

Výskyt amoniaku v pobytoých priestoroch budov

Ammonia occurrence in stay spaces of buildings

RNDr. Adriana EŠTOKOVÁ, PhD.,
Prof. RNDr. NADEŽDA
ŠTEVULOVÁ, PhD.
Katedra environmentalistiky,
Stavebná fakulta, TU v Košiciach, SR

Recenzent
MUDr. Ariana Lajčíková, CSc.

V posledných rokoch sa stal veľmi aktuálny záujem o kvalitu vnútorného vzduchu. Jednou z chemických škodlivín znečisťujúcich pobytové priestory budov je amoniak. Práca podáva prehľad súčasných poznatkov o chemických vlastnostiach amoniaku, o jeho hlavných zdrojoch, negatívnych účinkoch na ľudský organizmus, kritériách hodnotenia výskytu a o metódach stanovenia amoniaku vo vnútornom prostredí budov.

Kľúčové slová: amoniak, vnútorné prostredie, Frostex

In the last years, the interest of indoor air quality became very actually. One of the chemical pollutants affecting indoor air quality is ammonia. This paper provides a review of current theoretical knowledge such as the chemical properties, negative human effects, major sources of ammonia and its hygienic limits in Slovak legislative.

Key words: Ammonia, indoor, Frostex

Amoniak ako chemický polutant je sledovaný najmä v pracovnom prostredí, aj keď v určitých koncentráciách sa môže nachádzať aj v vnútornom prostredí nevyrobných budov. V poslednom období bolo zaznamenaných viacero prípadov výskytu veľmi vysokých koncentrácií amoniaku vo vnútornom prostredí, hlavne v interiéroch novopostavených budov. Spoločným menovateľom v týchto prípadoch bolo použitie technológie betónovania v zime a s tým súvisiace pridávanie prísad proti mrazu do betónu. Technickým riešením eliminácie nadmerných koncentrácií amoniaku z vnútorného prostredia budov sa zaoberali viacerí autori [1,2].

Cieľom tohto príspevku je podať prehľad poznatkov v oblasti výskytu amoniaku vo vnútornom prostredí budov so zameraním sa na dominantné zdroje amoniaku vo vnútornom prostredí, jeho chemické vlastnosti a biologické účinky ako aj kritéria hodnotenia výskytu amoniaku.

1. VLASTNOSTI AMONIAKU

Amoniak NH_3 je bezfarebný plyn s charakteristickým štiplavým zápachom. Vzhľadom na relatívnu molekulovú hmotnosť má neočakávane vysoký bod topenia ($-77,7^\circ\text{C}$) a bod varu ($-33,4^\circ\text{C}$), čo je podmienené vznikom vodíkových mostíkov medzi molekulami amoniaku.

Amoniak je mimoriadne dobre rozpustný vo vode (1dm^3 vody rozpúšťa pri 0°C asi 1200 a pri 20°C asi 700 dm^3 amoniaku). Amoniak možno ľahko skvapalniť. Kvapalný amoniak má vysokú hodnotu relatívnej permitivity a ako taký je dobrým rozpúšťadlom iónových zlúčenín.

Amoniak možno pripraviť viacerými spôsobmi. Pôvodným zdrojom amoniaku boli čpavkové vody z plynární a koksární. V súčasnosti je technicky najvýznamnejšia syntéza amoniaku z dusíka a vodíka (Haberova-Boschova syntéza), ktorá prebieha v praxi za použitia katalyzátorov (kovové železo) pri teplotách 400 až 500°C . Iný technický významný spôsob prípravy amoniaku je v jeho izolácii z tzv. čpavkových vôd, ktoré sú odpadným produktom výroby v plynárňach a v koksovniach. Podstatná časť amoniaku sa z týchto vôd vypudí varom (volný amoniak a amoniak viazaný v soliach slabých kyselín). Amoniak zo solí silných kyselín sa uvoľňuje varom s vápenným mliekom. Časté sú reakcie rozkladu dusíkatých organických látok, pri ktorých vzniká amoniak.

Amoniak je pri izbovej teplote stály, ale pri vysokých teplotách, najmä v prítomnosti katalyzátorov, sa rozkladá na dusík a vodík. Týmto rozkladom sa vysvetľujú redukčné vlastnosti amoniaku pri zvýšenej teplote.

Zmes amoniaku so vzduchom, ktorá obsahuje 16 až 27 % amoniaku, je výbušná. Priemyselne má mimoriadny význam spaľovanie amoniaku s kyslíkom v prítomnosti katalyzátorov na oxid dusnatý.

Amoniak má rozsiahle použitie. Služi najmä na výrobu uhličitanu sodného, v chladiarenstve ako cirkulačná kvapalina do chladiacich zariadení. Predáva sa v ocelových bombách alebo ako 25 % roztok. Vodný roztok je jeden z najdôležitejších reagenčných činidiel. Amoniak je základnou látkou na výrobu mnohých zlúčenín dusíka. Hlavným konzumentom amoniaku je poľnohospodárstvo. Je východiskovou surovinou pri výrobe kyseliny dusičnej, ako aj početných anorganických a organických zlúčenín [3].

2. ZDROJE AMONIAKU

Amoniak (NH_3) je normálnou zložkou atmosférického vzduchu pochádzajúcou z biochemických premien biotom. Nezanedbateľné množstvo amoniaku sprevádzaného tiež vznikom rôznych aminor sa do atmosféry dostáva najmä z rozkladných procesov rastlinných a živočíšnych látok. Pre svoj nepríjemný zápach a škodlivé účinky sa amoniak v priemysle zachytáva, transportuje, alebo využíva pod tlakom. Hlavnými zdrojmi reziduálneho amoniaku sú poruchy v kanalizácii, ktoré môžu mať veľmi nepríjemné dôsledky na okolité obyvateľstvo. V maštalnom prostredí vzniká ako produkt bakteriálneho rozkladu močovin a iných organických dusíkatých látok [4].

Najvýznamnejším zdrojom amoniaku vo vnútornom prostredí budov sú rôzne stavebné materiály a prípravky používané v domácnosti. Z literatúry je známe uvoľňovanie sa amoniaku z drevotrieskových dosák a iných stavebných materiálov, ktoré obsahujú spojivá na báze močovino-formaldehýdových alebo melamin-formaldehýdových živíc.

V poslednom období sú však najčastejším zdrojom amoniaku betónové konštrukcie, resp. rôzne prísady do betónov, mált a omietok na báze amoniaku. Nedôsledným dávkovaním a používaním týchto prísad vznikol problém uvoľňovania amoniaku z betónových konštrukcií do interiérov budov.

2.1. Betónové konštrukcie ako zdroj amoniaku vo vnútornom prostredí budov

V posledných rokoch nastal v našom stavebníctve nebyvalý rozmach používania výrobkov stavebnej chémie v betonárskej praxi. Zasiahol všetky dovtedy využívané technológie výroby betónu a umožnil rozvoj nových technológií, kto-

ré sa dovtedy bez použitia prísad nedali realizovať. Prísadu je možné definovať ako zložku betónu, ktorá sa pridáva do betónovej zmesi pred miešaním, počas miešania alebo počas dodatočného miešania čerstvého betónu v malom množstve neprevyšujúcom 5 % hmotnosti cementu vo forme kvapalnej, tuhej (prášku alebo granúl) alebo pasty za účelom cieleného ovplyvnenia vlastností čerstvého alebo zatvrdnutého betónu. Prísady sa pridávajú v mnohých technológiách výroby a spracovania betónu za účelom urýchlenia tvrdnutia betónu. Veľmi aktuálna je táto problematika hlavne pri betónovaní v zimnom období, pri výrobe prefabrikátov, či pri potrebe urýchlenia výstavby.

Urýchľovacie prísady ovplyvňujú proces hydratácie cementu chemicky alebo fyzikálno-chemicky, v dôsledku čoho sa urýchľuje tuhnutie a tvrdnutie cementových kompozitov. Často sa používajú v zimnom období pri nízkych teplotách. Tieto prísady kompenzujú do značnej miery spomalenie hydratácie spôsobené nízkymi teplotami. Betón tak nadobudne potrebnú pevnosť v kratšom čase, čím sa skracuje aj doba, počas ktorej ho treba chrániť pred zamrznutím. Pri betónovaní v zimnom období je vhodné používať urýchľovacie prísady s protizmrázovacím účinkom, ktoré súčasne zabraňujú zamrznutiu čerstvého betónu.

Výskyt amoniaku vo vnútornom prostredí budov súvisí s prísadami obsahujúcimi dusíkaté zlúčeniny, z ktorých sa za určitých podmienok môže amoniak uvoľňovať do prostredia. V poslednom období bolo zaznamenaných viacero prípadov výskytu amoniaku vo vnútornom vzduchu objektov práve v súvislosti s použitím protizmrázovacej prísady do betónu „Frostex“, ktorej vedľajšie účinky sa prejavili uvoľňovaním amoniaku do ovzdušia [5].

2.1.2 Rozbor príčin výskytu amoniaku z prísady Frostex

Prísada Frostex je zmes diamidu kyseliny uhličitej (močoviny) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ a síranu sodného Na_2SO_4 . Pôvodcom emisií amoniaku je močovina z východzieho materiálu. Močovina obsiahnutá v betónovej zmesi sa v alkalickom prostredí betónu (1) v prítomnosti vlhkosti (vody) rozkladá na oxid uhličitý a čpavok (2).

Chemické reakcie prebiehajúce pri zmiešaní Frostexu s čerstvým betónom je možné popísať nasledujúcimi chemickými rovnicami:



Hydroxid sodný NaOH zvyšuje koncentráciu hydroxidových iónov OH^- a tým rozklad močoviny



Rýchlosť rozkladu močoviny v prostredí hydroxidových iónov je závislá na teplote. Za nízkych teplôt prebieha reakcia veľmi pomaly. So zvyšujúcou sa teplotou sa rozklad urýchľuje.

Frostex obsahuje 47,7 % močoviny. Pri dávke 5 % z hmotnosti cementu a jeho doporučenom množstve 400 kg, by pripadlo na 1 kg betónu asi 2,16 g močoviny. Keď sa betónuje s Frostexom v zime, tak rozklad močoviny v alkalickom prostredí prebieha veľmi pomaly. Pri vyššej teplote sa reakcia urýchľuje a amoniak sa dostáva do ovzdušia.

U voľných plôch a otvorených objektov nie je amoniak bežne detegovateľný. V prípade uzatvorených objektov môže vplyvom nedostatočnej výmeny vzduchu dochádzať k nadmerne vysokým koncentráciám amoniaku vo vnútri objektov. Nedodržanie technológie výroby čerstvého betónu môže spôsobiť nerovnomerné rozptýlenie prísady v betónovej zmesi, čo má za následok, že obsah močoviny v betóne je značne nerovnomerný a uvoľňovanie amoniaku z močoviny na určitých miestach môže byť veľmi intenzívne [6].

3. BIOLOGICKÉ ÚČINKY AMONIAKU

Amoniak má dráždivé účinky. Zvýšená prítomnosť amoniaku v ovzduší je okrem nepríjemného zápachu sprevádzaná zdravotnými problémami, ktoré sa prejavujú slzením, pálením a sčervenaním očí, dráždením sliznic dýchacích ciest, pálením a sčervenaním kože, ako aj zhoršením zdravotného stavu u osôb s alergickými ochoreniami.

Prah na zistenie prítomnosti amoniaku v interiéroch čuchom je podľa jednotlivých údajov odbornej literatúry dosť výrazne rozdielny. Prítomnosť amoniaku čuchom sa dá zistiť od koncentrácie 1 až 50 ppm. Väčšina údajov v literatúre potvrdzuje spodnú hranicu čuchového zistenia na hraniciach okolo 5 ppm (1 ppm zodpovedá koncentrácii čpavku $0,695 \text{ mg/m}^3$), čo znamená, že najčastejšie hodnoty čuchového vnímania sa pohybujú na hranici $3,475 \text{ mg/m}^3$. Pre dlhší pobyt osôb sa považuje prijateľná koncentrácia 20 až 100 ppm. Hodnoty 2 500 ppm sú životu nebezpečné a pri hodnote 5 000 ppm dochádza k smrteľnému poškodeniu organizmu [7].

Negatívne dôsledky nižších koncentrácií sa prejavujú predovšetkým dráždením dýchacích ciest. Vyššie koncentrácie čpavku v ovzduší, okrem dráždenia dýchacích ciest a spojiviek, môže spôsobovať edém pľúc, ako aj vážne poškodenie rohovky s následným oslepnutím. Vysoké koncentrácie amoniaku v ovzduší poškodzujú už priamo pokožku a sú teda nebezpečné aj vtedy, ak sú dýchacie cesty chránené. Styk s kvapalným amoniakom vyvoláva ťažké omrzliny. Omrznuté časti tela majú bielu farbu. Ak sa väčšie množstvo amoniaku dostane do krvi, nastáva silné dráždenie centrálného nervového systému, zvyšuje sa krvný tlak, následne pozorujeme kŕče, ochrnutie dýchacieho centra a smrť.

Z ďalších nepriaznivých účinkov amoniaku po prechode pľúcami do organizmu možno uviesť zvýšenie alkality krvi a úbytok erytrocytov i hemoglobínu. Vzdušný amoniak má významnú úlohu pri šírení sa aerogénnych infekcií. Aj pri nízkych, ale dlhodobo pôsobiach koncentráciách atakuje mukociliárny systém horných dýchacích ciest, čím paralyzuje jeho prirodzenú antimikrobiálnu aktivitu. Dochádza tiež k zníženiu hladiny albumínovej a globulínovej frakcie bielkovín krvného séra ako nosičov protilátok (metatoxický účinok). Nízke koncentrácie vzdušného čpavku vyvolávajú povrchové dýchanie, avšak pri vyšších koncentráciách 50 až 100 mg.m^{-3} vzniká efekt opačný. Počet dychoch sa znižuje a tým sa znižuje i vyparovanie vody z dýchacieho aparátu. Koncentrácia amoniaku v ovzduší nad 50 mg.m^{-3} vyvoláva v pľúcach pri dlhodobom pôsobení patologické zmeny vo forme krvácania. Nemôžeme však obísť ani do určitej miery paradox, že vzdušný čpavok pohltený krvou zvyšuje použiteľné rezervy celkového dusíka v tele [6].

4. KRITÉRIA HODNOTENIA VÝSKYTU AMONIAKU

V posledných rokoch bolo na Slovensku novelizovaných viacero zákonov, ktoré sa dotýkajú ochrany zdravia človeka pred škodlivými chemickými faktormi ako aj kvality ovzdušia. Zvlášť sa posudzujú účinky škodlivín vo vnútornom, zvlášť vo vonkajšom prostredí a rovnako rozdielne kritériá platia pre pracovné prostredie.

Na základe Nariadenia vlády Zbierky zákonov č. 45/2002 zo 16. januára 2002 o ochrane zdravia pri práci s chemickými faktormi (*pracovné prostredie*) sa ustanovili minimálne požiadavky na ochranu zamestnancov pred rizikom ich vystavenia chemickým faktorom pri práci a predchádzať tomuto riziku. Podľa tohto Nariadenia sa dá chemický faktor stručne definovať ako akýkoľvek chemický prvok alebo chemická zlúčenina, ktoré môžu byť súčasťou zmesi, vyskytujú sa v prírodnom stave alebo sú vyrobené, použité alebo uvoľnené pri akejkoľvek činnosti

Nebezpečným chemickým faktorom sa zasa rozumie akýkoľvek faktor, ktorý spĺňa kritéria klasifikácie ako nebezpečná látka alebo nebezpečný chemický

prípravok alebo akýkoľvek faktor, ktorý nespĺňa kritéria klasifikácie ako nebezpečná látka alebo nebezpečný chemický prípravok, ale ktorý môže pre svoje fyzikálno-chemické, chemické alebo toxikologické vlastnosti a spôsob použitia predstavovať riziko pre zdravie zamestnancov. Najvyššie prípustné hodnoty sú stanovené priemernou hodnotou a hraničnou hodnotou. Najvyššie prípustné priemerné hodnoty sa vzťahujú na osemhodinovú pracovnú zmenu a 40hodinový pracovný týždeň. Najvyššia prípustná hraničná hodnota sa nesmie prekročiť vôbec [7]. Najvyššie prípustné hodnoty v pracovnom prostredí sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 – Najvyššie prípustné hodnoty koncentrácie vystavenia amoniakom pre pracovné prostredie

Chemická látka	Najvyššie prípustné hodnoty koncentrácie	
	priemerná	hraničná
Amoniak	20 ml.m ⁻³ {ppm} 14 mg.m ⁻³	36 mg.m ⁻³

Pre vnútorné prostredie platí Vyhláška č. 326/2002 Ministerstva zdravotníctva SR zo 16. mája 2002, ktorou sa ustanovujú najvyššie prípustné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom ovzduší bytových budov a nebytových budov určených na dlhodobý pobyt.

Podľa tejto vyhlášky sa dlhodobým pobytom rozumie pobyt, ktorý trvá v priebehu 24 hodín viac ako štyri hodiny a opakuje sa pri trvalom užívaní budovy viac ako jedenkrát za 168 hodín. Najvyššia prípustná koncentrácia pre NH₃ vo vnútornom prostredí budov je 200 µg.m⁻³ za 24 hodín [8].

V praxi sa však používa aj individuálne tzv. senzorické hodnotenie ovzdušia, ktoré určujú mieru záťaže ovzdušia na človeka (pozri tab. 2).

Tab. 2 – Senzorické hodnotenie výskytu amoniaku v ovzduší [5]

Koncentrácia [mg.m ⁻³]	Senzorické hodnotenie
0,6 až 2,0	Ovzdušie neobťažujúce.
2,0 až 2,3	Výpary amoniaku citelné, ovzdušie obťažujúce.
4,0 až 4,8	Výpary amoniaku veľmi citelné. Ovzdušie obťažujúce, až neprijemné.
13,0 až 49,0	Výpary amoniaku veľmi citelné. Ovzdušie výrazne obťažujúce, po krátkom čase výrazné dráždenie sliznice.

5. METÓDY STANOVENIA AMONIAKU VO VNÚTORNOM PROSTREDÍ

Na stanovenie amoniaku vo vnútornom prostredí budov sa najčastejšie používa (podobne ako pre voľné ovzdušie) odber vzdušiny presávaním vzduchu so zachytávaním amoniaku do absorbovateľného roztoku (Nesslerove činidlo). Hmotnostná koncentrácia amoniaku sa stanoví kolorimetricky, resp. fotometricky. Princíp stanovenia amoniaku touto metódou spočíva v reakcii amónnych solí s Nesslerovým činidlom za vzniku žltého sfarbenia, ktorého intenzita je úmerná množstvu iónov NH₄⁺.

Táto práca vznikla pri riešení projektu VEGA č. 1/0350/03.

Kontakt na autorky: e-mail: Adriana.Estokova@tuke.sk, Nadezda.Stevulova@tuke.sk.

Použité zdroje:

- [1] LAŽÁR, M.: *Základný technologický postup pre minimalizáciu čpavku v ovzduší Interiéru objektu*. Novostav a. s. Poprad, 2000
- [2] POLLÁK, V., CHODÁK, I.: *Odstránenie čpavkových pár z interiérových stavieb*. Ústav polymérov SAV, Bratislava, 1999
- [3] GAŽO, J. a kol.: *Všeobecná a anorganická chémia*. Bratislava: Alfa, 1974
- [4] BLÁŽEJ, A.: *Chemické aspekty životného prostredia*. Bratislava: Alfa, 1981
- [5] HARNÁK, K.: *Amoniak vo vnútornom prostredí budov*. Diplomová práca, SvF TU Košice, 2003
- [6] JAROS, F.: *Praktická toxikológia*. Bratislava, 1988
- [7] BESEDA, I., a kol.: *Toxikológia*. Zvolen: TU, 1999.
- [8] Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 45/2002 Z.z. o ochrane zdravia pri práci s chemickými faktormi
- [9] Vyhláška Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky č. 326/2002, ktorou sa ustanovujú najvyššie prípustné hodnoty zdraviu škodlivých faktorov vo vnútornom ovzduší budov.

Poznámka recenzentky:

K závažnému poškodeniu zdravia vlivem nadmerných koncentrácií amoniaku môže dojť pri priemyslových haváriách. Amoniak je ale obecné považovaný za nepříliš nebezpečný práve pro svůj varovný charakteristický zápach. Ve vnitřním prostředí obytných a pobytových místností tímto zápachem obtěžuje a snižuje tak významně komfort prostředí i když poškození zdraví (ve smyslu vzniku nemoci) přímo nehrozí.

Limitní hodnoty, platné v České republice:

Pobytové místnosti: 200 µg . m⁻³ (Vyhláška č. 6/2003 Sb.)

Pracovní prostředí: PEL = 14 mg . m⁻³

NPK-P = 36 mg . m⁻³ (Vládní nařízení č. 178/2001 Sb.). ■

Simulace budov a techniky prostředí 2004

Zájem o počítačové simulace budov a jejich vytápěcích, větracích a klimatizačních systémů vzrůstá. Numerické modelování nachází v této oblasti stále častější uplatnění, ať už se jedná o navrhování nových budov a jejich technických zařízení nebo o rekonstrukce stávajících.

Zveme proto všechny zájemce o tuto problematiku na třetí národní konferenci pořádanou IBPSA-CZ ve spolupráci s ČVUT s názvem „Simulace budov a techniky prostředí 2004“. Konference se koná v úterý 2. 11. 2004 v prostorách ČVUT v Praze 6 – Dejvicích.

Zájemci o prezentaci referátů mohou přihlásit anotaci na <http://tzb.fsv.cvut.cz/ibpsa>, kde jsou uvedeny i podrobnější informace o připravované konferenci. Konference je zaměřena na uplatnění počítačových simulací budov a jejich zařízení v těchto oblastech:



1. Počítačové simulace energetických bilancí budov a energetických systémů
2. Řešení nestandardní stavební prvků budov
3. Simulace netradičních zdrojů energie
4. Optimalizace provozní regulace vytápění, větrání a klimatizace budov
5. Analýza vlivu úsporných opatření na energetickou bilanci v rámci energetických auditů
6. Modelování vnitřního prostředí budov
7. Využití CFD pro modelování proudění
8. Projektování energetických systémů budov využitím simulací

Součástí konference bude prezentace firem, které se zabývají využitím, tvorbou nebo distribucí SW pro simulaci budov a zařízení techniky prostředí a workshop aktivních uživatelů programů ESP-r a TRNSYS.

prof. Drkal