

Antropogenne źródła niebezpiecznych odorów w środowisku ludzi i zwierząt

Piotr Bartecki, Leszek Tymczyna

AR w Lublinie

Równowaga środowiska naturalnego jest bardzo ważnym elementem stabilizującym życie na ziemi. Nieodłącznym elementem środowiska naturalnego jest powietrze, którego głównymi składnikami są: azot, tlen, dwutlenek węgla, para wodna oraz inne gazy szlachetne. Powietrze, oprócz podstawowych składników, zawiera także szereg zanieczyszczeń, które powstały w wyniku procesów naturalnych (np. erozji gleb, erupcji wulkanów, procesów zachodzących w morzach i oceanach) oraz w wyniku działalności człowieka. To właśnie antropogeniczne źródła emisji, takie jak: rozwój przemysłu energetycznego, transportu, zakładów chemicznych, rafinerii czy intensyfikacja rolnictwa, stanowią główny czynnik decydujący o składzie jakościowym powietrza. W wyniku przemysłowych procesów do powietrza emitowana jest olbrzymia ilość zanieczyszczeń, które łatwo rozprzestrzeniają się, nawet na sąsiednie kraje i kontynenty, stanowiąc zagrożenie dla ludzi i zwierząt. Zanieczyszczenia powietrza charakteryzują się obecnością toksycznych i odorotwórczych gazów, które obok efektów toksycznych często są bardzo uciążliwe dla otoczenia.

Do odorów zawierających w swojej budowie siarkę zaliczamy **merkaptany (tioalkohole, tiole)**. Są to związki, które powstają wówczas, gdy atom siarki podstawia się zamiast atomu tlenu w cząsteczce alkoholu. Człowiek wyczuwa zapach merkaptanów o mniejszym stężeniu cząsteczkowym nawet wtedy, gdy związki te znajdują się w powietrzu w bardzo małych stężeniach, np. merkaptan butylowy daje się wykryć przy stężeniu $0,000003 \text{ mg/m}^3$ (Chyba, 1975). Zapach merkaptanów jest jednym z najsilniejszych i najbardziej odrażających zapachów, z jakimi spotykamy się wśród związków organicznych, np. ciecz obronna skunksa zawiera tioalkohol butylowy – $\text{C}_4\text{H}_9\text{SH}$.

Merkaptan metylowy (metanotiol) tworzy się podczas hydrolizy keratyny oraz gnicia ciał białkowych. Występuje również w ekskrementach ludzkich, nadając im, wspólnie ze skatolem, nieprzyjemny zapach. Merkaptan metylowy reaguje gwałtownie z odczynnikami utleniającymi, z wodą lub parą wodną względnie kwasami, tworząc toksyczne gazy (np. siarkowodór), może reagować gwałtownie z metalami, a szczególnie z metalami lekkimi. Metanotiol działa narkotycznie i drażniąco na błony śluzowe. Intensywne wdychanie prowadzi do obrzęku płuc, którego początkowe stadium można wykryć wykonując zdjęcie rentgenowskie klatki piersiowej po ok. 8 godzinach od wchłonięcia (zmętnienia obwodowego). W uzasadnionych przypadkach zagrożenia obrzękiem płuc zaleca się wykonanie kontrolnych zdjęć porównawczych bezpo-

średnio po inhalacji. Merkaptan metylowy jest używany do produkcji środków ochrony roślin i tworzyw sztucznych. Na podstawie zapachu można już wykryć $0,000002 \text{ mg/m}^3$ merkaptanu metylowego (Chyba, 1975).

Merkaptan etylowy używany jest do nawaniania gazu ziemnego, w celu wykrywania nieszczelności w ciągach gazowych. Poza tym wykorzystywany jest w przemyśle gumowym, jest surowcem do produkcji środków owadobójczych (insektycydów), lekarstw i polisiarczków, służy również do poprawienia flotacyjnego procesu wzbogacania rud siarczkowych. Merkaptan etylowy w większych stężeniach – najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (30 min) wynosi 2 mg/m^3 – wywołuje mdłości, nudności i wymioty, bóle i zawroty głowy, uczucie osłabienia, omdlenia. Merkaptan etylowy działa drażniąco na skórę i błony śluzowe oczu oraz dróg oddechowych. Po dostaniu się nadmiernej ilości tego związku do płuc należy zapewnić duże ilości świeżego powietrza, a po kontakcie ze skórą natychmiast umyć ciało dużą ilością wody z mydłem. Merkaptan etylowy reaguje bardzo gwałtownie z podchlorynem wapniowym, utleniaczami i metalami. W reakcji z ługami tworzy sole, w czasie tego procesu uwalnia się ciepło, a z wodą i parą wodną – gaz siarkowodorowy. Produktami termicznego rozkładu są ditlenek siarki oraz produkty rozkładu siarczanów (Welzbacher, 2001). W ostatnich czasach otrzymuje się w znacznych ilościach merkaptan laurynowy, który używany jest do produkcji kauczuku syntetycznego, jako regulator polimeryzacji emulsyjnej. Natomiast merkaptan izoanylowy od lat jest dodawany w nieznacznych ilościach do gazu naturalnego (metan, główny składnik naturalnego gazu palnego, nie ma zapachu), w celu łatwiejszego wykrywania ulatniającego się gazu.

Do innych substancji odorotwórczych należą **siarczki (tioetery)**. Związki te powstają, między innymi, w wyniku dalszych przemian siarkowodoru i stanowią jego pochodne dwustopniowe. Przemiany związków siarki (siarkowodór, merkaptany) w organizmie prowadzą zazwyczaj do utleniania truczyn w ustroju do kwasu siarkowego. Mechanizm działania siarczków w wysokich stężeniach jest podobny, np. siarczek dwuetylu ($\text{C}_2\text{H}_5\text{SC}_2\text{H}_5$) działa porażająco na układ oddechowy i ośrodkowy układ nerwowy, ma zapach czosnku i często wywołuje u ludzi mdłości. Związek ten wykazuje wyższą toksyczność niż dwutlenek siarki, na podstawie którego określa się współczynnik toksyczności (ka) równy 116,6 – należący do najwyższych spośród wszystkich związków siarki (Seńczuk, 2002).

Do substancji toksycznych dla człowieka i organizmów żywych zaliczamy także **alkohole**. Przykładem może być **cykloheksanol (alkohol cykloheksylowy)** o wzorze sumarycznym $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{OH}$. Związek ten jest bezbarwną, higroskopijną substancją, o zapachu zbliżonym do zapachu kamfory. W temperaturze 20°C jest ciałem krystalicznym (postać igieł), natomiast w temperaturze $25,15^\circ\text{C}$ przybiera postać oleistej cieczy. Wykorzystywany jest jako półprodukt w przemyśle organicznym do otrzymywania cykloheksanonu, kaprolaktamu, kwasu adypinowego oraz jako rozpuszczalnik organiczny. Otrzymywany jest w reakcji utleniania cykloheksanu lub katalicznego uwodornienia fenolu. Ponieważ pary cykloheksanolu są cięższe od powietrza, gromadzi się on w dolnych partiach pomieszczeń. Na organizm działa toksycznie w dużych stężeniach i z łatwością przedostaje się do niego przez powierzchnię ciała. Zatruciu ulega się poprzez spożycie i wskutek wdychania oparów. Jak wykazują badania, naraże-

nie królików na duże stężenia cykloheksanolu (4000-5000 mg/m³) może być przyczyną upadków zwierząt lub powstawania zmian zwyrodnieniowych w wątrobie, nerkach, mózgu i sercu, natomiast przy stężeniu około 600 mg/m³ zauważono tylko zmiany w wątrobie i nerkach. Cykloheksanol podawany królikom podskórnie, w dawce 15 mg/kg/dzień, powodował wyraźne zmniejszenie masy jąder, najądrzy, pęcherzyków nasiennych i gruczołu krokowego oraz zahamowanie spermatogenezy. Podobne reakcje u królików zanotowano przy podawaniu doustnym dawki 25 mg/kg/dzień. Cykloheksanol podawany ciężarnym samicom myszy powodował zwiększenie śmiertelności potomstwa lub zahamowanie jego wzrostu (Piotrowski J.K., Szymańska J., 2002). U ludzi przy dużych stężeniach podrażnieniu ulegają błony śluzowe i pojawia się skrócony oddech z kaszlem, mogą wystąpić krwotoki z nosa. W przypadku zatrucia ciężkiego występują wymioty, bóle brzucha, nieżyt tchawicy i oskrzeli, a nawet odoskrzelowe zapalenie płuc i krwotoczny obrzęk płuc. Zaobserwowano również zaburzenia nerwowe, bełkotliwą mowę, zataczający się chód, w skrajnych przypadkach może nastąpić utrata przytomności, rzadziej drgawki. W kontakcie ze skórą występują zaczerwienienia i podrażnienia, z oczami – dodatkowo łzawienie. W konsekwencji przewlekłego narażenia organizmu na cykloheksanol może wystąpić nieżyt górnych dróg oddechowych, niedokrwiłość oraz uszkodzenie funkcji wątroby oraz nerek.

Podobne właściwości posiada **cykloheksanon**, który jest pochodną cykloheksanu. Związek ten stosowany jest jako rozpuszczalnik estrów i eterów, celulozy, barwników, żywic, gumy, wosków i tłuszczów. Używany jest również w licznych syntezach organicznych, np. kwasu adypinowego i sześciometylendwuaminy. Około 95% produkcji cykloheksanonu wykorzystuje się do wytwarzania nylonu. Cykloheksanon zapachem przypomina mieszaninę acetonu i pieprzu z mięętą. Związek ten podrażnia głównie skórę i płuca, powoduje zakłócenia pracy układu nerwowego i wykazuje słabe działanie narkotyczne, uszkadza także wątrobę i nerki. W badaniach nad toksycznością tego związku wśród zwierząt doświadczalnych (świnki morskie, króliki, szczury i myszy), wykazano działanie mutagenne i genotoksyczne, nie stwierdzono działania teratogenne, natomiast obserwowano działanie embriotoksyczne oraz szkodliwy wpływ na rozrodczość. Po narażeniu zwierząt doświadczalnych (drogą inhalacyjną) na cykloheksanon, w stężeniu 2600 mg/m³ w okresie 9-16 dnia ciąży, stwierdzono zmniejszenie masy ciała u samic i płodów (Piotrowski J.K., Orłowski C., 2002). Śmiertelna dawka cykloheksanonu dla człowieka wynosi 3500 mg/kg ciała, a najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) – 40 mg/m³. Cykloheksanon w organizmie metabolizowany jest do cykloheksanolu, który po sprzęgnięciu z kwasem glukuronowym jest wydalany z moczem. Cykloheksanon pod względem toksyczności został zaliczony, przez IARC (International Agency for Research of Cancer – Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem) do III grupy ryzyka.

Do grupy substancji szkodliwych i niebezpiecznych dla środowiska zaliczany jest także **heptan**, o wzorze chemicznym CH₃(CH₂)₅CH₃. Jest to ciecz łatwo palna, tworząca z powietrzem mieszaniny wybuchowe, o zapachu podobnym do benzyny. Heptan wykorzystywany jest jako rozpuszczalnik do ekstrakcji tłuszczów i olejów oraz jako substytut w reakcjach polimeryzacji, jest także składnikiem paliwa gaźnikowego.

Pary heptanu są cięższe od powietrza i gromadzą się w dolnych partiach pomieszczeń. Związek ten działa szkodliwie na organizmy żywe, w szczególności na organizmy wodne. Działa drażniąco na skórę oraz na błonę śluzową oczu i dróg oddechowych. W przypadku spożycia bardzo silnie oddziałuje na błonę śluzową przewodu pokarmowego, a wchłonięty zaburza pracę serca, nerek i wątroby. Objawami zatrucia heptanem, w stężeniu powyżej 4000 mg/m³, są: mdłości, bóle i zawroty głowy, zaburzenia równowagi, uczucie duszenia się i halucynacje, utrata przytomności, zaburzenia rytmu serca, obrzęk i zapalenie płuc. Skażenie skóry może powodować zaczerwienienie i podrażnienie, rzadko oparzenie chemiczne. Kontakt substancji z oczami może wywołać ból, zaczerwienienie spojówek i łzawienie. Niewielkie stężenie wdychanych oparów heptanu może wywołać kaszel i skrócenie oddechu, natomiast po spożyciu substancji mogą wystąpić bóle głowy, nudności i wymioty. W ciężkich przypadkach następuje osłabienie, omdlenie, hemoliza, zapalenie oskrzeli, zapalenie płuc oraz zaburzenia pracy organów wewnętrznych. Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) dla heptanu wynosi 1200 mg/m³ (Karta charakterystyk substancji niebezpiecznych, CIOP, 2004).

Do innych węglowodorów alifatycznych zaliczamy **metan** (CH₄), gaz powszechnie występujący w środowisku i będący głównym składnikiem gazu ziemnego. Stosowany jest jako paliwo w silnikach, w przemyśle petrochemicznym do wielu syntez chemicznych, np. do produkcji metanolu lub wodoru. Jest gazem występującym w złożach kopalnianych i stanowi olbrzymie niebezpieczeństwo, gdyż jest skrajnie łatwo palny, tworząc z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Pali się bezbarwnym płomieniem, jako lżejszy od powietrza gromadzi się w górnych partiach pomieszczeń. Źródłem metanu są także odchody zwierząt gospodarskich. Gaz ten powstaje podczas procesu gnicia szczątków roślinnych i zwierzęcych przy udziale bakterii beztlenowych. Bakterie te przekształcają do metanu także metanol, octan i mogą redukować do niego dwutlenek węgla, mrówczan lub formaldehyd (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska, 2002) Gazowe cząsteczki metanu, związane w porowatej strukturze wód podziemnych, mogą się wyizolować w procesie płukania, tworząc pokłady bardzo często zanieczyszczone związkami organicznymi, solami czy metalami ciężkimi. Duże pokłady metanu powstają na składowiskach odpadów komunalnych, wchodząc w skład tzw. biogazu, stanowiąc (oprócz dwutlenku węgla) jego główny składnik. Metan zalicza się do najważniejszych gazów szklarniowych, a zwiększenie jego stężenia w atmosferze może przyczynić się do nasilenia efektu cieplarnianego i zmian klimatycznych na kuli ziemskiej. O tym, że metan pochodzący ze składowisk stanowi olbrzymie niebezpieczeństwo dla klimatu ziemskiego świadczy wartość emisji z tych źródeł, która wynosi 6% emisji globalnej (Ciupryk M., Gaj K., 2004). Związek ten nie jest także obojętny dla organizmu człowieka. W mniejszym stężeniu powoduje przyspieszenie czynności serca, bóle i zawroty głowy oraz zaburzenia orientacji. W stężeniach większych wywołuje nudności i wymioty, a w skrajnych przypadkach – utratę przytomności, drgawki, a nawet zgon.

Do innych związków toksycznych zaliczamy **węglowodory aromatyczne BTX (benzen, toluen, ksylen)** i ich pochodne. Węglowodory aromatyczne pojawiają się w powietrzu podczas spalania lub parowania paliw, głównie węgla, ropy

naftowej i ropopochodnych. Ich obecność w wysokich dawkach wywołuje ostre zatrucia kończące się śmiercią. Przeprowadzone doświadczenia wykazały kancerogenne działanie niektórych związków aromatycznych. I tak np. benzen zaklasyfikowano do I grupy ryzyka zachorowalności na raka u ludzi, zaś ksylen – do III grupy ryzyka. Warto także wspomnieć o **3,4-benzopirenie**, stanowiącym małą część wszystkich węglowodorów aromatycznych, a należącym do najbardziej niebezpiecznych. W badaniach na myszach wykazano jego rakotwórcze działanie przy podawaniu doustnym, oraz działanie mutagenne w wielu badaniach *in vitro* i *in vivo*. Związki te w dużych stężeniach drażnią błony śluzowe układu oddechowego i skóry oraz oczy, powodują bóle i zawroty głowy, nudności i wymioty. Działają również narkotycznie i toksycznie wpływając na ośrodkowy układ nerwowy, powodując m.in.: depresje, zaburzenia oddychania, przewlekłe zapalenie skóry i spojówek, zaburzenia węchu i koordynacji ruchów.

Następstwem narażenia na wysokie stężenia związków BTX może być uszkodzenie wątroby, nerek, zapalenie płuc. W skrajnych przypadkach podczas zatrucia ostrego może dojść do utraty przytomności i śmierci. Dla przykładu, stężenie **toluenu** ok. 3000 mg/m³ powoduje zaburzenia równowagi i koordynacji ruchów, a stężenie 18 000 mg/m³ powoduje utratę przytomności. Dawka toksyczna wynosi 0,5-1,0 g/kg masy ciała (tj. 35-70 ml). Toluenu jest całkowicie wchłaniany z przewodu pokarmowego i szybko rozprowadzany po organizmie, odkładając się głównie w tkance tłuszczowej, szybko ulega metabolizmowi i wydalany jest głównie z moczem. Znaczna część wdychanego toluenu (ok. 90%) ulega przemianie do kwasu benzoowego, a następnie hipurowego. Toluenu (C₆H₅CH₃) działa toksycznie, podobnie jak benzen, jednak jego efekt drażniący oraz wpływ na układ nerwowy jest o wiele silniejszy. Toluenu wywiera działanie embriotoksyczne i fetotoksyczne, ale nie stwierdzono wyraźnego jego kancerogennego wpływu na zwierzęta laboratoryjne i ludzi (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., 2002).

Ksylen, należący do związków BTX – C₆H₄(CH₃)₂, wykorzystywany jest w produkcji benzyny jako rozpuszczalnik i półprodukt chemiczny. Zagrożenie ksylenem, podobnie jak toluenem, pochodzi głównie z powietrza i narasta w wyniku palenia tytoniu. Ksyleny (o-ksylen, m-ksylen, p-ksylen) są szybko wchłaniane przez organizm podczas wdychania i szybko rozprowadzane są w organizmie, kumulując się głównie w tkance tłuszczowej. Są prawie całkowicie metabolizowane i wydalane z moczem w postaci sprzężonej z kwasem glukaronowym lub glicyną. Ksyleny, działając długotrwale na organizm, powodują podrażnienia błon śluzowych, zawroty głowy, nudności, wymioty. Przewlekłe zatrucia mogą objawiać się zaburzeniami ze strony układu nerwowego, stanami zapalnymi górnych dróg oddechowych, skóry oraz spojówek. Następstwem ostrego zatrucia ksylenem mogą być zaburzenia pracy wątroby i nerek, wysuszenie skóry i owrzodzenie podrażnionych miejsc; dawka toksyczna wynosi 0,5-1 g na 1 kg masy ciała. U kobiet długotrwale narażenie na działanie ksyleny może powodować niepłodność, u kobiet ciężarnych mogą wystąpić poronienia, a także zawroty głowy, bóle oczu oraz stany podniecenia.

Do najbardziej toksycznych węglowodorów aromatycznych należy **benzen** – C₆H₆. Jego pary tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe, a cięższe od powietrza gromadzą się przy powierzchni ziemi. Substancja ta należy do I grupy

ryzyka zachorowalności na raka u ludzi. W przypadku przewlekłego zatrucia benzen uszkodza system krwiotwórczy szpiku kostnego, powoduje leukopenię, szkodliwą czy niedokrwiłość, późnym następstwem może być białaczka. Dawka toksyczna wynosi 0,5-1 g/kg masy ciała (tj. 35-70 ml), a NDS – 1,6 mg/m³ (Karta charakterystyk substancji niebezpiecznych, CIOP, 2004).

Innym związkiem należącym do węglowodorów aromatycznych jest **etylobenzen** (C₈H₅C₂H₅), którego głównym źródłem w środowisku jest przemysł naftowy. Związek ten, podobnie jak toluenu i ksylen, jest substancją drażniącą i działającą narkotycznie na ośrodkowy układ nerwowy. U ludzi stwierdzono kumulowanie się etylobenzenu w tkance tłuszczowej. Objawem zatrucia ostrego są, m.in.: łzawienie oczu, kaszel, ból i zawroty głowy. Wielogodzinne narażenie na wysokie stężenie może wywołać senność, drgawki oraz porażenie ośrodka oddechowego. Toksyczne działanie etylobenzenu potęguje wytwarzanie kwasów w organizmie (podobnie jak i w przypadku toluenu), co może prowadzić do kwasicy metabolicznej (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., 2002). Etylobenzen jest uznany przez IARC za substancję przypuszczalnie rakotwórczą i zaklasyfikowany do II grupy ryzyka. Do grupy związków o podobnym toksycznym działaniu należy **propylobenzen**, silnie drażniący drogi oddechowe, skórę oraz oczy. Przy dużych stężeniach wywołuje zawroty głowy, kaszel, duszności, a w konsekwencji uszkodzenie płuc.

Inne substancje szkodliwe w środowisku, powstałe w wyniku działalności człowieka, to **związki chloroorganiczne**. Są to pochodne węglowodorów, gdzie atomy wodoru zostały podstawione przez atom fluoru, chloru, jodu, a także bromu. Przykładem może być **chlorobenzen**, stosowany m.in. do produkcji leków (np. paracetamolu), pestycydów i barwników, rozpuszczalników i olejów specjalnych (difenylów). Jest on także wykorzystywany, w etapach pośrednich, przy produkcji środków zapachowych – detergentów i mydeł. Chlorobenzen w środowisku stanowi powszechne zanieczyszczenie i łatwo jest uwalniany do atmosfery. Odporny na rozkład, wyróżnia się wysokim potencjałem kumulacji i odkłada się w organizmach lądowych i wodnych. Chlorobenzen wchłaniany jest do organizmu przez skórę, układ oddechowy i pokarmowy. Na organizm człowieka działa narkotycznie, a na skórę i oczy – drażniąco. Stałe przebywanie w środowisku skażonym chlorobenzenem powoduje bóle i zawroty głowy, duszności, brak apetytu, zaburzenia trawienne, krwimocz i senność, na skórze powstają egzemy i wypryski. W skrajnych przypadkach dochodzi do uszkodzenia układu nerwowego i narządów krwiotwórczych oraz zmian zwyrodnieniowych wątroby i nerek, odnotowano również wypadki śmiertelne. Najwyższe dopuszczalne stężenie wynosi 50 mg/m³, a próg wyczuwalności węchowej – 1 mg/m³.

Zanieczyszczenie powietrza wywołują także **aminy**. Są to pochodne amoniaku, w którego cząsteczce atomy wodoru zostały zastąpione alkilami (aminy alifatyczne) lub arylami (aminy aromatyczne). Wyróżniamy aminy I-rzędowe – RNH₂, II-rzędowe – R₂NH lub aminy III-rzędowe – R₃N. Występują one w postaci ciał stałych, cieczy oraz gazów i charakteryzują się nieprzyjemnym zapachem, powstają podczas gnicia produktów białkowych. Najbardziej znaną toksyną jest alifatyczna diamina (putrescyna, kadaweryna), potocznie nazywana trupim jadem. Aminy mają działanie methemoglobino-twórcze i łatwo reagują z kwasami azotowymi, dając nitrozo-

aminy. Są bardzo aktywne i występują zarówno w świecie roślinnym (np. alkaloidy), jak i zwierzęcym (np. adrenalina). W przemyśle używane są do produkcji leków, środków powierzchniowo czynnych (jako rozpuszczalniki), w syntezie chemicznej (półprodukt do produkcji pestycydów, surfaktantów i przyspieszaczy) oraz w branży tekstylnej.

Związkiem aminy jest **metyloamina** występująca jako palny gaz lub ciecz, odznaczająca się ostrym amoniakalnym albo rybim zapachem. Przy stężeniach metyloaminy 25,6-128 mg/m³ obserwuje się u ludzi podrażnienie układu oddechowego i oczu, objawiające się pieczeniem w gardle i nosie, zaczerwienieniem oczu oraz łzawieniem, a przy stężeniu około 76,8 mg/m³ – przypadki alergicznego i chemicznego zapalenia skóry. Przy większych stężeniach występują nudności, kaszel, niewyraźne widzenie, bóle głowy i brzucha, wymioty oraz biegunka. Najwyższe dopuszczalne stężenie metyloaminy w powietrzu atmosferycznym wynosi 12,8 mg/m³ (Sapek A., 1994).

Amoniak (NH₃) to kolejna lotna substancja gazowa zanieczyszczająca powietrze atmosferyczne. Silną koncentracją tego związku charakteryzują się obszary w pobliżu obiektów hodowlanych. W wielu krajach amoniak jest wskaźnikiem zanieczyszczeń powietrza w pobliżu budynków inwentarskich. Jest on gazem bezbarwnym, o ostrym zapachu, wyczuwanym przy stężeniu 0,6-40 mg/m³. Powstawanie amoniaku jest uzależnione od obecności substancji azotowych, tj. białka, mocznika, amidów, amin, różnej długości łańcuchów peptydowych, a szczególnie kwasu moczowego oraz aktywności niespecyficznych drobnoustrojów urykolylicznych powodujących ich rozkład (Saba L., Bis-Wencel H., 1993). Biorąc pod uwagę biomasę hodowanych na świecie zwierząt, największe ilości amoniaku pochodzą z ferm bydła i trzody chlewnej. Jedna krowa w gospodarstwie przyczynia się do emisji około 28 kg amoniaku rocznie (Sapek A., 1994). Wysokie stężenie amoniaku w środowisku powoduje jego zakwaszenie. Amoniak pochłaniany przez zbiorniki wodne, w których w ponad 90% występuje w postaci jonów amonowych, powoduje eutrofizację i skażenie wód powierzchniowych. Cykliczne zakwaszanie gleby powoduje rozpuszczanie i wylugowanie składników pokarmowych, tj. mikro- i makroelementów, jonów żelaza i magnezu, a szczególnie aluminium, które wypłukiwane dostają się do wód podskórnych i gruntowych. Amoniak wpływa także na vegetację roślin, zaburzając przemiany fotosyntetyczne oraz proces oddychania. Stężenie 1-3 mmol amonu całkowicie hamuje oddychanie roślin. Działanie jonów amonowych polega na zwiększeniu przepuszczalności przez błony komórkowe roślin, co powoduje plazmolizę i w konsekwencji śmierć komórek. Spośród drzew najbardziej wrażliwymi na działanie amoniaku są drzewa iglaste, którym siarczan amonu uszkadza szpilki. Badania Polskiego Towarzystwa Technologii Żywności wykazały, że w środowisku kwaśnym jony aluminium stają się lepiej rozpuszczalne i przyswajane przez organizm człowieka, i według niektórych naukowców mogą powodować demencję starczą i chorobę Alzheimera (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., 2002).

Do związków zanieczyszczających środowisko, zawierających w swojej budowie azot, należą **azotany i azotyny**. Stanowią one produkty rozkładu substancji azotowych w płodach rolnych i artykułach spożywczych. Azotany występują również w pokładach soli mineralnych, w wodzie, nawozach

mineralnych, gnojowicy, ściekach komunalnych i przemysłowych. W warunkach podwyższonej temperatury, ograniczonym dostępie tlenu i długim okresie przechowywania zachodzi reakcja redukcji azotanów do azotynów (NO³-NO²). Utlenianie amoniaku jest także źródłem powstawania azotynów. Sole azotanów i azotynów używane są m.in. w przemyśle wędliniarskim do utwardzania mięsa, utwalania barwy, podkreślenia smaku, a także do utrzymania jakości wyrobów i ich walorów higienicznych. Sole te hamują procesy gnilne i rozwój mikroflory wywołującej zatrucia pokarmowe.

Badania dotyczące spożycia azotanów przez ludzi wykazują, że około 80% ogólnej ilości związków pochodzi z warzyw, a tylko 16% z mięsa i jego przetworów. Badania szwajcarskie dowodzą, że najwięcej azotanów (ponad 50%) w diecie człowieka pochodzi z wody pitnej. U zwierząt źródłem zatrucia związkami azotu może być: wypicie wody lub spożycie paszy zanieczyszczonej nawozami (saletra amonowa, sodowa, potasowa), roślin pastewnych, gatunków dziko rosnących roślin zawierających duże stężenie azotanów oraz wypasanie na nowych terenach. Zawartość związków azotowych jest zazwyczaj wyższa w roślinach młodych (Tymczyna L., Chmielowiec-korzeniowska A., 2002). Toksyczność azotanów jest 10-krotnie niższa od toksyczności azotynów, jednak azotany mogą łatwo przekształcać się w azotyny, np. w wyniku przechowywania produktów spożywczych azotany pod wpływem bakterii łatwo przekształcają się w azotyny. Po spożyciu azotany w jamie ustnej częściowo przechodzą w azotyny, część z nich po dostaniu się do żołądka wchodzi w reakcje z aminami, tworząc kancerogenne i mutagenne dla ludzi i zwierząt nitrozoaminy (Seńczuk W., 2002).

Azotyny utleniają jony żelazawe (Fe²⁺) do jonów żelazowych (Fe³⁺). Powstająca tą drogą methemoglobina, zawierająca w budowie trójwartościowe żelazo trwale połączone z tlenem, przestaje brać udział w jego transporcie. U ludzi dorosłych system enzymatyczny dba o wtórne przejście methemoglobiny w hemoglobinę, w związku z tym stany chorobowe występują bardzo rzadko. Methemoglobinemia jest bardzo niebezpieczna dla noworodków i niemowląt do ósmego miesiąca życia, gdyż proces enzymatycznego przejścia methemoglobiny w hemoglobinę jest bardzo słaby. Mogą zatem występować okresy stałego niedotlenienia organizmu z przypadkami zejścia śmiertelnego. Fakt zamiany 15% hemoglobiny w methemoglobinę powoduje kliniczne objawy niedotlenienia (sinicę), a 60% – zgon. Azotany i azotyny obniżają również aktywność niektórych enzymów wątrobowych (LDH), zaburzają proces tworzenia witaminy A i przemiany jodu w tarczycy oraz podnoszą poziom katecholamin w mięśniu sercowym.

Zatrucia związkami azotowymi są także bardzo niebezpieczne dla zwierząt przeżuwiających. Aktywna flora bakteryjna zwacza bierze udział w przemianie azotanów w azotyny, zaburzając w ten sposób powstawanie lotnych kwasów tłuszczowych oraz obniżając efektywność wykorzystania podaży energii. Prowadzi to do obniżenia jakości mleka, a także może powodować ronienia lub rodzenie się słabego potomstwa, często nie nadającego się do odchowu. Azotany wydalane są z organizmu w postaci moczu dosyć szybko, gdyż 90% dawki wydalane jest w ciągu 8 godzin. Badania nie wykazują w moczu postaci azotanów, co może wskazywać na proces utleniania ich do azotynów. Komitet Ekspertów FAO/WHO ustalił, że bezpieczny limit dziennego spożycia dla człowieka dla a-

zotanów (w postaci NaNO_3) wynosi 5 mg/kg masy ciała na dzień, a dla azotynów (w postaci NaNO_2) – 0,2 mg/kg masy ciała na dzień (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., 2002). Warto sobie uzmysłowić, że po wchłonięciu 1 g azotynu występują pierwsze objawy zatrucia, natomiast dawka 4 g jest śmiertelna dla osoby dorosłej (Seńczuk W., 2002).

Innymi związkami wpływającymi istotnie na stan środowiska oraz zdrowie ludzi i zwierząt są **halogenki**. Do grupy tej zaliczamy **chlorki, bromki, fluorki i jodki**, stanowiące sole kwasu chlorowodorowego, bromowodorowego, fluorobromowodorowego oraz jodowodorowego. Naturalnym źródłem chloru, bromu, fluorku i jodku są procesy magmowe, w których nie koncentrują się w większych ilościach, tylko przechodzą do roztworów hydrotermalnych, gdzie mogą krystalizować się do postaci halogenków. Do najczęściej występujących minerałów należy fluoryt i fluorki glinu. Podczas procesów osadowych można wyraźnie zauważyć przeważającą ilość chlorków (sylwin, halit i inne), tworzące z siarczanami ogromne złoża. Warto podkreślić, że około 70% chloru i bromu, a także ponad 90% jodu skorupy ziemskiej znajduje się w wodzie morskiej. Do halogenków często występujących w naszym środowisku należą sole kwasu solnego.

Do najbardziej popularnych chlorków należą: sodowy, magnezowy i wapniowy. Zatrucia nimi zdarzają się niezmiernie rzadko, np. gdy anion chlorkowy występuje w połączeniu z metalem ciężkim (np. rtęcią) lub po doustnym podaniu innych chlorków (np. potasowego, sodowego). Chlorki charakteryzują się dużą rozpuszczalnością i znajdują się we wszystkich wodach naturalnych. Woda, zawierająca duże stężenie tych związków, działa korodująco na żelazo i beton. Duże ilości chlorków występują w glebach zasolonych w klimacie suchym, glebach nadmorskich, zimną na drogach (przy stosowaniu NaCl i CaCl_2 do likwidowania śliskiej nawierzchni) oraz okresowo w glebach regularnie nawożonych dużymi ilościami nawozów zawierających chlor. Lokalne zanieczyszczenia gleb chlorkami mogą wystąpić wokół kopalń i fabryk oraz miejsc przeróbki NaCl i KCl , a także na skutek sukcesywnego zanieczyszczenia gleb zasolonymi wodami i ściekami (Podstawy i skutki chemizacji agrosystemów, AR Lublin, 1999). Do gleb uprawnych chlorki dostają się głównie z nawozami potasowymi typu chlorkowego, zawierającymi najczęściej NaCl , MgCl_2 i CaCl_2 .

Chlor bierze udział w utrzymaniu równowagi kwasowo-zasadowej. Utrata chlorków w postaci HCl lub NH_4Cl powoduje rozwój zasadowicy, a zatrzymanie Cl^- w organizmie lub podanie – kwasicę. Hiperchloremia występuje u chorych z nie-

wydolnością nerek, gdy spożycie chloru przekracza jego wydalanie, niekiedy w nerczycy, kwasicy kanalikowej, w nadczynności przytarczyc oraz przy częstym podawaniu soli fizjologicznej (Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., 2002). Dzielne zapotrzebowanie człowieka na sól kuchenną (NaCl) wynosi 10-15 g. Większe ilości powodują występowanie zaburzeń izotonii i izoosmii, prowadzące nawet do śmierci. Takie wypadki notowano po omyłkowym podaniu niemowlętom chlorku sodowego zamiast glukozy. W Chinach notowano śmiertelne samobójcze zejścia po spożyciu 250-500 g soli kuchennej (Seńczuk W., 2002). Najwyższa dopuszczalna zawartość chlorków w wodzie do picia i na potrzeby gospodarcze to 300 mg/dm^3 . Chlorek sodu jest stosowany w przemyśle spożywczym jako przyprawa i środek konserwujący, poprawiający właściwości produktów mięsnych. Duże stężenie chlorku sodu w produktach żywnościowych powoduje zahamowanie aktywności i rozwoju mikroorganizmów.

Chlorki to także substancje bardzo toksyczne dla ludzi i zwierząt. Przykładem jest chlorek winylu, używany do produkcji polichlorku winylu. Chlorek winylu powoduje degenerację wątroby u ssaków i jest kancerogenny, w wyniku długofalowego działania powoduje mutacje genetyczne oraz raka wątroby i krwi. Inną substancją jest chlorek cynku, który działa drażniąco na błony śluzowe oraz skórę. W większych stężeniach powoduje oparzenia.

Zanieczyszczenia powietrza w zwiększonych stężeniach wpływają toksycznie na organizmy ludzi i zwierząt, prowadząc do wielu dolegliwości i schorzeń. Niektóre z nich już w niewielkich ilościach wywołują złe samopoczucie, bóle i zawroty głowy, podrażnienia skóry i błony śluzowej, reakcje alergiczne. Stężenia przekraczające wielokrotnie najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS), przy długotrwałym narażeniu, powodują bardzo często: choroby układu oddechowego, zaburzenia centralnego układu nerwowego, choroby serca, trwałe uszkodzenia wewnętrznych narządów oraz nowotwory. Ich działanie nie ogranicza się tylko do ludzi i zwierząt. W większej koncentracji zaburzają prawidłowy cykl vegetacji roślin, zanieczyszczają zbiorniki wodne, ciekły podziemne oraz gleby uprawne, powodują niszczenie budowli, korozję metali i betonu oraz produktów codziennego użytku. Dlatego ważne jest, aby wszystkie substancje w stanie stałym, gazowym i ciekłym, o szkodliwym i toksycznym działaniu, nie przekraczały dopuszczalnych norm i były cyklicznie monitorowane. W tym celu niezbędna jest integracja polityki ekologicznej państwa z celami społecznymi i gospodarczymi oraz współpraca międzynarodowa.

40-lecie Muzeum w Szreniawie

Muzeum Narodowe Rolnictwa i Przemysłu Rolno-Spożywczego w Szreniawie zostało powołane do życia w 1964 roku, do rangi muzeum narodowego zostało podniesione w 1975 roku. Muzeum jest jedyną tego typu placówką w Polsce i jedną z największych w Europie. W latach 1964-1998 podlegało Mi-

nisterstwu Rolnictwa, od 1999 roku organizatorem Muzeum jest Sejmik Samorządowy Województwa Wielkopolskiego. Muzeum w Szreniawie w swojej działalności nawiązuje do blisko 130-letniej tradycji polskiego muzealnictwa rolniczego – jest kontynuatorem i spadkobiercą powstałego w 1875 roku w Warszawie Muzeum Przemysłu i Rolnictwa, którego zbiory uległy niemalże całkowitemu zniszczeniu w 1939 roku.

Muzeum jest członkiem Stowarzyszenia Związków Muzeów Polskich Oddział Wielkopolski oraz Stowarzyszenia Muzeów na Wolnym Powietrzu w Polsce, należy również do Międzynarodowego Stowarzyszenia Muzeów Rolniczych (Association Internationale de Muses d'Agriculture – AIMA). W 1998 roku Muzeum