

VÝUKA CHEMIE

SYSTEMATICKÉ NÁZVOSLOVIE KYSLÍKATÝCH KYSELÍN, ICH ANIÓNOV A KATIÓNOV A POLYOXOMETALÁTOV

LUKÁŠ KRIVOSUDSKÝ^a
a MICHAL GALAMBOŠ^b

^a Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra anorganickej chémie, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava, ^b Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava
lukas.krivosudsky@uniba.sk, michal.galambos@uniba.sk

Došlo 20.6.19, prijaté 2.12.19.

Kľúčové slová: nomenklatúra, názvoslovie, anorganická chémia, kyselina, polyoxometalát

Obsah

1. Úvod
2. Názvoslovie kyselín
 - 2.1. Kyslíkaté kyseliny
 - 2.2. Komplexné kyseliny
 - 2.3. Izopoly- a heteropolykyseliny
3. Problém kyslíkatých kyselín
4. Katióny kyselín
5. Izopoly- a heteropolykyseliny a ich anióny, polyoxometaláty
6. Návrh názvoslovného systému

1. Úvod

Každý učebný text zaoberajúci sa chemickým názvoslovím zdôrazňuje, že jeho funkciou je zabezpečiť jasnú, zrozumiteľnú a presnú interpretáciu chemického vzorca^{1–4}. Pravidlá tvorby chemických vzorcov majú charakter matematických poučiek, ktorých platnosť je taká všeobecná, že väčšinou nepotrebujú osobitnú úpravu v jednotlivých jazykoch. Vytváranie názvov zo vzorcov je komplikovanejšie, ale aj tu si často vystačíme s viac-menej mechanickým postupom, pri ktorom sledujeme vopred odporúčané pravidlá. Zdanlivo nemôžu nastať komplikácie, pokiaľ sú pravidlá transformácie vzorca na názov a opačne definované správne. V tomto článku ukážeme, že to neplatí pre tvorbu názvov kyselín. Už v úvode zdôrazňujeme, že ustá-

lenie tohto názvoslovia bude možné len na základe konsenzu. V posledných rokoch sme sa pokúšali o priblíženie slovenského názvoslovia anorganických zlúčenín k názvosloviu medzinárodnému, teda k anglickému, ktoré odporúča Medzinárodná únia čistej a aplikovanej chémie (IUPAC)⁵. Či bol tento pokus úspešný, ukáže čas. Zaoberali sme sa skúmaním pôvodu slovenského názvoslovia anorganických zlúčenín a jeho špecifikami^{6,7}, ale rovnako sme sa venovali aj novým výzvam v chemickej terminológii, ako je zavádzanie valenčných prípon pre novoobjavené vyššie oxidačné stavy⁸. V sérii vysokoškolských učebníc „Názvoslovie anorganických látok“ sa dlhodobo venujeme aktualizácii slovenského názvoslovia anorganických látok^{9–11}. Akceptovanie niektorých názvoslovných pravidiel odporúčaných IUPAC považujú za dôležité evidentne aj iní slovenskí a českí autori^{12–15}. Diskusia v odborných kruhoch vyvolaná našimi a inými prácami ukázala, že názvoslovie ešte nie je úplne ustálené a najmä akceptované širokou chemickou verejnosťou. Tu máme na mysli predovšetkým chemikov pôsobiacich na vysokých školách, univerzitách, ústavoch SAV, učiteľov základných a stredných škôl i študentov^{16–20}. Ako radi pripomíname v našich prácach, názvoslovné pravidlá, ktoré vydáva IUPAC ako aj Slovenský národný komitét IUPAC, majú odporúčací charakter a nie sú (ani by nemali byť) záväzné. To sa týka aj nasledujúcej práce, v ktorej sme sa podujali analyzovať a diskutovať pravidlá tvorby slovenských systematických názvov kyselín a ich aniónov. Ukážeme, že v tomto prípade nie je možné aplikovať odporúčania IUPAC bez toho, aby sme sa vyhli logickým sporom.

2. Názvoslovie kyselín

Pred tým, ako sa budeme venovať použiteľnosti medzinárodne akceptovaných pravidiel pre tvorbu názvov kyselín do slovenčiny, zhrnieme v tejto kapitole pravidlá pre písanie názvov jednotlivých typov kyselín. Uvádžame len základné pravidlá, ktoré sú potrebné pri porovnaní slovenského a odporúčaného medzinárodného názvoslovia.

V roku 2018 vyšiel český preklad názvoslovej príručky IUPAC „Red Book“ pod názvom „Názvosloví anorganické chemie podle IUPAC. Doporučení 2005“ (cit.²¹). Táto publikácia nie je len prostým prekladom do češtiny, ale je aj vydarenou snahou o akceptáciu mnohých doteraz nevyžitých názvoslovných pravidiel angličtiny do českého jazyka. V kapitole IR-8 „Anorganické kyseliny a jejich deriváty“ autori dospeli k názoru, že slovo *kyselina* je v názvosloví používané nekonzistentne a jeho použitie v systematickom názvosloví je neakceptovateľné. S týmto záverom sa samozrejme dá súhlasiť. Vylúčenie slova *kyselina* z názvoslovného systému by pochopiteľne viedlo k značnému zjednodušeniu a zjednoteniu vytvárania ná-

zvov od seba typovo odlišných typov kyselín. Je to však za cenu straty informácie o tom, že daná látka je z chemického hľadiska považovaná za kyselinu. Hlavnou úlohou názvoslovného systému je poskytnúť algoritmy na vytváranie názvov zo vzorcov a informácia o štruktúre či vlastnostiach je až druhoradá, navyše tento systém má byť použiteľný aj na tvorbu názvov nových zlúčenín (napríklad $[\text{IrO}_4]^+$, cit.⁸) alebo neexistujúcich, resp. potenciálne existujúcich zlúčenín (napríklad z didaktických dôvodov). Domnievame sa ale, že citeľný zásah do systematického názvoslovia vyvolaný vylúčením termínu *kyselina* si vyžaduje intenzívnu diskusiu v odborných kruhoch. V našom návrhu sa preto ešte držíme tradičného spôsobu vytvárania názvov s použitím slova *kyselina* všade tam, kde to považujeme za užitočné.

2.1. Kyslíkaté kyseliny

Dvojslovný názov pozostáva zo substantíva *kyselina* a adjektíva, vytvoreného z koreňa názvu kyselinotvorného prvku s valenčnou príponou podľa oxidačného stavu, v ktorom sa daný atóm nachádza, napríklad:

H_2SO_4 kyselina sírová

Takto vytvorené názvy sú z hľadiska slovenského názvoslovia anorganických zlúčenín *úplne systematické*.

2.2. Komplexné kyseliny

Dvojslovný názov pozostáva zo substantíva *kyselina* a adjektíva, na vytvorenie ktorého použijeme pravidlá zaužívané pre vytváranie názvov komplexných kationov, hoci samotný komplex má aniónový charakter (rozdiel je iba v rode: anión v slovenčine je maskulinum a kyselina femininum), napríklad:

$\text{H}[\text{Au}(\text{OH})\text{Cl}_3]$ kyselina hydroxido-trichloridozlatitá

Prísne nahliadanie na túto kyselinu ako na koordinačnú zlúčeninu by viedlo k názvu hydroxido-trichloridozlatitan vodný – tento spôsob neodporúčame.

2.3. Izopoly- a heteropolykyseliny

Názvoslovie týchto zlúčenín je v slovenčine spomedzi všetkých kyselín najmenej ustálené. V rámci tejto skupiny zlúčenín je možné rozlišovať samostatnú skupinu látok – kyseliny (formálne či reálne) vytvorené z tzv. polyoxometalátov, kde je kyselinotvorným prvom kov. Počet a štruktúrna variabilita izopoly- a heteropolykyselín je obrovská, nie je preto ľahké vytvoriť názvoslovný systém, ktorý by bol súčasne zrozumiteľný ako aj súladný s pravidlami zavedenými pre jednoduchšie kyseliny a ich soli. Výsledkom je situácia, kedy sa v praxi radšej prikláňame k semisystematickému názvu. Názov aniónovej časti vytvoríme analogicky k názvom oxokyselín a ak sú prítomné dva kyselinotvorné prvky, koncovka *-á* prvého z nich sa zmení na *-ano*, napríklad:

$\text{H}_9[\text{PV}_{14}\text{O}_{42}]$ alebo $\text{H}_9[\text{V}_{14}\text{O}_{38}(\text{PO}_4)]$

kyselina nonahydrogenfosforečnano-tetradekavanadičná

Pri tomto type vzorca chceme upozorniť na už vžitú, očividne nie korektnú prax, a to že pri písaní vzorca použí-

vame pravidlá pre vytváranie vzorcov komplexných kyselín (používame hranaté zátvorky), ale názov zlúčeniny sa vytvára podľa pravidiel pre názvy kyslíkatých kyselín. Tento problém niektorí autori riešia tak, že pre vytvorenie názvu „násilne“ použijú pravidlá pre komplexné kyseliny, teda:

kyselina nonahydrogentetraoxidofosforečnano-oktatriakonta-oxidotetradekavanadičná

Na prvý pohľad systematicky vyzerajúci názov je v skutočnosti logickým nezmyslom, čo dokážeme v ďalšom texte.

3. Problém kyslíkatých kyselín

Kým názvoslovie bezkyslíkatých kyselín môžeme považovať za bezproblémové a ak sa zmierime s paradoxom, že pri vytváraní názvu aniónovej časti komplexnej kyseliny používame pravidlá pre vytváranie názvov komplexných kationov, pri pokuse o vytvorenie nových systematických názvov kyslíkatých kyselín a ich aniónov podľa pravidiel IUPAC nastávajú komplikácie, a to bez ohľadu na zložitosť danej molekuly. Pozrime sa krátko na spôsob, ako IUPAC odporúča tvoriť názvy tohto typu zlúčenín⁵. Napríklad:

H_3PO_4

preferovaný názov je *phosphoric acid*

Pri vytváraní systematických názvov IUPAC rozlišuje dva spôsoby, a to použitie substitučného alebo adičného názvoslovia. Pri substitučnom spôsobe sa vychádza z materského hydridu (λ^5 -phosphane, PH_3), v ktorom sa tri atómy vodíka nahradia skupinou $-\text{OH}$ a dva atómy vodíka skupinou $=\text{O}$, teda dostaneme názov:

trihydroxy- λ^5 -phosphanone

Pri adičnom spôsobe používame v princípe názvoslovie koordinačných zlúčenín, kedy vymenujeme druh a počet ligandov na centrálnom atóme fosforu:

trihydroxidooxidophosphorus

Alternatívny spôsob je možné použiť v prípade, že chceme explicitne vyjadriť počet atómov vodíka v kyseline. Zvyšok molekuly potom pomenujeme ako anión, napríklad:

$\text{H}_2\text{B}_2(\text{O}_2)_2(\text{OH})_4$

dihydrogen(tetrahydroxidodi- μ -peroxido-diborate)

Tento spôsob umožňuje relatívne jednoduchú tvorbu názvov aj komplikovanejších kyselín:

$\text{H}_4[\text{SiW}_{12}\text{O}_{40}]$ alebo $\text{H}_4[\text{W}_{12}\text{O}_{36}(\text{SiO}_4)]$

I. tetrahydrogen[(tetracontaoxidasilicododecatungsten)-ate] alebo

II. tetrahydrogen[hexatriacontaoxido(tetraoxidosilicato)dodecatungstate] alebo

III. tetrahydrogen(silicododecatungstate).

Kým názov **III** je najpoužívanejší, názvy **I** a **II** lepšie vystihujú štruktúru. V možnosti **I** sme postupne vyjadřili počet všetkých ligandov a centrálnych atómov, pričom k celému substantívu sme umelo pridali príponu *-ate*. V možnosti **II** je prípona *-ate* prirodzená (tungstate) a navyše sme v názve vyjadřili prítomnosť skupiny $(\text{SiO}_4)^{4-}$, ktorá vystupuje ako ligand (má teda príponu *-ato*). Tento

názov najlepšie vystihuje realitu, v praxi je však nemožné používať takýto názvoslovný systém bez poznania štruktúry kyseliny.

V poslednom období sa pod vplyvom anglického systematického názvoslovia začali v slovenskej chemickej literatúre objavovať nové názvy kyselín, ktoré využívajú adičné (ligandové) názvoslovie, napríklad:

H_3BO_3 kyselina trihydrogenboritá, ale aj kyselina *trihydroxidoboritá*, či *trioxidoboritá*,

H_3PO_4 kyselina trihydrogenfosforečná, ale aj kyselina *trihydroxidooxido-fosforečná*, či *trihydrogentetraoxido-fosforečná*.

Už na prvý pohľad je jasné, že slovenské názvy nie sú ekvivalentné anglickým názvom, pretože tie v systematických názvoch vypúšťajú slovo *acid* (v slovenčine zostalo ponechané slovo *kyselina*). Navyše, celá entita je v angličtine pomenovaná buď ako anión (s vyjadrením počtu atómov vodíka) alebo ako komplex, teda v oboch prípadoch ide o *substantívum*, zatiaľ čo v slovenčine bolo ponechané pôvodné *adjektívum*, ku ktorému sa umelo pripojili názvy „ligandov“, čím došlo k zmiešaniu adičného a tradičného názvoslovia kyslíkatých kyselín. Tento spôsob nomenklatúry považujeme za nesprávny, pretože nevystihuje štruktúru kyselín, a nesystémový, pretože porušuje doteraz platné názvoslovné pravidlá v slovenskom jazyku. V nasledujúcom prehľade predstavíme niekoľko dôvodov, prečo by mal byť tento spôsob novej nomenklatúry zavrhnutý.

1) Tieto názvy vznikli nepresným poslovenčením anglických názvov:

H_3BO_3 – *trihydroxidoboron*, správny preklad je *trihydroxidobór* (anglické názvoslovie nepozná valenčné prípony), nie *kyselina trihydroxidoboritá*. Názov *trihydroxidobór* je v rozpore s platnými pravidlami slovenského názvoslovia, pretože z neho vyplýva, že bór má oxidačné číslo 0 (neutrálne komplex), čo nie je pravda.

2) Názvy nevystihujú správnym spôsobom štruktúru kyselín. Použitie názvov ligandov naznačuje prítomnosť komplexnej častice, čo nie je v súlade s realitou. IUPAC odporúča používať adičný spôsob názvoslovia, ak celú entitu pomenujeme ako komplexnú časticu alebo ako anión kyseliny s uvedením počtu atómov vodíka. V oboch prípadoch je vzniknutý názov substantívom. Navyše, vďaka tomu, že angličtina nepozná prípony pre oxidačné stavy, názov *trihydroxidoboron* je v angličtine korektný, ale v slovenčine názov *trihydroxidobór* nezodpovedá žiadnej existujúcej častici. Ak teda na kyseliny nahliadame ako na komplexné častice a chceme použiť adičné názvoslovie, uvedené nové názvy sú v rozpore s už zaužívaným názvoslovím komplexných kyselín, napríklad: kyselina hydroxido-trichloridozlatitá $\text{H}[\text{Au}(\text{OH})\text{Cl}_3]$ správne kyselina trihydroxidoboritá $\text{H}_7[\text{B}(\text{OH})_3]$ nesprávne kyselina trioxidoboritá $\text{H}_3[\text{BO}_3]$? nesprávne

3) Akosi sa pozabudlo na základný princíp tvorby názvov kyslíkatých kyselín, a teda že ak v názve použijeme substantívum kyselina a adjektívum s valenčnou príponou, už z definície je jasné, že ide o kyslíkatú kyselinu. Vďaka tomu, že oxidačné číslo kyselinotvorného prvku vyjadríme príponou a tiež vymenujeme počet atómov ky-

selinotvorných prvkov a atómov vodíka, nie je potrebné vyjadrovať počet atómov kyslíka. Ak chceme alebo musíme uviesť aj počet atómov kyslíka (napríklad pre zabránenie zámene s inou kyselinou alebo pre lepší popis štruktúry kyseliny, resp. jej aniónu), môžeme použiť substitučné názvoslovné prípony, napríklad:

H_3BO_3 kyselina trihydroxoboritá (správny substitučný názov odvodený od BH_3 je borántriol)

H_2SO_5 kyselina peroxosírová, kyselina trioxoperoxosírová, kyselina dihydrogentrioxoperoxosírová

4) V prípade derivátov kyselín tento druh názvoslovia nerešpektuje princíp adičného názvoslovia. „Kyselina peroxidosírová“ by totiž musela reprezentovať takú zlúčeninu, v ktorej sa na centrálny atóm síry v kyseline sírovej aduje peroxidoligand, takže jej vzorec by musel byť H_4SO_6 alebo presnejšie $\text{H}_4\text{S}(\text{O}_2)_4$. Keďže však ide o substitúciu, je nutné použiť substitučnú predponu *peroxo-*.

5) Ako je už zrejme jasné, problém s novo používaným názvoslovím kyselín a ich aniónov spočíva v tom, že substitučné predpony boli mechanicky nahradené adičnými. Tento stav vznikol z dôvodu zavedenia nových prípon pre ligandy, kedy sa od roku 2005 odporúča používať prípony *-ido* namiesto *-o* (napríklad *fluorido-* namiesto *fluoro-*, *kyanido-* namiesto *kyano-*). Toto pravidlo však bolo zavedené pre adičné a nie substitučné predpony.

Z uvedeného vyplýva, že ak z rôznych dôvodov chceme alebo musíme vytvárať systematické názvy kyselín a ich solí, ktoré lepšie vystihujú štruktúru, môžeme sa držať doposiaľ platného spôsobu tvorby názvov s príponami jednotlivých substituentov *-o*. Za zlúčeninu, v ktorej dochádza k substitúcii, sa považujú príslušné hydridy kyselinotvorných prvkov, hoci aj formálne. Systematický názov kyseliny sírovej pomocou tohto systému vytvoríme vychádzajúc z neexistujúceho hydridu SH_6 , v ktorom 2 atómy vodíka nahradíme skupinou $=\text{O}$ a dva skupinou $-\text{OH}$, čím dostaneme názov *kyselina dihydroxidooxosírová*. Tento spôsob **využíva** substitučné názvoslovné prípony, **nejde však o substitučné názvy**. Substitučný názov kyseliny sírovej je dihydroxo- λ^6 -sulfandión.

Pri derivátoch kyselín sa za materskú zlúčeninu považuje príslušná nesubstituovaná kyselina. Počet (disociovateľných) atómov vodíka nemôžeme vyjadriť predponou *hydrogen-*, ale musíme použiť substitučnú predponu *hydroxo-*.

Ak chceme použiť adičné názvoslovie, treba rešpektovať pravidlá pre vytváranie adičných názvov a súčasne nepoužívať označenie „kyselina“. Môžeme teda písať:

H_3BO_3 trihydrogen(trioxidoboritan)

H_2SO_5 dihydrogen(trioxido-peroxidosíran)

$\text{H}_9[\text{V}_{14}\text{O}_{38}(\text{PO}_4)]$ nonahydrogen[oktatriakontaoxido-tetraoxidofosforečnano]-tetradekavanadičnan]

Tento typ názvoslovia je v súlade s odporúčaniami IUPAC, je však otázne, či je v slovenčine vôbec potrebný. Ak má byť systém jednoslovného pomenovania kyselín používaný, potom si treba zvyknúť na neštandardné použitie prípony *-an* pre neutrálne molekulu. Z tohto dôvodu navrhujeme, aby sa názov „**vnútorného aniónu**“ kyseliny písal vždy oddelený v zátvorke od slova *hydrogen* s vyjadreným počtom disociovateľných (kyslých) atómov

vodíka. Názvy aniónov sa potom jednoducho odvodí od názvov kyselín odčítaním daného počtu atómov vodíka, napríklad:

HPO_4^{2-} hydrogen(tetraoxidofosforečnan)

alternatívny názov: hydroxotrioxofosforečnan

SeO_4^{2-} tetraoxidoselénan

alternatívny názov: tetraoxoselénan

Ako vidíme, použitím adičného a substitučného názvoslovía dostaneme názvy s rovnakou príponou. Je to opäť dôsledok existencie valenčných prípon, ktoré v slovenčine máme a logicky ich použijeme v oboch prípadoch. V angličtine majú takto vytvorené názvy rôzne prípony (*trihydroxy- λ^5 -phosphanone* vs. *trihydroxidooxidophosphorus*).

4. Katióny kyselín

Kladne nabité ióny, ktoré vznikajú z kyselín prijatím hydrónu (napríklad H_2NO_3^+ , H_3SO_4^+ a pod.), je možné systematicky pomenovať len využitím adičného názvoslovía. IUPAC neodporúča používať systém tzv. acidiových katiónov oxokyselín, v ktorom sa mieša niekoľko názvoslovných systémov. Napríklad H_3SO_4^+ bol doposiaľ v slovenčine nazývaný *sulfátacidium*. Tento názov vznikol pripojením prípony *-acidium* k poslovenčenému anglickému (resp. latinskému) názvu síranového aniónu *sulfát*. Jednoslovné pomenovanie porušuje princíp binomickej nomenklatury iónových zlúčenín v slovenčine. Správne systematické názvy katiónov oxokyselín tvoríme nasledovne:

H_2NO_3^+ dihydroxido-oxidodusičný katión

H_3SO_4^+ trihydroxido-oxidosírový katión

5. Izopoly- a heteropolykyseliny a ich anióny, polyoxometaláty

Ako sme už naznačili, v prípade tejto skupiny zlúčenín dochádza ku komplikáciám, ktoré vyplývajú z dvoch skutočností.

Po prvé, ide o látky, ktoré môžu obsahovať desiatky až stovky, ba tisíce atómov, a to nielen atómov kyslíka, ale aj samotných kyselinotvorných prvkov a tzv. heteroatómov. Ilustrovať to môžeme na doposiaľ najväčšom pripravenom polyoxometaláte so zložením $[\text{Mo}_{368}\text{O}_{1032}(\text{H}_2\text{O})_{240}(\text{SO}_4)_{48}]^{64-}$. Má spolu 2360 atómov a rozmer ≈ 6 nm (cit.²²).

Systematické názvy týchto látok, nech by už boli vytvorené použitím akýchkoľvek doteraz platných pravidiel, sú nepraktické a nezrozumiteľné. Najväčšie polyoxometaláty dosahujú rozmery nanočastíc, podobne ako makromolekuly. Keďže názvoslovie napríklad proteínov sa riadi vlastnými pravidlami (a nie pravidlami pre názvoslovie organických molekúl), je na mieste uvažovať o podobnom prístupe k polyoxometalátom. Tejto úlohy by sa mali chopiť anorganickí chemici pracujúci v oblasti chémie polyoxometalátov.

Po druhé, na rozdiel od bežných kyslíkatých kyselín a ich aniónov, pri izopoly- a heteropolykyselinách a ich

aniónoch môžeme uvažovať o reálnych koordinačných zlúčeninách. Je nesporné, že medzi týmito dvoma skupinami kyselín existujú štruktúrne rozdiely. Preto považujeme za prirodzené, že pri vytváraní názvov polyoxometalátov budeme používať adičné názvoslovie.

Pod pojmom polyoxometaláty budeme teda rozumieť anióny izopoly- a heteropolykyselín prechodných prvkov. Pre jednoduchosť sa vo vedeckej literatúre pod týmto pojmom niekedy myslia aj príslušné voľné kyseliny. Samotný termín *polyoxometalát* je trochu nepresný. Anglický výraz *polyoxometalate* vyjadruje, že ide o aniónovú (-ate) entitu s veľkým počtom (*poly-*) atómov kyslíka (*oxo-*) na atóme kovu (metal). Prípona *-ate* je rovnaká ako v názvoch klasických aniónov kyslíkatých kyselín, napríklad *sulfate*, *perchlorate*, *vanadate* a pod. Slovenský ekvivalent *polyoxometalát* vznikol poslovenčením anglického termínu, a nie jeho prekladom. Správnym slovenským ekvivalentom by preto mal byť pojem *polyoxometalan* s aniónovou príponou *-an*, podobne ako v aniónoch *síran*, *chloristan*, *vanadičnan*. Aniónová prípona *-át* sa v slovenčine používa najmä pri vytváraní názvov organických aniónov (napr. *propanoát*, *benzéntiolát*, *benzénsulfonát*, *metanolát*), zriedkavo pre špecifické anorganické anióny, napr. *boráty*. Druhým problémom používania či už termínu *polyoxometalate* alebo *polyoxometalát* je predpona *-oxo*. Toto slovo vzniklo ešte v čase, keď IUPAC odporúčal názvy ligandov s príponou *-o*, teda napríklad *oxo*, *fluoro*, *kyano*. Po úprave z roku 2005 by teda správnym termínom mal byť *polyoxidometalate*, v slovenčine *polyoxidometalan*. Rýchly prieskum v databázach Scopus a Web of Science preukáže, že výraz *polyoxidometalate* nie je v literatúre takmer vôbec používaný. Dôležité je ešte dodať, že termín *polyoxometalate* je triviálny, nenájdeme ho v černej ani v zlatej knihe IUPAC^{5,23}. Za zväzovanie ešte stojí zavedenie pojmu *polyoxidokovan*, resp. *polyoxidokovať*.

Aby sme štruktúru aniónov polyoxidometalanov vyjadрили čo najpresnejšie, je rozumné prispôbiť do slovenčiny spôsob II (Sekcia 3, prípad $\text{H}_4[\text{W}_{12}\text{O}_{36}(\text{SiO}_4)]$) tvorenia názvov izopoly- a heteropolyaniónov a voľných kyselín, napríklad:

$\text{H}_4[\text{W}_{12}\text{O}_{36}(\text{SiO}_4)]$

tetrahydrogen[hexatriakontaoxido-(tetraoxidokremičitano)-dodekavolfráman]

$\text{H}_9[\text{V}_{14}\text{O}_{38}(\text{PO}_4)]$

nonahydrogen[oktatriakontaoxido-(tetraoxidofosforečnano)-tetradekavanadičnan]

$\text{H}_6[\text{W}_{18}\text{O}_{54}(\text{PO}_4)_2]$

hexahydrogen[tetrapentakontaoxido-bis-(tetraoxidofosforečnano)-oktadekavolfráman]

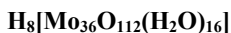
$[\text{Mo}_{368}\text{O}_{1032}(\text{H}_2\text{O})_{240}(\text{SO}_4)_{48}]^{64-}$

[tetrakontadiktaakva-ditriakontakiliaoxido-oktatetrakontakis(tetraoxidosíran)-

oktatriakontatrikamolybdénanový] anión*

Názvy aniónov a katiónov odvodených od voľných izopoly- a heteropolykyselín sa tvoria analogicky, mení sa len počet hydrónov vyjadrený pomocou predpony *hydrogen-* s danou číslovkovou predponou. Názov „**vnútorného aniónu**“ píšeme vo vzorci aj v názve v hranatej zátvorke.

Takýto spôsob písania vzorcov je v súlade s už zaužívaným spôsobom zápisu vzorcov komplexných kyselín. Z toho vyplýva, že voľné kyseliny odvodené od polyoxidometalanov môžeme pomenovať aj využitím doterajšieho spôsobu tvorenia názvov komplexných kyselín, teda napríklad:



kyselina hexadekaakva-dodekaheptaoxidohexatrikontamolybdénová

Z uvedeného ďalej vyplýva, že názov označený (*) môžeme písať aj bez hranatých zátvoriek.

Úvaha o preferovaní adičného názvoslovía pri vytváraní názvov izopoly- a heteropolykyselín a ich solí nás prirodzene privádza k názoru, že systematické názvy všetkých kyselín a ich solí by mali byť tvorené jednotne. Doterajší rozbor používaného názvoslovía nás preto vedie k návrhom, ktoré s rozvahou implementujú odporúčania IUPAC do slovenského názvoslovía anorganických zlúčenín.

6. Návrh názvoslovného systému

1) Navrhujeme, aby sa v názvosloví kyslíkatých kyselín a ich solí používal doterajší tradičný spôsob vytvárania názvov všade tam, kde je to možné. Tieto názvy považujeme za preferované. V derivátoch kyselín vyjadríme druh substituenta substitučnou príponou. Napríklad:

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ kyselina dihydrogendisírová

HSFO_3 kyselina fluorosírová

HS_2O_7^- hydrogendisíranový anión, hydrogendisíran

NO_4^- peroxidusičnanový anión, peroxidusičnan

2) Navrhujeme, aby sa substitučné názvoslovné prípony nepoužívali pre kyseliny, ktoré okrem skupín $-\text{OH}$ a $=\text{O}$ neobsahujú žiadne iné skupiny na kyselinotvornom (centrálno) prvku. Napríklad:

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ nenazývať kyselina dihydroxopentaoxidodisírová

3) Navrhujeme, aby sa pri tvorbe akceptovaných systematických názvov kyselín používal adičný systém, a to takým spôsobom, že jednoslovný názov kyseliny pozostáva z predpony *hydrogen-* s predponou vyjadrujúcou počet disociovatelných atómov vodíka**, ďalej nasledujú *ligandy* v abecednom poradí s predponami vyjadrujúcimi ich počet oddelené spojovníkom a názov je ukončený koreňom slova *centrálneho atómu* s valenčnou príponou so zakončením *-an*. Názvy a počty ligandov a centrálnych prvkov sú uzavreté v okrúhlej zátvorke a táto časť názvu kyseliny sa považuje za **vnútorný anión** kyseliny. Názvy

odvodených aniónov kyselín tvoríme analogicky odčítaním daného počtu atómov vodíka. Názvy kationov kyselín tvoríme nahradením príslušného počtu oxido ligandov hydroxido ligandmi podľa toho, koľko hydrónov prijala východisková molekula kyseliny. Napríklad:

$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ dihydrogen(heptaoxidodisíran)

HS_2O_7^- hydrogen(heptaoxidodisíran)

resp. hydrogen(heptaoxidodisíranový) anión

NO_4^- (dioxido-peroxidodusičnan)

resp. (dioxido-peroxidodusičnanový) anión

H_2PO_3^- , resp. HPHPO_3^- hydrogen(hydrido-trioxido-fosforitan)

resp. hydrogen(hydrido-trioxidofosforitanový) anión

H_4PO_4^+ tetrahydroxidofosforečný kation

4) Navrhujeme, aby sa anióny izopoly- a heteropolykyselín prechodných prvkov označovali triviálnym názvom *polyoxidometalany*.

5) Navrhujeme, aby sa systematické názvy izopoly- a heteropolykyselín tvorili obdobne ako systematické názvy kyslíkatých kyselín. Za preferované názvy však považujeme tie, pri ktorých sme použili pravidlá pre vytváranie názvov komplexných kyselín. Pri vytváraní systematických názvov polyoxidometalanov postupujeme rovnako ako pri vytváraní systematických názvov aniónov kyslíkatých kyselín.

$\text{H}_2[\text{Mo}_6\text{O}_{19}]$

kyselina nonadekaoxidohexamolybdénová alebo dihydrogen[nonadekaoxidohexamolybdénan]

$[\text{W}_{12}\text{O}_{36}(\text{PO}_4)]^{3-}$

hexatriakontaoxido(tetraoxidofosforečnano)dodeka-volfráman

6) Za úvahu stojí analyzovať problém rozkolu názvoslovía v anorganickej a organickej chémii. Používanie rozličných substitučných prípon v týchto dvoch názvoslovných systémoch sa zdá byť celkom nezmyselné:

H_2SO_4 kyselina sírová

HSFO_3 kyselina fluorosírová

CH_3COOH kyselina octová

CE_3COOH kyselina trifluorooctová

Autori ďakujú za finančnú podporu Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied, č. projektu VEGA 1/0507/17. Autori ďakujú doc. RNDr. Jozefovi Tatierskemu, PhD., a prof. RNDr. Petrovi Schwendtovi, DrSc., (Katedra anorganickej chémie PriF UK, Bratislava) za podnetnú diskusiu a kritické poznámky k rukopisu.

** Ak nevieme rozlíšiť počet disociovatelných atómov vodíka (nepoznáme štruktúru), použijeme predponu *hydrogen* pre všetky prítomné atómy vodíka, teda napríklad H_3PO_2 bude trihydrogen(dioxidofosforan). Takýto názov považujeme za neakceptovaný systematický názov. Akceptovaný systematický názov je hydrogen(dihydrido-dioxidofosforan).

LITERATÚRA

- Horecký J.: Slovo a tvar 2, 75 (1948).
- Horecký J.: Kultúra slova 27, 140 (1993).
- Zikmund M.: *Ako tvoriť názvy v anorganickej chémii*. SPN, Bratislava 1995.
- Wambach V.: *Človek a jeho jazyk. 3. Inšpirácie profesora Jána Horeckého, Konferencia pri príležitosti 90. výročia narodenia profesora Jána Horeckého, 20.–22.1.2010* (Šimková M., ed.), str. 605, Smolenice, VEDA, SAV 2015.
- Hartshorn R. M., Hellwich K.-H., Yerin A., Damhus T., Hutto A. T.: *Brief Guide to the Nomenclature of Inorganic Chemistry (IUPAC)*, Red Book Essentials 2015.
- Galamboš M., Levická J.: Chem. Listy 110, 678 (2016).
- Galamboš M., Krivosudský L., Levická J.: Chem. Papers 71, 699 (2017).
- Krivosudský L., Galamboš M., Levická J.: Chem. Listy 111, 509 (2017).
- Galamboš M., Kufčáková J., Kuruc J., Roskopfová O., Tatiersky J.: *Názvoslovie anorganických látok. Princípy a príklady*. Univerzita Komenského, Bratislava 2009.
- Galamboš M., Tatiersky J., Roskopfová O., Kufčáková J.: *Názvoslovie anorganických látok*. Univerzita Komenského, Bratislava 2011.
- Galamboš M., Tatiersky J., Krivosudský L., Roskopfová O., Levická J.: *Názvoslovie anorganických látok*. Univerzita Komenského, Bratislava 2016.
- Boča R.: *Chémia koordinačných a organokovových zlúčenín*. STU, Bratislava 2009.
- Slavíček P., Kotek J.: Chem. Listy 104, 286 (2010).
- Szabó E.: Chem. Listy 111, 424 (2017).
- Slavíček P., Muchová E.: Chem. Listy 113, 198 (2019).
- Kyseľová K.: *Názvoslovie v anorganickej chémii*. Hutnícka fakulta TU, Košice 2001.
- Sirota A., Adamkovič E.: *Názvoslovie anorganických látok pre gymnáziá*. SPN, Bratislava 2003.
- Poláček Š., Puškáš J.: *Chemické názvoslovie a základné chemické výpočty*. Príroda, Bratislava 2006.
- Slovenské chemické názvoslovie v medicíne*. Asklepios 2011. <http://www.datasolution.sk/pdf/termin7.pdf?PHPSESSID=9c9d4c3dcf9c89244>, stiahnuté 15. 6. 2019.
- Drahoš B., Křikavová R.: *Názvosloví anorganických látek a bezpečnost v laboratoři v angličtině*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2013.
- Vinklárek J., Sedmidubský D.: *Názvosloví anorganické chemie podle IUPAC. Doporučení 2005*. Český překlad: Connelly N. G, Damhus T., Hartshorn R. M., Hutton A. T.: *Nomenclature of Inorganic Chemistry (IUPAC Recommendations 2005)*, The Red Book, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 2018.
- Müller A., Beckmann E., Bögge H., Schmidtman M., Dress A.: *Angew. Chem., Int. Ed.* 41, 1162 (2002).
- McNaught A. D., Wilkinson A.: *Compendium of Chemical Terminology. (IUPAC Recommendations) The Gold Book*. 2. vyd. Blackwell Science 1997.

L. Krivosudský^a and M. Galamboš^b (^aComenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Department of Inorganic Chemistry, Bratislava, Slovak Republic, ^bComenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Department of Nuclear Chemistry, Bratislava, Slovak Republic): **Systematic Nomenclature of Oxoacids, their Anions and Cations and Polyoxometalates**

Systematic nomenclature of oxoacids, their ions and the so called polyoxometalates is not settled in Slovak language yet. In this work we analyze issues that were introduced in nomenclature by noncontrolled artificial systematization of these names according to the English nomenclature recommended by IUPAC. We found out that the creation of systematic names of this group of compounds is not possible without breaking currently valid general nomenclature rules and we propose a novel method for naming of the anionic part of an acid. We therefore introduce the term “inner anion of an acid”. We use additive nomenclature when naming this component of an acid. This nomenclature system enables one to unify the naming of all oxoacids, isopoly- and heteropolyacids, their derivatives and ions.

Keywords: nomenclature, terminology, inorganic chemistry, acid, polyoxometalate

Acknowledgements

The authors are grateful to the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education of Slovak Republic and Slovak Academy of Sciences VEGA Project No. 1/0507/17. The authors thank doc. RNDr. Jozef Tatiersky, PhD. and prof. RNDr. Peter Schwendt, DrSc. (Department of Inorganic Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava) for inspiring discussion and critical evaluation of the manuscript.