

PLATINOVÉ KOVY Z AUTOMOBILOVÝCH KATALYZÁTORŮ V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

LUCIE SIKOROVÁ^a, ROMAN LIČBINSKÝ^b
a VLADIMÍR ADAMEC^c

^a Laboratoř výzkumu a managementu rizik, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Lumírova 13, 700 30 Ostrava, ^b Divize dopravní infrastruktury a životního prostředí, Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., Líšeňská 33a, 636 00 Brno, ^c Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava

lucie.sikorka@vsb.cz, roman.licbinsky@cdv.cz

Došlo 8.4.10, přijato 24.6.10.

Klíčová slova: platinové kovy, automobilové katalyzátory, emise, zdravotní rizika

Obsah

1. Úvod
2. Automobilové katalyzátory
3. Emise platinových kovů z automobilových katalyzátorů a jejich koncentrace v životním prostředí
 - 3.1. Stanovení platinových kovů ve výfukových plynech
 - 3.2. Stanovení platinových kovů ve složkách životního prostředí
4. Nebezpečnost platinových kovů a související zdravotní rizika
 - 4.1. Toxicita platinových kovů
 - 4.2. Transformace, chování a biodostupnost platinových kovů po jejich vstupu do životního prostředí
 - 4.3. Transformace, chování a biodostupnost platinových kovů po jejich vstupu do lidského organismu
5. Závěr

1. Úvod

Pojmem platinové kovy jsou označovány chemické prvky platina (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), iridium (Ir), ruthenium (Ru) a osmium (Os). Tyto kovy se přirozeně vyskytují v životním prostředí jen ve velmi malých množstvích. Průměrné obsahy Pt, Pd, Rh, Ir, Ru a Os v zemské kůře se odhadují na 0,01 ppm, 0,015 ppm, 0,0001 ppm, 0,001 ppm, 0,0001 ppm a 0,005 ppm. Jejich hlavním zdrojem jsou sulfidické rudy obsahující společně nikl a měď, které se nacházejí zejména v Jižní Africe, Ka-

nadě a na Urale¹. Platinové kovy jsou ušlechtilé, chemicky málo reaktivní materiály¹ a jejich mimořádná chemická odolnost a mechanické vlastnosti je předurčují pro řadu nejrůznějších aplikací. Jedno z nejvýznamnějších využití nacházejí v automobilových katalyzátorech, kde slouží k usnadnění oxidačně-redukčních reakcí vedoucích k čištění výfukových plynů².

Během posledních dvaceti let došlo k významnému nárůstu koncentrací těchto kovů v různých složkách životního prostředí. Platinové kovy, zejména rozpustné sloučeniny platiny, jsou dobře známé z pracovního prostředí jako látky se schopností vyvolat přecitlivělost organismu. Existují také sloučeniny platiny vykazující toxické, karcinogenní a nebo mutagenní účinky. Emise platinových kovů a nárůst jejich koncentrací v životním prostředí tak vzbuzují otázky týkající se jejich potenciálu působit nepříznivě na zdraví člověka.

Příspěvek prezentuje současný stav poznání ve vztahu ke znečištění životního prostředí platinovými kovy z dopravy a z toho plynoucích potenciálních zdravotních rizik s cílem poukázat na aktuálnost řešení této problematiky.

2. Automobilové katalyzátory

Automobilový katalyzátor je jednotka montovaná do výfukového potrubí automobilu za účelem snížení produkce plyných škodlivin, jako je oxid uhelnatý (CO), uhlovodíky (C_mH_n) a oxidy dusíku (NO_x), jejich přeměnou na oxid uhličitý (CO₂), vodní páru (H₂O) a plyný dusík (N₂). Čištění výfukových plynů probíhá v důsledku oxidačně-redukčních reakcí, které umožňuje kombinace tepla a vzácných kovů (zejména Pt, Pd, Rh) obsažených v tomto zařízení³.

V současné době se nejvíce používají tzv. řízené trojcestné katalyzátory, kterými lze z výfukových plynů současně odstranit všechny tři škodlivé komponenty. Ty představují zařízení tvořené ocelovým nosičem se strukturou tzv. medového plástu, na kterém je nanášena vysoce porézní mezivrstva (tzv. washcoat) tvořená oxidem hlinitým, která odolává vysokým teplotám (vysoko přes 800 °C) i opakovanému střídání teplot. Na pórovité mezivrstvě je nanášena vlastní katalytická vrstva, která je tvořena velmi jemně rozptýlenými platinovými kovy, zejména Pt, Pd, Rh (cit.^{3,4}).

První automobily vybavené katalyzátory se na silnicích objevily v USA a Japonsku v r. 1975. V Evropě, včetně České republiky, se katalyzátory staly povinnou součástí automobilů o 18 let později, tj. v r. 1993, v souvislosti s přijetím norem EURO.

Automobilové katalyzátory, resp. doprava, jsou považovány za hlavní zdroj znečištění životního prostředí platinovými kovy. Až do roku 1999 byl poměr koncentrací

Pt:Rh nalezený v různých složkách životního prostředí stejný jako poměr těchto kovů v katalyzátorech, což prokázvalo primární emise z dopravy. Od té doby se však poměry platinových kovů přidávaných do katalyzátorů mění, a proto již není možné tuto jednoduchou korelaci provést⁵.

3. Emise platinových kovů z automobilových katalyzátorů a jejich koncentrace v životním prostředí

V průběhu provozu automobilu je povrch katalyzátoru chemicky a fyzikálně namáhán rychlým střídáním oxidačně-redukčních podmínek, vysokou teplotou a mechanickou abrazí. To způsobuje emise platinových kovů primárně do ovzduší s následnou kontaminací dalších složek životního prostředí, zvláště pak podél silničních komunikací a v městských aglomeracích s vysokou intenzitou dopravy⁵.

Množství platinových kovů uvolňovaných z katalyzátorů do životního prostředí lze stanovit na základě dvou přístupů. První možností je jejich stanovení ve výfukových plynech, které vyžaduje účinné odběrové zařízení schopné zachytit reprezentativní množství uvolněných kovů. Experimenty se provádějí v laboratoři na počítačově řízených dynamometrech. Druhý přístup spočívá ve stanovení koncentrací platinových kovů ve složkách životního prostředí a korelaci těchto dat spolu s dopravní statistikou⁶.

3.1. Stanovení platinových kovů ve výfukových plynech

Na základě experimentů založených na přímém stanovení platinových kovů ve výfukových plynech byla umožněna charakteristika emitovaných částic. Byla zjištěna množství uvolňovaných kovů do ovzduší včetně faktorů ovlivňujících rychlost a množství emisí, forma emitovaných kovů a velikostní distribuce emitovaných částic.

Množství a rychlost uvolňování platinových kovů závisí na řadě faktorů, jako jsou jízdní podmínky (tj. zejména rychlost a teplota výfukových plynů), typ motoru, typ a stáří katalyzátoru. Množství emisí platiny roste s rostoucí rychlostí a teplotou výfukových plynů. Při konstantní rychlosti byly zjištěny u 1,8 l motoru vyšší emise Pt při rychlosti 130 km h⁻¹ ve srovnání s rychlostí 80 km h⁻¹. U městského jízdního cyklu US72, který simuluje jízdu ve městě s maximální rychlostí 90 km h⁻¹ pro krátkou jízdu po dálnici, byly emise Pt vyšší než u konstantní rychlosti 80 km h⁻¹. V závislosti na typu motoru byly pozorovány vyšší emise u motorů s vyšším výkonem. Katalyzátory od různých výrobců nevykazují statisticky významné rozdíly v emisích platinových kovů. U katalyzátorů dieselových motorů jsou emise Pt až o dva řády vyšší než u benzínových motorů. S rostoucím stářím katalyzátoru (s počtem najetých kilometrů) klesá množství emisí těchto kovů^{7,8}. Platinové kovy jsou z katalyzátoru uvolňovány v množství řádově ng km⁻¹ (cit. 6-9). Jsou emitovány z povrchu katalyzátoru spolu s výfukovými plyny převážně ve formě jemně

rozptýlených kovových nanočástic adsorbovaných na částice oxidu hlinitého z „washcoatu“⁶⁻¹⁰. Zastoupení rozpustné frakce v celkových emisích se v rámci různých studií liší. König a spol.¹⁰ stanovili, že přibližně 10 % z celkových emisí Pt je ve vodě rozpustných. Artelt a spol.⁷ odhadují množství rozpustné Pt na ≤ 1 %. Moldovan a spol.⁶ stanovili rozpustnou část emisí v rozsahu 0-30 %. Palacios a spol.⁹ odhadují, že rozpustná frakce je < 5 %. Moldovan a spol.⁸ zjistili, že rozpustná část představuje < 10 % z celkového množství emisí uvolněných z nového katalyzátoru. U starších katalyzátorů je tato frakce vyšší.

Dle velikostní distribuce částic převládají velké částice, tj. částice > 10,2 μm. Knobloch a spol.⁶ stanovili, že 70 % částic emitovaných z třicetného katalyzátoru má průměr > 10,2 μm a 6 % představují částice o průměru < 0,3 μm. Artelt a spol.⁷ zjistili, že cca 66 % částic emitovaných z povrchu katalyzátoru má aerodynamický průměr > 10,2 μm, 21 % částic je o průměru 3,14-10,2 μm a alveolární frakce (tj. průměr < 3,14 μm) představuje 13 % z celkového množství emisí.

Výše uvedená data se vztahují ke vzorkům výfukových plynů odebraných za kontrolovaných laboratorních podmínek z motorů s dobrým technickým stavem. Reálné jízdní podmínky jsou ovlivněny řadou faktorů, jako je např. selhání motoru, těžké jízdní podmínky či nevhodná obsluha. Tyto faktory mohou způsobit částečnou nebo úplnou destrukci katalyzátoru, která vede k vyššímu uvolňování platinových kovů do životního prostředí. Tímto lze vysvětlit jejich relativně větší množství nalezená v různých environmentálních vzorcích ve srovnání s množstvím těchto kovů nalezeným ve výfukových plynech automobilů⁸. Nepřímé stanovení, tedy určení množství těchto kovů v různých složkách životního prostředí, je tudíž pro umožnění odhadu expozice a souvisejících potenciálních rizik pro člověka a další žijící organismy velmi žádoucí.

3.2. Stanovení platinových kovů ve složkách životního prostředí

Velké množství studií poukazuje na hromadění platinových kovů v různých složkách životního prostředí (viz tabulka I). Nárůst koncentrací navíc není omezen jen na nejbližší okolí zdroje emisí. Barbante a spol.¹¹ stanovili zvýšené koncentrace těchto kovů také v odlehlých lokalitách v centrálním Grónsku.

Nejvíce studií je zaměřeno na sledování koncentrací platiny v životním prostředí. Palladium a rhodium byly monitorovány až v novějších výzkumných projektech.

Stanovení obsahu platinových kovů v environmentálních vzorcích vyžaduje s ohledem na jejich velmi nízké koncentrace v životním prostředí opravdu citlivé analytické metody. Dubiella-Jackowska a spol.¹² podávají vyčerpávající přehled analytických metod používaných ke stanovení platinových kovů a podrobně rozebírají jednotlivé kroky celého procesu analýzy. Významný přínos v oblasti analytického stanovení těchto vzácných kovů ve vzorcích životního prostředí představuje vývoj a certifikace refe-

Tabulka I
Koncentrace platinových kovů ve vybraných environmentálních matricích

Vzorek	Město, stát (rok odběru)	Lokalita	Obsahy / koncentrace platinových kovů	Lit.
Ovzduší PM10	Brno, Česká republika (2007)	frekventovaná ulice v intravilánu města	Pt: 5,3 pg m ⁻³ Pd: 32,4 pg m ⁻³ Rh: 3,62 pg m ⁻³	15
	Madrid, Španělsko (1999–2000)	hlavní silniční okruh	Pt: 17,7 pg m ⁻³ Rh: 4,6 pg m ⁻³	16
	Göteborg, Švédsko (1999–2000)	hlavní silniční okruh	Pt: 4,1 pg m ⁻³ Pd: 1,6 pg m ⁻³ Rh: 0,8 pg m ⁻³	16
	Řím, Itálie (1999–2000)	hlavní silniční okruh	Pt: 8,1 pg m ⁻³ Pd: 54,9 pg m ⁻³ Rh: 3,0 pg m ⁻³	16
	Mnichov, Německo (1999–2000)	Hlavní silniční okruh	Pt: 4,1 pg m ⁻³ Rh: 0,3 pg m ⁻³	16
Silniční prach	Madrid, Španělsko (1999–2000)	hlavní silniční okruh a centrum města	Pt: 220 ng g ⁻¹ Rh: 74 ng g ⁻¹	16
	Göteborg, Švédsko (1999–2000)	hlavní silniční okruh a centrum města	Pt: 123 ng g ⁻¹ Rh: 48 ng g ⁻¹	16
	Řím, Itálie (1999–2000)	hlavní silniční okruh a centrum města	Pt: 34 ng g ⁻¹ Rh: 5 ng g ⁻¹	16
	Mnichov, Německo (1999–2000)	hlavní silniční okruh a centrum města	Pt: 179 ng g ⁻¹ Rh: 31 ng g ⁻¹	16
	Londýn, Anglie (1999–2000)	hlavní silniční okruh a centrum města	Pt: 53 ng g ⁻¹	16
Půda	Peking, Čína (2007)	hlavní silnice ve městě	Pt: 39,8 ng g ⁻¹ Pd: 20,8 ng g ⁻¹ Rh: 10,1 ng g ⁻¹	17
	Brno, Česká republika (2006)	intravilán města Brna	Pt: 4,52 ng g ⁻¹ Pd: 2,55 ng g ⁻¹ Rh: 0,52 ng g ⁻¹	18
	Braunschweig, Německo (2005)	dálnice B248	Pt: 50,4 ng g ⁻¹ Pd: 43,3 ng g ⁻¹ Rh: 10,7 ng g ⁻¹	19
	Athény, Řecko (2003)	dálnice Athény-Thessaloniky	Pt: 141,1 ng g ⁻¹ Pd: 125,9 ng g ⁻¹	20
	Neapol, Itálie (2000)	metropolitní oblast – centrum města a předměstí	Pt: 4,2 ng g ⁻¹ Pd: 12,7 ng g ⁻¹	21
Vegetace	Guangzou, Čína (2007)	silniční okruh kolem města	listy rostlin: Pt: 1,52 ng g ⁻¹ Pd: 0,77 ng g ⁻¹ Rh: 0,41 ng g ⁻¹	17
	Białystok, Polsko (2000)	silnice E67 s vysokou intenzitou dopravy	tráva: Pt: 8,98±0,39 ng g ⁻¹ Pd: 3,20±0,23 ng g ⁻¹ Rh: 0,68±0,18 ng g ⁻¹	22
	Saarbruecken, Německo (1999)	město	pampeliška: 5,4±0,4 ng g ⁻¹ 0,83±0,15 ng g ⁻¹ 2,2±0,3 ng g ⁻¹	23

Tabulka I
pokračování

Vzorek	Město, stát (rok odběru)	Lokalita	Obsahy / koncentrace platinových kovů	Lit.
Živočichové	sever Švédska (1992–2000)	hnízda na severu Švédska	vejce sokola stěhovavého: Pt: 0,45 ng g ⁻¹ Pd: 0,45 ng g ⁻¹ Rh: 0,48 ng g ⁻¹	24
	sever Švédska (1997 a 2000)	hnízda na severu Švédska	výkaly sokola stěhovavého: Pt: 0,28 ng g ⁻¹	24
	sever Švédska (2000, 2001)	hnízda na severu Švédska	krev ptácat sokola stěhovavého: Pt: 3,44 ng g ⁻¹ Pd: 1,23 ng g ⁻¹ Rh: 0,67 ng g ⁻¹	24

renčního materiálu BCR-23 pro silniční prach, který slouží ke kontrole kvality analytických metod.

V tabulce I je uveden přehled koncentrací platinových kovů ve vybraných environmentálních maticích naměřených na různých světových lokalitách. Velmi důležitá je znalost koncentrací těchto kovů v ovzduší, protože inhalace představuje nejvýznamnější cestu vstupu těchto kovů do lidského organismu^{13,14}. Množství platinových kovů v ovzduší (vázaných na PM₁₀) se pohybuje řádově v pg m⁻³, v silničním prachu, půdě, vegetaci a v tělech živočichů v ng g⁻¹.

4. Nebezpečnost platinových kovů a související zdravotní rizika

Nebezpečnost kovů, včetně platinových, závisí nejen na jejich koncentraci v životním prostředí, ale významně také na formě kovu a její biologické dostupnosti, která úzce souvisí s rozpustností a mobilitou. Aby bylo možné provést odhad potenciálního rizika plynoucího z environmentální expozice platinovým kovům pro člověka, je proto potřeba se zaměřit na formu, ve které jsou tyto kovy přítomné v životním prostředí, a na její biodostupnost. V současné době již existuje dobrá představa o jejich koncentracích v různých environmentálních maticích (viz kap. 3.2.). Znalosti týkající se transformace, chování, speciace a biodostupnosti platinových kovů v životním prostředí a v tělech organismů jsou však stále omezené.

V následujících kapitolách jsou rozebrány biologické účinky platinových kovů, jejich transformace, chování a biodostupnost po vstupu do životního prostředí a lidského organismu.

4.1. Toxicita platinových kovů

Platina je toxikologicky dosti významná a představuje výborný příklad důležitosti speciace v toxicitě kovů. Kovová Pt je považována za biologicky inertní^{5,25}. Styk s jejími rozpustnými sloučeninami však způsobuje onemocnění, které má sice vžitý samostatný název

„platinosis“, není však v podstatě ničím jiným než projevem dráždění a hlavně vzniku přecitlivělosti²⁵. Manifestuje se nejčastěji vyrážkami. Méně často dochází k zánětu spojivek, který vede k světlolplachosti, objevuje se rýma, zánět nosohltanu i hlubších dýchacích cest, kašel, dechové obtíže a bolesti na prsou. Vznik záduchy je možný, podle některých údajů vzácnější, podle jiných častější. Při všech těchto projevech může jít o přímé dráždění, většinou jde však o alergii nebo kombinaci primárních účinků s projevem přecitlivělosti^{25,26}. Platinová alergie a přecitlivělost se vztahuje jen k malé skupině sloučenin, které obsahují reaktivní ligandy, tj. na halogenované sloučeniny Pt. Nejvyšší potenciál vyvolat přecitlivělost mají chloridy. Schopnost senzibilizace roste s rostoucím počtem atomů chloru^{5,26}. Ojedinele se udává možnost i celkového působení platiny na centrální nervovou soustavu a genitální systém²⁵. Komplexy platiny, cisplatina a karboplatina, které se používají jako cytostatika, jsou mutagenní a řadí se dle IARC mezi látky podezřelé z karcinogenity u člověka^{5,26}. Některé komplexy Pt se mohou vázat na N a S proteiny a mohou tak způsobit snížení aktivity enzymů⁵.

Kovové palladium je kožní senzibilizátor způsobující kontaktní dermatitidu^{26,27}. Některé soli Pd mohou způsobit vážné kožní a oční podráždění²⁷. Rhodium je toxikologicky takřka neznámé. Ve skupině platinových kovů neexistuje důkaz potvrzující vyšší potenciál způsobit přecitlivělost, než mají soli platiny^{5,26}.

4.2. Transformace, chování a biodostupnost platinových kovů po jejich vstupu do životního prostředí

Platinové kovy jsou emitovány převážně v kovové formě, a proto byly dlouhou dobu považovány za inertní a tím i minimálně dostupné pro živé organismy, což potvrdila mimo jiné studie stanovující ve výfukových plynech pouze 1 % Pt v rozpustné formě⁷.

Novější studie však popisují vyšší podíl rozpustných forem platinových kovů. Například Moldovan a spol.⁸ stanovili při experimentech s dynamometrem, že méně než 10 % těchto kovů emitovaných ve výfukových plynech

nových katalyzátorů je rozpustných, přičemž u starších katalyzátorů byla rozpustná frakce vyšší. Obdobně ve vzorcích pevných částic odebraných ve Frankfurtu a Offenbachu v Německu bylo cca 10 % Pt a dokonce až 38 % Rh rozpustných v 0,1 M-HCl (cit.²⁸). Současný výzkum dále poukázal na možnost transformace platinových kovů na rozpustnější, biodostupnější sloučeniny po jejich vstupu do životního prostředí. Například Dahlheimer a spol.²⁹ zjistili, že siderofory, tj. látky běžně se vyskytující v půdě produkované rostlinami a mikroorganismy za účelem zvýšení dostupnosti železa, vytvářejí s Pt a Pd komplexy a zvyšují tak jejich mobilitu.

Potenciál zvýšit biodostupnost těchto kovů byl zaznamenán také u dalších komplexotvorných látek, jako je např. kyselina ethylendiamintetraoctová (EDTA) a huminových látek, které, jak zjistili Zimmermann a spol.³⁰, zvyšují rozpustnost Pt a Pd v tucích. Toto zjištění je velmi důležité z důvodu jejich možné akumulace ve vodních organismech³⁰. Za nejvíce rozpustné a mobilní v životním prostředí, a tedy s největším potenciálem vstřebávat se do organismu, je považováno Pd (cit.³⁰⁻³³).

4.3. Transformace, chování a biodostupnost platinových kovů po jejich vstupu do lidského organismu

Pro stanovení zdravotního rizika je velmi důležitá znalost chování platinových kovů po jejich vstupu do organismu. Znalosti v oblasti biodostupnosti těchto kovů po inhalaci a požití jsou však na ještě nižší úrovni než je tomu u jejich chování v životním prostředí.

Pro zjišťování biodostupnosti kovů v lidském organismu lze použít stanovení jejich rozpustnosti v uměle připravených tělních tekutinách^{34,35}. Colombo a spol.³⁴ zjišťovali biodostupnost platinových kovů po inhalaci na základě rozpouštění materiálů obsahujících tyto kovy, jako je silniční prach, rozemletý katalyzátor a hydroxidy platinových kovů, v různých uměle připravených plicních tekutinách. Nejvyšší množství biologicky dostupných platinových kovů (rozpuštěno až 88 %) bylo prokázáno u vzorků silničního prachu, což je zřejmě dáno přítomností mobilních specií těchto kovů vytvořených v okolí silnic. Pd a Rh vykazují vyšší procento biodostupnosti než Pt, pravděpodobně z důvodu vyšší tendence vytvářet rozpustné komplexy. V jiné studii se Colombo a spol.³⁵ zaměřili na rozpustnost platinových kovů v zažívacím traktu. Simulovali průchod požití půdy přes kyselé prostředí žaludku až do téměř neutrálního prostředí tenkého střeva. Stejně jako v předchozí studii³⁴ zjistili nejvyšší obsah biodostupných forem (až 68 %) v silničním prachu a vyšší procento biodostupnosti u Pd a Rh než u Pt. Colombo a spol.^{34,35} naznačují, s ohledem na přítomnost chloridů v tělních tekutinách, možnost tvorby komplexů platinových kovů s chloridy při jejich rozpouštění v respiračním a trávicím traktu, které vykazují toxické a alergenní účinky u člověka a dalších žijících organismů.

5. Závěr

Při hodnocení rizika současných environmentálních expozičních platinovým kovům bývá zpravidla používána „bezpečná koncentrace“ Pt 15-150 ng m⁻³, kterou vypočítali Rosner a Merget³⁶ na základě zaznamenaných případů senzibilizace mezi pracovníky v továrně na výrobu katalyzátorů a na scénáři, kdy halogenové soli těchto kovů představují 1 % z celkových emisí Pt. Vzhledem k tomu, že environmentální koncentrace platinových kovů leží pod touto bezpečnou koncentrací, zdravotní rizika jsou zpravidla považována za zanedbatelná. Rovněž biologické monitorování expoziční u neprofesionálně exponovaných osob nenavštěvuje významnému zvýšení hladiny těchto kovů v těle³⁷⁻³⁹.

Informace týkající se chování a biodostupnosti platinových kovů, prezentované v tomto příspěvku, nicméně naznačují, že tyto kovy mohou představovat větší zdravotní riziko, než se dříve předpokládalo. I přes skutečnost, že jsou emitovány především v kovovém stavu, mohou být zmobilizovány a rozpuštěny různými sloučeninami běžně se vyskytujícími v životním prostředí^{29,30}. Mohou být navíc transformovány na toxičtější sloučeniny po vstupu do lidského organismu^{34,35}. Potenciální zdravotní riziko podporuje také skutečnost, že značná část platinových kovů emitovaných do ovzduší je přítomná v jemné velikostní frakci PM způsobující vyšší chorobnost a úmrtnost⁴⁰. Emise těchto kovů dále pravděpodobně porostou v důsledku povinného vybavení automobilů katalyzátory a technologických pokroků při zvyšování účinnosti katalyzátorů v redukci emisí NO_x pomocí zrychleného zahřátí a zvyšování vnitřní teploty katalyzátoru⁴⁰.

Z výše uvedených důvodů je proto potřeba se zabývat monitorováním zatížení životního prostředí platinovými kovy a pokračovat ve výzkumu jejich potenciálních zdravotních rizik zejména ve vztahu k chronickým environmentálním expozičním malým dávkám.

Tento příspěvek vznikl za podpory projektů VZ MD4499457501 a IGS 023/2101/BI0239041.

LITERATURA

- Greenwood N. N., Earnshaw A.: *Chemie prvků*. Informatorium, Praha 1993.
- Johnson Matthey: *Platinum today: Applications*, <http://www.platinum.matthey.com/applications/>, staženo 1.2.2010.
- Briefert C.: *Umweltchemie*. VCH, Weinheim 1994.
- Katalyzátory MINE-X*, <http://www.katalyzatory.cz/>, staženo 1.2.2010.
- Ravindra K., Bencs L., Van Grieken R.: *Sci. Total Environ.* 318, 1 (2004).
- Moldovan M., Gómez M. M., Palacios M. A.: *J. Anal. At. Spectrom.* 14, 1163 (1999).
- Artelt S., Kock H., König H. P., Levsen K., Rosner G.: *Atmos. Environ.* 33, 3559 (1999).

8. Moldovan M., Palacios M. A., Gómez M. M., Morrison G., Rauch S., McLeod C., Ma R., Caroli S., Alimonti A., Petrucci F., Bocca B., Schramel P., Zischka M., Pettersson C., Wass U., Luna M., Saenz J. C., Santamaría J.: *Sci. Total Environ.* 296, 199 (2002).
9. Palacios M., Gómez M. M., Moldvan M., Morrison G., Rauch S., McLeod C., Ma R., Laserna J., Lucena P., Caroli S., Alimonti A., Petrucci F., Bocca B., Schramel P., Lustig S., Zischka M., Wass U., Stenbom B., Luna M., Saenz J. C., Santamaría J., Torrens J. M.: *Sci. Total Environ.* 257, 1 (2000).
10. König H. P., Hertel R. F., Koch W., Rosner G.: *Atmos. Environ.* 26, 741 (1992).
11. Barbante C., Veysseyre A., Ferrari C., Van de Velde K., Morel C., Capodaglio G., Cescon P., Scarponi G., Boutron C.: *Environ. Sci. Technol.* 35, 835 (2001).
12. Dubiella-Jackowska A., Polkowska Z., Namiesnik J.: *Pol. J. Environ. Stud.* 16, 329 (2007).
13. WHO. Environmental Health Criteria 125 – Platinum. Geneva: World Health Organization, International programme on Chemical Safety, 1991.
14. WHO. Environmental Health Criteria 226 – Palladium. Geneva: World Health Organization, International programme on Chemical Safety, 2002.
15. Adamec V., Ličbinský R., Huzlík J., Sikorová L. *Dopravná infrastruktúra v mestách, Žilina 22.-23. 10. 2008*. Sborník z konference.
16. Gómez B., Palacios M. A., Gómez M., Sanchez J. L., Morrison G., Rauch S., McLeod C., MA R., Caroli S., Alimonti A., Petrucci F., Bocca B., Schramel P., Zischka M., Petterson C., Wass U.: *Sci. Total Environ.* 299, 1 (2002).
17. Pan S., Zhang G., Sun Y, Chakraborty P.: *Sci. Total Environ.* 407, 4248 (2009).
18. Adamec V., Sářka M., Šucmanová M., Schwarzová M., Huzlík J., Ličbinský R., Effenberger K.: *Mikroelementy 2007*, Kouty, 3.-5. 9. 2007. Sborník z konference, str. 67.
19. Wichmann H., Anquandah G. A. K, Schmidt C, Zachmann D., Bahadir M. A.: *Sci. Total Environ.* 388, 121 (2007).
20. Riga-Karandinos A. N., Saitanis C. J., Arapis G.: *Water, Air, Soil Pollut.* 172, 3 (2006).
21. Cicchella D., De Vivo B., Lima A.: *Sci. Total Environ.* 308, 121 (2003).
22. Leśniewska B. A., Godlewska-Żyłkiewicz B., Bocca B., Caimi S., Caroli S., Hulanicki A.: *Sci. Total Environ.* 321, 93 (2004).
23. Djingova R., Kovacheva P., Wagner G., Markert B.: *Sci. Total Environ.* 308, 235 (2003).
24. Ek K. H., Rauch S., Morrison G. M., Lindberg P.: *Sci. Total Environ.* 334-335, 149 (2004).
25. Marhold J.: *Přehled průmyslové toxikologie: anorganické látky*. Avicenum, Praha 1980.
26. Nordberg G. F., Fowler B. A., Nordberg M. Friberg L. T.: *Handbook on the Toxicology of Metals*. Elsevier, Burlington 2007.
27. Kielhorn J., Melber C., Keller D., Mangelsdorf I.: *Int. J. Hyg. Environ. Health* 205, 417 (2002).
28. Zereini F., Wiseman C., Alt F., Messerschmidt J., Müller J., Urban H.: *Environ. Sci. Technol.* 35, 1996 (2001).
29. Dahlheimer S. R., Neal C. R., Fein J. B.: *Environ. Sci. Technol.* 41, 870 (2007).
30. Zimmermann S., Menzel C. M., Stüben D., Taraschewski H., Sures B.: *Environ. Pollut.* 124, 1 (2003).
31. Moldovan M., Rauch S., Gómez M., Palacios M. A., Morrison G. M.: *Water Res.* 35, 4175 (2001).
32. Jarvis K., Parry S., Piper M. *Environ. Sci. Technol.* 35, 1031 (2001).
33. Sures B., Zimmermann S., Messerschmidt J., Von Bohlen A., Alt F.: *Environ. Pollut.* 113, 341 (2001).
34. Colombo C., Monhemius A. J., Plant J. A.: *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71, 722 (2008).
35. Colombo C., Monhemius A. J., Plant J. A.: *Sci. Total Environ.* 389, 46 (2008).
36. Merget R., Rosner G.: *Sci. Total Environ.* 270, 165 (2001).
37. Zeiner M., Ovari M., Zaray G., Steffan I.: *Microchem. J.* 93, 22 (2009).
38. Bárány E., Bergdahl I. A., Bratteby L., Lundh T., Samuelson G., Schütz A., Skerfving S., Oskarsson A.: *Sci. Total Environ.* 286, 129 (2002).
39. Schierl R.: *Microchem. J.* 67, 245 (2000).
40. Wiseman C. L. S., Zereini F.: *Sci. Total Environ.* 407, 2493 (2009).

L. Sikorová^a, R. Ličbinský^b, and V. Adamec^c
^aLaboratory of Risk Research and Management, VSB - Technical University of Ostrava, Ostrava, ^bDivision of transport Infrastructure and Environment, Transport Research Centre, Brno, ^cEnergy Research Center, VSB - Technical University of Ostrava, Ostrava): **Platinum Group Elements from Automobile Catalysts in the Environment**

This review deals with the environmental burden caused by Pt group metal emissions from automobile catalytic converters, and related health hazards. Catalytic converters in automobiles reduce the production of gaseous pollutants on one hand and are the source of Pt group metal emissions on the other. Concentrations of Pt metals in the environment have significantly increased in recent decades, largely due to their use as catalysts. It has been generally assumed that the health hazard associated with environment exposures to Pt group metals are negligible due to their low concentrations and metallic nature of emitted particles. However, recent studies have shown relatively high solubilities of emitted Pt metals and the possibility of their transformations into soluble compounds which could have a negative effect on human health. Recent findings in and topicality of the Pt metal problems are reviewed.