie powietrza i wody ołów stosunkowo szybko pokrywa się patyną złożoną z tlenków i węglanów; podobnie jak żłogi wapienia w rurach zabezpiecza ona metal przed dalszym wydzieleniem się do środowiska<sup>93</sup>. Na statku najczęściej jednak nie dochodzi do powstania patyny wskutek ciągłego użycia sprzętów<sup>94</sup>. Dodatkowym zagrożeniem było długotrwałe przebywanie w skażonym środowisku bez jakiegokolwiek odzieży ochronnej oraz niewielka ilość wartościowego pożywienia – czynniki, które dodatkowo osłabiały organizmy narażonych na kontakt z ołowiem<sup>95</sup>. Duża ilość tego metalu na statkach nie stanowiła jednak zagrożenia wyłącznie dla załogi, lecz także dla mieszkańców portów i nabrzeży. Na cumujących statkach odbywały się drobne naprawy – poszycie kadłuba było skrobane i łatanie, a uszkodzone sprzęty i ciężarki wyrzucano za burtę. Ołowiane drobiny trafiały do osadów przydennych i często pozostawały tam wskutek niewielkiej wymiany wód pomiędzy otwartym morzem i zamkniętym basenem portowym<sup>96</sup>. Badania nad osadami portowymi

z Sydonu i Aleksandrii epoki grecko-rzymskiej wykazały znaczny wzrost stężenia Pb w stosunku do poprzedzających i następujących warstw<sup>97</sup>. Stężenie w Aleksandrii w okresie od 100 do 300 n.e. było najwyższe ze zbadanych do tej pory (600 ppm<sup>98</sup>), osiągając wartości dwukrotnie wyższe niż te występujące dzisiaj przy ujściach rzek zanieczyszczonych ściekami przemysłowymi (50–200 ppm)<sup>99</sup>. Żeglarze i mieszkańcy portów poławiali także ryby w okolicach zatok i nabrzeży, co dostarczało im dodatkowej dawki ołowiu. Podobnie jak inne metale ciężkie, może się on akumulować w tkankach ryb, które są później spożywane przez ludzi. Badania nad akumulacją metali ciężkich wykazują, że już przy stężeniu w wodzie rzędu zaledwie 5 ppm, pierwiastki te zaczynają się gromadzić w tkankach; co więcej, ołów w porównaniu do innych metali ciężkich gromadzi się w szczególnym stopniu w mięśniach ryby<sup>100</sup>, a właśnie mięso ryby (a nie nieco mniej skażone podroby) jest jej najczęściej spożywaną częścią.

Nie ulega wątpliwości, że w czasach cesarstwa rzymskiego wielu ludzi było wystawionych na skażenie ze źródeł takich jak osprzętowanie statków, ryby oraz wino. Spory w kwestii rzymskiej ołowicy zazwyczaj jednak w niewielkim stopniu zajmowały się tym, czy ludzie istotnie cierpieli z jej powodu, a jeśli tak, to w jakim stopniu. Głównym punktem zapalnym była raczej idea „upadku” cesarstwa oraz czynnika, który go spowodował: istnieją teorie, według których miałby to być właśnie ołów. Skupianie się na upadku jako takim wprowadza badacza na grząskie terytorium ideologicznego odczytywania historii,

<sup>97</sup> G. le Roux, A. Véron, C. Morhange, *Geochemical Evidence of Early Anthropogenic Activity in Harbour Sediments from Sidon*, „Archaeology & History in Lebanon”, nr 18, 2003, s. 115-19;

<sup>98</sup> A. Véron, J.P. Goiran, C. Morhange, N. Marriner, J.Y. Empereur, *Pollutant lead reveals the pre-Hellenistic occupation and ancient growth of Alexandria, Egypt*, „Geophysical Research Letters”, nr 33, 2006, s. 1-4 [za:] B. Rosen, E. Galili, *Lead Use on Roman Ships...*, s. 305.

<sup>99</sup> PPM (ang. *parts per million*) – przyjęty na świecie sposób wyrażania stężeń niezwykle rozcieńczonych roztworów związków chemicznych: określa, ile cząsteczek związku chemicznego przypada na milion cząsteczek roztworu.

<sup>100</sup> A. Véron, *Pollutant lead...*, s. 2.

<sup>101</sup> R. Vinodhini; M. Narayana, *Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water Fish Cyprinus carpio (Common carp)*, „International Journal of Environmental Science and Technology”, nr 5 (2), 2008, s. 179-182.

<sup>90</sup> F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 156.

<sup>91</sup> B. Rosen, E. Galili, *Lead Use on Roman Ships...*, s. 305.

<sup>92</sup> Ibidem, s. 301.

<sup>93</sup> Ibidem, s. 304.

<sup>94</sup> Ibidem, s. 304-305.

<sup>95</sup> Ibidem, s. 305.

<sup>96</sup> J.P. Oleson (ed.), *The Harbours of Caesarea Maritima, Results of the Caesarea Ancient Harbour Excavation Project 1980-85*, „BAR Int. Ser.”, nr 54, 1994 [za:] B. Rosen, E. Galili, *Lead Use on Roman Ships...*, s. 305.

o czym wszyscy badający te kwestie powinni pamiętać. Samo to pojęcie jest nacechowane nieobojętnymi konotacjami: upadek sugeruje utratę równowagi, zniszczenie i rozkład, pozbycie się rodzimego elementu i napływ obcego, gorszej jakości<sup>101</sup>. Pojawia się ono w wyniku nostalgicznego idealizowania pewnego statycznego stanu państwa, złotej chwili, która jednak nie mogła trwać wiecznie<sup>102</sup>. Taki sposób pojmowania końcowych chwil cesarstwa rzymskiego zadomowił się w historiografii od czasów Edwarda Gibbona, którego monumentalne dzieło *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire*, t. I-VI (1776–1789) ustaliło pewne dominujące koncepcje postrzegania państwowości. Od pewnego czasu pojawiają się jednak alternatywne koncepcje, postrzegające ostatnie stulecia cesarstwa nie tyle jako upadek, co raczej jako specyficzną transformację państwowości<sup>103</sup>. W ich świetle, hipotezy wyznaczające ołów jako czynnik, który poprzez osłabienie arystokracji zniszczył imperium nie mają większej wartości poznawczej. Nawet gdyby część administracji wymarła wskutek zatrucia, instytucja *cursus honorum* najprawdopodobniej zapewniłaby ciągłość administracyjną. Musimy poza tym brać pod uwagę fakt, że od początku istnienia cesarstwa w jego strukturach administracyjnych przebiegał proces uniezależniania się od arystokracji w tradycyjnym tego słowa znaczeniu<sup>104</sup>. Zamiast więc skupiać się na upadku i jego możliwych przyczynach, należy raczej skoncentrować się na tym, czy wskutek zatrutego środowiska Rzymianie rzeczywiście cierpieli na chroniczną ołowicę oraz czy możemy tego dowieść, dysponując posiadanymi przez nas źródłami. Aby móc na te pytania odpowiedzieć, należy jednak najpierw ustalić, jak pobierany ze środowiska ołów wpływa na ciało człowieka i czy pozostają w nim trwałe ślady tego wpływu.

### Biologiczne skutki zatrucia ołowiem i ich ślady w organizmie

Koncepcja ołowicy jako jednostki chorobowej nie była bynajmniej całkowicie niezmienna od czasu jej powstania: początkowo interesowano się głównie ostrymi zatruciami przy wysokich, skoncentrowanych dawkach, ignorując chroniczne zatrucia, trudniejsze do zdiagnozowania i leczenia<sup>105</sup>. Wpływało na to po części negatywne nastawienie lobby producentów i przetwórców ołowiu, którzy nie chcieli obniżyć dopuszczalnych norm, a po części niedokładność przyrządów pomiarowych, które nie były w stanie dokładnie wyznaczyć stężenia ołowiu we krwi<sup>106</sup>. Dawkę ołowiu w organizmie zazwyczaj mierzy się w mikrogramach<sup>107</sup> ołowiu zawartych w 100 ml krwi ( $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ); dzisiaj przyjmuje się, że 10  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  krwi stanowi jeszcze dopuszczalne stężenie<sup>108</sup>. W przypadku jego przekroczenia zaczynają pojawiać się objawy zatrucia, coraz bardziej dokuczliwe w miarę wzrostu stężenia pierwiastka. Głównym negatywnym skutkiem ołowiu w organizmie jest niszczenie enzymów, uniwersalnych narzędzi ludzkiego ciała. Enzymy, czyli wyspecjalizowane białka, są „narzędziami” odpowiedzialnymi za wzrost, odżywianie, regulację i rozwój, tak na poziomie komórek, jak i całego organizmu. Ołów, podobnie jak inne metale ciężkie, wchodzi się w enzymy i doprowadza do ich zniszczenia lub dezaktywacji już przy stężeniach rzędu 0,2 ppm<sup>109</sup>. Tak nieswoiste działanie w zrozumiałym sposób wywołuje całe spektrum objawów. Wskutek upośledzenia układu krwiotwórczego rozwija się anemia, powodująca bladeść skóry i wyczerpanie<sup>110</sup>. Groźniejsze konsekwencje zatrucia ujawniają się w układzie nerwowym. Można tu wymienić kolki, paraliż, ślepotę lub głuchotę, a także upośledzenie sprawności umysłowej<sup>111</sup>. Nerki, główny organ wydalający ołów z ustroju, magazynują większe ilości tego pierwiastka, co szczególnie je obciąża – pojawia się osłabienie filtracji, ból i opuchlizna. Ukrytym skutkiem

<sup>101</sup> Ch.R. Phillips, *Old Wine in Old Lead Bottles: Nriagu on the Fall of Rome*, „The Classical World”, nr 78 (1), 1984, s. 32.

<sup>102</sup> Ibidem.

<sup>103</sup> Ibidem, s. 32-33.

<sup>104</sup> F. Millar, *The Emperor in the Roman World*, London 1977 [za:] Ch. R. Phillips, *Old Wine...*, s. 32-33

<sup>105</sup> S. Hernberg, *Lead Poisoning in a Historical Perspective*, *American Journal of Industrial Medicine*, nr 38, 2000, s. 247-9.

<sup>106</sup> Ibidem.

<sup>107</sup> Mikrogram = milionowa część grama.

<sup>108</sup> S. Hernberg, *Lead Poisoning...*, s. 247-248.

<sup>109</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 279-280.

<sup>110</sup> S. Hernberg, *Lead Poisoning...*, s. 245-246.

<sup>111</sup> Ibidem.

osłabienia nerek jest natomiast zmniejszone wydalanie kwasu moczowego, który gromadzi się w stawach, powodując gwałtowny rozwój artretyzmu, choroby często wspominanej już w starożytnym Rzymie – i być może nie bez powodu<sup>112</sup>. Układ pokarmowy reaguje najpierw gwałtowną biegunką, po której następują zaparcia, spowodowane gwałtownym i niezwykle bolesnym skurczem mięśni jelit<sup>113</sup>. Ołów wpływa także na układ rozrodczy, powodując zmniejszoną płodność mężczyzn oraz samoistne poronienia i uszkodzenia płodu u kobiet<sup>114</sup>. Pliniusz mógł nieświadomie opisać właśnie tę jego właściwość, wspominając o powodującym poronienia syropie z sapa i cebuli<sup>115</sup>.

Wspomniane objawy pojawiają się w najbardziej widocznej formie w ostrym zatruciu, jednakże mniejsze dawki ołowiu także wywołują zmiany ustrojowe, chociaż nie są one tak widoczne. Obecność 80 µg ołowiu w 100 ml krwi, uznawana przez lobby ołowiowe za jeszcze dopuszczalną w czasach, gdy pojęcie chronicznej ołowicy w zasadzie nie istniało<sup>116</sup>, ma już wyraźne konsekwencje zdrowotne. Stężenia powyżej 40 µg/100 ml zostały skorelowane z narastającym spowolnieniem tempa przewodzenia impulsów nerwowych w nerwach obwodowych. Przy 40–50 µg/100 ml notuje się lekkie upośledzenie funkcjonalne układu nerwowego, objawiające się w zaburzeniach psychicznych. Zaburzenia w produkcji krwi prowadzące do anemii pojawiają się przy stężeniu od 30 do 50 µg/100 ml, natomiast prawdopodobieństwo poronienia wzrasta już przy 15–30 µg/100 ml, co sygnalizuje jak wielką wrażliwością na ołów odznacza się układ rozrodczy<sup>117</sup>. Pierwszym sygnałem ostrzegawczym, występującym przy niskich stężeniach ołowiu, jest jednak zwiększona obecność kwasu 5-aminolewulinowego (ALA) w moczu<sup>118</sup>. Kwas ALA jest podstawową cegiełką biochemiczną służącą organizmowi do produkcji hemu, czerwonego barwnika w komórkach krwi odpowiedzialnego za transport tlenu. W normalnych warunkach dwie cząsteczki kwasu ALA są spinane razem

za pomocą enzymu ALA dehydratazy w jedną cząsteczkę porfobilinogenu, który następnie służy do produkcji hemu. Ołów wiąże się z enzymem ALA dehydratazą i trwale ją dezaktywuje, co powoduje poważne następstwa w układzie krwiotwórczym<sup>119</sup>. Przynajmniej, kwas ALA nie jest już przekształcany w następną substancję służącą do produkcji hemu, co bardzo utrudnia produkcję czerwonych krwinek i zmniejsza ich liczbę, prowadząc do anemii. Nadwyżki niewykorzystanego kwasu ALA są częściowo usuwane w moczu (stąd wzrost jego stężenia), częściowo zaś gromadzą się w czerwonych krwinkach. Innym wczesnym sygnałem ostrzegawczym we krwi jest nakrapianie zasadochłonne: na wymazach krwi czerwone krwinki ukazują się upstrzone wieloma nieregularnymi plamkami, także spowodowanymi zaburzeniami działalności enzymów wskutek obecności ołowiu<sup>120</sup>.

Opis objawów tak ostrego, jak i chronicznego zatrucia ołowiem może pomóc w porównaniu ich z objawami pozostawionymi nam w starożytnych źródłach literackich, lecz jeśli chcemy skorzystać ze źródeł archeologicznych (w tym przypadku szczątków), powinniśmy ustalić, w jaki sposób organizm gospodaruje ołowiem i czy istnieje jakaś zależność pomiędzy stężeniem ołowiu w dostępnych nam szczątkach ciała, a ogólnym stężeniem w organizmie za życia. Częściowej odpowiedzi na to pytanie może nam udzielić wiedza na temat mechanizmu przyswajania, akumulacji i wydalania ołowiu przez ciało ludzkie. Ołów może dostać się do ustroju poprzez wdychanie jego drobin lub spożycie go razem z pożywieniem; związki ołowiu w standardowych warunkach niemal nie przenikają przez skórę<sup>121</sup>. Drogą pokarmową dostaje się tylko część pochłoniętego ołowiu, a dokładna ilość uzależniona jest od wielu czynników, np. obecności innych pierwiastków w jelicie<sup>122</sup>. Wdychany ołów dostaje się do krwi niemal w całości. Pierwiastek w krwiobiegu łączy się z białkami osocza, gdzie pozostaje około 35 dni zanim zostanie usunięty; oczywiście, w przypadku stałego kontaktu z ołowiem stężenie ołowiu w ciele nie spada. Organizm usuwa ołów w moczu, a także częściowo gromadzi go w tkankach miękkich i kościach. Kości są często szczególnie wysyczone

<sup>112</sup> Ibidem.

<sup>113</sup> J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 280.

<sup>114</sup> S. Hernberg, *Lead Poisoning...*, s. 245-246.

<sup>115</sup> „[Bulbi] hortensii partum cum sapa aut passo sumpti” Plin. Nat. XX 39 [za:] J. Eisinger, *Lead and Wine...*, s. 286.

<sup>116</sup> S. Hernberg, *Lead Poisoning...*, s. 247-248.

<sup>117</sup> Ibidem, s. 250-251.

<sup>118</sup> Ibidem, s. 245.

<sup>119</sup> Ibidem.

<sup>120</sup> Ibidem.

<sup>121</sup> H. Hu et al., *The Epidemiology of Lead Toxicity...*, s. 456.

<sup>122</sup> Ibidem.

ołowiem, ponieważ dla organizmu ołów nie różni się zbyt od wapnia<sup>123</sup>. Jako że kości są jedyną pozostałością po ciałach Rzymian, często próbuje się ich używać do określenia poziomów ołowiu w ciele za życia. Badania rzymskich kości na obecność tego metalu są z jednej strony niezwykle obiecującym przyczynkiem do badań nad ołowiem, a z drugiej strony nastrożają często dodatkowych problemów metodologicznych. Szkielet zawiera od 90 do 95% pochłoniętego ołowiu u dorosłych i od 80 do 95% u dzieci<sup>124</sup>. Jest on wbudowywany głównie w te części kości, które nie podlegają przemianom po okresie dojrzewania, więc utrzymuje się relatywnie długo (czasami dziesiątki lat)<sup>125</sup>. Wypłukiwanie ołowiu z ustroju nie jest jednak procesem jednoznaczny i przewidywalny. Zawartość ołowiu w tkance kostnej odzwierciedla tylko średnie dawki pierwiastka obecne w organizmie, a rozmaite czynniki dodatkowe mogą łatwo wpłynąć na obraz całości. Przykładowo, wraz z wiekiem gęstość kości powoli spada, a wapń przemieszcza się z kości do krwi i jest wydalany. Jeśli w kościach znajdował się ołów, to będzie on podlegał podobnemu zjawisku, obniżając stężenie ołowiu w kości<sup>126</sup>. Stężenie ołowiu zmienia się też gwałtownie u osób, których kości podlegają przebudowie: można tu zaliczyć kobiety w ciąży, karmiące i po menopauzie, dzieci i osoby chorujące na nadciężność<sup>127</sup>. Różne typy kości pobierają różne ilości ołowiu ze krwi: zasadniczo rzecz biorąc, istnieje tendencja do używania kości piszczelowej jako modelowego przykładu<sup>128</sup>, ale nie zawsze jest ona dostępna do analizy. W świetle powyższych zastrzeżeń skorelowanie poziomu ołowiu w kościach z poziomem ołowiu we krwi jest ze zrozumiałych względów niezwykle trudne. Należy zatem traktować dość nieufnie wyniki badań kostnych na niewielkich grupach, takie jak analizy Drascha z 1982 r. Badacz ten ogłosił, że ilość ołowiu w przebadanych przez niego kościach Rzymian z Brytanii wynosi zaledwie 41–47% ilości znajdującej się w kościach współczesnych Europejczyków<sup>129</sup>. Świadectwa archeologiczne

i literackie wskazują jednak na to, że Rzymianie mieli do czynienia z dużym poziomem ołowiu w środowisku; trudno w takiej sytuacji zanegować osiągnięcia badaczy, którzy na wiele sposobów wykazali, jak wiele tego metalu używano w życiu codziennym i przemyśle. Analiza kości pozostaje ciekawą alternatywą dla innych metod badań rzymskiej ołowicy, lecz wymaga przede wszystkim szeroko zakrojonych badań obejmujących reprezentatywne grupy pozostałości kostnych, a także dopracowania metodologii badawczej w celu usunięcia możliwości popełnienia błędów pomiarowych. Z całą pewnością możemy oczekiwać, iż w przyszłości nowe metody badawcze pozwolą nam na lepsze poznanie specyfiki zatruc z starożytnym Rzymie.

### Podsumowanie

Dociekania na temat, czy Rzymianie cierpieli z powodu użycia dużych ilości toksycznego metalu w ich otoczeniu dotyczą jednego z najbardziej interdyscyplinarnych zagadnień. Medycyna, metalurgia, fizyka i gastronomia splatają się we frapujący problem, który – mimo wielkich postępów na tym polu – nie został jeszcze do końca rozwiązany. Na obecnym etapie nie jesteśmy w stanie powiedzieć nic na temat tego, czy ołów rzeczywiście był przyczyną upadku imperium rzymskiego, czy też nie. Możemy się jednak zastanawiać nad tym, jaka była jego rola w życiu przeciętnego Rzymianina oraz jak bardzo oddziaływał na niego ten trujący, szary metal. Hipoteza zatrucia poprzez użycie ołowianych rur w akweduktach odeszła już w niepamięć, wciąż jednak odkrywane są nowe fakty na temat obecności tego pierwiastka w pożywieniu i sprzętach codziennego użytku. Głównym problemem badawczym pozostaje tutaj troista natura źródeł, nie zawsze są ze sobą zgodnych. Źródła literackie są najbardziej niespójną kategorią. Starożytni wiedzieli już, że pewne związki ołowiu są trujące, ale wiedza o tym, że sam pierwiastek również jest szkodliwy niezwykle powoli torowała sobie drogę do ich świadomości. Wiadomości o szkodliwych parach ołowiu znajdowały się zaraz przy przepisach na lekarstwa wytwarzane przy użyciu tego pierwiastka; jego potępienie

<sup>123</sup> Ibidem.

<sup>124</sup> Ibidem, s. 457.

<sup>125</sup> Ibidem.

<sup>126</sup> Ibidem.

<sup>127</sup> Ibidem.

<sup>128</sup> Ibidem.

<sup>129</sup> G.A. Drasch, 1982. *Lead burden in prehistorical, historical and modern human bodies.* „The

*Science of the Total Environment*”, nr 24, 1982, s. 199-231 [za:] F.P. Retief, L. Cilliers, *Lead Poisoning...*, s. 148.

łączyło się z niechętnym przyzwoleniem lub zachętą do użycia. Informacje uzyskane przy pomocy archeologii eksperymentalnej sugerują, że wino rzymskie zaprawione syropem *defrutum* mogło z łatwością wywołać ołowicę u pijących je. Jednakże kolejna kategoria źródeł, a mianowicie badania kostne i ich wyniki, nie potwierdzają przypuszczeń archeologii eksperymentalnej; najprawdopodobniej konieczne jest ich dopracowanie, aby mogły dać pełniejszy obraz sprawy. Informacje, które zapewne uzyskamy na ten temat w przyszłości nie tylko uzupełnią naszą wiedzę na temat zdrowia w starożytności, ale także pozwolą nam sobie uświadomić, że używając przez długie lata benzyny i farby ołowiowej, nie różniliśmy się zbytnio od Rzymian obficie polewających swe desery syropem moszczonym.

## Bibliografia

### Źródła

- Dioskurydes, *De materia medica libri quinque*, wyd. M Wellmann, Berlin 1914.
- Frontinus, *De aquaeductu urbis Romae*, wyd. C. Kunderewicz, Lipsk 1973.
- Katon, Marek Porcjusz, *O gospodarstwie rolnym (De agri cultura)*, przeł. I. Mikołajczyk. Toruń 2009.
- Kolumella, *On agriculture (De re rustica)*, t. 3, przeł. i wyd. E.S. Forster, E.H. Heffner, Cambridge MA / Londyn 1955.
- Marcjalik, *Epigrams (Epigrammaton)*, przeł. i wyd. D.R. Shackleton Bailey, Cambridge MA / Londyn 1993.
- Nikander, *Alexipharmaca*, [w:] *Theriaca et Alexipharmaca*. wyd. O. Schneider. Lipsiae [Lipsk]: Teubner 1856.
- Owidiusz, *Medicamina Faciei Femineae*, [w:] P. Ovidius Naso, *Amores, Epistulae, Medicamina faciei femineae, Ars amatoria, Remedia amoris*, Lipsk: Teubner 1907.
- Pliniusz Starszy, *Naturalis Historia*, Lipsk: Teubner 1906
- Witruwiusz, *O architekturze ksiąg dziesięć*, przeł. Kazimierz Kumaniecki, Warszawa 2004.

### Opracowania i artykuły

- Aitchison L., *A History of Metals*, Londyn 1960.
- Brill R.H., Wampler J.M., *Isotope Studies of Ancient Lead*, „American Journal of Archaeology”, nr 71 (1), 1967, s. 63-77.
- Chisolm J.J., [n.tit.], „Bulletin of the History of Medicine”, nr 59, 1985, s. 258-60.
- Drasch G. A., *Lead burden in prehistorical, historical and modern human bodies*, „The Science of the Total Environment”, nr 24, 1982, s. 199-231.
- Eisenberg A. et al., *Identification of Community Flour Mills as the Source of Lead Poisoning in West Bank Arabs*, „Archives of Internal Medicine”, nr 145, 1985, s. 1848-1851.
- Eisinger J., *Lead and Wine: Eberard Gockel and the Colica Pictonum*, „Medical History”, nr 26, 1982, s. 279-302.
- Gale N. H., Stos-Gale Z. A., *Cycladic Lead and Silver Metallurgy*, „The Annual of the British School at Athens”, nr 76, 1981, s.169-224.
- Gentner, W., Müller O., Wagner G. A., *Silver Sources of Archaic Greek Coinage*, „Naturwissenschaften”, nr 65, 1978, s. 273-284.
- Gilfillan S. C., *Lead poisoning and the fall of Rome*, „Journal of Occupational Medicine”, nr 7, 1965, s. 53-60.

Hernberg S., *Lead Poisoning in a Historical Perspective*, „American Journal of Industrial Medicine”, nr 38, 2000, s. 244-254.

Hodge A. T., *Vitruvius, Lead Pipes and Lead Poisoning*, „American Journal of Archaeology”, nr 85 (4), 1981, s. 486-491.

Hofmann K. B., *Das Blei bei den Völkern des Altertums*, [w:] F. Dentike (editor), „Beitriage aus der Geschichte der Chemie”, Leipzig 1885.

Houston G. W., [n.tit.], „Classical Journal”, 1989–1990, s. 73-80.

Hu H. et al., *The Epidemiology of Lead Toxicity in Adults: Measuring Dose and Consideration of Other Methodologic Issues*, „Environmental Health Perspectives”, nr 115 (3), 2007, s. 455-462.

Kobert R., *Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum*. P. Diegart (Hrsg.), „Die Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Dem Gedächtnis von Georg W. A. Kahlbaum”, Leipzig 1909, s. 103-119.

Lessler M. A., *Lead and Lead Poisoning from Antiquity to Modern Times*, „Ohio Journal of Science”, nr 88 (3), 1988, s. 78-84.

Mackie A.C., Townsend A., Waldron H.A., *The lead content of some Romano-British Bones*. „Archaeometry”, nr 18 (2), 1976, s. 221-227.

Millar F., *The Emperor in the Roman World*, London 1977.

Muhlberger S., *Lead and the Fall of Rome: A Bibliography*, dostęp 29.10.2011 r. <http://www.nipissingu.ca/departement/history/muhlberger/orb/lead.htm>

Needleman L., Needleman D., *Lead poisoning and the decline of the Roman aristocracy*, „Classical Views”, nr 29, 1985, s. 64-94.

Nriagu J. O., *Occupational exposure to lead in ancient times*, „The Science of the Total Environment”, nr 31, 1983, s. 105-116.

Nriagu J. O., *Saturnine gout among Roman aristocrats*. „The New England Journal of Medicine”, nr 308 (11), 1983, s. 660-663.

Oleson J. P. (ed.), *The Harbours of Caesarea Maritima, Results of the Caesarea Ancient Harbour Excavation Project 1980–85*, „BAR Int. Ser.”, nr 54, 1994.

Partington J., *Origins and Development of Applied Chemistry*, Londyn 1935.

Phillips Ch. R., *Old Wine in Old Lead Bottles: Nriagu on the Fall of Rome*, „The Classical World”, nr 78 (1), 1984, s. 29-33.

Retief F. P., Cilliers L., *Lead Poisoning in Ancient Rome*, „Acta Theologica Supplementum”, nr 26 (2), 2006, s. 147-164.

Rosen B., Galili E., *Lead Use on Roman Ships and its Environmental Effects*, „The International Journal of Nautical Archaeology”, nr 36 (2), 2007, s. 300-307.

Rosman K. J. R. et al., *Lead from Carthaginian and Roman Spanish Mines Isotopically Identified in Greenland Ice Dated from 600 B.C. to 300 A.D.*, „Environmental Science and Technology”, nr 31 (12), 1997, s. 3413-3416.



Roux G. le, Véron A., Morhange C., *Geochemical Evidence of Early Anthropogenic Activity in Harbour Sediments from Sidon*, „Archaeology & History in Lebanon”, nr 18, 2003, s 115-119.

Scarborough J., *The Myth of Lead Poisoning among the Romans: An Essay Review*, „The Journal of the History of Medicine and Allied Sciences”, nr 39, 1984, s. 469-475.

Véron A., Goiran J.P., Morhange C., Marriner N., Empereur J. Y., *Pollutant lead reveals the pre-Hellenistic occupation and ancient growth of Alexandria, Egypt*, „Geophysical Research Letters”, nr 33, (2006), s 1-4.

Vinodhini R., Narayana M., *Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water Fish *Cyprinus carpio* (Common carp)*, „International journal of Environmental Science and Technology”, nr 5 (2), 2008, s. 179-182.

Waldron H.A., *Lead Poisoning in the Ancient World*, „Medical History”, nr 17 (4), 1973, s. 391-399.

Waldron H.A., Stofen D., *Sub-clinical lead poisoning*, London, New York 1974.

Waldron T., Wells C., *Exposure to lead in ancient populations*. „Transactions and studies of the College of Physicians of Philadelphia”, nr 1, 1979, s. 102-115.