

Ozon, jego właściwości i możliwości zastosowania w zabiegach dezodoryzacji i dezynfekcji

W 1785 r. holenderski przyrodnik M. van Marum wyczuł dziwny zapach powietrza wokół maszyn elektrostatycznych. Ani on, ani chemicy, którzy ponad pół wieku później zidentyfikowali źródło tej woni jako **ozon** (od grec. *odzon* - pachnący), nie przypuszczali, że mają do czynienia z gazem tak istotnym dla życia na Ziemi.

Ozon jest zbudowany z trzech atomów tlenu, O₃. Powstaje pod działaniem promieni UV, a także w wyniku reakcji tlenu azotu z lotnymi związkami organicznymi i podczas wyładowań atmosferycznych. Zawsze po burzy z licznymi piorunami czujemy odświeżone powietrze, właśnie z powodu obecności ozonu.

Szkodliwy i pożyteczny ozon

Ozon występuje w atmosferze. W jej części przyziemnej zwanej troposferą stanowi niebezpieczne zanieczyszczenie powietrza, natomiast w stratosferze tworzy „warstwę ozonową”, która chroni życie przed szkodliwymi promieniami UV-B.

Zanieczyszczenie powietrza ozonem w troposferze jest bardziej niebezpieczne dla roślin niż dla zwierząt. Rośliny są bardziej wrażliwe, gdyż ozon z łatwością przedostaje się przez szparki i utlenia zawartość komórek, powodując nieodwracalne zmiany biochemiczne i fizjologiczne. Uszkodzone komórki zamierają, a na górnej stronie liści pojawiają się między żyłkami czarne lub brązowe plamy. Igły drzew iglastych żółkną i przedwcześnie opadają. Procesy fotosyntezy ulegają wyhamowaniu i w wyniku znacznie obniża sucha masa roślin.

W stratosferze ozon spełnia funkcję filtra pochłaniającego niebezpieczne promieniowanie ultrafioletowe UV-B, które emitowane jest przez Słońce. Pochłanianie następuje podczas reakcji rozszczepienia cząsteczki ozonu na tlen i rodnik tlenowy. Całkowita zawartość w atmosferze „pożytecznego” ozonu, który przed UV-B chroni życie na Ziemi, jest niewielka. Gdyby cały ten ozon zgromadził się przy powierzchni ziemi (na poziomie morza), jego warstwa miałaby zaledwie 3 mm grubości. Wielkość tę nazywamy zredukowaną grubością warstwy ozonu. Zawartość ozonu w atmosferze mierzy się w jednostkach Dobsona - DU (*Dobson unit*), a 1 DU odpowiada zredukowanej warstwie ozonu grubości 0,01 mm. Średnia zawartość ozonu w atmosferze ziemskiej wynosi około 300 DU (bo 3 mm), a przerzedzenie warstwy ozonowej nazywa się „dziurą ozonową”.

Uszczuplenie warstwy ozonowej jest wprost proporcjonalne do wzrostu promieniowania UV-B na powierzchni Ziemi. Duże dawki UV-B osłabiają układ odpornościowy, wywołują raka skóry, są przyczyną powstawania katarakty (uszkodzenia narządu wzroku). Ubytek ozonu o **1% wywołuje wzrost o 2.5%** liczby zachorowań. Nadmierne ilości UV-B oddziałują szkodliwie na wzrost roślin i zwierząt, ograniczają rozwój fitoplanktonu, co wpływa na funkcjonowanie ekosystemów lądowych i wodnych (np. zmniejsza się populacja ryb).

Szacuje się, że w ostatnich latach „dziura ozonowa” powiększyła się znacznie, a warstwa ozonowa zmniejszyła się o 4-6%, dlatego w ramach akcji jej ochrony wycofaliśmy freony z lodówek, a w r. 2005 skuteczny fumigant - bromek metylu z zastosowań w rolnictwie, gdyż prawie 60x bardziej skutecznie niszczył ozon w stratosferze niż freony.

Ozon w zabiegach dezynsekcji może nawet zastąpić bromek metylu, który go niszczył w stratosferze (!).

Właściwości ozonu

Ozon jest gazem niebieskim, cięższym od powietrza. Występuje w trzech stanach skupienia. Stały ozon topi się w temperaturze $-192,7^{\circ}\text{C}$, temperatura wrzenia cieczy wynosi $-111,9^{\circ}\text{C}$, a gęstość gazu w temp. 0°C określono jako $2,144\text{ g/dm}^3$. Ozon około 10 razy lepiej rozpuszcza się w wodzie niż tlen O_2 .

Jego cząsteczka O_3 jest nietrwała. Okres połowicznego rozkładu wynosi tylko 20-50 minut w powietrzu i 1-10 minut w wodzie. Szybko się wtedy rozpada na tlen (O_2) i jednoatomowy (O), który jest bardzo silnym utleniaczem, silniejszym niż tlen dwuatomowy. Przyłącza się do podwójnego wiązania w cząsteczkach nienasyconych związków organicznych, drastycznie zmieniając ich właściwości.

Generatory ozonu

Gazowy ozon można wytwarzać na miejscu w przenośnych **generatorach ozonu**, zwanych też ozonatorami, w których następują ciche wyładowania elektryczne w czystym tlenie lub w powietrzu. Generatory ozonu: trioxygen 5, trioxygen 10 i trioxygen 20 wytwarzają z otaczającego powietrza od 5 g do 20 g ozonu na godzinę.

Najważniejszą częścią każdego ozonatora jest elektroda wyładowań koronowych, dzięki której możliwe jest uzyskanie wysokich stężeń ozonu w krótkim czasie. W generatorze **trioxygen 20** zastosowano dwie elektrody wyładowań koronowych najnowszej generacji, dzięki którym uzyskano bardzo wysoką wydajność urządzenia w przenośnym rozmiarze. Możliwość wyłączenia jednej elektrody sprawia, że generator ozonu obniża swoją wydajność. W zależności od potrzeb mamy dwa urządzenia w jednym, tj. trioxygen 20, a po wyłączeniu jednej elektrody - **trioxygen 10**, dzięki czemu jego zastosowanie staje się wręcz nieograniczone.

Każdy ozonator posiada zamontowany wentylator o dużym przepływie powietrza. Wytworzony ozon jest równomiernie rozprowadzany po pomieszczeniu, bez potrzeby używania dodatkowych dmuchaw.

Zastosowania ozonu

Ozon należy do najsilniejszych utleniaczy, dlatego znalazł szerokie zastosowanie w zabiegach dezynfekcji, dezynsekcji i dezodoryzacji, a także usługach odbarwiania, czy usuwania przykrego smaku z niektórych produktów żywnościowych. Aplikowany jest w formie gazowej (część) lub ozonowanej wody.

Silny utleniacz ma największe zastosowanie **w zabiegach dezodoryzacji**, gdyż zmienia właściwości najróżniejszych związków organicznych decydujących o przykrych zapachach. Nie maskuje źródła odoru, ale go trwale usuwa.

Dezodoryzację ozonem można przeprowadzić w pomieszczeniach mieszkalnych i budynkach użytku publicznego w celu usunięcia przykrych lub obcych zapachów. Po zakupie nowych mebli ich obcy zapach można łatwo usunąć za pomocą ozonu. W podobny sposób eliminuje się zapachy z pomieszczeń po malowaniu lub lakierowaniu. Krótko trwający zabieg ozonowania poprawia jakość powietrza w budynkach użyteczności publicznej: w teatrach, kinach, kasynach, szpitalach i w innych obiektach.

Ceniony jest w hotelarstwie i gastronomii, gdyż z pokoi gościnnych usuwa zapachy powstałe podczas palenia papierosów, a z pomieszczeń ogólnie dostępnych np. zapachy powstałe podczas przyrządzania posiłków w kuchni, smażalni, czy pizzerii (zapach oleju po smażeniu). Pokój hotelowy z nieświeżym i zanieczyszczonym powietrzem można przemienić w świeże i pachnące pomieszczenie w ciągu 20-30 minut po wykorzystaniu ozonatora. Zabieg umożliwia przygotowanie pomieszczeń dla nowych gości w znacznie krótszym czasie. W ośrodkach wypoczynkowych ozon usuwa stęchłe zapachy z domków campingowych.

Ozon znalazł już zastosowanie w eliminacji odorów z kabin samochodów osobowych (zapach po rozlanym mleku, dymie papierosowym i po 'mokrym' psie), karetach pogotowia i wozów policji. Autobusy, autokary, tramwaje, taksówki i inne środki transportu publicznego należy poddawać systematycznemu ozonowaniu, gdyż zabieg usuwa całkowicie zapachy z ich wnętrza i je odświeża.

Poprawia jakość i zapach powietrza w zakładach produkujących żywność poprzez usunięcie stęchlizny w komorach chłodniczych, mroźniach, w komorach fermentacyjnych browarów. W pomieszczeniach zakładów przetwórstwa mięsnego usuwa przykre zapachy powstałe przy obróbce mięsa. Samochody przewożące mięso też należy poddawać systematycznemu ozonowaniu.

Ozon skutecznie usuwa z pomieszczeń trudne do zniesienia zapachy powstałe po procesach rozkładu zmarłego. Powstają wtedy tzw. „jady trupie” - ptomainy jako produkty bakteryjnego rozkładu białka przez enzymy wytwarzane przez drobnoustroje. Należą do nich: kadaweryna, putrescyna, neuryna i metyloguanidyna, które mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Ozon łączy się z „jadami trupimi” i zmienia ich przykre właściwości.

Żaden środek chemiczny maskujący zapachy nie usuwa odorów spalin powstającego podczas pożaru. Tylko zabieg ozonowania gwarantuje prawie 100% skuteczność.

Dezynfekujące właściwości ozonu zostały rozpoznane w roku 1886. Kilka lat później w Holandii otworzono pierwszy zakład uzdatniania wody pitnej przy użyciu ozonu. Obecnie metoda wyjąłowania wody pitnej ozonowaniem jest powszechnie stosowana w Europie i Ameryce Północnej, a rozpowszechnienie jej zawdzięcza się pierwszorzędnym odkażającym właściwościom. Użycie ozonu wiąże się ponadto z mniejszym ryzykiem dla zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego niż stosowanie chloru do tego samego celu.

Ozon skutecznie niszczy bakterie, grzyby i wirusy, dlatego należy go szeroko stosować **w zabiegach dezynfekcji.**

Ozonowanie pomieszczeń, w których gromadzą się ludzie, znacznie ogranicza rozprzestrzenianie się chorób (np. grypy). W tym celu należy systematycznie dezynfekować ozonem mieszkania, szkoły, biura i pomieszczenia w placówkach służby zdrowia: szpitale, sale chorych, przychodnie, sale operacyjne, gabinety zabiegowe, korytarze, co zapobiega infekcjom i zakażeniom. Zastosowany analogicznie w budynkach inwentarskich nie tylko usuwa przykre zapachy odzwierzęce, ale także zapobiega rozprzestrzenianiu się chorób zakaźnych zwierząt.

Opisane wyżej zastosowania ozonu w celu dezodoryzacji przyczyniają się do niszczenia szkodliwych mikroorganizmów chorobotwórczych. Odświeżenie ozonem układów klimatyzacji samochodowej jednocześnie je dezynfekuje.

Ozonem można odkażać koce, materace i inne sprzęty w miejscach zatrzymań (areszty, więzienia), a także karetki pogotowia po przewiezieniu zaniedbanego czy chorego.

W basenach ozonowanie sterylizuje wodę kąpielową, oczyszcza, niszczy glony, co gwarantuje pełną przejrzystość wody w zbiorniku.

Po powodzi lub po zalaniu mieszkań ozon niszczy rozwijające się w wilgotnych pomieszczeniach pleśnie. Zabieg z użyciem silnego utleniacza służy też do odgrzybiania starych i zaniedbanych mieszkań czy domów, w których brak wentylacji i wysoka wilgotność przyczyniły się do nadmiernego rozwoju w nich pleśni (*Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor*).

W pomieszczeniach, w których produkowana jest żywność pochodzenia zwierzęcego (zakłady mięsne, przetwórstwo rybne) dezynfekcja pomieszczeń i powietrza z zastosowaniem ozonu zapobiega skażeniom żywności, kilkakrotnie przedłuża świeżość i tym samym zapewnia jej bezpieczeństwo. Ozon jest też od dawna używany do zabezpieczania mięsa i obróbki innej żywności jako skuteczny produkt biobójczy.

Ponad 300.000 osób w naszym kraju jest uczulonych na kurz domowy. Nie mogą przebywać w pomieszczeniach zakurzonych, nie mogą sprzątać. Uczulenie u nich wywołują alergeny znajdujące się w odchodach roztoczy kurzu domowego (*Dermatophagoides farinae*, *D. pteronyssinus*) na drobnych cząstkach kurzu. Alergeny (DER p1, DER f2 i inne) są węglowodanami związanymi z peptydami o masie cząsteczkowej od 25,000 do 40,000. Ozon je skutecznie niszczy, a także ogranicza rozwój roztoczy kurzu domowego. Każdy uczulony powinien kupić ozonator i regularnie dezynfekować pomieszczenia, w których źle się czuje.

Ozon może mieć też zastosowanie w walce z bronią biologiczną rozprzestrzeganą przez terrorystów. Reaktywny ozon unieszkodliwia i niszczy endospory *Bacillus anthracis*. Dezynfekcja pomieszczeń, w których otwarto listy z „białym proszkiem” – zarodnikami (Atrax), jest właściwym działaniem naprawczym.

W dużych stężeniach ozon jest trującym gazem dla owadów - szkodników przechowywanych produktów spożywczych, dlatego jest rozważanym środkiem do zastosowania **w zabiegach dezynsekcji**. W pierwszych próbach terenowych uzyskano 90 - 100% śmiertelności dorosłych wółka kukurydzowego i trojszyka gryzącego oraz larw omacnicy spichrzanki, gdy gazowano ziarno w 500 buszlowym silosie ozonem w stężeniu 50 ppm przez 3 dni. Gdy zastosowano niższe stężenie gazu (25 ppm przez 5 dni) stwierdzono 90% śmiertelność dorosłych wółka kukurydzowego i trojszyka gryzącego i 75% śmiertelności larw omacnicy spichrzanki (tabela). Do gazowania zboża w dużych silosach albo do zwalczania ptaszyńca w kurnikach potrzebne są duże generatory ozonu o wydajności przynajmniej 300-600x większej niż zwykłe ozonatory.

Zakończenie

Liczne są możliwości stosowania ozonu, gdyż zabiegi z jego użyciem są przyjazne środowisku i nawet akceptowane w produkcji ekologicznej. W wyniku zastosowania ozonu nie powstają żadne produkty uboczne. Ozon nie jest trwały; nadmiar gazu szybko rozkłada się do tlenu: $2O_3 \rightarrow 3O_2$.

Wadą ozonu jest to, że jest gazem bardzo korozyjny w stosunku do metali. Niebezpieczny jest dla urządzeń elektrycznych (łącza), utlenia powierzchnię metalowych silosów, ale nie powoduje poważniejszych zniszczeń. Aby zminimalizować skutki korozyjne zabiegu, należy ozon stosować w stężeniu <45 ppm.

Ozon jest niebezpiecznym gazem dla człowieka. Jego intensywny zapach jest wyczuwalny już przy stężeniu 0,02–0,05 ppm, a w UE dozwolone jest stężenie 0.1 ppm O_3 przez 8 godzin. Aby uniknąć

zatrucia ozonem, należy stosować **detektory ozonu** przy pracy z generatorem i w możliwych miejscach jego „wycieku”, a rejon zabiegowy zabezpieczyć tak, aby osoby postronne nie miały dostępu. Po ozonowaniu pomieszczenie należy dokładnie wywietrzyć, zanim zostanie oddane użytkownikom. W celu przyspieszenia procesu można zastosować **destruktor ozonu**, który usuwa aktywny tlen (O) i pozwala na szybsze skorzystanie z pomieszczeń.

Szkodnik	Czas ekspozycji	STĘŻENIE OZONU	ŚMIERTELNOŚĆ OWADÓW	Brak aktywności szkodnika w kulturze po dniach
Wółek zbożowy	2 dni	10 ppm	30%	8 dni
	4 dni	10 ppm	80%	
	6 dni	10 ppm	100%	
	8 dni	10 ppm	100%	
	2 dni	40 ppm	60%	8 dni
	4 dni	40 ppm	<100%	
	6 dni	40 ppm	100%	
	8 dni	40 ppm	100%	
Omacnica spichrzanka	2 dni	10 ppm	20%	15 dni
	4 dni	10 ppm	80%	
	6 dni	10 ppm	<100%	
	8 dni	10 ppm	100%	
	2 dni	40 ppm	-	12 dni
	4 dni	40 ppm	50%	
	6 dni	40 ppm	100%	
	8 dni	40 ppm	100%	