

# Piaskowski, Jerzy

---

## Podręcznik metalurgii M. W. Łomonsowa z 1763 r.

---

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 7/1-2, 3-32

---

1962

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



JERZY PIASKOWSKI

## PODRĘCZNIK METALURGII M. W. ŁOMONOSOWA Z 1763 R.

Dzieło Łomonosowa *Pierwsze zasady metalurgii, czyli wydobywania i przeróbki rud (Pierwyje osnowanija mietalurgii ili rudnych diel)*, wydane po raz pierwszy w Petersburgu w 1763 r.<sup>1</sup>, jest książką mało znaną poza granicami Rosji. Nie znali jej autorzy dawnych prac z dziedziny metalurgii w Polsce, brak tej pozycji nawet w bibliografii dotyczącej „rzeczy kopalnych“ J. Osińskiego<sup>2</sup>, zawierającej przecież szereg mniej wartościowych źródeł. Podobnie u dawnych autorów zagranicznych nie napotyka się nawet wzmianki o podręczniku Łomonosowa. Nie zostały także uwzględnione *Pierwsze zasady metalurgii* w ostatnich dziełach z historii metalurgii zarówno polskich, jak i zagranicznych<sup>3</sup>.

Niniejsze opracowanie dzieła Łomonosowa o metalurgii ma na celu nie tylko przypomnienie tej pracy. Jest to pierwszy podręcznik metalurgii wydany w Rosji, znacznie wyprzedzający podobne wydawnictwa w innych krajach Europy wschodniej<sup>4</sup>. Pochodzi on ponadto z okresu, kiedy książki poświęcone metalurgii były jeszcze dość rzadkie. Stąd dzieło Łomonosowa, podobnie jak i inne opracowania z tego czasu, stanowi cenny materiał dla studiów historycznych.

Ponadto dla oceny ogólnej sylwetki Łomonosowa, którego 250 rocznica urodzin minęła w ubiegłym roku, trzeba również uwzględnić jego dzia-

<sup>1</sup> M. W. Łomonosow, *Pierwyje osnowanija mietalurgii ili rudnych diel*. Sankt Pietierburg 1763. Por.: M. W. Łomonosow *Połnoje sobranije soczinienij*, t. 5. *Trudy po minieralogii, mietalurgii i gornomu dielu*. Moskwa-Leningrad 1954, s. 401. Na tym wydaniu Akademii Nauk ZSRR oparto niniejsze opracowanie. Przedmowa i obszerny *Dodatek drugi*. O warstwach ziemnych są przełożone na polski; por. M. Łomonosow, *Pisma filozoficzne*, Warszawa 1956, t. II, s. 92—220.

<sup>2</sup> J. Osiński, *Opisanie polskich żalaza fabryk*. Warszawa 1782, s. 89.

<sup>3</sup> Zob. np. R. J. Forbes, *Metallurgy*. „Metalen“ (Haag), nr 1/1958, s. 1 i nast. Także praca pięciotomowa zbiorowa, *History of technology*. Oxford 1954—1958.

<sup>4</sup> W Polsce pierwszym takim podręcznikiem, stojącym zresztą niżej od dzieła Łomonosowa, była książka K. Kluka, *Rzeczy kopalnych, osobliwie zdatniejszych, szukanie, poznanie i zażycie*, Warszawa 1781—1782.

łałość w dziedzinie metalurgii, jakkolwiek nie był to główny kierunek prac wielkiego rosyjskiego uczonego. Pomimo że dorobek Łomonosowa był już tematem wielu studiów<sup>5</sup>, brak dotąd szczegółowej analizy jego pracy poświęconej metalurgii.

Analiza taka natrafia w chwili obecnej na wiele trudności, Łomonosow bowiem opracowując podręcznik opierał się głównie na innych publikacjach. Dotychczas jednak brak odpowiedniej bibliografii hutniczej, a obecne opracowania ograniczają się do najbardziej znanych pozycji<sup>6</sup>. Trudno więc określić niekiedy, z jakich źródeł korzystał Łomonosow, zwłaszcza że pewne wiadomości powtarzają się u kilku autorów. W tej sytuacji należy się liczyć, że dalsze studia nad dawną literaturą hutniczą mogą wprowadzić pewne — drobne zresztą raczej i nieliczne — uzupełnienia do niniejszego opracowania.

Należy tu zaznaczyć, że Łomonosow pisał o metalach w kilku pracach. W *Prelekcji o pożytku chemii* z 1751 r. wspomniał ogólnie o znaczeniu chemii dla metalurgii; w dalszej rozprawie *Prelekcja o powstawaniu metali na skutek trzęsienia ziemi*<sup>7</sup> z 1757 r., mającej charakter głównie geologiczny, przedstawił Łomonosow rozważania nad powstawaniem złóż kruszców.

Ponadto zachowała się w rękopisie praca *Pierwsze zasady górnictwa (Pierwyje osnowanija gornoj nauki)*, napisana zaraz po powrocie Łomonosowa ze studiów w Niemczech w 1742 r. Po pewnych przeróbkach opracowanie to zostało włączone do *Pierwszych zasad metalurgii*, stanowiąc pierwsze cztery rozdziały części pierwszej. Obie wersje zawierają krótki przegląd właściwości metali (m. in. stosunek ich ciężaru do ciężaru wody przy równych objętościach), Łomonosow nie wspomina tam jednak o wytapianiu metali z rud.

Książka Łomonosowa *Pierwsze zasady metalurgii, czyli wydobywania i przeróbki rud* składa się z pięciu części. W pierwszej z nich autor podał ogólne wiadomości o metalach<sup>8</sup>, ich rudach i innych minerałach użytecznych, w drugiej zaś obszernie omówił występowanie rud. Trzecia część obejmuje górnictwo (wytyczanie i prowadzenie szybów, maszyny wyciągowe, odwadnianie i wentylacja kopalń, miernictwo górnicze). Analizę chemiczną metali i rud przedstawił Łomonosow wyczerpująco w części czwartej dzieła, a metody otrzymywania metali z rud — w części piątej.

Ten układ treści pokrywa się dość ściśle z układem słynnego dzieła

<sup>5</sup> Zob. np. G. M. Korwin, J. B. Ryss, *Bibliografija soczinienij M. W. Łomonosowa i literatury o nim za 1951—1955 gg.*, w książce zbiorowej *Łomonosow*, Moskwa-Leningrad 1960, s. 401.

<sup>6</sup> Zob. np. prace wymienione w przypisie 3.

<sup>7</sup> Zob. cytowane *Pisma filozoficzne Łomonosowa*, t. I, s. 146 i t. II, s. 9.

<sup>8</sup> Zob. tamże, t. II, s. 92—95.

G. Agricoli *De re metallica*<sup>9</sup>. Druga część *Podstaw metalurgii* odpowiada księdze V dzieła Agricoli, część trzecia — księdze VI, część czwarta — księdze VII, rozdział I części piątej — księdze VIII, a dalsze rozdziały tej części — księgom IX—XI z tym, że kolejność opisu niektórych procesów bywa różna w obu dziełach.

Niżej przedstawiono opracowanie piątej części dzieła Lomonosowa, poświęconej metalurgii; części poświęconej chemii, geologii i górnictwu były już tematem innych prac<sup>10</sup>.

#### PRZYGOTOWANIE RUD DO PRZETOPU

Przygotowanie rud do przetopu opisał Lomonosow w pierwszym rozdziale księgi piątej *Pierwszych zasad...*, rozpoczynając od ogólnych danych o rodzajach rud (§ 117)<sup>11</sup>, ich kruszeniu i sortowaniu, m. in. na stołach<sup>12</sup>, i wspominając przy tym, że przy sortowaniu rudy pomagały górnikom ich żony i dzieci<sup>13</sup> (§ 118). Rudy twarde (a ubogie w domieszkę metali szlachetnych) rozdrabniano przy pomocy tłuczek napędzanych kołem wodnym (§ 119), a następnie przesiewano (§ 120), używając drewnianych sit czworokątnych o szerokości 3 stóp i długości 5 stóp, uwieszonych jednym końcem u drewnianej konstrukcji. Inny typ sita, w kształcie noszy, poruszany był przez dwóch ludzi<sup>14</sup>. Rysunki obu sit, jakie zamieścił Lomonosow, pochodzą z dzieła Löhneyssa<sup>15</sup>. Kruszcze złota i cyny rozdrabniano dodatkowo w młynach<sup>16</sup>.

Płukanie rudy wodą przeprowadzano — jak pisze Lomonosow (§ 121) — na sitach ręcznych zanurzonych w beczkach z wodą<sup>17</sup> lub na rynnach z jedną lub kilku przegrodami (§ 122), uboższe rudy zatrzymywały się tu na coraz dalszych przegrodach; zamieszczona rycina płuczki pochodzi

<sup>9</sup> G. Agricola, *De re metallica*. Basilea 1556. W niniejszej pracy posługiwano się niemieckim tłumaczeniem tego dzieła: G. Agricola, *Zwölf Bücher von Berg- und Hüttenwesen*. Berlin 1928, do którego odnoszą się wszystkie podane niżej przypisy.

<sup>10</sup> Zob. Korwin, Ryss, op. cit., s. 417.

<sup>11</sup> Podane w nawiasach numery paragrafów stanowią oryginalną numerację pracy Lomonosowa.

<sup>12</sup> Ryciny przedstawiające kruszenie rud i ich przebijanie na stołach podaje Agricola, op. cit., s. 232, 234—235.

<sup>13</sup> Wiadomości o tym podaje Agricola, op. cit., s. 231 oraz G. E. Löhneyss, *Bericht vom Bergwerck*. Zellerfeld 1617, s. 63.

<sup>14</sup> Rysunek podobnego sita zamieścił Agricola, op. cit., s. 249.

<sup>15</sup> Löhneyss, op. cit., s. 64.

<sup>16</sup> Zob. Agricola, op. cit., s. 254.

<sup>17</sup> Tamże, s. 250—253, 269.

także z dzieła Löhneyssa<sup>18</sup>. Na dnie płuczek umieszczano niekiedy płótno, które opróżniano z rudy w beczkach z wodą<sup>19</sup>, lub też wykonywano w płuczkach płócienne dno, zdejmowane dla zebrania rudy.

Jako metodę „płukania rudy“ potraktował też Łomonosow wyciąganie złota z rudy przy pomocy rtęci (§ 123). Zmieloną w młynie żarnowym rudę przepuszczano przez trzy lub cztery zbiorniki z wodą, na dnie których znajdowała się rtęć. Zawartość zbiorników była poruszana drewnianymi mieszadłami poruszanymi wraz z młynem przez koło wodne.

Wyczerpaną z naczyń rtęć przepuszczano przez skórę losia; pozostały amalgamat złota wygrzewano w retortach „przy niezbyt silnym ogniu“, odparowując rtęć. Uzyskane w ten sposób złoto przetapiano i rafinowano. Natomiast rtęć, która przeszła przez skórę, a zawierającą nieco złota, używano dalej przy przeróbce złotośnych kruszców, choć działanie jej było już słabsze; próbowano też podnieść jej działanie przemywając ją roztworem soli w wodzie<sup>20</sup>.

Rycinę przedstawiającą całe urządzenie do przejmowania złota przez rtęć wzorował Łomonosow na prawie identycznej ilustracji Agricoli<sup>21</sup>, nawet większość oznaczeń literowych jest jednakowa. Inny jest natomiast kształt zębów przekładni oraz kształt podpory głównego wału napędowego<sup>22</sup>. Opis procesu podany przez Łomonosowa różni się także w niektórych sformułowaniach od opisów zawartych w dziełach wcześniejszych autorów<sup>23</sup>.

Po rozdrobnieniu, rudy zawierające siarkę i arszenik — jak pisze Łomonosow — poddawane były prażeniu (§ 124). Przy opisie tego procesu podaje Łomonosow wiele danych szczegółowych, których nie udało się

<sup>18</sup> Op. cit., s. 70; podobne płuczki opisał i przedstawił także Agricola, op. cit. s. 260, 262, 264 i nast.

<sup>19</sup> Zob. Agricola, op. cit., s. 289.

<sup>20</sup> Wyciąganie złota i kruszcu przy pomocy rtęci opisało w XVI—XVII w. wielu autorów, jak Agricola, op. cit., s. 255, L. Ercker, *Beschreibung allerfürnemsten mineralogischen Erzt und Bergwercksarten*. Praga 1574. Zob. wydanie: Franckfurt am Mayn 1629 (s. 48), do którego odnosią się wszystkie podane niżej przypisy. Także: Löhneyss, op. cit., s. 133, J. B. du Hamel, *De meteoris et fossilibus*. Parisii 1659, s. 278; J. G. Jugel, *Mineralogischer Hauptschlüssel*. Zittau und Leipzig 1753, s. 134; opisy te różnią się w pewnych szczegółach od tekstu Łomonosowa. Przepis na „oczyszczanie“ rtęci przy pomocy roztworu soli w occie podaje anonimowy poradnik, *Curieuse Kunst- und Werck-Schul*. Nürnberg 1705, s. 302.

<sup>21</sup> Agricola, op. cit., s. 258.

<sup>22</sup> Pod tym względem rycina Łomonosowa podobna jest do ilustracji na karcie tytułowej dzieła: A. A. Barba, *Docimasie oder Probir und Schmelz-Kunst*. Wien 1767, będącego prawdopodobnie tłumaczeniem książki *El arte de los metales*. Madrid 1640, której egzemplarza nie udało się znaleźć w krajowych bibliotekach.

<sup>23</sup> Zob. Agricola, op. cit., s. 255; Löhneyss, op. cit., s. 133; Ercker, op. cit., s. 46; B. Rössler, *Speculum metallurgiae politissimum*. Dresden 1700, s. 151.

znaleźć u innych wcześniejszych autorów, np. Agricola<sup>24</sup>, który przedstawił ryciny wielu typów prażaków, nie podał ich wymiarów, które często wymienia Lomonosow. Piece do tego celu składały się z trzech ścian z cegły lub kamienia, zwykle o długości 8, 9 lub 10 stóp, szerokości u dołu 4 i u góry 6 stóp, a wysokości 1 lub 2 (i więcej) arszyny<sup>25</sup> (rys. 1, w środku); niekiedy szerokość u dołu i u góry była jednakowo, lepsze jednak wyniki dawał pierwszy piec<sup>26</sup>. Niekiedy rudę prażono w dołach, na dnie których układano żużel dla izolacji od wilgoci<sup>27</sup>.



Rys. 1. Sposoby prażenia rud metali i wychwytywania siarki wg Lomonosowa  
 Рис. 1. Способы обжига металлов и извлечения серы (по Ломоносову).  
 Fig. 1. Methods to reduce metal ores and isolating sulphur after Lomonosov

Lomonosow szczegółowo opisał prażenie rudy (§ 125). Podaje on m.in., że przystępując do prażenia rudy na trzonie pieca układano w poprzek, w odległości 1 piędzi<sup>28</sup>, grube polana, a następnie dalsze 3—4 takie warstwy na wysokość 1 lub 2 stóp. Najpierw sypano rudę w grubych kawałkach, przykrywając tę warstwę miałką rudą na grubość pół piędzi; miałką rudę umieszczano także w środku stosu. Wysokość stosu wynosiła 2 arszyny lub więcej z tym, że w stosie nie prażono więcej jak 12 000 pudów (tj. 196,56 t)<sup>29</sup>. W niektórych okolicach — pisze Lomonosow — układano polana w kształcie sklepienia, aby można było dodać drewna w razie potrzeby.

Prażenie trwało miesiąc lub nawet dłużej; w niektórych przypadkach

<sup>24</sup> Zob. Agricola, op. cit., s. 235.

<sup>25</sup> Arszyn był równy 28 calom, tj. 0,711 m, natomiast stopa rosyjska — równa angielskiej — 30,479 cm. Przeliczenia oparto na pracach J. S. G. Otto, J. C. Nelkenbrachers, *Taschenbuch der Münz-, Mass- und Gewichtskunde*. Berlin 1810, oraz H. Labędzki, *Słownik górniczy*, Warszawa 1868.

<sup>26</sup> Analogiczną szerokość pieca podaje także E. Swedenborg, *De cupro et aurichalco*. Draesda et Lipsia 1734, s. 3, zaznaczając, że przy piecach rozszerzonych ku górze jest mniejsze zużycie węgla.

<sup>27</sup> Pisz o tym E. Swedenborg, *De ferro*, Draezda et Lipsia 1734, s. 2.

<sup>28</sup> Rosyjski piadien przetłumaczono jako piędź. Przyjąwszy, że była to  $\frac{1}{4}$  część stopy, równała się 7,62 cm.

<sup>29</sup> Pud, równy 40 funtom, odpowiadał 16,38 kg.

proces powtarzano do pięciu razy (§ 126)<sup>30</sup>. Rudę żelazną prażono wraz z węglem i kamieniem wapiennym, który ładowano następnie do wielkiego pieca. Niektóre rudy, zawierające „ten biały kamień“, dodatku wapienia nie potrzebują. Prażenie ułatwia topienie rudy i dlatego w Szwecji — jak podaje Łomonosow za Swedenborgiem<sup>31</sup> — zawsze stosują ten proces.

Przy prażeniu rud ołowiu piece miały trzon pochylony, a stopiony kruszec zbierał się w jednym miejscu.

Opisy uzyskiwania siarki z kruszców zaczerpnął Łomonosow (§ 127) z dzieł innych autorów. Na wierzchu prażonego stosu rudy (rys. 1, na lewo) wykonywano wgłębienie o średnicy i głębokości 1 piędzi. Zbierającą się



Rys. 2. Piec do wychwytywania siarki przy prażeniu rud siarczkowych wg Agricoli.  
Рис. 2. Печь для извлечения серы при обжиге сернистых руд (по Агриколи).  
Fig. 2. A furnace to isolate sulphur when reducing sulphuric ores after Agricola.

tam siarkę wyczerpywano żelaznymi łyżkami i odlewano do garnków. Opis procesu oraz podobną ilustrację zamieścił w swej książce Löhneyss<sup>32</sup>.

<sup>30</sup> E. Swedenborg podaje, że prażenie powtarzano nawet 11 razy (*De cupro et aurichalco* s. 76), a J. Mathesius wspomina o 7-krotnym prażeniu w dziele *Bergpostilla oder Sarepta* z 1562 r. (zob. wydanie Nürnberg 1578, s. 71; do wydania tego odnoszą się dalsze przypisy dotyczące tego dzieła).

<sup>31</sup> Swedenborg, *De ferro...*, s. 3.

<sup>32</sup> Sposób ten stosowano w okolicach Rammelsbergu (Löhneyss, op. cit., s. 80); został on opisany także przez E. Swedenborga, *De cupro...*, s. 196.

Niekiedy nad prażakami wykonywano pochyle sklepienie umieszczając na półkach po stronie wyższej miednicy z wodą, na których osiadały pary siarki. Arsenopiryt prażono na gęstych żelaznych sitach, pod którymi umieszczano naczynia z wodą; podobnie pisze Agricola<sup>33</sup>.

Ponadto Lomonosow zamieścił rysunek specjalnego pieca do otrzymywania siarki (rys. 1, na prawo). Rudę prażono tu na żelaznych sitach w komorach H i K; siarka spływała do naczyń z wodą ustawionych w komorach L i M. Prawie identyczny opis procesu i rysunek pieca podał Agricola (rys. 2)<sup>34</sup>.

W podręczniku Lomonosowa jest jednak pewien szczegół wskazujący, że jego wiadomości nie ograniczały się do danych zawartych w *De re metallica*; pisze on mianowicie, że po zamknięciu żelaznych komór „zamywano je gliną“, o czym nie wspomina Agricola<sup>35</sup>.

#### WYTAPIANIE METALI „NA SUROWO“

Rozdział drugi części piątej, poświęcony wytapianiu metali z rud „na surowo“, rozpoczyna Lomonosow (§ 128) opisem pieców hutniczych (szybowych) wzorując się na Agricoli<sup>36</sup>; jakkolwiek ilustrację pieców (rys. 3) zaczerpnął z dzieła Löhneyssa (rys. 4)<sup>37</sup>; podobne ryciny pieców podaje zresztą i Agricola.

Opis oraz wymiary ściany, wzdłuż której wzniesione były piece (w liczbie 4, 6 lub 8), wielkość odstepu i szerokość drzwi między piecami, a także wymiary pieców pochodzą z dzieła Agricoli. Natomiast różnice wynikłe zapewne z pomyłek Lomonosowa występują w wymiarach otworów w piecu, a mianowicie otworu w ścianie przedniej<sup>38</sup> służącego do oczyszczania szybu po wytopie (a przed następnym wytopem zalepianego gliną) i w ścianie tylnej<sup>39</sup>, przez który wprowadzono dyszę miechów. Pewne

<sup>33</sup> Agricola podaje, że rudę prażono w blasze z otworami; op. cit., s. 239.

<sup>34</sup> Agricola, op. cit., s. 240 i s. 241. Za Agricolą prawie identyczną rycinę takiego pieca zamieścił A. Libavius, *Commentarii Alchymiae*, Francofurtum 1597 (?), s. 147.

<sup>35</sup> Zob. Agricola, op. cit., s. 240.

<sup>36</sup> Tamże, op. cit., s. 310.

<sup>37</sup> Löhneyss, op. cit., s. 30.

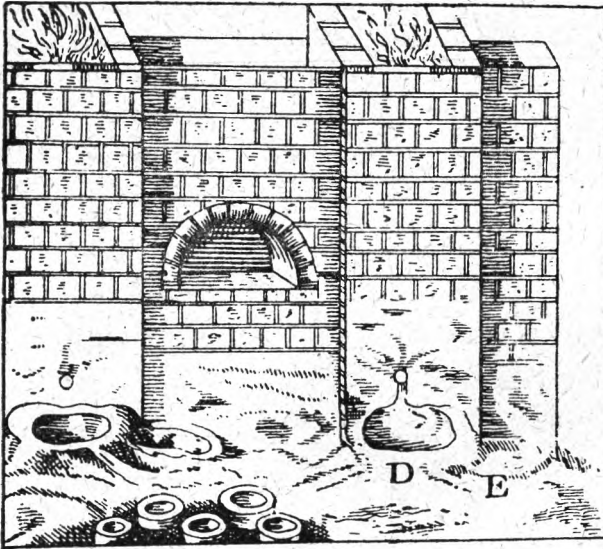
<sup>38</sup> Według Lomonosowa był szeroki na 3 piędzi, a wysoki na 1½ piędzi; według Agricoli otwór miał szerokość 3 dłonie (*palmas*), a wysokość 1½ stopy op. cit., s. 311). W komentarzu do dzieła Agricoli (op. cit., s. 191) podano, że stopa liczyła 4 dłonie, tzn. 28,32 cm.

<sup>39</sup> Według Lomonosowa otwór miał szerokość 3 piędzi, a wysokość „prawie arszyn“; według Agricoli otwór był wysoki na trzy dłonie, natomiast znajdował się on na wysokości jednego łokcia powyżej trzonu pieca (op. cit., s. 311). Lomonosow w swej pracy tłumaczy łokieć jako arszyn.



różnice wymiarów występują także przy opisie kanału odwilżającego, jaki budowano pod piecem<sup>40</sup>.

Dno szybu wykładano (§ 129) mieszaniną żużla<sup>41</sup> i piasku, dając na to wilgotną zaprawę składającą się z gliny z dodatkiem  $\frac{1}{3}$  części mialu węgla drzewnego<sup>42</sup>. Z zaprawy tej wykonywano zatyczkę otworu spustowego; otwór ten miał średnicę 2 lub 3 cale<sup>43</sup>.



Rys. 3. Piece szybowe do przetopu rud metali nieżelaznych wg Lomonosowa.

Рис. 3. Шахтные печи для переплавки руд цветных металлов (по Ломоносову).

Fig. 3. Shaft furnaces for melting non iron metallic ores after Lomonosov

Przed piecem o 3 palce poniżej otworu spustowego<sup>44</sup> wykonywano górny zbiornik o średnicy blisko arszyn, głęboki na  $1\frac{1}{2}$  pędzi o pojemności ponad 3 pudy metalu. Zbiornik opisany przez Agricolę był głębszy, miał

<sup>40</sup> Według Lomonosowa kanał był głęboki na 1 lub 2 arszyny, a szeroki na 3 pędzi; według Agricoli kanał był długi na 3 stopy, głęboki na 1 łokieć i szeroki na 3 dłonie. (op. cit., s. 311). Stary saski łokieć, używany prawdopodobnie przez Agricolę, miał równać się dwóm stopom, tzn. 56,64 cm (tamże, s. 191).

<sup>41</sup> Lomonosow używa tu terminu *ogarki*.

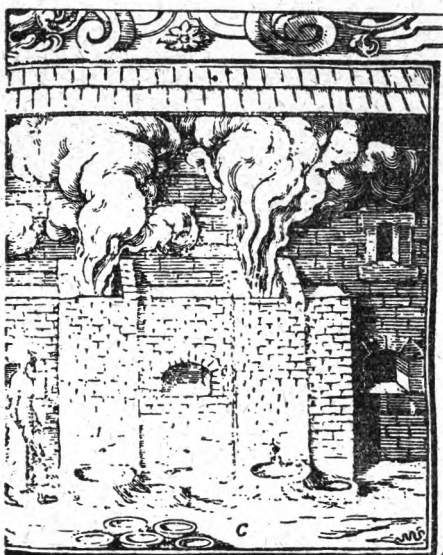
<sup>42</sup> Zaprawę tę nazywa Lomonosow *musor* (zob. Łabędzki, op. cit., s. 2, s. 38). Według Agricoli (op. cit., s. 330) i Löhneyssa (op. cit., s. 71) zaprawa składała się z 1 cz. gliny i 2 cz. mialu węglowego, a według Rösslera (op. cit., s. 108) — z 1 cz. gliny i 6 cz. mialu węglowego.

<sup>43</sup> Według Agricoli średnica otworu spustowego miała być równa 3 palcom (op. cit., s. 332), przy czym palec równał się 1,77 cm.

<sup>44</sup> Ros. *pierst* przetłumaczono tu jako palec (*digitus*); był on równy  $\frac{3}{4}$  cala, tj. 1,905 cm.

natomiast mniejszą średnicę<sup>45</sup>. Zbiornik ten wylepiano zaprawą. Dolny zbiornik, wykonany z cegieł i wylepiony gliną, posiadał średnicę  $\frac{3}{4}$  arszyna, a głębokość 1 piędzi; był on połączony otworem ze zbiornikiem górnym.

Następnie (§ 130) opisał Lomonosow miechy, ilustrując je rysunkiem zaczerpniętym z dzieła Agricoli<sup>46</sup>; opis Lomonosowa różni się od frag-



Rys. 4. Piece szybowe do wytopu rud metali nieżelaznych wg Löhneysa

Рис. 4. Шахтные печи для плавки руд цветных металлов (по Лёнейсу).

Fig. 4. Shaft furnaces for melting non iron metallic ores after Löhneys.

mentów poświęconych temu zagadnieniu we wcześniejszych dziełach. Omówione przez Lomonosowa miechy trójkątne miały długość blisko 1 sążnia<sup>47</sup>, szerokość od strony dyszy — 1 arszyna, od strony tylnej — 2 arszynów i składały się z dwóch grubych desek, górnej i dolnej. Przedni ich koniec przymocowany był żelaznymi płaskownikami do drewnianego czopa o średnicy 1 arszyna i długości  $1\frac{1}{2}$  do 2 sążni. W czopie znajdował się otwór na miedzianą dyszę o średnicy 3 cali i długości 1 arszyna lub więcej. Obie części miecha połączone były skórą z wołu. Wietrzniki przepuszczające powietrze do miechów uszczelnione były sukniem lub mięk-

<sup>45</sup> Według Agricoli zbiornik o pojemności 1 cetnara ołowiu miał średnicę 1 stopy, a głębokość 2 dłoni, a zbiornik o pojemności 70 funtów — średnicę 3, a głębokość 2 dłoni (op. cit., s. 332). Cetnar Agricoli — według komentarza do tego dzieła (tamże, s. 225) — był równy 100 funtów i odpowiadał 46,77 kg.

<sup>46</sup> Agricola, op. cit., s. 315.

<sup>47</sup> Sążeń, równy 3 arszynom (7 stopom angielskim) liczył 2,134 m. (Otto, op. cit., s. 311).

ką skórą. Tylna część górnej deski zakończona była ramieniem napędzanym przez koło wodne<sup>48</sup>.

Lomonosow dodał, że w niektórych okolicach wykonywano miechy z samego drewna. Składały się one z dwóch szczelnych drewnianych skrzyń; górna, poruszając się w górę i w dół, zasysała i sprężała powietrze<sup>49</sup>. Dalej Lomonosow opisuje pokrótce wodny napęd miechów oraz urządzenie do przenoszenia ruchu (§ 131).

Omawiając przetop rud metali nieżelaznych w piecach szybowych (§ 132), Lomonosow nadal wzorował się na Agricoli i rozróżniał cztery sposoby w zależności od zawartości domieszek metali szlachetnych, złota i srebra<sup>50</sup>.

Przy przetopie rud bogatych wytop zaczynało o pierwszej godzinie w nocy<sup>51</sup>, wypełniając szyb pieca węglem drzewnym<sup>52</sup>. Po rozgrzaniu pieca ładowano odpady z poprzednich wytopów (prawdopodobnie narosty piecowe itp.) i żużel<sup>53</sup>, a po ich stopieniu przebijano otwór spustowy i wypuszczano. Przystępując do właściwego wytopu na warstwę węgla ładowano 100 funtów ołowiu (lub 50 funtów, jeśli nie była zbyt bogata), a na to „odpadki rudy”<sup>54</sup> oraz dwie niecki rudy zmieszanej z glejta i top-

<sup>48</sup> Według dokładniejszego zresztą opisu Agricoli deska miechów miała długość 5 stóp i 3 dłonie, szerokość z przodu — 1 łokieć, a z tyłu  $2\frac{1}{2}$  stopy. Dysza o długości 3 stóp wykonana z blachy żelaznej miała od strony miechów otwór prostokątny (szerokość — 2 palce, wysokość — 1 dłoń). Do formy skierowany był otwór o średnicy 3 palców. Do wyrobu miechów stosowano skórę z wołu lub konia (op. cit., s. 319). Opis miechów podaje także A. Kircher, *Mundus Subterraneus*. Armstelodamem 1665 s. 175; oraz M. Jousse, *La fidele ouverture de l'art de serurier*. La Flèche 1627, s. 134.

<sup>49</sup> Miechy drewniane podobne kształtem do skórzanych opisał Swedenborg, skrzynia ich miała długość  $12\frac{1}{2}$  stopy, a szerokość z przodu —  $1\frac{1}{4}$  stopy, a z tyłu —  $3\frac{1}{2}$  stopy. Żelazna dysza o średnicy 3 cali i długości 4 stóp wystawała poza miechy na odległość  $3\frac{1}{2}$  stopy (*De ferro*, s. 24). Szwedzki łokieć równy 2 stopom i 24 calom był równy 0,595 cm. G. de Courtivron i J. Bouchu (*Art des forges et fourneaux à fer*. Paris 1761, Sect. II, s. 20) podają, że miechy hutnicze miały 14 do 15 stóp, a miechy kowalskie — 7 do 10 stóp (stopa paryska równała się 0,325 m). Rysunek podobnych miechów podał także Chr. A. Schlütter, *Grundlicher Unterricht von Hütte-Werken*. Braunschweig 1738, tabl. VI. W drugiej połowie XVIII w. miechy drewniane stosowano we wszystkich hutach żelaza w Polsce; zob.: J. Osiński, *Nauka o gatunkach i szukaniu rudy żelaznej*. Warszawa 1782, s. 88.

<sup>50</sup> Agricola, op. cit., s. 336; Löhneyss rozróżnia także cztery sposoby prowadzenia wytopu, klasyfikując je jednak inaczej (op. cit., s. 76).

<sup>51</sup> Według Agricoli wytop zaczynało o godzinie czwartej rano (op. cit., s. 333), według Löhneyssa — o trzeciej lub czwartej (op. cit., s. 77).

<sup>52</sup> W tym czasie stosowano w hutnictwie na kontynencie europejskim (tzn. poza Anglią) tylko węgiel drzewny i o takim też mowa jest w całym artykule.

<sup>53</sup> Agricola wspomina tylko o przetopie żużla (op. cit., s. 334).

<sup>54</sup> Tak tu przetłumaczono *rudianyje ogarki*; były to przypuszczalnie pozostałe po wytopie resztki niestopionej rudy.

nikiem, a następnie węgiel oraz żużel z poprzednich wytopów. Przy wypełnionym w ten sposób piecu puszczano ponownie miechy; Lomonosow opisuje tu regulację siły działania miechów, czego brak u Agricoli<sup>55</sup>.

Następnie przebijano otwór spustowy i stopiony wsad sphywał do zbiornika, gdzie znajdował się stopiony ołów; metale przechodziły do ołowiu, a żużel pływał na wierzchu. Po zatkaniu otworu spustowego wytapiacz zgarniał żużel<sup>56</sup>, dzieląc go na trzy rodzaje w zależności od ilości zawartego w nim metalu; ilość tę oceniano na podstawie zapachu<sup>57</sup>. Żużel ten przetapiano w piecu powtórnie z dodatkiem ołowiu, którego ilość zależała od zawartości metali szlachetnych w żużlu.

Czas wytopu (zwykle 8 godzin) zależał od zawartości metali szlachetnych w rudzie (§ 133)<sup>58</sup>. Po ukończonym przetopie przepuszczano przez szyb jedną nieckę glejty, a ołów zawierający przejęte złoto lub srebro odlewano do form żeliwnych wylepionych gliną w postaci bochnów o średnicy 3 piędzi i głębokości 3 cali<sup>59</sup>. Ten sposób wytopu miał być stosowany na Węgrzech i w Czechach<sup>60</sup>.

Opis przetopu rud ubogich Lomonosow przedstawił mniej dokładnie (§ 134). Do wsadu zamiast ołowiu dodawano w tym przypadku glejty i inne topniki. Otwór spustowy otwarty przez cały czas wytopu był kryty i prowadził bezpośrednio z szybu pieca górnego zbiornika. Gdy stopiony wsad zapełnił górny zbiornik, wytapiacz usuwał żużel, spuszczać metal do dolnego zbiornika, skąd wyczerpywano go, odlewając w bochny<sup>61</sup>.

Rudy o pośredniej zawartości metali szlachetnych przetapiano z niewielkim dodatkiem ołowiu w piecach, w których przednia część szybu połączona była bezpośrednio z górnym zbiornikiem<sup>62</sup>.

W podobnych, lecz większych piecach przetapiano rudy miedzi z rudą ołowiu, gdy kruszce te nie zawierały metali szlachetnych. Przy opisie tego — czwartego z kolei — sposobu wytopu Lomonosow posłużył się także dziełem Agricoli<sup>63</sup>. Do wsadu dodawano w tym przypadku zamiast

<sup>55</sup> Natomiast Lomonosow nie wspomina o kącie nachylenia dyszy, o czym szczegółowo pisze w tym miejscu Agricola (op. cit., s. 334).

<sup>56</sup> Rosyjski termin *ogarki* może oznaczać zarówno żużel, jak i kamień miedziany.

<sup>57</sup> Zob.: Agricola, op. cit., s. 335.

<sup>58</sup> Zob.: Agricola, op. cit., s. 336.

<sup>59</sup> Według Agricoli (tamże) formy miały średnicę 3 dłoni i głębokość 3 palców; były wykonane z miedzi.

<sup>60</sup> Agricola podaje, że stosowano go w Saksonii i w Czechach (op. cit., s. 337).

<sup>61</sup> Pochodzenia tego opisu nie ustalono; z opisu otworu spustowego wynika, że był to piec, przedstawiony na ilustracji przez Agricola (op. cit., s. 340). Jednak ilustracja ta jak się wydaje — powinna przedstawiać piec do przetopu rud o pośredniej zawartości metali szlachetnych, co znowu nie zgadza się z tekstem.

<sup>62</sup> Zob.: Agricola, op. cit., s. 341. Według Agricoli sposób ten stosowano w Austrii (Noricum).

<sup>63</sup> Agricola, op. cit., s. 341.



ołowiu — piasek, kamień wapienny oraz niektóre rudy ołowiu, jak zapewne arsenopiryty<sup>64</sup>. Gdy stopiony metal spływał do dolnego zbiornika, umieszczono tam hak żelazny, za pomocą którego wyciągano później zakrzepły bochen ze zbiornika<sup>65</sup>.

Rozdział drugi kończy Łomonosow (§ 135) uwagami dotyczącymi przetopu rud, podkreślając, że ilości poszczególnych składników wsadu zależą od rodzaju rud i są ustalane drogą doświadczeń. Łatwotopliwe rudy ładuje się w pobliżu przedniej ściany pieca, trudnotopliwe — przy ścianie tylnej.

Najłatwiej topią się rudy srebra, szczególnie pirargiryty i kerargiryty, a następnie — mieszane rudy srebra z ołowiem<sup>66</sup>. Nie wymagają też „dużego żaru“ rudy miedzi: azuryt, piromorfity i łupki miedzionośne. Natomiast do przetopu chalkopiryty, rud arsenowych lub rud zawierających domieszkę kruszców kobaltu, bizmutu i wolframu oraz rud żelaza potrzebny jest „silny ogień“.

Łomonosow wspomina, że przy przetopie pewnych rud osadza się na ścianach pieca „galmej“<sup>67</sup>, a pomiędzy cegłami — „półmetal cynk“<sup>68</sup>.

#### OTRZYMYWANIE METALI W POSTACI CZYSTEJ

W trzecim rozdziale opisał Łomonosow otrzymywanie metali w formie czystej technicznie, rozpoczynając — zgodnie z ogólnie przyjętym zwyczajem — od złota (§ 136).

Pierwszy sposób otrzymywania złota z kruszców polegał na przemywaniu zmielonej rudy rtęcią; sposób ten — jak już wspomniano — został opisany przez Łomonosowa dokładniej w rozdziale pierwszym (§ 123). Drugi sposób polegał na zastosowaniu do tego celu „silnej wody“ (tj. wody królewskiej)<sup>69</sup>, którą przyrządzano przez dodanie do „prostej silnej wody“<sup>70</sup> (tj. kwasu azotowego)  $\frac{1}{4}$  części czystej soli<sup>71</sup>. Następnie roz-

<sup>64</sup> Podobne dodatki a także i inne (marmur i rudę żelazną) wymienia Agricola, op. cit. 343.

<sup>65</sup> O tym sposobie nie wspomina Agricola w tekście — jednak przedstawia go na ilustracji (op. cit., s. 340).

<sup>66</sup> O topliwości rud srebra pisze także Mathesius, op. cit., s. 63.

<sup>67</sup> Galman, tu: tlenek cynku.

<sup>68</sup> O cynku wspomina wielu autorów XVI—XVII w., jak Basilius Valentinus, Paracelsus, Agricola, Fabricius, Mathesius, Libavius, Löhneyss itd.

<sup>69</sup> *Kriepkaja wodka.*

<sup>70</sup> *Kriepkaja prostaja wodka.*

<sup>71</sup> Ten sposób otrzymywania wody królewskiej opisali Ercker (op. cit., s. 68), Löhneyss (op. cit., s. 127), a także H. Boerhave, *Elementa chemiae*, Paris 1733, s. 319. Według innych autorów zamiast soli stosowano salmiak (zob. Du Hamel, op. cit., s. 278). O zastosowaniu wody królewskiej do rozdzielania złota i srebra podaje A. Libavius (*Alchemia, Francofurtum* 1597 (?), s. 212), Du Hamel (op. cit., s. 278) i in.

twór zlewano do retorty i odparowywano kwas, przetapiając pozostałe złoto z potażem lub „czarnym topnikiem“<sup>72</sup>.

O trzecim sposobie wspomina Łomonosow tylko ogólnikowo, podając, że przetapiano w tyglu kruszec wraz z odpowiednimi topnikami.

Aby usunąć ze złota domieszki (głównie srebra i miedzi), stosowano przetapianie z antymonem lub tzw. cementację, tj. wygrzewanie z pewnymi mieszaninami (§ 137).

Pierwszy sposób polegał na stopieniu złota (zawierającego domieszki) z dwu- lub trzykrotnie większą ilością antymonu<sup>73</sup>. Po 3½ godz. wygrzewania zawartość tygla wlewano do stożkowej miedzianej formy (kokili) wysmarowanej wewnątrz woskiem<sup>74</sup>. Na dnie kokili gromadził się regulus (antymon z domieszką złota), a nad nim żużel. Do uzyskanego stopu dodawano równą ilość antymonu i proces powtarzano dwa lub trzy razy. W końcu regulus wygrzewano na płaskim tyglu w słabym strumieniu powietrza z miechów; antymon ulatywał w postaci tlenku, a złoto pozostawało na dnie tygla. Łomonosow słusznie podkreśla, że przy zbyt silnym ogniu następują straty złota.

Większe ilości złota przerabiano przy pomocy mieszanek cementacyjnych (§ 138). Skład tej mieszanki (1 cz. witriolu żelaznego, 2 cz. soli i 4 cz. miazły z cegły) podaje Łomonosow za Erckerem, wspominając, że niektórzy dodają także nieco saletry, grynszpanu i salmiaku<sup>75</sup>.

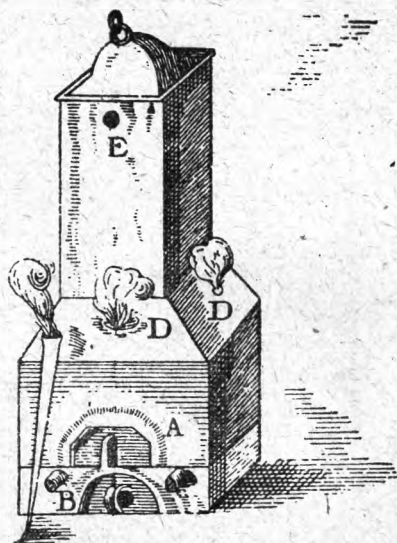
<sup>72</sup> *Czernyj flus* — według komentarza do cytowanego w przyp. 1 wydania AN ZSRR topnik ten sporządzano z kamienia winnego i saletry. Agricola (op. cit., s. 385) podaje, że złoto przetapiano z boraksem, a Ercker (op. cit., s. 86) i Löhneyss (op. cit., s. 156) piszą o zastosowaniu do tego celu saletry.

<sup>73</sup> Agricola opisał usuwanie domieszek ze złota przy użyciu siarczku antymonu (op. cit., s. 391). Opis procesu przy użyciu antymonu przedstawili Ercker (op. cit., s. 87) i Löhneyss (op. cit., s. 153), zaznaczając, że dodatek antymonu zależał od ilości domieszek w zlocie. W przypadku złota o czystości 16—23 karatów na jedną jego część dodawano dwie części antymonu; proporcji tej przy następnych przetopach wymienieni autorzy nie podają. Oczyszczanie złota przy pomocy antymonu opisali także inni autorzy: V. Biringuccio, *Della pirotechnia*. Venetia 1540, s. 71 (a za nim U. Aldrovandi, *Museum Metallicum*. Bononia 1648, s. 44); H. Cardanus, *De subtilitate*, Basilea 1553, s. 318; J. B. della Porta, *Magia naturalis*. Napoli 1589 (zob. wydanie: Rothomagum 1650, s. 254); A. Libavius, *Alchemia*, s. 212 oraz *Commentarii...*, s. 389; Jugel, op. cit., s. 154 i 65; Du Hamel, op. cit., s. 277; *Curieuse Kunst...*, s. 64; E. König, *Regnum minerale*, Basilea 1703, Sectio II, s. 8; A. Kircher, op. cit., s. 249.

<sup>74</sup> Zob.: Agricola, op. cit., s. 392; Löhneyss, op. cit., s. 153. Do tego celu stosowano także talk (Agricola, tamże; Löhneyss, tamże) oraz łój barani (della Porta, op. cit., s. 254).

<sup>75</sup> Zob.: Ercker, op. cit., s. 82, także Löhneyss, op. cit., s. 151. Przepisy na takie mieszanki podają: Biringuccio, op. cit., s. 72; Agricola, op. cit., s. 392; Ercker, op. cit., s. 82; Libavius, *Commentarii...*, s. 383; Löhneyss, op. cit., s. 151; Jugel, op. cit., s. 144 i 162; a także: *Curieuse Kunst...*, s. 66.

Złoto w postaci cienkich blaszek wraz z mieszaną ułożoną warstwami umieszczano w tyglu, który zamykano pokrywką i uszczelniano gliną. Tygiel wygrzewano w piecu, którego rysunek (rys. 5) zaczerpnął Lomonosow z dzieła Erckera (rys. 6), uważającego ten typ pieca za najlepszy<sup>76</sup>. Za Erckerem podaje także Lomonosow wymiary pieca, który miał podstawę kwadratową o krawędzi 1 arszyna i był wysoki na 3 lub 3 $\frac{1}{2}$  arszyna. U dołu znajdowało się palenisko A z żelaznym rusztem i popielnik B. Tygiel ustawiano na rusztach okładając go węglem drzewnym. Wygrzewanie przy „ciemnoczerwonym żarze“ trwało całą dobę, przy czym temperaturę regulowano przymykając lub otwierając otwory D.



Rys. 5. Piec do cementacji złota wg Lomonosowa  
 Рис. 5. Печь для цементации золота (по Ломоносову).  
 Fig. 5. A furnace for gold cementing after Lomonosov

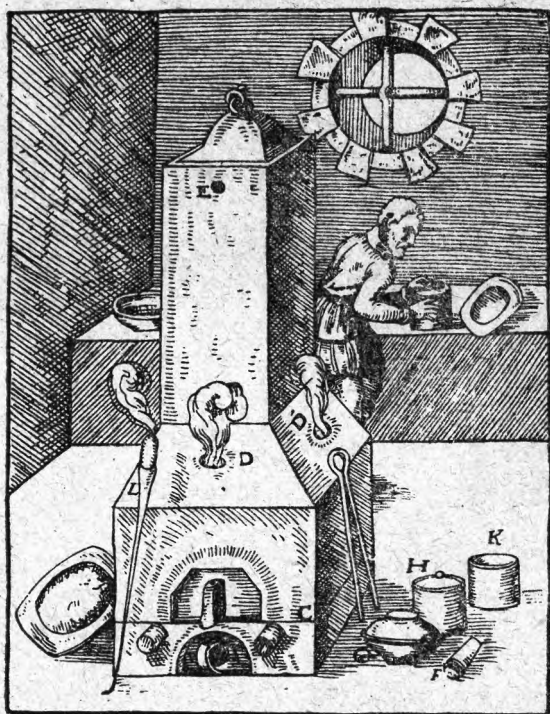
Po ostygnięciu złoto wyjmowano z tygla, wygotowywano w moczu i przemywano wodą<sup>77</sup>; gdy nie było jeszcze dostatecznie czyste, proces powtarzano.

Lomonosow nie wspomina o oczyszczaniu złota przy użyciu siarki;

<sup>76</sup> Ercker, op. cit., s. 81; Zob. także: Löhneyss, op. cit., s. 150. Za Erckerem piec ten opisał również Libavius, *Commentarii...*, s. 385, przedstawił go także Kirchner, op. cit., s. 239. Natomiast piec do cementacji opisany przez Agricola (op. cit., s. 395) różnił się dość znacznie kształtem.

<sup>77</sup> Zob.: Biringuccio, op. cit., s. 72; Agricola, op. cit., s. 393. Ercker (op. cit., s. 83) i Löhneyss (op. cit., s. 151) wspominają tylko o przemywaniu gorącą wodą.

sposób ten opisał wielu wcześniejszych autorów<sup>78</sup>, ustępował on jednak wyżej podanym i przypuszczalnie nie był już w połowie XVIII w. stosowany.



Rys. 6. Piec do cementacji złota wg Erckera  
 Рис. 6. Печь для цементации золота (по Эркеру).  
 Fig. 6. A furnace for gold cementing after Ercker.

O otrzymaniu srebra z rud pisze Lomonosow krótko (§ 139), kierując czytelnika do wiadomości zawartych w § 133 i §134 i dodając, że w prowincji Potosi w królestwie Peru stosowano do tego celu rtęć<sup>79</sup>.

<sup>78</sup> Zob.: Agricola, op. cit., s. 395; Ercker, op. cit., s. 76; Löhneyss, op. cit., s. 146, Du Hamel, op. cit., s. 279, także: della Porta, op. cit., s. 253 i 255 za nim B. Caessius, *Mineralogia*, Lugdunum 1636, s. 613; G. Fallopius, *Secreti diversi et miracolosi*. Venetia 1572, s. 230; Swedenborg, *De cupro...*, s. 333.

<sup>79</sup> O zastosowaniu metody amalgamacyjnej przy wyciąganiu srebra w Potosi pisał A. Barba (zob.: *Berg-Büchlein*. Franckfurt am Mayn 1739, s. 117; także *Docimasie...*, s. 54) i A. Kircher (op. cit., s. 208). Poza tym o kopalniach srebra w Potosi wspominają inni autorzy, jak F. E. Bruckman, *Magnalia dei in locis subterraneis*. Braunschweig 1727, s. 355. Metodę wyciągania srebra przy pomocy kruszcu opisał wcześniej Biringuccio (op. cit., s. 24) oraz Aldrovandi (op. cit., s. 79).



Ten sposób (podobnie jak i stosowanie kwasów) jest odpowiedni jedynie w przypadku wtrąceń srebra metalicznego w kruszcu.

Przechodząc z kolei do metalurgii ołowiu (§ 140), Łomonosow podaje, że wytapiano go w piecach szybowych opisanych wyżej, stosując trzeci sposób prowadzenia wytopu. Ponadto rudę ołowiu przetapiano w specjalnych piecach, składających się z dwóch równoległych ścian odległych od siebie o 1 arszyn, wysokich na arszyn, a długich na 2 lub  $2\frac{1}{2}$  arszyna. Pomiedzy nimi wykonywano pochyły trzon z zaprawy składającej się z gliny i miazgu węglowego. Na piecu układano polana, najpierw suche, a potem wilgotne, a na to rudę. Wytopiony w ten sposób (tzw. metodą reakcyjną, tj. w wyniku reakcji tlenku ołowiu z siarczkiem) ołów spływał do zbiornika, skąd czerpano go żelaznymi łyżkami i odlewano do żelaznych form<sup>80</sup>.

O wytapaniu cyny wspomina Łomonosow ogólnikowo, podając, że stosowano do tego celu piece szybowe<sup>81</sup>; zaprawę wykonywano z mieszaniny miazgu węglowego z dodatkiem  $\frac{1}{4}$  części gliny. Do wsadu dodawano topniki.

Dalej opisywał Łomonosow wytapianie miedzi czarnej (§ 141), zaznaczając na wstępie, że prażenia wymagały tylko rudy zawierające siarkę i arsen. Rudę przetapiano w piecach szybowych opisanych w § 132. Do pieca wsypywano najpierw węgiel, potem niekę żużla, na to tyleż rudy, znowu węgla itd. przez cały czas wytopu. Gdy stopiony wsad wypełnił górny zbiornik, ściągano żużel i spuszczano wsad do dolnego zbiornika, skąd go wyciągano w postaci zakrzepłych bochnów, studząc je przez polanie wodą.

Bochny kruszone na kawałki wielkości jajka i prażono niekiedy nawet do sześciu razy w specjalnych piecach o trzech ścianach mających długość 8 stóp, szerokość 6 stóp i wysokość 4 stopy<sup>82</sup>, stosując jako paliwo drewno. Proces trwał tydzień, po czym kamień miedziany kruszono i znowu prażono itd., aż z kamienia zaczynała wyciekać miejscami miedź.

<sup>80</sup> Prawdopodobnie chodzi tu o piec, jaki przedstawił Libavius, *Commentarii...*, s. 126. Opisany przez Łomonosowa sposób wytopu nieco ulepszonej w stosunku do metody „węgierskiej” podanej przez Agricolę; stosowano ją także w Polsce (Agricola, op. cit., s. 345). Z wymiarów tego pieca podał Agricola tylko wysokość (4 stopy).

<sup>81</sup> Metalurgię cyny opisał znacznie dokładniej Agricola nie wspominając jednak o dodawaniu topników (op. cit., s. 356), a za nim Libavius, op. cit., s. 128. Szczegółowe dane o rudach cyny i ich przetopie podaje także Mathesius, op. cit., s. 99. Natomiast Ercker (op. cit., s. 121) i Löhneyss (op. cit., s. 174) ograniczają się prawie wyłącznie do probierstwa rud cyny.

<sup>82</sup> Podobny typ prażaka opisał Łomonosow wyżej w § 124. Według Agricoli prażak do rudy miedzi lub kamienia miał długość 12 stóp, szerokość 8 stóp, a wysokość — 3 stopy (op. cit., s. 308).

Wtedy kamień przetapiano z dodatkiem żużla (mniejszym niż przy pierwszym przetopie) w piecu szybowym<sup>83</sup>.

Miedź czarną oczyszczano dalej w piecach „garmacharskich“ (§ 142), podobnie jak i miedź pozostała po odsrebrzeniu (por. niżej § 152). Ilustrację tego pieca Łomonosow wzorował na rycinie Agricoli<sup>84</sup>, natomiast opis procesu zaczerpnął z dzieła Swedenborga<sup>85</sup>. Kotlina pieca miała średnicę 2 arszyny, a głębokość 1½ arszyna<sup>86</sup>, wykonywano ją z mieszaniny jednakowych ilości mialu węglowego i gliny<sup>87</sup>, którą ubijano wysypując na powierzchni drobnym piaskiem.

Po wysuszeniu kotliny nasypywano 2 lub 3 niecki węgla i rozniecano ogień, kierując dyszę miechów w środek kotliny. Następnie ładowano do kotliny 18—20 pudów miedzi<sup>88</sup>, przykrywając węglami. Po wygrzewaniu stopionej miedzi w czasie do trzech godzin zanurzano w niej pręt żelazny i próbowano, czy jest plastyczna i posiada odpowiedni połysk. Wtedy przerywano proces i — chłodząc metal wodą — wyciągano kolejno krzepnące warstwy miedzi w postaci okrągłych płytów. Proces trwał łącznie 5 godzin.

Niekiedy — jak pisze Łomonosow — proces prowadzono w piecach szybowych.

Przy procesie oczyszczania miedzi czarnej następował ubytek ciężaru o 2 do 4 funtów na jeden pud (tj. 5—10%)<sup>89</sup>.

Metalurgię żelaza i stali (§ 143) przedstawił Łomonosow opierając się prawie całkowicie na dziele Swedenborga *De ferro*. Opis i rycina (rys. 7) wielkiego pieca zaczerpnięte zostały z dzieła szwedzkiego metalurga

<sup>83</sup> Nie ustalono, jakie są źródła tego opisu wytopu miedzi czarnej.

<sup>84</sup> Agricola, op. cit., s. 160.

<sup>85</sup> Jest to opis rafinowania miedzi czarnej w Goslar. Swedenborg, *De cupro...*, s. 194.

<sup>86</sup> W zależności od rodzaju przerabianej miedzi (ilość zanieczyszczeń) kotlina mogła też mieć średnicą 2 stopy lub 1 łokieć, a głębokość 1 stopy lub 2 dłoni (Agricola, op. cit., s. 455).

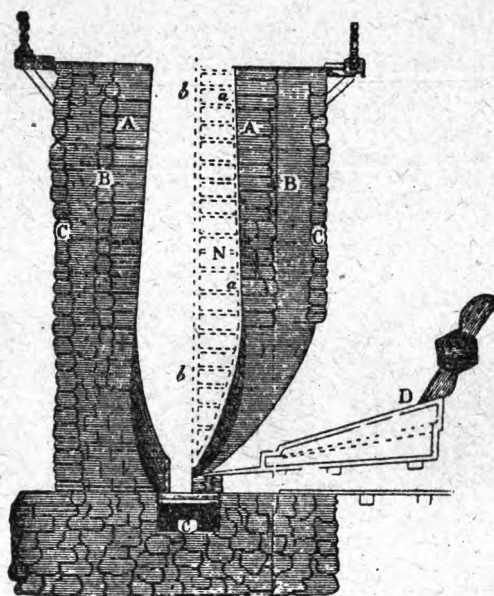
<sup>87</sup> Swedenborg (*De cupro...*) podaje skład zapraw stosowanych do tego celu w różnych hutach miedzi. Podaną przez Łomonosowa proporcję stosowano np. w Norwegii, koło Roeraus (s. 122); natomiast w okolicach Falun w Szwecji zaprawa składała się z 2/5 cz., gliny; 2/5 cz. piasku i 1/5 cz. mialu węglowego (s. 27).

<sup>88</sup> Według Swedenborga (*De cupro...*, s. 194) — 6—7 cetnarów. Ciężar wsadu zależał od rodzaju przerabianej miedzi. Przy najlepszych gatunkach dochodził do 6 cetnarów, przy gorszych rodzajach wynosił 3 lub nawet 2 cetnary (Agricola, op. cit., s. 456).

<sup>89</sup> Według Swedenborga straty przy rafinowaniu miedzi czarnej w Goslar wynosiły 8—12 funtów na cetnar, natomiast przy rafinowaniu bochnów miedzianych pozostałych po odtapianiu nawet 18—24 funtów; por.: *De cupro...*, s. 195. W tymże dziele podaje Swedenborg straty dla różnych hut miedzi, wynosiły one zazwyczaj ok. 10%.

(rys. 8)<sup>90</sup>, podobnie jak i opis rozgrzewania pieca i prowadzenia kampanii wielkopiecowej (§ 144)<sup>91</sup>. Za Swedenborgiem też podaje Łomonosow dane, służące hutnikowi do oceny biegu wielkiego pieca, jak np. zabarwienie płomienia<sup>92</sup>.

Pewne dodatkowe dane zamieszcza Łomonosow przy opisie spustu surówki (§ 145) pisząc, że po przebiciu otworu spustowego surówka płynęła



Rys. 7. Przekrój wielkiego pieca wg Łomonosowa

Рис. 7. Доменная печь (по Ломоносову).

Fig. 7. A cross section of a blast furnace after Lomonosov

kanalami o szerokości ponad 1 piędzi i głębokości 4 cale, o czym Swedenborg nie wspomina<sup>93</sup>. Metal posypywano piaskiem lub ciepłym popiołem, aby powoli stygnał<sup>94</sup>.

Wytopioną surówkę przerabiano na żelazo sztabowe we fryszerkach (§ 146); ilustracja pieca (rys. 9) pochodzi także z dzieła Swedenborga (rys. 10)<sup>95</sup>. Wielkość pieca bywała różna, najczęściej był on długi na 4 arszyny, a szeroki na 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>; natomiast kotlina miała długość równą 1 arszynowi, szerokość nieco mniejszą, a głębokość 1 stopy<sup>96</sup>. Dno i trzy ściany kotliny

<sup>90</sup> Swedenborg, *De ferro*, tab. I.

<sup>91</sup> Tamże, s. 31 i nast.

<sup>92</sup> Tamże, s. 48.

<sup>93</sup> Tamże, s. 53.

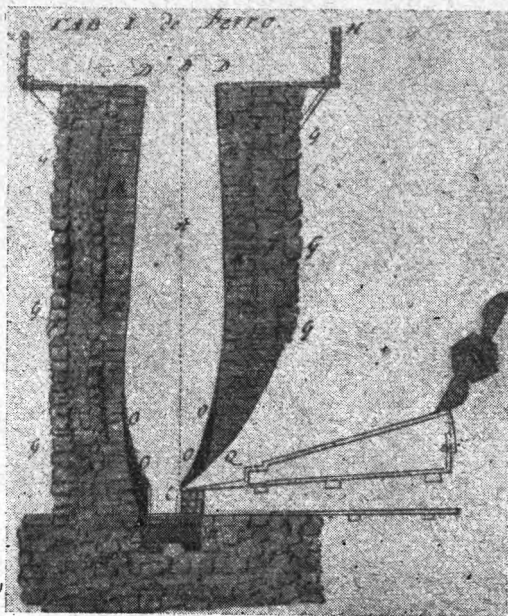
<sup>94</sup> Swedenborg wspomina tylko o piasku (*De ferro*, s. 54).

<sup>95</sup> Tamże, tab. IV.

<sup>96</sup> Według Swedenborga kotlina miała długość 1 łokcia i 2 cali, szerokość 1 łokcia i głębokość 12 lub 14 cali (*De ferro*, s. 75).

wykonane były z płyt żeliwnych o grubości 4 cali<sup>97</sup>, czwarta zaś ściana z cegły. Dysza ustalona na tylnej ścianie, nieco z boku, była skierowana na przednią krawędź dna kotliny; odstawała ona od formy na pół stopy<sup>98</sup>.

Opis świeżenia surówki (§ 147) zaczerpnął Łomonosow także z dzieła Swedenborga<sup>99</sup>. Kotlinę wypełniano do poziomu  $\frac{1}{3}$  jej wysokości żużłem



Rys. 8. Przekrój wielkiego pieca wg Swedenborga

Рис. 8. Доменная печь (по Сведенборгу).

Fig. 8. A cross section of a blast furnace after Swedenborg

z poprzednich wytopów, a następnie na taką wysokość miałkim węglem, zawierającym odpadki żelaza, popiołem i gliną<sup>100</sup>. Na tym umieszczano gęsi surówki przysypując je węglem.

Po rozgrzaniu ogniska przy użyciu miechów surówka zaczynała się topić; fryszierz przesuwiał wtedy gęsi tak, aby nie odstawały od formy dalej niż na 5 cali<sup>101</sup>. Gdy surówka została wyświeżona (odwęglona), przekuwano ją młotami.

<sup>97</sup> Według Swedenborga grubość płyty dennej była równa 4 calom, a grubość ścian 3 lub 4 calom (tamże, s. 75).

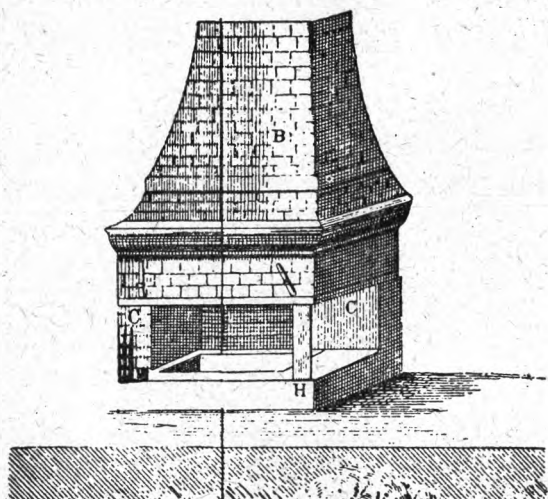
<sup>98</sup> Zob.: Swedenborg, tamże, s. 77.

<sup>99</sup> Tamże, s. 80.

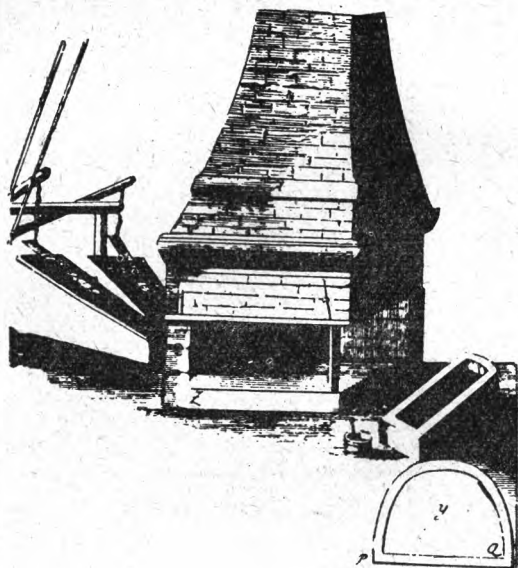
<sup>100</sup> O dodatku gliny Swedenborg nie wspomina (tamże).

<sup>101</sup> Według Swedenborga — na 5—7 palców (tamże, s. 81).

Łomonosow dodaje (§ 148), że na powierzchni kąpieli pływały nieco jaśniejsze kawałki stali, które wyjmowano i odkładano oddzielnie<sup>102</sup>. Gdy



Rys. 9. Fryszlerka wg Łomonosowa  
Рис. 9. Установка для  
фришевания (по Ломоносову).  
Fig. 9. Reducing after Lomonosov



Rys. 10. Fryszlerka wg Swedenborga  
Рис. 10. Установка для  
фришевания (по Сведенборгу).  
Fig. 10. Reducing after Swedenborg

surówka zaczynała krzepnąć, spuszczano żużel<sup>103</sup>, gęś obracano podsypując pod nią węgle ze zgorzelina, a następnie przykrywano węglami silnie

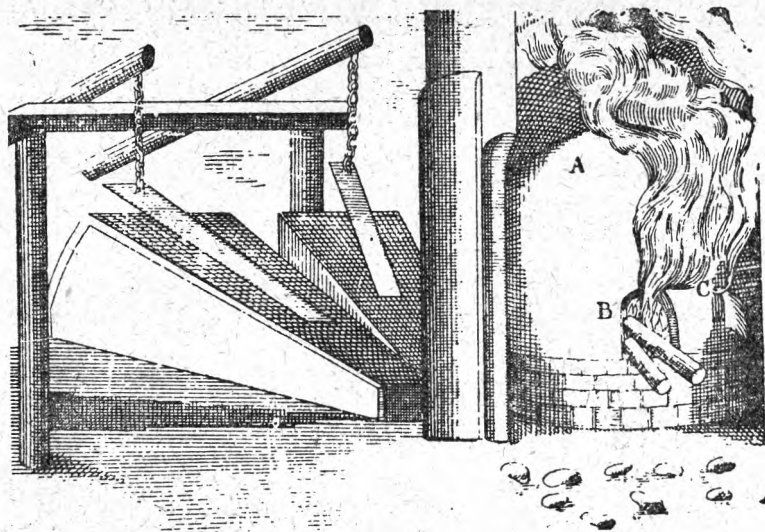
<sup>102</sup> Swedenborg nie wspomina o tym przy opisie świeżenia surówki, pisze natomiast w innym miejscu, że na powierzchni surówki pływają kawałki stali, które „z koloru łatwo od żelaza odróżnić“ (tamże, s. 20).

<sup>103</sup> Chodziło tu o ograniczenie odwęglającego wpływu żużla.

rozniecano ogień, aż metal stopił się. Gdy powstała w ten sposób lúpka zakrzepła, wyciągano ją dragiem i kleszczami, a następnie przekuwano na kowadle, tnąc na 5 lub 6 części<sup>104</sup>.

## ROZDZIELANIE METALI

Procesom rozdzielania metali poświęcił Łomonosow rozdział czwarty, rozpoczynając od opisu wyciągania metali szlachetnych z ołowiu (§ 149). Ilustracja służącego do tego celu pieca trybowego (rys 11) pochodzi z dzieła Löhneyssa (rys. 12), ten ostatni autor nie podał jednak wymiarów pie-



Rys. 11. Piec trybowy wg Łomonosowa

Рис. 11. Круглая печь (по Ломоносову).

Fig. 11. A circular furnace after Lomonosov

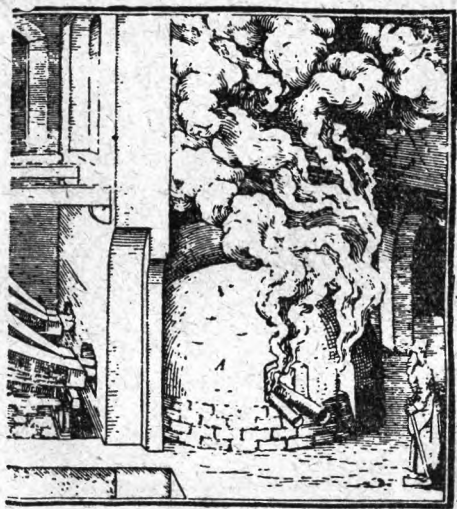
ca, stwierdzając jedynie, że jego pojemność przekracza niekiedy 70 centnarów<sup>105</sup>. Opisując piec, Łomonosow podaje natomiast, że okno B miało szerokość 2 arszyny, a wysokość 1 arszyn; a znajdujące się na przeciw niego drugie okno — szerokość  $\frac{1}{2}$  arszyna, a wysokość blisko arszyn. Trzon pieca znajdował się na wysokości  $1\frac{1}{2}$  arszyna. Misę pieca, o średnicy 1 stopy lub więcej i głębokości 2 palców wykonywano z popiołu przesianego przez gęste sito i dwu- lub trzykrotne przemytego w gorącej wodzie. Podanych przez Łomonosowa wielkości nie znaleziono u jego po-

<sup>104</sup> Według Swedenborga na 5, 6 lub 7 części (tamże, s. 96).

<sup>105</sup> Löhneyss, op. cit., s. 91.

przedników cytowanych w przypisach. W misie pieca układano bochny ołowiu bogatego w ilości do 100 pudów lub więcej<sup>106</sup>, przysypując węglem, po czym rozniecano ogień. Ponad tym układano długie polana, opierając je końcami o okno B oraz podobny otwór znajdujący się po przeciwnej stronie pieca<sup>107</sup>. Podczas trybowania glejtę ściągano przez otwór C. Gdy ilość metalu zmniejszyła się, obserwowano powierzchnię kąpieli, czekając na „błysk srebra“. Wtedy przerywano proces, studząc srebro wodą.

Srebro rafinowano dalej w specjalnych tyglach (§ 150), wykonywanych z podobnej masy jak misa pieca trybowego, ubitej w żelaznych pierścieniach o średnicy 4 palców, a grubości 1 palca<sup>108</sup>. Tygiel umieszczano w ognisku (podobnym do kowalskiego), przykrywając go okrągłą



Rys. 12. Piec trybowy wg Löhneyssa  
 Рис. 12. Круглая печь (по Лёлейссу).  
 Fig. 12. A circular furnace after Löhneyss

muflą i otaczając naokoło cegłami. Po nasypaniu węgla rozniecano ręcznymi miechami ogień, a gdy mufla rozgrzała się, do tygla wkładano kawałki srebra. Gdy roztopione srebro stawało się „białe i gęste“, chłodzono je, kierując rynienką strumień wody.

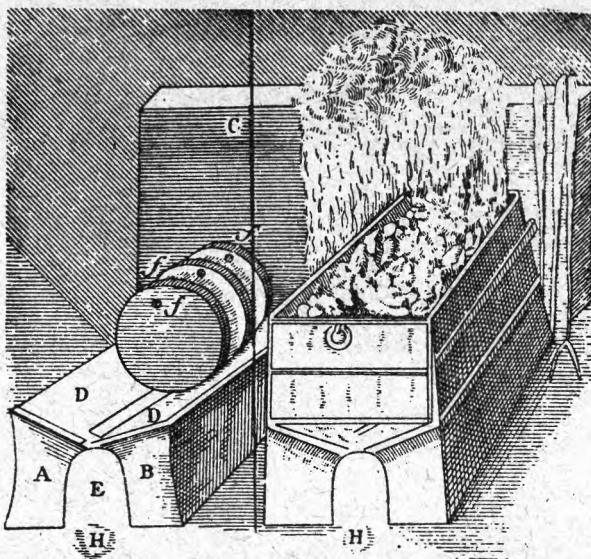
<sup>106</sup> Według Agricoli (op. cit., 403) pojemność pieców trybowych dochodziła do 100 cetnarów, była więc 2½ razy większa.

<sup>107</sup> Dokładny opis procesu podał Biringuccio (op. cit., s. 56) i Agricola (op. cit., s. 403) oraz Löhneyss (op. cit., s. 91 i 109). Natomiast Ercker (op. cit., s. 108) prawie całkiem pomija przebieg trybowania ołowiu.

<sup>108</sup> Proces ten (*Silberbrennen unter der Muffel*) opisali także Ercker (op. cit., s. 32) i Löhneyss (op. cit., s. 93), podając nieco inne wymiary, np. wysokość pierścienia — 1 dłoń, a pomijając jego średnicę.

Tygle po rafinowaniu, podobnie jak i fragmenty wyłożenia pieców trybowych zawierające nieco srebra, dodawano do rudy przy przetopie w piecach szybowych.

Z kolei opisał Lomonosow rozdzielanie złota i srebra (§ 151). Sposób oparty na zastosowaniu kwasu azotowego został opisany w części poświęconej probierstwu (§ 109). Jeśli srebro zawierało więcej niż czwartą część złota, dotapiano do stopu nieco srebra tak, aby udział złota obniżyć do



Rys. 13. Piec do odtapiania ołowiu bogatego od miedzi wg Lomonosowa.

Рис. 13. Печь для отделения выплавкой богатого свинца от меди (по Ломоносову).

Fig. 13. A furnace to isolate rich lead from copper after Lomonosov

$\frac{1}{5}$ <sup>109</sup>. W tych warunkach srebro rozpuszczało się w kwasie, a złoto pozostawało w retorcie; przemywano je ciepłą wodą i oczyszczano dalej przy użyciu antymonu (por. wyżej § 137).

Dla odzyskania srebra do naczynia z kwasem wkładano miedź, powodując wytrącenie srebra. Pozostały kwas destylowano z dodatkiem pewnej ilości saletry, a osad stapiano z ołowiem; po wypaleniu ołowiu w kaptelce odzyskiwano jeszcze nieco srebra.

<sup>109</sup> Według Agricoli na 1 część złota powinny przypadać 3 części srebra (op. cit., s. 390); podobnie informuje Libavius (*Alchemia*, s. 218) i Du Hamel (op. cit., s. 278). Szczegółowy opis procesu podają także Ercker (op. cit., s. 71) i Lohneyss (op. cit., s. 141) oraz — mniej dokładnie — wielu innych autorów, jak Biringuccio (op. cit., s. 67), I. Cortese (*Secreti. Venetia* 1565, s. 45), Kircher (op. cit., s. 199) i in.



Następny paragraf (§ 152) poświęcił Łomonosow oddzielaniu srebra od miedzi<sup>110</sup>. Miedź czarna, zawierająca srebro, przetapiano najpierw w piecu szybowym, dodając na każdy łut srebra znajdujący się w cetnarze miedzi po 18 funtów ołowiu<sup>111</sup>. Ołów nie powinien zawierać srebra, gdyż wtedy trzeba dodać go więcej; wówczas zaś — jak wyjaśnia Ło-



Rys. 14. Piec do odtapiania ołowiu bogatego od miedzi wg Erckera.

Рис. 14. Печь для отделения выплавкой богатого свинца от меди (по Эркеру).

Fig. 14. A furnace to isolate rich lead from copper after Ercker

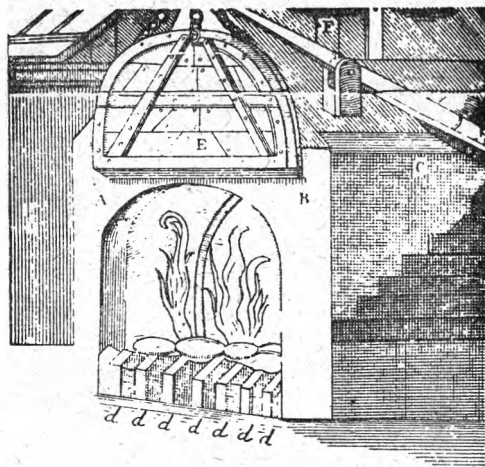
monosow (wyjaśnienia tego nie znaleziono u jego poprzedników) — uzyskany bochen będzie „miękki“, tj. będzie zawierał zbyt dużo ołowiu, i przy następującym odtapianiu wraz z ołowiem (i szlachetnymi domieszkami) odchodzić będzie także nieco miedzi.

Proces odtapiania ołowiu, który przejmował z miedzi szlachetne domieszki złota i srebra, przeprowadzano w specjalnych piecach; ilustracja pieca podana przez Łomonosowa (rys. 13) pochodzi z dzieła Erckera (rys.

<sup>110</sup> Łomonosow pominął stosowany w niektórych okolicach (np. na Węgrzech) proces wzbogacania miedzi przez splejsowanie (zob.: Agricola, op. cit., s. 437; Libavius, *Commentarii...*, s. 118; Löhneyss, op. cit., s. 106).

<sup>111</sup> Łomonosow oparł się tu pewno na danych Löhneyssa (op. cit., s. 99), gdyż według Erckera (op. cit., s. 101) na łut srebra dodawano 17 funtów ołowiu. Dalej jednak Ercker podaje, że przy przeróbce kamienia miedzianego dodatek ten wynosił 18 funtów, a 17 funtów dawano wtedy, gdy ołów zawierał 1–2 łuty srebra w cetnarze (tamże, s. 109). Natomiast według Mathesiusa (op. cit., s. 71) do miedzi dodawano  $\frac{1}{4}$  część ołowiu, tzn. na 1 cetnar miedzi — 25 funtów ołowiu.

14), który jednak nie podał wymiarów pieca <sup>112</sup>. Opisany przez Łomonosowa piec był długi na 1 sześcian i wysoki na 1 arszyn; znajdująca się z tyłu ściana wystawała na 1 arszyn ponad piec. Na ściany pieca AB (pomiędzy którymi pozostawała odległość 1 piędzi) układano płyty żeliwne DD, a na nich — bochny metalu ff, rozdzielone polanami. Bochny zasypywano węglami i rozniecano ogień, utrzymując „umiarkowany żar“, tak aby ołów (wraz ze srebrem lub złotem) wytopił się z bochnów i spłynął do zbiornika H, skąd wyczerpywano go i odlewano do żeliwnych form <sup>113</sup>.



Rys. 15. Piec do wstępnego oczyszczania miedzi po odtopieniu ołowiu wg Łomonosowa  
 Рис. 15. Печь для черновой очистки меди после отделения свинца выплавкой  
 Fig. 15. A furnace for an initial refining of copper, after lead has been melted after  
 Lomonosov

Następnie ołów przerabiano w piecach trybowych (por. wyżej § 149), a pozostałą miedź poddawano oczyszczaniu w innych piecach (opisanych dalej w § 154) i dalszej rafinacji.

Przeróbka bochnów wymagała podnoszenia dużych ciężarów. Posługiwano się w tym celu specjalnym dźwigiem, który opisał Łomonosow w § 153 i przedstawił na rycinie. Agricola podał ilustrację podobnego dźwigu, wykazującego pewne różnice konstrukcyjne w przekładni <sup>114</sup>.

Miedź pozostałą po odtopieniu ołowiu przerabiano (§ 154) w specjal-

<sup>112</sup> Ercker, op. cit., s. 107 (za nim Libavius, *Commentarii...*, s. 117). Ilustrację podobnego pieca podaje Schlütter, op. cit., tabl. XLVIII, D. H. Nieco prymitywniejszy typ pieca przedstawił Agricola, op. cit., s. 445.

<sup>113</sup> Proces odtapiania opisało wielu autorów, m. in.: Biringuccio, op. cit., s. 54; Agricola, op. cit., s. 440; Libavius, *Commentarii...*, op. cit., s. 100; Swedenborg, *De cupro...*, s. 161; Schlütter, op. cit., s. 135 i in.

<sup>114</sup> Agricola, op. cit., s. 428, 435 i 439.

nych piecach (rys. 15), których ilustrację zaczerpnął Łomonosow z dzieła Agricoli (rys. 16)<sup>115</sup>.

Bochny miedzi umieszczano na kilku rzędach cegieł *dd* wysokich na jeden arszyn i oddalonych od siebie o jedną piędź<sup>116</sup>. Pomiędzy cegłami układano długie polana i zamykano drzwi *E*. W ciągu 10—12-godzinnego



Rys. 16. Piec do wstępnego oczyszczania miedzi po odtopieniu ołowiu wg Agricoli.

Рис. 16. Печь для черновой очистки меди после отделения свинца выплавкой (по Агриколи).

Fig. 16. A furnace for an initial refining of copper, after lead has been melted away after Agricola.

wygrzewania reszta ołowiu zawarta w miedzi spływała pomiędzy cegły<sup>117</sup>, ołów ten przerabiano w celu uzyskania zawartego w nim srebra, a pozostałą miedź rafinowano w piecach „garmacharskich” opisanych wyżej (§ 142).

Łomonosow dodaje, że w miedzi pozostaje nieco srebra (ok. 1 złotnika<sup>118</sup> w 1 pudzie, tj. 0.027% Ag), którego nie daje się oddzielić w żaden sposób<sup>119</sup>.

<sup>115</sup> Tamże, s. 452; podobną rycinę (za Agricola) podał Libavius (*Commentarii...*, s. 110), natomiast ilustracja Erckera (op. cit., s. 109) różni się pewnymi szczegółami.

<sup>116</sup> Według Agricoli cegły były długie na 1½ stopy, szerokie 2¼ dłoni, a grubość na 1½ dłoni (op. cit., s. 446).

<sup>117</sup> Proces ten opisał szczegółowo Agricola (op. cit., s. 450), nie podając jednak, jak długo trwał. Według Erckera (op. cit., s. 108) i Löhneyssa (op. cit., s. 110) proces trwał 12—14 godzin. Podobną wielkość podaje Swedenborg dla huty w Goslar (*De cupro...*, s. 287).

<sup>118</sup> Pud liczył 40 funtów po 96 złotychników.

<sup>119</sup> Według Erckera w 1 cetnarze miedzi pozostawało ok. 1 łuta srebra (op. cit., s. 108). Przyjmując, że 1 funt zawierał 32 łuty, można wyliczyć, że w miedzi pozostawało 0,0312% Ag, co w przybliżeniu zgadza się z wielkością podaną przez Łomonosowa. Stopień czystości miedzi po rafinowaniu ogniowym („garowa-

## OTRZYMYWANIE ARSENU, SIARKI I BIZMUTU

W krótkim rozdziale piątym, poświęconym otrzymywaniu „półmetali“ i innych minerałów użytecznych, Lomonosow wspomina jedynie, że arszenik i rtęć otrzymywano z rud podobnie jak siarkę (§ 155). Rudą siarkową, tłuczoną i płukaną, wypełniano do połowy gliniane retorty ustawione w długim piecu. Z retort tych wyprowadzone były szyjki skierowane do zbiorników z wodą. Tam też osiadała siarka<sup>120</sup>.

Bizmut wytapiano (§ 156), umieszczając kawałki rudy w żeliwnych tyglach w ogniskach i stosując jako paliwo długie polana, ułożone wzdłuż tygli pod wiatr. Bizmut spływał na dno tygla<sup>121</sup>.

## ZAKOŃCZENIE

Prawidłowa ocena podręcznika metalurgii Lomonosowa wymaga rozpatrzenia tego dzieła na tle rozwoju piśmiennictwa w tej dziedzinie. W wieku XVI—XVII piśmiennictwo metalurgiczne mogło mieć charakter tylko opisowy, gdyż stan ówczesnej chemii nie pozwalał na głębsze poznanie procesów zachodzących w wytapianiu metali. Już Agricola w *De re metallica* zaczyna przy tym uwzględniać sposoby technologiczne stosowane w różnych ośrodkach produkcyjnych, np. na Węgrzech lub w Polsce. W pierwszej połowie XVIII w. kierunek ten osiąga szczyt w dziełach Swedenborga i Schlüttera, którzy opisują procesy i urządzenia nawet w poszczególnych hutach różnych krajów. Dalszy rozwój tego kierunku prowadziłby jednak do opracowywania „dokumentacji technicznych“ poszczególnych hut, z obciążeniem czytelnika ogromną liczbą danych, w większości mu niepotrzebnych a wymagających coraz większego przygotowania.

W ten sposób zachodziła potrzeba opracowania książek, które by przygotowały czytelnika do studiowania dzieł bardziej szczegółowych — czyli po prostu podręczników — podstaw metalurgii. Autor takiego podręcznika musiałby znaleźć cechy wspólne poszczególnych procesów metalurgicznych, szukając pewnego rodzaju syntezy.

Właśnie *Pierwyje oslowanija mietalurgii...* Lomonosowa miały być tego rodzaju podręcznikiem.

---

niu“) określił Mathesius (op. cit., s. 71). Według tego autora w cetnarze miedzi rafinowanej pozostaje 3—4 fenigi domieszek (srebra?). Przyjmując, że cetnar liczył 100 funtów a funt 512 fenigów (tamże, s. 167), można wyliczyć, że wielkość podana przez Mathesiusa odpowiada 0,00586—0,00782‰.

<sup>120</sup> Podobny sposób opisał Agricola (op. cit., 495), a za nim Libavius (*Commentarii...*, s. 148), o metodzie tej wspomina także Biringuccio (op. cit., s. 25) i H. Cardanus, *De rerum varietate*. Basilea 1581, s. 64.

<sup>121</sup> Podobny opis z ryciną podaje Ercker, op. cit., s. 119.

Opracowanie podręcznika metalurgii było jednak w połowie XVIII w. zadaniem niemożliwym jeszcze do osiągnięcia z uwagi na stan ówczesnej chemii.

Poszukiwanie wspólnych cech dla różniących się procesów produkcyjnych, stosowanych w poszczególnych ośrodkach, było przy tym zbyt trudne dla Łomonosowa, który w toku swej pracy bliżej nie zajmował się metalurgią i zetknął się z nią podczas swych studiów w Niemczech w latach 1736—1741<sup>122</sup>. Dlatego szukał on tej syntezy głównie w dziełach innych autorów, sięgając chętniej do wcześniejszych (np. Agricola i Ercker), u których proces zróżnicowania opisu procesów produkcyjnych nie posunął się jeszcze zbyt daleko. Gdy jednak można było znaleźć tę syntezę w późniejszych opracowaniach (np. metalurgia żelaza u Swedenborga), Łomonosow umiejętnie wykorzystywał te dzieła.

Niemniej musiało to pociągnąć pewne ujemne skutki. Tak więc Łomonosow nie uwzględnił niektórych bardziej nowoczesnych urządzeń<sup>123</sup>, opisując tylko dawniejsze konstrukcje. Poza tym Łomonosow nie włączył do swej książki wiadomości o metalach, które zostały odkryte już po jego studiach w Niemczech. Były to: kobalt, wyodrębniony jako metal przez Brandta w 1742 r., nikiel — odkryty przez Cronstedta w 1751 r. i platyna — odkryta przez Scheffera w 1752 r.

Dalszym niedociągnięciem w podręczniku Łomonosowa jest pominięcie różnic miar i wag u autorów, z których Łomonosow korzystał oraz miar i wag rosyjskich. Jednak w tym czasie na różnice te nie zwracali uwagi i inni autorzy dzieł z zakresu metalurgii.

Przechodząc z kolei do omówienia zalet podręcznika metalurgii Łomonosowa, można stwierdzić, że układ treści dzieła jest jasny i przejrzysty, czym przewyższa dzieła wcześniejsze; układ ten jest częściowo wzorowany na *De re metallica* Agricoli, jednak w niektórych szczegółach udoskonalony.

Podręcznik Łomonosowa obejmuje głównie opis metalurgii miedzi oraz metali szlachetnych, ołowiu i żelaza. Innym metalom: cynie, rtęci i bizmutowi, poświęcił Łomonosow niewiele miejsca, występują one bowiem rzadko i ich znaczenie dla rosyjskiego czytelnika było niewielkie.

Łomonosow, przygotowując podręcznik, wykorzystywał głównie dzieła: Agricoli *De re metallica*, Erckera *Beschreibung allerfürnemsten mineralogischen Erzt und Bergwercksarten*, Löneyssa *Bericht vom Bergwerck* oraz Swedenborga *De ferro* i *De cupro et aurichalco*. Nie stwierdzono, aby Łomonosow czerpał wiadomości z innych dzieł cytowanych

<sup>122</sup> Zob. np. B. N. Mienszutkin, *Żiznieopisanije Michaila Wasiljewicza Łomonosowa*, Moskwa-Leningrad 1947, s. 27.

<sup>123</sup> Np. zostały pominięte przez Łomonosowa nowe typy prażenia i pieców do wyciągania siarki, jakie opisał Schlütter op. cit., s. 36.

w przypisach niniejszego opracowania. W wielu przypadkach jednak nie udało się odnaleźć źródeł pewnych fragmentarycznych wiadomości podanych przez Lomonosowa. Są to interesujące uwagi praktyczne (np. o topliwości różnych rud, o wpływie domieszki srebra w ołowiu używanym do oddzielania metali szlachetnych od miedzi), wymiary niektórych pieców (piec trybowy i piec do odtapiania itd.). Możliwe, że dane te pochodziły od specjalistów-hutników, z którymi stykał się Lomonosow, trudno jednak stwierdzić, czy nastąpiło to podczas studiów w Niemczech, czy też już po powrocie Lomonosowa do Rosji. Podobnie nie udało się stwierdzić, skąd pochodzą zamieszczone przez Lomonosowa ryciny pracząka rudy (rys. 1, w środku) oraz dźwigu.

Znany biograf Lomonosowa B. N. Mienszutkin podkreśla, że uczony ten, wysłany specjalnie za granicę dla studiów metalurgii, po swym powrocie do Rosji praktycznie nie zajmował się wcale tą dziedziną<sup>124</sup>; stąd też i jego podręcznik *Pierwsze zasady metalurgii...* został oparty prawie wyłącznie (jeśli nie wyłącznie) na źródłach, z jakich korzystał podczas studiów zagranicznych.

Korzystając ze źródeł Lomonosow nie przepisywał jednak odpowiednich fragmentów, lecz umiejętnie wybierał z różnych publikacji potrzebne i istotne dane, przedstawiając treść we własnym układzie. Kompilacja wykonana jest więc z głęboką znajomością zagadnienia. W podręczniku nie ma żadnych błędów lub nieścisłości poza paroma omyłkami w określaniu wymiarów, nie mającymi zresztą znaczenia.

Ogólnie biorąc, można stwierdzić, że dzieło Lomonosowa *Pierwye osnovanija metalurgii ili rudnych del* było wartościowym podręcznikiem metalurgii dla pragnących się poświęcić tej specjalności w drugiej połowie XVIII w.

#### РУКОВОДСТВО ПО МЕТАЛЛУРГИИ В. М. ЛОМОНОСОВА (1763 г.)

Книга великого русского ученого В. М. Ломоносова „Первые основания металлургии или рудных дел”, изданная в Петербурге в 1763 г., была первым русским трудом и одним из первых в мире пособий в этой области знаний. В своем труде Ломоносов изложил основы горного и пробирного дела, а также металлургии. Та часть книги, которая посвящена металлургии, по своему содержанию, равно как и по иллюстративному материалу основана на сведениях, содержащихся в работах Г. Агриколи *De re metallica* (1556), Л. Эркера *Beschreibung allerfürnemsten mineralogischen Erzt und Bergwercksarten* (1574), Г. Э. Лёнейсса *Bericht von Bergwerck* (1617), Э. Сведенборга *De ferro* (1734) и *De cupro et aurichalco* (1734). Эти сведения восполнены некоторыми данными, источников которых не удалось найти в более ранних публикациях.

<sup>124</sup> Mienszutkin, op. cit., s. 203.

Книга Ломоносова содержит основные сведения о выплавке меди и благородных металлов (золота и серебра); о других металлах (свинца, ртути и висмуте) Ломоносов пишет коротко, не входя в подробности.

Содержание книги изложено четко и ясно, сведения собраны автором правильно и безошибочно. Благодаря этому его труд был ценным пособием по металлургии для всех тех, кто занимался этой отраслью производства во второй половине XVIII в.

#### A TEXT-BOOK OF METALLURGY, BY M. W. LOMONOSOV (1763)

This book of the Russian scientist M. W. Lomonosov "First principles of metallurgy or of ore matters" published in Petersburg in 1763 is the first Russian book in the domain of metallurgy and one of the first text-books in this specialty in the whole world. In his work, Lomonosov presents the fundamental information in the domains of mining, of testing and of metallurgy. The part that is devoted to metallurgy, its content as well as its illustrating material are chiefly based on information contained in the work of C. Agricola *De re metallica* (1556), L. Ercker *Beschreibung allerfürnemsten mineralogischen Erzt und Bergwercksarten* (1574), G. E. Löhneyss *Bericht vom Bergwerck* (1617), E. Swedenborg *De ferro* (1734) and *De cupro et aurichalco* (1734). These informations are completed by some data, whose sources could not be established in earlier publications.

The Lomonosov hand-book contains chiefly information on the metallurgy of copper and precious metals (gold and silver), lead and iron; the other metals as tin, mercury and bismuth are mentioned but vaguely.

The arrangement of text is clear, informations have been selected in the right and errorless, way. The book has been therefore a handbook of metallurgy of great value for those, who wanted to pursue this specialty in the second half of the XVIII century.