

## MINULOST KYSELINY DUSIČNÉ: VODA, NEBO DUCH?

VLADIMÍR KARPENKO

Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra fyzikální a makromolekulární chemie, Albertov 6, 128 40 Praha 2  
karpenko@natur.cuni.cz

Došlo 30.11.07, přijato 11.2.08.

Klíčová slova: Agricola, alchymie, *aqua fortis*, Biringuccio, Ercker, kyselina dusičná, Libavius, Pseudogeberův korpus, *spiritus nitri*, stříbro, transmutace, zlato

### Obsah

1. Úvod
2. Objev kyseliny dusičné
3. Problém názvosloví
4. Způsoby přípravy kyseliny dusičné a její použití
  - 4.1. Nejstarší český návod
  - 4.2. Některé prameny 16. století
    - 4.2.1. Georgius Agricola a Lazarus Ercker
    - 4.2.2. Andreas Libavius
  - 4.3. Dělení zlata a stříbra kyselinou dusičnou
  - 4.4. *Graduatio* a *gradatio*
    - 4.4.1. Graduace
    - 4.4.2. Gradace
5. Rekonstrukce výroby kyseliny dusičné
6. Konec „vody“ a „ducha“

### 1. Úvod

Kyselina dusičná patří k těm sloučeninám, které sehrály v minulosti významnou úlohu v řemeslech a v alchymii. Bylo to pro její schopnost rozpouštět všechny tehdy známé kovy kromě zlata a v úpravě známé jako lučavka královská dokonce i tento kov. Chemické složení lučavky královské nebylo známé, podstatná však byla právě její schopnost rozpouštět zlato, do té doby zdánlivě nezničitelné. V tomto přehledu je zrekapitulována historie kyseliny dusičné a jejího použití počínaje objevem a konče 18. stoletím, přičemž jsou zmíněny také některé české prameny. Velmi dlouho se soudilo, že existuje více forem kyseliny dusičné, přičemž dvě z nich byly rozlišeny nejen názvem, ale i způsobem přípravy. Byly to *aqua fortis* a *spiritus nitri*, ovšem kyselina dusičná byla známa ještě pod dalšími názvy, jejichž zjednodušené třídění je zde předloženo. Cílem této práce je jednak shrnout dosavadní znalosti, současně však

poukázat na řadu otázek, které zbývá zodpovědět. Hned první z nich je datování objevu kyseliny dusičné, podobně jako upřesnění doby, kdy se objevil postup, jehož produktem byl *spiritus nitri*. Z hlediska dějin alchymie je pouze naznačena problematika zdánlivě ještě většího počtu druhů kyseliny dusičné, jak je například v 16. století popsal Agricola. V těchto případech šlo vesměs o preparáty sloužící domnělé transmutaci kovů. Tato oblast je dodnes jen minimálně prozkoumaná; další výzkum předpokládá rozbor původních pramenů a pokud by to bylo možné, pokusy o reprodukování alchymických návodu.

### 2. Objev kyseliny dusičné

Dosud známé podklady dovolují odhadnout, že k objevu kyseliny dusičné došlo v Evropě v průběhu 14. století. Zatím nejstarší návod na její přípravu je ve 23. kapitole díla *Liber de inventione veritatis* nadepsané „O rozpouštějících tekutinách a změkčujících olejích“<sup>1</sup>: „Nejprve chci hovořit o našem rozpouštědle (*aqua nostra dissolutiva*), jež jsem v naší Summě byl zmínil, tam kde jsem hovořil o rozpouštění ostrými tekutinami. Vezmi zprvu jednu libru (přibližně 0,5 kg) vitriolu ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ), půl libry sanytru ( $\text{KNO}_3$ , v orig. *sal nitri*) a čtvrt libry kamence ( $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ , v orig. *aluminis jameni*). Připravuj tuto tekutinu *cum rubigo alembici*, neboť má mocný rozpouštěcí účinek.“

Obrat *cum rubigo alembici* je zřejmě zmínkou o červené barvě *alembiku*, destilační baňky, která se musela zahřívát na vysokou teplotu. Citovaný pramen byl donekádna jedním ze spisů zahrnovaných do tzv. Pseudogeberova korpusu, který tvořila díla *Summa perfectionis magisterii*, *Liber de investigatione perfectionis*, *Liber de inventione veritatis*, *Liber fornacum* a *Testamentum Geberi* (místo Liber je dále jen L.). Tyto rukopisy se začaly objevovat v tištěné podobě od roku 1481, ovšem jejich nejstarší souborná vydání jsou až z roku 1541 (Norimberk) a 1545 (Bern)<sup>2</sup>.

Zprvu se soudilo na jejich arabský původ, přičemž autorství se připisovalo Džábiru ibn Hajjánovi uznávanému za jednoho z největších alchymistů. Dodnes však není jednoznačně rozřešeno, zda tento muž vůbec žil<sup>3</sup> a tyto pochybnosti panovaly v arabském světě<sup>4</sup> již v 10. století. Pokud někdo takový žil, pak přibližně v letech 721/2 až snad 815, rozhodně ho však nelze pokládat za autora několika stovek (či dokonce tisíců) spisů, jak se občas udávalo. Džábirovo jméno bylo v Evropě polatinštěno na Geber a pod ním byl zprvu vydáván uvedený korpus spisů.

Později byl jejich arabský původ zpochybněn a jako autor byl uváděn Pseudogeber nebo Latinský Geber. Začátkem 20. století byl již poslední z titulů, *Testamentum*, pokládán za dílo jiného autora, a postupně se podobně

pochybnosti objevily také o dalších knihách korpusu. Obrat přinesly práce Newmanovy<sup>5,6</sup> vrcholící vydáním kritické revize *Summy* a jejího komentovaného překladu<sup>7</sup>. Podle Newmana byl autorem *Summy* františkánský mnich Paulus z Tarenta, o němž však chybějí bližší údaje, zatímco ostatní díla Pseudogeberova korpusu napsali jiní autoři. Tím se ještě více komplikuje datování, které je přibližně také u *Summy*, jejíž vznik je kladen zhruba do přelomu 13. a 14. století.

*L. de investigatione perfectionis* a *L. de inventione veritatis* jsou pozdějšího data, navíc, jak naznačuje jejich detailní rozbor, jsou dílem dvou různých autorů, kteří je zřejmě napsali jako komentář *Summy*. Vznik těchto spisů zatím nelze spolehlivěji datovat; nejstarší rukopis *L. de investigatione* z roku 1400 naznačuje, že dílo již tehdy existovalo. Návod na kyselinu dusičnou je také v kap. 18. *L. fornacum* „Rozpouštění připravených kovů“ (Darmstaedter, str. 118): „Naše metoda je: granulovaný nebo rozpilovaný kov rozpust' v našem rozpouštědle, jež se ze sanytru a vitriolu vyrábí, ...“ Tato formulace naznačuje, že příprava rozpouštědla kovů, kyseliny dusičné, byla již známá, takže nebyl nutný podrobný návod. Kniha vznikla ještě později než předchozí dva tituly Pseudogeberova korpusu.

Počátek historie kyseliny dusičné je zatím spojován s *L. de inventione veritatis*, když *Summa perfectionis magisterii* neobsahuje žádnou zmínku, která by svědčila o znalosti této sloučeniny, třebaže se na ni *L. de inventione veritatis* odvolává. Návod na přípravu kyseliny dusičné v tomto prameni pokračuje významnou pasáží: „Bude (kyselina) ještě mnohem ostřejší, jestliže s tím rozpustíš čtvrt libry salmiaku ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Tato tekutina totiž rozpouští zlato, síru a stříbro.“ Konec návodu tedy popisuje přípravu lučavky královské (*aqua regia*), směsi kyselin dusičné a chlorovodíkové v poměru přibližně 1:3.

Z hlediska dalšího vývoje řemesel i alchymie bylo významné, že samotná kyselina dusičná rozpouští všechny kovy s výjimkou zlata, a to je rozpustné v lučavce královské. Složení lučavky pochopitelně nebylo známé, a kyselina chlorovodíková byla objevena jako poslední z minerálních kyselin; první zmínky o ní jsou z konce 16. století. Kyselina sírová byla připravena patrně o něco dříve ve stejném století<sup>8</sup>.

### 3. Problém názvosloví

Orientaci v původních pramenech značně znesnadňuje dobové názvosloví, které používali nejen alchymisté, ale také řemeslníci. Kyselina dusičná se objevuje pod řadou názvů, z nichž některé se však vyskytují rovněž v souvislosti s minerálními kyselinami objevenými později, především s kyselinou sírovou.

Názvy kyseliny dusičné, které se objevily během staletí v různých pramenech, lze zjednodušeně rozdělit do tří skupin. V první, nejpočetnější, je označována *aqua*, což odráží představu o aristotelských elementech, když tento, voda, měl být obsažen ve všem, co teče nebo může téci za vhodných podmínek (kovy při zahřátí). V prvním návodu

na přípravu je kyselina dusičná nazývána *aqua nostra dissolutiva* (místo *aqua* je dále jen *a.*), což se záhy zkrátilo na *a. dissolutiva*, načež se objevil nejčastěji používaný název *a. fortis*; počátek jeho použití nelze spolehlivě datovat. Postupně přibývaly další „vody“, *a. acuta*, *a. caustica*, *a. gehennae*, *a. mercurialis*, *a. solvens*, *a. stygia*, *a. valens*. Zavadějící bylo označení *a. mercurialis* zdánlivě odvozené od merkuru, rtuti, které někdy sice označovalo kyselinu dusičnou, ale používalo se také pro *butyrum antimonii* (máslo antimonu), chlorid antimonitů sloužící jako výchozí substance pro přípravu některých léků.

Druhá skupina názvů odráží buď původ kyseliny dusičné nebo některou její vlastnost, případně oboje. Jsou to *oleum nitri*, *rubigo nitri*, *spiritus nitri*, kde je očividný původ, totiž příprava kyseliny ze *sal nitrum*, dusičnanu draselného, přičemž viskóznější produkt byl *oleum*. Zá-pach oxidů dusíku, což byli v dobové terminologii „duchové“, se odrazil v termínu *spiritus*; do této skupiny také patří *spiritus aquae fortis*. Dva hlavní termíny, *aqua fortis* a *spiritus nitri*, budou později diskutovány podrobněji. *Sal nitrum* bylo původně označení uhličitanu sodného odvozené ze staroegyptského *n<sup>e</sup>-l<sup>e</sup>-r*. Až ve vrcholném evropském středověku se začalo používat pro dusičnan draselný, případně sodný; obě sloučeniny se nerozlišovaly (etymologii termínu *nitrum* rozebral Feldman<sup>9</sup>).

Do třetí skupiny lze shrnout kódová označení pocházející vesměs od alchymistů. Jako příklady lze uvést *draco*, *protheus*, *Salamanderblut*, *roter Löwe*, *Stomaco*, *struthionis*, *sudor hermaphroditici*. Zakódování je i v obou předchozích skupinách, kde však například *a. gehennae* dává alespoň tušit, že voda je „pekelná“, patrně pálivá. Ve všech těchto skupinách jsou názvy, které lze přiřadit kyselině dusičné na základě návodů, z nichž plyne, že šlo skutečně o tuto sloučeninu. Nebylo totiž vzácné, že byl některým z těchto termínů označen i produkt jiného složení.

## 4. Způsoby přípravy kyseliny dusičné a její použití

### 4.1. Nejstarší český návod

Tento návod zároveň naznačuje použití kyseliny dusičné v poměrně dlouhém období po objevu. Její cena byla příliš vysoká, než aby tato sloučenina vstoupila do praktického používání, takže se zprvu objevuje v alchymických návodech, velmi často rovnou ve směsi s kyselinou chlorovodíkovou jako lučavka královská. Návod na výrobu lučavky je v nejstarším česky psaném alchymickém rukopise z roku 1457 známém jako *Cesta spravedlivá* připisovaném Janovi z Lazu<sup>10</sup>. Na str. 17 se píše (čeština je částečně upravena):

„Vezmi vitrolium vysušeného, jako se napřed píše, tři funty (1 funt, totéž co libra, přibližně 0,5 kg) a tolikéž sanytru a k tomu armoniacu ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) funt a to vše smíchej spolu a zetři dobře a vsyp do sklenice, ježto slove kukurbita a vstav na alembik a podstav sklenici, aby do ní teklo ...“ Je to přímý postup výroby lučavky královské; *kukur-*

*bita* (nebo *kukurbit*) byl typ destilační baňky, *alembik* zde označuje její hlavu. Vitriol měl být předem vysušený a celé zařízení utěsněné, „ať nikudy pára ven nemůž“. Autor upozorňuje, že je třeba postupně zesilovat oheň, „až uziš, anot' duchové jdú jakoby dýmali na vodu“. Do takto připravené kapaliny se má vhodit zlato, „a tak se rozpustí tvé zlato v vodu čistú“, což je cílem citovaného návodu.

#### 4.2. Některé prameny 16. století

Teprve přibližně od počátku 16. století se začíná používat kyselina dusičná v řemeslné praxi k dělení zlata od stříbra. V té době byl však tento postup stále ještě pokládán za příliš nákladný, takže převažovalo klasické cementování používané od starověku. Přitom se zlaté plíšky proložené střídkavě vrstvami navlhčené směsi rozdrčených cihel s vhodnou solí (obvykle NaCl, někdy KNO<sub>3</sub> a jiné) žihaly v uzavřeném tyglíku. Všechny nečistoty obsažené ve zlatě zreagovaly na soli a zůstal čistý drahý kov. Pokud zlato obsahovalo větší množství kontaminantů, musel se proces opakovat: po žihání se kov roztavil a opět rozklepal na plíšky k dalšímu cyklu až bylo posléze získáno ryzí zlato<sup>11</sup>.

Návody na kyselinu dusičnou se jen postupně objevovaly v řemeslnických manuálech, především v prubírských příručkách (*Proberbüchlein*), mnohdy anonymních, které začaly vycházet ve větším počtu právě od počátku 16. století<sup>12</sup>. Je tu zřejmá souvislost s růstem těžby drahých kovů, která nabývala v té době na významu také ve Střední Evropě<sup>13</sup>.

##### 4.2.1. Georgius Agricola a Lazarus Ercker

Jedním z vrcholů odborné literatury je spis Georgia Agricoly (1494–1555) *De re metallica libri XII*<sup>14</sup> poprvé vydaný v Basileji roku 1556. V knize X. píše autor o tom, že zlato je oddělováno od stříbra „skrže aqua valens“, což měla být v této souvislosti kyselina dusičná. Dnes se soudí, že Agricola zde pouze zaznamenal návody ze starších prubírských knížek a jak píše, „protože je mnoho (různých) kombinací (výchozích látek), uvedu jen několik málo“. Níže je shrnuto jeho deset návodů, kdy jsou vyjmenovány výchozí látky, které měly být destilovány. Již letmý pohled na ně potvrzuje domněnku, že Agricola tyto návody opravdu nejspíš jen opsal a zřejmě většinu z nich nevyzkoušel.

V následujícím výčtu údajných kyselin dusičných je hmotnostní jednotka libra (v Německu Pfund) zkracována lb. Návody jsou v pořadí, v jakém jsou v Agricolově knize:

První: 1 lb. vitriolu, stejné množství soli (NaCl), 1 lb. pramenité vody.

Druhá: 2 lb. vitriolu, 1 lb. sanytru, stejné množství pramenité vody.

Třetí: 1 lb. vitriolu, 2 ½ lb. sanytru, ½ lb. kamence, 1 ½ lb. pramenité vody.

Čtvrtá: 2 lb. vitriolu, stejné sanytru, ¼ lb. kamence, ¾ lb. pramenité vody.

Pátá: 1 lb. sanytru, 3 lb. kamence, ½ lb. cihlového prachu, ¾ lb. pramenité vody.

Šestá: 4 lb. vitriolu, 3 lb. sanytru, 1 lb. kamence, „podobně jedna libra kamenů, které, když vrženy do rozpálené pece, se snadno roztaví ohněm třetího stupně“ (v tomto a v dalších návodech jsou pasáže ponechané zčásti v původním znění; kameny nelze určit), 1 ½ lb. pramenité vody.

Sedmá: 2 lb. vitriolu, 1 ½ lb. sanytru, ½ lb. kamence, „jedna libra kamenů, které, když vrženy do rozpálené pece, se snadno roztaví ohněm třetího stupně“, 5/6 lb. pramenité vody.

Osmá: 2 lb. vitriolu, stejně sanytru, 1 ½ lb. kamence, „1 lb. sraženiny vody [aqua], která odděluje zlato od stříbra; a ke každé jednotlivé libře šestina moči je přilita“.

Devátá: 2 lb. prachu z pálených cihel, 1 lb. vitriolu, 1 lb. sanytru, hrst soli, ¾ lb. pramenité vody.

Desátá: „Pouze desátá postrádá vitriol a kamenec, ale obsahuje 3 lb. sanytru, dvě libry kamenů, které, když vrženy do horké pece, se snadno roztaví ohněm třetího stupně, po ½ lb. verdigris, stibia, železných šupin nebo pilin a asbestu, a 1/6 lb. pramenité vody.“

První návod nevede ke kyselině dusičné, ale k chlorovodíkové. Poslední návod, zřejmě zkomolený, měl vést patrně k jinému produktu, jak bude zmíněno dále. Jako *verdigris* se označoval zelený pigment, octan měďnatý nebo bazický octan měďnatý, *stibium* byl název sulfidu antimonitého. Velmi pravděpodobně se měl skutečně použít azbest. Údaje o teplotním režimu nelze spolehlivě interpretovat; často se rozlišovaly čtyři stupně tepla, byly ale popisovány rozličně. První stupeň býval přirovnáván k teplu slepice sedící na vejcích. Jindy to byl „oheň egyptský“, odpovídající letní teplotě v Egyptě. Poněkud jednoznačnější je dělení na teplo vodní, pískové, popelové lázně a přímých plamenů.

Významný metalurg Lazarus Ercker (1528–1594) popsal výrobu kyseliny dusičné jasněji než Agricola a navíc při jeho postupu vznikala koncentrovanější produkt. Podle Erckera<sup>15</sup>, „Vezmi jednu libru čistého sanytru a čtyři a půl libry kalcinovaného vitriolu ...“ Důležitá je úprava vitriolu kalcinováním, což bylo zahřívání, častěji žihání, v tomto případě opatrně. Cílem bylo zbavit výchozí preparát vlhkosti a částečně též krystalové vody, aby se neředil zachycovaný produkt.

##### 4.2.2. Andreas Libavius

V 16. století se dále prohluboval i zájem alchymistů o minerální kyseliny, o dusičnou především. Rozsáhlé údaje jsou v díle Andree Libavia (? 1560–1616) *Alchemia* z roku 1597, jež bývá, jak jeho titul může naznačovat, pokládáno za první učebnici chemie<sup>16</sup>. Není tomu tak; autor se zabýval alchymii, věřil v možnost transmutace kovů a také ji v knize opakovaně popisuje. Na druhé straně je to velmi přehledný a systematický spis.

V kapitole XXVI. nadepsané „O duchách“ (*De spiritibus*) je krátká zmínka, kterou lze vztáhnout k výčtu názvů kyseliny dusičné (Odst. 2). V úvodu se Libavius snaží vymezit pojem „ducha“ a píše, že „rozpouštějící voda je taková, která skrže svou ohnivou subtilností a pronikající ostrostí coby řídká tekutina uzávěry těla rozevřít dokáže,

jestliže je tato (voda) skrze komplikovanou destilaci vyrobena a své vlhkosti zbavena, jak je to jen možné.“ Je to vlastně pokus o vysvětlení mechanismu účinku silných minerálních kyselin, když jako „těla“ se v těchto souvislostech označovaly kovy.

Výčet „duchů“ je v citovaném díle pestřejší a začíná pojednáním o „duchu vína“, alkoholu, jsou popsány přípravy „ducha vitriolu“ (*spiritus vitrioli*), kyseliny sírové, ale také „ducha terpentýnu“ a posléze „ducha libovolné soli“. Pro historii kyseliny dusičné je podstatná věta: „Rozpouštějící voda (aqua dissolutiva) vystupuje ve dvou druzích; jako duch (spiritus) a jako aqua fortis“. K tomu se autor vrací ke konci kapitoly: „Sal nitrum se destiluje s dvojnásobným množstvím červené nebo žluté země, ... a *spiritus nitri* je stejným způsobem jako *aqua fortis* připravován; oheň jest používat opatrně.“ Tedy někdy během 16. století, lze jen odhadovat, se objevuje druhý postup přípravy kyseliny dusičné, pouze z dusičnanu draselného, a výsledný produkt, *spiritus nitri*, se uvádí jako forma odlišná od aquae fortis. Použití názvu „*spiritus nitri*“ se někdy připisuje Paracelsovi<sup>17</sup> (Theophrastus von Hohenheim, 1493/94–1541).

*Aqua fortis* je rovněž problémová, což naznačuje kapitola XXVII. „O druzích aquae fortis“. Podobně jako Agricola jí také Libavius rozlišoval více druhů, jak dokládají mezititulky odstavců kapitoly, z nichž první je sice „Obecná aqua fortis“, ale další jsou, mimo jiné, „Voda na rozpouštění kovů“, „Rozpouštějící voda pro zlato“, „Voda k rozpouštění stříbra“, „Pro železo“ a následují zbývající kovy, měď, cín, olovo a rtuť.

V těchto případech to však není po každé kyselina dusičná, jak o tom svědčí jeden ze dvou návodů „pro železo“: „Rec. Tři unce (něm. Unze, mezi 29 a 38 g) bílého vitriolu (nelze přesněji určit; mohl to být bezvodý  $\text{CuSO}_4$ ), sedm uncí uherského vitriolu (nečistý  $\text{CuSO}_4$ ), čtyři unce soli, půl unce kamence, učíň červenou aqua fortis.“ Je možné jen odhadovat, že nejspíš vznikla směs kyselin sírové a chlorovodíkové. Původ červeného zbarvení není jasný podobně jako u „aquae fortis“ pro olovo: „Rec. Po čtyřech uncích kamence a vitriolu, jednu libru sanytru a dvě unce červeného atramentu. Učíň (z toho) aqua fortis. Sbírej (zachycuj) červené duchy.“ Červený atrament (*atramentum rubrum*, také *colcothar*) byl zbytek po destilaci zeleného vitriolu ( $\text{FeSO}_4$ ) při výrobě kyseliny sírové, obvykle nečistý oxid železitý. Narážka na červené duchy není zcela jasná, mohlo jít o oxid dusičitý této barvy.

V Libaviově knize je i klasický návod na výrobu kyseliny dusičné: „Vezmi osm dílů vitriolu, pět dílů přečištěného sanytru, jeden díl kamence, kalcinuj vitriol a kamence a zvaž je po kalcinování, abys věděl, kolik odešlo ...“ Následuje podrobný popis dalšího postupu a také čištění připravené kyseliny. Návod tohoto druhu se v této kapitole opakuje v různých podobách, je zde však také věta: „Výchozí látky pro jiné (druhy aquae fortis) jsou jednou tyto látky, jednou salmiak a libovolná jiná (sůl), někdy hydrargyrus sublimatus, rumělka, pražená měď, sádra, nehašené vápno, arsenik, kamence, colcothar, fel vitri, červená síra, atd.“ Tento nezvyklý výčet bude diskutován

ve zvláštním odstavci (4. 4. 2.). *Hydrargyrus sublimatus* byl nejčastěji opravdu sublimát, chlorid rtuťnatý, pražená měď byl obvykle oxid měďnatý, arsenik nelze bez dalšího popisu blíže určit, mohl to být sulfid nebo oxid, *fel vitri* (pěna skla), byla nečistým síranem alkalických kovů (podle použitého sklářského kmene) a šlo o pěnu tvořící se na tavenině, a červená síra byla většinou normální sírou.

Další změny doznala výroba kyseliny dusičné v 17. století, když ji Johann Rudolf Glauber (1604–1668) připravil zahříváním sanytru s kyselinou sírovou. Nejčastěji se udává rok 1646; Glauber totiž tento návod nevedl ve svých dílech, ale poskytoval ho ústně za poplatek. I tento produkt býval nazýván *spiritus nitri*<sup>18</sup>.

#### 4.3. Dělení zlata a stříbra kyselinou dusičnou

Nejvýznamnějším použitím kyseliny dusičné v řemeslné praxi se stalo dělení zlata a stříbra, německy *Scheidung*, což dalo této kyselině název *Scheid(e)wasser*. Jeden z nejstarších velmi detailních popisů kvantitativního stanovení obou kovů zanechal další významný metalurg Vannoccio Biringuccio (1480–1539) v knize *Pirotechnia*<sup>19</sup>. Podstatnější než popis dělení je příprava jednotlivých složek. Především muselo jít jen o slitinu zlata a stříbra neobsahující další příměsi. Proto byl kov předem přečištěn kupelací. Následovalo zpracování kyselinou dusičnou, v níž se rozpustilo pouze stříbro, které bylo následně opět vytaveno ze vzniklého dusičnanu. Velmi důležitá byla správná příprava kyseliny dusičné, což Biringuccio podrobně popisuje.

Na výrobu kyseliny „vezmi jeden díl velmi dobře přečištěného sanytru a třikrát tolik dobře promytého skalního kamence ... smíchej s těmito věcmi osmý díl celku nebo méně písku, šterku nebo rozdrcených cihel. Ale mně se zdá lepší, jestliže je máš, použít zbytky aquae fortis ...“ Autor znovu připomíná dobré utěsnění nádob, načež se má začít se zahříváním zprvu na mírném ohni. Po šesti hodinách je obsah baňky tekutý, následujících šest hodin se má oheň zesilovat, jak Biringuccio píše, „až uztříš, že všechna voda a flegma látek zmizely, a že jsou (látky) v kukurbitu zcela suché.“ Voda a „flegma“ jsou vlhkost a krystalová voda.

Tento okamžik se pozná podle toho, že se začnou objevovat žluté dýmy (oxidy dusíku). Proces končí, když se již žádné dýmy nepozorují. Podstatné je pokračování: „... jestliže si přeješ, aby byla tato kyselina dobrá a pracovala dobře, je nutno přidat půl denaro (1 denaro  $\approx$  1,2 g) čistého stříbra na jednu libru (v Itálii nejčastěji přibližně 0,3 kg) kyseliny. Abys to provedl, dej jednu nebo dvě libry nebo kolik chceš této kyseliny ... a přidej k ní celou váhu stříbra granulovaného nebo roztepaného kladivem, které náleží celému množství kyseliny, jež jsi byl vyrobil. Jakmile je to (stříbro) v ní, uztříš jak se kyselina zakaluje ... zakrátko poté, co jsi ho (stříbro) vložil, uvidíš, že se všechno stříbro ve vodu rozpustilo ... potom co byla kyselina ponechána ustát, uvidíš cosi hrubého podobného velmi bílé křídě padat na dno.“ Následuje dekantace kyseliny, která se má nalít ke zbylému produktu. Opět se objeví

sraženina, takže je nutná další dekantace a „teprve nyní je to aqua fortis, která je připravena pro umění dělení (zlata a stříbra) a lze ji použít pro onen účel. Bez takového očištění by byla nedokonalá a nesloužila by dobře jednak pro svou pomalost, jednak proto, že by zkazila dílo.“ Ona „křída nebo bílý zbytek“ se má uchovat a následuje návod, jak z ní opět získat použité stříbro. Tyto pasáže popisují jednu z klíčových operací v prubířství.

Kyselina dusičná se vyráběla z dusičnanu draselného, který býval kontaminován chloridem draselným. Při běžném postupu tak mohla být v připravené kyselině také malá příměs kyseliny chlorovodíkové, která by samozřejmě zkreslila kvantitativní stanovení složení slitiny Au-Ag. Přídavek stříbra vysrážel kyselinu chlorovodíkovou jako málo rozpustný AgCl („bílý zbytek“). O tomto postupu se zmiňuje méně podrobněji Libavius (str. 460): „Ale dostatečně (čistá) je (aqua fortis) poté, když ani kalná není, ani se při rozpouštění (stříbra) nezakaluje, ani se v ní žádná usazenina nesráží. Tak je vhodná k dělení zlata a stříbra, aniž by zlato napadala.“ Malá příměs kyseliny chlorovodíkové by vedla k mírnému rozpouštění zlata, což Birinuccio neuvádí.

Čištění kyseliny dusičné stříbrem se stalo rutinním postupem, jak lze nalézt ve sbírce českých alchymických rukopisů ze 16. a 17. století<sup>20</sup>, kde poslední datace je z roku 1656: „Voda silná takto se dělá: vezmi jednu libru vitriolu, jednu libru sanytru, jednu libru alaunu benátského (kamence) ... Učiň z toho vodu silnou jakož toho obyčej jest první, tj. přední vodu vezmi zvlášť, a potom druhou a poslední spolu. A když máš tu vodu učíst ji, jakož obyčej jest, stříbrem ...“ Kromě zmínky o použití stříbra je zde popsáno v té době již také běžné jímání frakcí, když první z nich byla voda nebo nejvýš velmi zředěná kyselina, což naznačuje Birinuccio.

Originální použití kyseliny dusičné se objevilo v jedné z nejproslulejších údajných transmucí<sup>21</sup>, kterou roku 1677 provedl Johann Wenzel Seiler (? 1648–1681), Hof-Chymicus rakouského císaře Leopolda I. Alchymista přitom ponořil medailon prý stříbrný (40 x 37 cm, 7200 g) do „elixiru“, čiré kapaliny, v níž se ponořená část po chvíli proměnila ve zlato. Analýza medailonu<sup>22</sup> ukázala, že byl zhotoven ze slitiny středního složení (hm. %): Au 47,6, Ag 43,4, Cu 7,6 obsahující též malá množství cínu, zinku a železa. Pokus s modelovou slitinou téhož složení ukázal, že se ve zředěné HNO<sub>3</sub> (1:1) během dvaceti minut rozpustily z povrchu materiálu všechny doprovodné kovy, takže předmět zezlátl.

#### 4.4. *Graduatio* a *gradatio*

Jde o dva významem odlišné termíny, které však bývaly zaměňovány, což při nepřehlednosti jazyka alchymistů a řemeslníků nepřekvapuje. Kyselina dusičná se používala především v jednom z nich. Diskusi je účelné rozdělit do odstavců, v nichž budou naznačeny základy postupů, které budou nazývány počeštěnou podobou výrazů, tedy *graduace* a *gradace*.

##### 4.4.1. *Graduace*

Tento termín je starší a označoval takový způsob čištění zlata, kdy se v průběhu procesu naopak ještě přidával jiný kov. Potom lze rozlišit dvě základní varianty pro jednoduchost dále označené jako postup na suché (a) a mokré (b) cestě.

a) Zatím nejstarší evropský popis je ve středověkém řemeslnickém manuálu *De diversis artibus*, jehož autor je uváděn jako Theophilus Presbyter (mnich Theophilus)<sup>23</sup>. Rukopis vznikl asi ve 12. století a bývá pokládán za dílo metalurga Rogera z Helmarshausenu, jenž působil kolem roku 1100. Kapitola 33. nadepsaná „Cementování zlata“ podrobně popisuje, jak si počínat. Plíšky z nečistého zlata se mají střídavě prokládat prachem smíchaným se solí a zvlhčeným močí, a vše se má žíhat v uzavřeném tyglíku. Potom se má ke kovu přidat trochu červené mědi, vyrobí nová slitina a ta má být zpracována stejně jako předchozí. Postup se opakuje již bez přídavku mědi do konstantní hmotnosti kovu, kdy je zlato čisté. Je to tedy proces, kde se kyselina dusičná nepoužívá, ale šlo o jednu z variant cementování.

b) Analogický princip, totiž přidání dalšího kovu ke zlatu, jehož ryzost se měla stanovit, se po objevu kyseliny dusičné používal s ní. Nepřidávalo se však malé množství, ale trojnásobné, a to stříbra. Pro tento poměr, kdy na jeden díl nečistého zlata připadaly tři díly stříbra, byl postup nazýván také *quartatio* (kvartace, kvartování). Pod heslem „Quartura“ to jako zkoušení zlata definuje lexikon alchymie Martina Rulanda ml.<sup>24</sup> (1569–1611), přičemž se podle tohoto pramene používá *aqua stygia*.

Návod na takové čištění zlata je například v knize VII. *De re metallica*. Zlato má být nejprve přečištěno kupelací poměrně složitým postupem, kdy se k němu přidává trojnásobná hmotnost stříbra, později trocha mědi. Po kupelaci zůstává čistá slitina obou drahých kovů. Potom „jedna třetina libry zlata a jedna libra stříbra se musí vložit do kupely a roztavit“, získaná slitina se rozklepe na plíšky, které se srolují, vloží do skleněných ampulí a zalijí kyselinou dusičnou (*a. valens*). „Zahřívá se to mírným ohněm, a malé bubliny, tvarem perly připomínající, budou vidět zachycené na roličkách (plechu). Čím vypadá aqua červeněji, soudí se, že je to lepší; když červenost zmizela, malé bílé bubliny jsou vidět spočívající na roličkách, podobající se perlám nejen tvarem, ale i barvou.“ Kyselina se má vyměnit několikrát, načež se plíšky opláchnou dobrou vodou, vysuší a zváží.

Úspěch postupu záležel na zkušenosti prubíře, neboť roli hrál obsah zlata ve výchozí slitině, množství přidaného stříbra a kvalita použité kyseliny dusičné. Podstatou metody bylo dosáhnout toho, aby měla kyselina co největší přístup do slitiny. Pokud v ní byl dostatek stříbra, kyselina dusičná ho rozpouštěla a vytvářela větší dutiny, takže odstranila i většinu tohoto kovu ve výchozím zlatu. Přesto, jak Agricola upozorňuje, musí se počítat s tím, že i tak zůstane něco stříbra v plíšcích, takže je nezbytná korekce, kterou také uvádí. Stejný princip, umožnit maximální přístup do nitra slitiny, byl rovněž v základu suchého postupu popsaneho Theophilem.

#### 4.4.2. Gradace

Jak uvádí Schneider<sup>25</sup>, termín *gradatio* označoval v alchymii „zlepšení“ kovů, jejich transmutaci, takže postup od obecných kovů ke zlatu měl probíhat přes různé stupně gradace. Ve staré češtině se někdy psalo o „povýšení kovů“ právě ve smyslu jeho transmutace v drahý. V Rulandově *Lexikonu* (str. 245) je též heslo „Gradatio“ se svým synonymem „exaltatio“ s vysvětlením, že jde o to dosáhnout nejdokonalejšího stupně (*gradu excellentem*) hmotnosti i barvy kovů: musejí být změněny jak jeho skryté (okultní), tak vnější (manifestní) vlastnosti. Jestliže je bílý, musí zežloutnout či zežloutnout, což je manifestní vlastnost, pokud je těkavý, musí se stát „fixním“ (netěkavým, když zlato bylo pokládáno za nejvíce „fixní“ kov), což je vlastnost okultní.

Právě termín *gradatio* lze dát do souvislosti s Agricolovým desátým návodem na kyselinu dusičnou a se čtyřmi podobnými dále v téže kapitole, a také s Libaviovou zmínkou o větším počtu *aquae fortes*. V těchto případech šlo o přípravky, kdy část výchozích složek sice sloužila k výrobě kyseliny dusičné případně lučavky královské, ovšem navíc se přidávaly předem nebo dodatečně ještě další sloučeniny a získaný preparát samozřejmě netransmutoval kovy, ale v ideálním případě jim dodával povrchové zbarvení napodobující některý z drahých kovů, což byla jedna z technik domnělé transmutace<sup>26</sup>.

Jako příklad mohou posloužit návody z *Primum manuale* připisovaného Paracelsovi<sup>27</sup>. Podle jednoho nadpisu je to „Aqua fortis, do níž když Luna vložena jest, stane se zlatem“. V alchymické terminologii označovala Luna stříbro, Sol byl zlato a Merkur objevující se v návodu byla rtuť. „Vezmi vitriolu a sanytru stejné množství, kamence jednu unci. Vysrážej *aqua fortis* surovým Merkurem. Poté to promění Lunu ve zlato.“ Analýza alchymických receptů bývá obtížná, často nemožná, což platí také o tomto zdánlivě velmi jednoduchém. Podle návodu by měla vzniknout kyselina dusičná, ovšem není jasná formulace o jejím vysrážení rtuť, tím méně pak o proměně stříbra ve zlato získaným produktem. Nelze odhadnout, co by mělo obarvit stříbro na žluto.

Další možností bylo připravit produkt, jenž by mohl v celém objemu připomínat zlato, což měl být případ jiného postupu z téhož manuálu. Jako výchozí složky jsou předepsány kamenec, sanytr, vitriol, dále pak verdigris a rumělka (HgS). Z této směsi se má vyrobit kyselina dusičná a nalít na směs rumělky, surové rtuti a červeného vitriolu (patrně Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> připravený žiháním síranu železnatého). Následovat má destilace, blíže nepopsané čištění, a v produktu se má rozpustit stříbro. Po třiceti dnech se údajně objeví zlato. Stejně jako v předchozím případě se nelze vyjádřit k chemismu tohoto procesu. Návody tohoto typu jsou v alchymických textech běžné a jak se ukazuje, ne vždy se psalo o gradaci, i když to byl často úplně stejný postup, který měl v jiném pramenu právě toto označení. Některé další podobné Paracelsovy preparáty uvádí Libava jako *aqua graduale Paracelsi*.

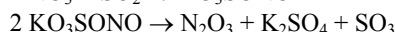
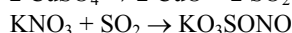
## 5. Rekonstrukce výroby kyseliny dusičné

Ve druhé polovině minulého století se Schröder<sup>28</sup> pokusil zreprodukovat staré postupy výroby kyseliny dusičné, přičemž se snažil o co nejuvěrnější přiblížení dobovým praktikám. Pokud to bylo možné, reaktanty pocházely z ložisek těžených v minulosti, což se týkalo minerálů, v některých případech bylo možné použít látky, které se zachovaly v použitelném stavu v různých sbírkách. V ostatních případech respektoval Schröder fakt, že ingredience používané v minulosti obsahovaly nečistoty a pokusil se přiblížit tomuto stavu modelovými látkami. Stejně si počínal při volbě laboratorního náčiní a aparatur včetně toho, že jejich spoje utěsňoval „lutem“, hlinou, do níž byly přimíchány koňské žíně, sláma apod. Také zahřívání prováděl zprvu dřevem, než zjistil, jak se mění teplota, takže později používal moderní topná tělesa s tím, že teplota byla zvyšována stejně jako při použití dřeva nebo dřevěného uhlí. Ve svých experimentech zopakoval dva postupy, jejichž produkty, jak bylo výše uvedeno, byly v minulosti pokládány za odlišné preparáty:

*Aqua fortis*: směs 150,0 g sanytru, 150,0 g vitriolu a 50,0 g kamence se podrobila suché destilaci v hliněné baňce při teplotě přibližně 800 °C. Výtěžek přepočtený na HNO<sub>3</sub> byl 50,0 g, což bylo 74 % teoretické hodnoty. Jak Schröder uvádí, získal modrou kapalinu, jejíž zbarvení způsoboval oxid dusitý; po nějaké době zbarvení zmizelo. Analýza ukázala, že produktem byla směs obsahující HNO<sub>3</sub> koncentrace 51 % a malé množství HNO<sub>2</sub> (0,4 %).

*Spiritus nitri*: byla provedena suchá destilace směsi 50,0 g sanytru a 150,0 g bolus alba (hydratovaný hlinitokřemičitan, kaolin), rovněž v hliněné destilační nádobě při teplotě 800–1000 °C. Získaných 8,0 g modrozeleného destilátu odpovídá v přepočtu na čistou HNO<sub>3</sub> asi 32 % teoretického výtěžku. Produktem byla HNO<sub>3</sub> koncentrace 53,2 % a malé množství HNO<sub>2</sub> (0,6 %). Barva produktu se časem změnila na světle žlutou.

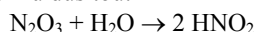
O chemický výklad prvního z procesů se pokusili Soukup a Mayer<sup>29</sup>. Podle nich pouze jeden z Agricolových návodů poskytuje skutečně kyselinu dusičnou, totiž ten, který vychází ze 4 liber vitriolu, 2½ libry sanytru, ½ libry kamence a 1½ libry pramenité vody. Toto složení se blíží šestému návodu z *De re metallica*. Jestliže se postupuje, jak to popsali Agricola, je podle autorů „vidět modrá, resp. chvílemi zelená kapalina v chladiči, která za mohutného vývinu plynů kape do recipientu.“ Je to oxid dusitý vznikající sledem reakcí:



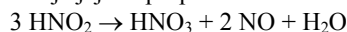
Pokud není chlazení dostatečné, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se rozkládá:



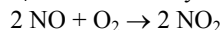
v opačném případě se tento oxid rozpouští ve vodě na kyselinu dusitou:



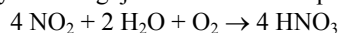
a následuje její disproportionace:



Oxid dusnatý reaguje s kyslíkem vznikajícím rozkladem  $\text{CuSO}_4$  na oxid dusičitý:

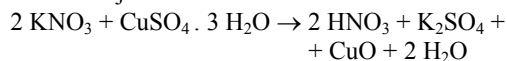


který dále reaguje s vodou na další podíl kyseliny dusičné:



Při vyšších teplotách a slabším chlazení kondenzátu mohou probíhat také jiné reakce, přičemž se může tvořit nitrosylsírová kyselina, oxid sírový a vodní pára, a v takových případech nemusí vznikat oxid dusitý. Za těchto podmínek se může přímo vytvářet směs kyseliny sírové a dusičné (viz dále, Lemery). Odlišný průběh některých reakcí může být způsoben použitím keramických destilačních nádob, kdy do procesu vstupují křemičitany. Kontaminace sanytru chloridem draselným vede, jak výše uvedeno, ke vzniku jistého množství kyseliny chlorovodíkové.

Jestliže byl vitriol předem kalcinován, tedy zčásti zbaven krystalové vody, lze podle citovaných autorů zapasat sumární děj rovnicí:



## 6. Konec „vody“ a „ducha“

Roku 1675 vydal Francouz Nicolas Lemery (1645 až 1715) první učebnici chemie<sup>30</sup>, *Cours de chimie*, která byla následujících sto let uznávaným pramenem. V tomto díle je kyselina dusičná uvedena dvakrát, totiž jako *aqua fortis* a jako *spiritus nitri*. V případě *aquae fortis* se má vycházet ze směsi sanytru, kalcinovaného vitriolu a suché hlíny, a jak Lemery píše, produktem je směs „spiritu nitri a vitrioli“, tedy kyselin dusičné a sírové.

Zajímavý je autorův komentář. Vitriol a hlína slouží prý jen k tomu, aby od sebe oddělily částice sanytru, které jsou navzájem příliš pevně spojené. Lemery se v řadě svých komentářů pokouší o korpuskulární vysvětlení různých procesů, čímž navazuje na tyto představy, jak je začali rozpracovávat evropští alchymisté již ve vrcholném středověku<sup>31</sup>. Podle Lemeryho pochází největší korozivní schopnost *aquae fortis*, tedy její schopnost rozpouštět kovy, ze sanytru, zatímco vitriol má v tomto ohledu jen slabý účinek. Dodává však, „musím uznat, že oleum vitrioli je velmi korozivní ...“ To byl problém kyseliny sírové, která byla rovněž známá ve více formách lišících se koncentrací. *Oleum vitrioli* byla forma, které zůstal triviální název oleum dodnes.

*Spiritus nitri* se má destilovat ze směsi sanytru se suchou hlínou, přičemž nejprve se má na slabém ohni během 4–5 hodin oddestilovat „flegma“ (voda) a vylít „jako nepotřebné“. Po zesílení ohně se přibližně dvě hodiny objevují bílé dýmy, a když se plamen zesílí „na největší sílu“, následují dýmy červené. Celý proces trvá přibližně 14 hodin. Jak Lemery píše v komentáři, bílé dýmy pocházejí z těkavé složky sanytru a poskytují jen slabý spiritus, což je správný postřeh, protože to je opět především vodní pára. Červené dýmy pocházejí z „fixní části“ sanytru a ty teprve činí spiritus velmi silným, což je důvodem, proč se

má oheň v závěrečné fázi procesu tak zesílit.

Lemery tedy stále uváděl dvě kyseliny dusičné lišící se způsobem přípravy, ale u první z nich, třebaže používal klasický termín pro kyselinu dusičnou, uvažoval také současně příměs kyseliny sírové. To byl ovšem problém techniky přípravy, jak je uvedeno v předchozím odstavci. Naproti tomu Glauber již dříve soudil, že „*spiritus nitri* a *aqua fortis* jsou spíše jedna věc a mají stejný účinek.“ Přesto dvojice kyselin dusičných pokračovala v existenci, až roku 1735 napsal skotský chemik William Cullen (1710?–1790)<sup>31</sup>: „Je to zcela nepatřičné podporovat, jako by to bylo nějakou autoritou, rozdíly ve jménech, když není skutečného rozdílu ve věci. Jak snadno tato rozdílná jména zavádějí lze pozorovat z toho, že se v téměř každé tabulce ve dvou odlišných částech objevují specifické váhy spiritum nitri a aquae fortis.“

Kyselina dusičná se definitivně stala jednou sloučeninou v klasickém spisu *Méthode de nomenclature chimique*<sup>33</sup>, kde je jako *acide nitrique*, když dusitá je *acide nitreux*. V dalším významném Lavoisierově (1743–1794) díle<sup>34</sup>, *Traité élémentaire de Chimie* z roku 1789, kde se v kapitole IX. zabývá tepelnou bilancí různých procesů (připomeňme, že teplo, *calorique*, považoval za hmotnou substanci), je odstavec věnovaný vzniku kyseliny dusičné oxidací kyseliny dusité, kde autor dospívá k závěru, že „když je kyslík fixován do kyseliny dusičné, uchovává si velkou část tepla, které měl.“ Výrazivo ještě zůstává v mnohém poplatné předchozím dobám, ale experimenty jsou již chemické. Kyselina dusičná se stala jednou sloučeninou.

*Tato práce vznikla za podpory GA AV ČR grantem IAA 800330702.*

## LITERATURA

1. Darmstaedter E., v knize: *Die Alchemie des Geber*, str. 113. J. Springer, Berlin 1922.
2. Read J., v knize: *Prelude to Chemistry*, str. 48. G. Bell & Sons, London 1961.
3. Kraus P., v knize: *Alchemie, Ketzerrei, Apokryphen im frühen Islam*, str. 27. G. Olms, Hildesheim 1994.
4. Fück J. W.: *Ambix* 4, 81 (1951).
5. Newman W. R.: *Sudhoffs Archiv* 69, 76 (1985).
6. Newman W. R.: *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 35, 240 (1985).
7. Newman W. R.: *The Summa Perfectionis of Pseudo-Geber. A Critical Edition, Translation & Study*. E. J. Brill, Leiden 1991.
8. Priesner C., v knize: *Lexikon alchymie a hermetických věd* (Priesner C., Figala K., ed.), str. 168. Vyšehrad, Praha 2006.
9. Feldman M. R.: *J. Chem. Educ.* 57, 877 (1980).
10. Knihovna Národního muzea v Praze, rkp. V H 21.
11. Ramage A., Craddock P.: *King Croesus' Gold. Excavations at Sardis and the History of Gold Refining*. The British Museum Press, London 2000.
12. Darmstaedter E.: *Berg-, Probir-, und Kunstbüchlein*.

- Verl. der Münchener Drucke, München 1926.
13. Soukup R. W., v knize: *Chemie in Österreich. Bergbau, Alchemie und frühe Chemie*, kap. 5. Böhlau Verl., Wien 2007.
  14. Agricola G.: *De re metallica*, (přel. Hoover H. C. a L. H.). Dover Publ., New York 1950.
  15. Ercker L.: *Beschreibung Allerfürnemisten Mineralischen Ertzt*, fol. LXVII, r. Prag 1574.
  16. *Die Alchemie des Andreas Libavius. Ein Lehrbuch der Chemie aus dem Jahre 1597*, Kniha II., kap. XXVI a XXVI. Verl. Chemie, Weinheim 1964.
  17. Debus A. G.: *ISIS* 55, 43 (1964).
  18. Klein U., v knize: *Verbindung und Affinität*, str. 141. Birkhäuser, Basel 1994.
  19. *The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio*, (přel. Smith C. S., Gnudi M. T.). Kniha IV. Dover, New York 1990.
  20. Knihovna Národního muzea v Praze, rkp. III H 11, str. 359.
  21. Karpenko V., v knize: *The Mystical Metal of Gold. Essays on Alchemy and Renaissance Culture* (Linden S. J., ed.). AMS Press, New York 2007.
  22. Strebing R., Reif W.: *Mitteilungen der Numismatischen Gesellschaft in Wien XVI*, 209 (1932).
  23. Theophilus, v knize: *On Divers Arts*, (přel. Hawthorne J. G., Smith C. S.) str. 108. Dover, New York 1979.
  24. *Lexicon Alchemiæ sive dictionarium alchemisticum, ... auctore Martino Rulando*, Frankfurt 1612.
  25. Schneider W.: *Lexikon alchemistisch-pharmazeutischer Symbole*. Verl. Chemie, Weinheim 1962.
  26. Karpenko V.: *Ambix* 39, 47 (1992).
  27. Waite A. E., v knize: *The Hermetic and Alchemical Writings of Paracelsus the Great*, Vol. I, str. 342. The Alchemical Press, Edmonds 1992.
  28. Schröder G., v knize: *Die pharmazeutisch-chemischen Produkte deutscher Apotheken im Zeitalter der Chymie*, str. 59. Herbig, Bremen 1957.
  29. Soukup R. W., Mayer H.: *Alchemistisches Gold. Paracelsische Pharmaka*. Böhlau Verl., Wien 1997.
  30. Lemery N., v knize: *Cours de Chymie, oder der vollkommene Chymist*, str. 522, 531. Dresden 1726.
  31. Newman W. R.: *Atoms and Alchemy*. The University of Chicago Press, Chicago 2006.
  32. Dobbin L.: *Ann. Sci.* 1, 147 (1936).
  33. De Morveau G., Lavoisier A.-L., Berthollet C. L., De Fourcroy A.-F.: *Méthode de Nomenclature Chimique*, Paris 1787.
  34. Lavoisier A.-L.: *Elements of Chemistry*, (přel. Kerr R.). Edinburgh 1790.

**V. Karpenko** (*Department of Physical and Macromolecular Chemistry, Faculty of Science, Charles University, Prague, Czech Republic*): **The Past of Nitric Acid: Water or Spirit?**

In the present review attention is paid to the complex and sometimes obscure names for HNO<sub>3</sub>, particularly in alchemy, which often led to confusion because some of them were interchangeably used for different mineral acids. The names for HNO<sub>3</sub> are divided into three groups: names derived from the Aristotelian element water, those pointing to the origin from sal nitrum, potassium nitrate, and code words preferred by alchemists. HNO<sub>3</sub> became a problematic compound which seemed to exist in several variants. Two of them, *aqua fortis* and *spiritus nitri*, prepared in different ways, were distinguished as two forms of HNO<sub>3</sub> till the 18<sup>th</sup> century. Modified preparations with added compounds of iron, arsenic, mercury and others were also described. In these cases, the final product was sometimes denoted *aqua fortis*; in alchemy the name *aqua graduale* was common. The rather complex mixtures were used in alchemy for attempted transmutation of metals. The review sums up the present state of knowledge, and turns attention to the questions that should be answered: more precise dating of the discovery of HNO<sub>3</sub> and of its form known as *spiritus nitri*. Alchemical recipes are a further problem: only rarely were they explained in terms of modern chemistry. A part of the review deals with attempts to reproduce the recipes under laboratory conditions, which could explain what reactions actually occurred. The history of HNO<sub>3</sub> thus calls for further research.