



Bản chất và những tính chất của các chất làm ô nhiễm môi trường tự nhiên

Bởi:

PGS. TS. NGUYỄN Phạm Văn Huân

voer_nguyenthanhson

duvantoan

Mở đầu

Vấn đề ô nhiễm môi trường sống của con người đã tồn tại vài thế kỉ (thí dụ, chúng ta được biết sắc lệnh của Karl VI năm 1382 cấm thải “khói độc và hôi” ở Pari). Tuy nhiên, trước khi phát triển công nghiệp, sự ô nhiễm môi trường mang tính chất hạn chế về địa điểm và thời gian lan truyền cũng như về số lượng và tác hại của các chất ô nhiễm tới cơ thể sống. Tình hình đã thay đổi mạnh do sự tăng trưởng sản xuất công nghiệp và dân cư ở các thành phố (đô thị hóa). Dưới dạng tổng quát vấn đề là ở chỗ con người trong quá trình hoạt động kinh tế tạo ra những chất thải, những chất này không được đưa vào chu trình tiếp theo (do sự chưa hoàn thiện của công nghệ hiện thời hoặc do những lập luận kinh tế). Thêm vào đó phải kể tới sự gia tăng tiêu dùng mạnh và tập quán ngày càng phổ biến (ở các nước công nghiệp phát triển) vứt bỏ đồ vật không chỉ khi chúng hư hỏng, mà cả do mốt. Trong số những chất thải sản xuất và sinh hoạt con người, có nhiều chất (khoáng và hữu cơ) không chịu phân hủy sinh học (chất dẻo, thuốc bảo vệ động thực vật, đồ gốm, kim loại không rỉ, đồng vị phóng xạ v.v...).

Trước khi chuyển sang phân tích những chất gây nhiễm khí quyển, chúng ta đưa ra định nghĩa thuật ngữ “ô nhiễm”. *Ô nhiễm* trong sinh thái được hiểu là sự biến đổi bất lợi của môi trường, hoàn toàn hay một phần do kết quả hoạt động của con người, trực tiếp hay gián tiếp làm thay đổi sự phân bố năng lượng đi tới, mức phóng xạ, các tính chất lý - hóa của môi trường và điều kiện tồn tại của cơ thể sống.

Những biến đổi này có thể ảnh hưởng tới con người một cách trực tiếp hoặc thông qua nước và các sản phẩm dinh dưỡng. Chúng cũng có thể tác động tới con người bằng cách làm xấu đi các tính chất của những vật mà con người sử dụng, điều kiện nghỉ ngơi và làm việc.

Đứng đầu bảng trong số các nguồn ô nhiễm môi trường là các hydro cacbua khoáng (than, dầu, khí), vì khi chúng cháy tạo ra lượng chất thải lớn. Mặc dù sử dụng hydro cacbua với tư cách là nhiên liệu không thể không thừa nhận là bình thường, mà còn hợp lý, người ta đốt các khoáng chất không tái sinh chủ yếu với mục đích lấy năng lượng (thí dụ, ở Pháp chỉ 7 % dầu mua về được dùng làm nguyên liệu trong ngành hóa hữu cơ).

Xét về tác động của chúng tới cơ thể con người, các chất gây ô nhiễm khí quyển được phân chia thành các chất lý học và các chất hóa học. Các chất lý học bao gồm: a) các nguyên tố phóng xạ, là nguồn bức xạ ion hóa; b) ô nhiễm nhiệt (làm tăng nhiệt độ); c) tiếng ồn và rung tần thấp (ngoại âm). Các chất hóa học bao gồm: a) các chất dẫn xuất dạng khí của cacbon và hydro cacbua lỏng; b) các chất tẩy rửa; c) các chất dẻo; d) thuốc bảo vệ động thực vật và các chất tổng hợp; e) các chất dẫn xuất của lưu huỳnh; f) các chất dẫn xuất của nitơ; g) các kim loại nặng; h) các hợp chất của flo; i) tạp chất rắn; k) các chất hữu cơ.

Xét về điều kiện hình thành, tất cả các chất gây ô nhiễm khí quyển phân chia ra thành tạp chất nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo (nhân sinh).

Tạp chất nguồn gốc tự nhiên đi vào khí quyển do hoạt động núi lửa, phong hóa đất và đá, cháy rừng, chết thực vật, sóng biển (đi kèm bọt sóng), cháy thiên thạch.

Tạp chất nguồn gốc nhân sinh được hình thành trước hết trong quá trình đốt nhiên liệu khoáng (trong động cơ đốt trong, tại nhà máy nhiệt điện, trong hệ thống đốt lò) cũng như khi đốt cháy chất thải công nghiệp và sinh hoạt, nổ hạt nhân v.v...

Bảng 1.1. Khối lượng (tấn/năm) chất ô nhiễm thải vào khí quyển

Chất	Nhập tự nhiên	Chất thải nhân sinh
Ôxit cacbon (CO)	?	$3,5 \cdot 10^8$
Điôxit lưu huỳnh (SO ₂)	$1,4 \cdot 10^8$	$1,45 \cdot 10^8$
Các ôxit nitơ (NO _x)	$1,4 \cdot 10^9$	$(1,5?2,0) \cdot 10^7$
Sôn khí (các hạt rắn)	$(7,7?22,0) \cdot 10^{10}$	$(9,6?26,0) \cdot 10^{10}$
Các chất policlorvilyn, phreol	?	$2,0 \cdot 10^6$
Ôzôn (O ₃)	$2,0 \cdot 10^9$?
Hydro cacbua	$1,0 \cdot 10^9$	$1,0 \cdot 10^6$
Chì (Pb)	?	$2,0 \cdot 10^5$

Thủy ngân (Hg)	?	$5,0.10^3$
----------------	---	------------

Có thể hình dung về số lượng và tương quan các tạp chất đi vào khí quyển với nguồn gốc tự nhiên và nhân sinh theo số liệu bảng 1.1.

Tổng lượng chất thải công nghiệp thế giới bằng khoảng 600 tỉ tấn một năm. Trong 100 năm gần đây nhập vào khí quyển 1,35 triệu tấn silic, 1,5 triệu tấn acsen, hơn 1 triệu tấn niken và khoảng ngàn tỷ coban, 0,6 triệu tấn thiếc và ăngtimoan.

Theo thành phần tạp chất đi vào khí quyển, người ta chia ra thành các tạp chất dạng khí, dạng rắn và dạng lỏng. Ti phần các chất dạng khí (ôxit cacbon, điôxit và các chất dẫn xuất khác của lưu huỳnh, hydrô cacbua, các ôxit nitơ, các hợp chất hữu cơ) bằng khoảng 90 %, dạng rắn (bụi, kim loại nặng, các hợp chất khoáng và hữu cơ, các chất phóng xạ) - gần 10 %; khối lượng các tạp chất lỏng (axit sunphuric) nhỏ so với khối lượng các tạp chất khí và rắn. Thực ra, trong thành phần các tạp chất rắn thực tế luôn có mặt nước với hàm lượng càng lớn nếu độ ẩm tương đối của không khí càng cao.

Khi đốt cháy tất cả các dạng nhiên liệu sẽ tạo ra hơi nước và điôxit cacbon và sau đó nhập vào khí quyển, chúng được chứa trong khí quyển trong điều kiện tự nhiên và không có tác hại với con người. Vì vậy, các khí này không thuộc các chất gây ô nhiễm khí quyển, mặc dù phần lớn chất thải nguồn gốc nhân sinh thuộc loại các chất này.

Ôxit cacbon

Ôxit cacbon (CO) - tạp chất phổ biến nhất và nhiều nhất (về khối lượng) trong khí quyển. Trong điều kiện tự nhiên, hàm lượng CO trong khí quyển rất ít: chỉ dao động từ vài phần trăm của phần triệu đến 0,2 phần triệu (ta nhớ lại rằng hàm lượng điôxit cacbon trung bình bằng 325 phần triệu). Khối lượng chủ yếu của CO được tạo thành trong quá trình đốt cháy nhiên liệu khoáng. Trong đó các động cơ đốt trong là nguồn chính. Thí dụ, ở Mỹ hàng ngày ô tô xả ra hơn 120 triệu tấn khí này. Lượng CO tối đa được tạo thành trong kỳ nung nóng của động cơ và trong trường hợp tái trộn hỗn hợp. Thể tích ôxit cacbon có thể đạt tới 10 % thể tích các khí thải.

Tổng khối lượng CO bị thải vào khí quyển được ước lượng (theo tình hình tới năm 1988) bằng khoảng 380 triệu tấn, trong đó từ cháy xăng - gần 270 triệu tấn, than - 15 triệu tấn, củi - 15 triệu tấn, chất thải công nghiệp - 35 triệu tấn và cháy rừng - 15 triệu tấn.

Hàm lượng CO ở những thành phố lớn dao động từ 1 đến 250 phần triệu và trung bình gần 20 phần triệu. *Nồng độ tới hạn cho phép* - đó là nồng độ xác định chuẩn mức của chất ô nhiễm tại đó nó chưa có tác động xấu đáng kể tới cơ thể và điều kiện (chất lượng) cuộc sống của con người. Người ta phân biệt *nồng độ tới hạn cho phép một lần* và *nồng độ tới hạn cho phép ngày* đặc trưng cho mức độ ảnh hưởng ngắn hạn (thường không quá 20-30 phút) và ảnh hưởng lâu dài của chất đang xét tới cơ thể con người. Hàm lượng

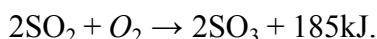
Bản chất và những tính chất của các chất làm ô nhiễm môi trường tự nhiên

CO cao nhất (vượt trội hơn nhiều so với nồng độ tới hạn cho phép) được quan sát thấy trên các đường phố và quảng trường thành phố với giao thông xe hơi nhộn nhịp, đặc biệt trong các mẫu khí xả của xe.

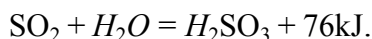
Điôxit lưu huỳnh

Điôxit lưu huỳnh hay khí sunphua (SO_2) - chất thứ hai (về khối lượng) làm ô nhiễm khí quyển. Nguyên nhân chính (thực tế là nguyên nhân duy nhất) của sự hiện diện SO_2 trong khí quyển - việc sử dụng nhiên liệu khoáng, trước hết là than, vì nhiên liệu bất kỳ đều chứa ít nhiều lượng lưu huỳnh (từ một vài phần của phần trăm tới 5-7 %). Theo các ước lượng, hàng năm thải vào lớp khí quyển đối lưu gần 145 triệu tấn SO_2 , trong đó 70 % được tạo thành khi cháy than và 16 % - cháy nhiên liệu lỏng (đặc biệt là mazút).

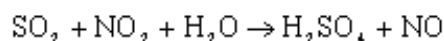
Sự phân hủy SO_2 trong khí quyển diễn ra dưới tác động của bức xạ cực tím, thành anhydrit lưu huỳnh (SO_3) theo phản ứng



Khi tiếp xúc với hơi nước, sẽ tạo thành axit sunphua



Trong khí quyển ẩm và ô nhiễm còn xảy ra phản ứng



,

dẫn tới tạo thành axit sunphuric (H_2SO_4). Đi vào khí quyển còn có một hợp chất lưu huỳnh nữa - sunphua hydro (H_2S), phát thải nguồn gốc nhân sinh của chất này không lớn; nó chủ yếu được sinh ra bởi vi khuẩn trong đất màu và trong môi trường biển (khoảng 100 triệu tấn/năm).

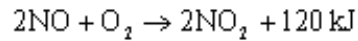
Các ôxit lưu huỳnh làm tăng mạnh sự ăn mòn kim loại trong các thành phố - 1,5-5 lần so với ở nông thôn. Tại một trong những thành phố của Mỹ, sự gia tăng nồng độ SO_2 lên 3 lần kéo theo tăng tốc độ ăn mòn thiếc lên 4 lần. Đặc biệt vải nilon rất nhạy cảm đối với sự ô nhiễm khí quyển bởi chất này.

Các hợp chất nitơ

Một lượng lớn ôxit nitơ NO và điôxit nitơ NO_2 được tạo thành trong quá trình đốt ở nhiệt độ cao, trước hết trong các động cơ đốt trong dùng xăng và nhiên liệu diesel.

Bản chất và những tính chất của các chất làm ô nhiễm môi trường tự nhiên

Điôxit nitơ - chất khí bền vững màu vàng, thường làm cho không khí thành phố có sắc nâu. Dưới ảnh hưởng của bức xạ cực tím, NO₂ bị phá hủy, chuyển thành NO. Sự phá hủy NO₂ cũng diễn ra khi nhiệt độ cao hơn 600 °C, điều này giải thích hàm lượng NO cao so với hàm lượng NO₂ trong khí xả ô tô. Điôxit nitơ tạo thành trong không khí trong khi lan truyền các khí xả theo phản ứng



Tổng khối lượng NO₂ hàng năm thải vào khí quyển trong quá trình hoạt động con người được ước lượng là 15-20 triệu tấn, bằng khoảng 0,1 khối lượng khí này tạo thành bằng con đường tự nhiên (núi lửa, sấm chớp, vi sinh vật).

Điôxit nitơ bảo tồn trong khí quyển trung bình 3 ngày. Khi tương tác với hơi nước, nó biến thành axit sunphuric và các nitrat khác. Những chất sau cùng này trở lại đất cùng với giáng thủy, đó là vì sao mà tuyết có thuộc tính bón phân cho đất.

Hyđrô cacbua

Nguồn hyđrô cacbua tự nhiên chủ yếu là thực vật (1 tỉ tấn một năm), còn nguồn nhân sinh là giao thông ô tô (động cơ đốt trong và bình nhiên liệu của ô tô). Ở Mỹ, trong số 32 triệu tấn hyđrô cacbua hàng năm thải vào khí quyển, thì hơn một nửa là từ động cơ đốt trong (trong đó nhiên liệu bị cháy không hoàn toàn), gần 14 % từ thải công nghiệp và gần 27 % từ các nguồn còn lại. Ngoài ra, trong khí cháy không hoàn toàn còn tạo thành (tổng hợp) những hyđrô cacbua vòng gây ung thư. Đặc biệt nhiều hyđrô cacbua gây ung thư (gây khối u phổi) có chứa trong cặn khói của các động cơ điêzen và các hệ thống lò đốt. Mặc dù bằng cách điều chỉnh tốt động cơ, điều khiển xe khéo léo có thể giảm thải bớt được phần nào, nhưng động cơ điêzen chiếm một trong những vị trí đầu về các nguồn ô nhiễm khí quyển bằng các chất gây ung thư.

Chúng tôi một lần nữa lưu ý về tác hại của hút thuốc - sự tự nguyện làm ô nhiễm cơ thể người nghiện, nơi ở của anh ta và những nơi công cộng bởi khói thuốc mà trong thành phần có không ít chất gây ung thư. Vì lí do này, về trung bình cứ 2-3 phút có 1 trong số 1 triệu người chết vì hút thuốc (để so sánh, cứ 2-3 ngày có một người chết bởi tai nạn ô tô, 4-5 ngày có 1 người chết vì dùng rượu).

Theo dữ liệu khảo sát đặc biệt, mỗi chiếc ô tô của Mỹ về trung bình trên 1 km đường xả thải ra 30 g ôxit cacbon, 4 g ôxit nitơ và 2 g hyđrô cacbua.

Còn accroleum - chất rất độc và có tính kích thích, đi vào khí quyển không những tại những nhà máy sản xuất mà cả từ những khí xả chứa các sản phẩm của nhiên liệu không cháy hết.

Những tạp chất rắn (sôn khí)

Giống như trong trường hợp các chất gây ô nhiễm dạng khí, thêm vào các sơn khí nguồn gốc tự nhiên - các hạt rắn và lỏng lơ lửng trong không khí, còn có một lượng lớn sơn khí nguồn gốc nhân sinh.

Kích thước (bán kính) các hạt rắn quan trắc được trong khí quyển dao động trong phạm vi rộng: từ những phần nghìn, phần trăm của μm đến một số μm (trong bão bụi kích thước các hạt mang trong gió tăng lên đến 100 μm và hơn). Tùy thuộc kích thước, người ta chia các hạt sơn khí thành ba loại: nhỏ hay vi mô (hạt tinh) với bán kính

$$r < 0,1$$

μm , trung bình (hạt trung),

$$r = 0,1 - 1$$

μm và lớn (hạt thô),

$$r > 1$$

μm . Trong số các sơn khí hạt tinh, người ta tách ra một nhóm hạt có những tính chất hấp thụ nước. Người ta gọi những hạt này là *các nhân ngưng kết* (chúng là mầm của những hạt nước mây và sương). Nhiều khi các hạt nhỏ mang điện tích dương hay âm. Trong trường hợp này, chúng có tên là các ion (nhẹ hoặc nặng).

Theo các tính chất lý - hóa, người ta chia sơn khí thành: *bụi* và *xi cặn* (các hạt rắn), *khối* (các hạt chứa nhiều nước) và *giọt* (sương, mây, giáng thủy). Ta lưu ý rằng trong điều kiện thực, các hạt bụi cũng luôn luôn chứa nước ở mức độ nào đó, còn các giọt thì luôn chứa nhân ngưng kết (sự thật, khối lượng của nhân rất nhỏ so với khối lượng nước). Chúng ta sẽ không xếp các giọt mây, sương và giáng thủy vào loại sơn khí (xem chúng là các tạp chất), vì chúng có nguồn gốc tự nhiên. Chỉ có một phần không lớn các sơn khí nhân sinh có cấu trúc lỏng (thí dụ axit sunphuric).

Xét theo hình dạng hạt, người ta qui ước chia sơn khí thành: a) dạng hình cầu, b) dạng đa diện đều, c) dạng tấm mỏng (kích thước hai chiều lớn hơn nhiều so với kích thước chiều thứ ba), d) dạng kim, dạng tơ, lăng kính, e) dạng tổ hợp phức tạp (chuỗi dài có các nhánh, tỏa tia).

Chúng ta sẽ dừng lại xét chi tiết hơn về đặc tính của sơn khí hạt tinh, bởi vì ngoài ảnh hưởng tới cơ thể người, nó góp phần đáng kể vào sự hấp thụ bức xạ và như hệ quả làm biến đổi chế độ nhiệt của khí quyển. Sự thành tạo các hạt sơn khí tinh diễn ra liên tục từ các tạp chất dạng khí, thường số lượng chúng bằng $10^3 - 10^4$ trong 1 cm^3 , bán kính luôn nhỏ hơn một vài phần mười μm , nồng độ tính bằng một số μg trong 1 m^3 . Theo những đánh giá hiện có, khối lượng toàn cầu các sơn khí hạt tinh về trung bình bằng khoảng 50 triệu tấn; tốc độ thành tạo chúng bằng khoảng 5 000 triệu tấn/năm (tức mỗi năm khối

lượng sơn khí trong khí quyển tạo mới gần 100 lần, nói cách khác, tốc độ thành tạo chúng khoảng hai lần vượt trội tốc độ tạo mới của hơi nước trong khí quyển).

Tham gia trong quá trình thành tạo sơn khí hạt tinh từ các chất khí nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo đi vào khí quyển (NO_2 , SO_2 , các sản phẩm cháy và thối rữa) có: bức xạ Mặt Trời và các tia xạ khác, cả hơi nước. Những hạt chất tan lớn nhất (khoảng

$$10^{-1}$$

μm) tăng lên khi tăng độ ẩm tương đối đến mức chúng trở thành các mầm giọt mây và sương (tức nhân ngưng kết). Những hạt nhỏ hơn (trước hết là của các chất không hòa tan) được bảo tồn dưới dạng ban đầu, tạo thành thành phần độc lập của sơn khí hạt tinh.

Trong thành phần sơn khí, luôn có mặt bốn nhóm chất: các sunphat, các hợp chất hữu cơ, cacbon rắn và nước, hàm lượng tương đối của chúng dao động trong phạm vi rộng phản ánh điều kiện thành tạo các chất khí tiền thân của chúng (kể cả sự phân bố địa lý thảm thực vật và chế độ hoạt động sống của nó) và sự ảnh hưởng các điều kiện khí tượng tới sự phân bố sơn khí trong khí quyển.

Cacbon rắn - đó là các loại xỉ, bán kính hạt của nó tại thời điểm thành tạo gần bằng $0,003\text{--}0,005 \mu\text{m}$, còn nồng độ rất biến động - từ $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ở những vùng đặc biệt sạch đến $10\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ở những vùng nhiều bụi. Ngay sau khi thành tạo, các hạt xỉ liên kết lại với nhau thành bụi bông với bán kính vài phần trăm μm , chúng bị hấp thụ bởi những hạt có bản chất khác (thí dụ, các giọt nước mưa) và bị loại khỏi khí quyển sau một khoảng thời gian từ vài chục giờ tới 1-2 tuần. Tổng khối lượng xỉ trong khí quyển được ước lượng khoảng 5 triệu tấn, còn tốc độ gia nhập - gần 500 triệu tấn/năm. Để so sánh, chúng tôi dẫn ra ước lượng hàm lượng toàn cầu của cacbon trong thành phần điôxit cacbon (khoảng

$$7 \cdot 10^3$$

triệu tấn) và tốc độ gia nhập của nó từ các nguồn tự nhiên (

$$2 \cdot 10^3$$

triệu tấn/năm) và nhân sinh (

$$5 \cdot 10^3$$

triệu tấn/năm). Như vậy tốc độ nhập vào khí quyển của cacbon rắn bằng khoảng 10 % tốc độ thải cacbon dạng khí vào khí quyển và tăng nhanh theo mức độ tăng thể tích nhiên liệu được đốt.

Vai trò của xỉ trong khí quyển được xác định không chỉ bởi tác động có hại tới con người, trước hết là các cơ quan hít thở, mà còn bởi lẽ trong số tất cả những hợp phần của sơn khí thì xỉ hấp thụ bức xạ Mặt Trời và bức xạ từ đất mạnh nhất, trong dải rộng các bước sóng (từ 0,25 đến $13 \mu\text{m}$) và nhờ đó có ảnh hưởng nhiều tới chế độ nhiệt của khí quyển và của mặt đất. Các ước lượng cho thấy rằng nếu như các hạt xỉ lắng đọng

đều đặn, thì mặt đất sẽ bị phủ bởi một lớp xỉ dày đến 1 μm với albedo chỉ bằng gần 2 %. Trong thực tế, khối lượng xỉ chính bị rửa trôi bởi giáng thủy rơi xuống mặt đất.

Tuy nhiên, khi rơi trên thảm tuyết hoặc băng, xỉ được phân bố trong toàn bề dày và được giữ lại một thời gian dài. Vì lý do đó, albedo của tuyết giảm tới 90 % trong trường hợp độ ô nhiễm trung bình và tới 30 % trong trường hợp ô nhiễm mạnh (với điều kiện albedo bằng 100 % trong điều kiện tuyết sạch), vậy nó đẩy nhanh quá trình tan tuyết. Xỉ cũng ảnh hưởng nhiều tới albedo của mây. Hợp phần nước của sơn khí hạt tinh thực tế không hấp thụ bức xạ ở khoảng bước sóng 0,25-13 μm và do đó không ảnh hưởng tới chế độ nhiệt của khí quyển.

Vai trò của các sunphat (các hợp chất của lưu huỳnh) lớn hơn, trước hết là do các hạt lớn nhất của chúng là những nhân ngưng kết quyết định điều kiện hình thành vi cấu trúc của mây và sương. Hàm lượng của các sunphat trong khói rất lớn. Khói là một hiện tượng phổ biến (đặc biệt trong các thành phố) có ảnh hưởng đáng kể tới sự trao đổi bức xạ và albedo hành tinh.

Do lượng phát thải sunphat nguồn gốc nhân sinh tăng lên trong những năm gần đây, nên tính tích cực sinh học của chúng tăng đáng kể, kéo theo sự nhiễm độc đối với thế giới thực và động vật (hiện tượng được gọi là mưa axit).

Hợp phần hữu cơ của sơn khí có tác động ít nhất (về phương diện hấp thụ bức xạ và ảnh hưởng tới khí hậu). Nhiều hợp chất hữu cơ trong thành phần của sơn khí có khoảng hấp thụ rộng, nhưng bao phủ các khoảng hấp thụ của hơi nước hoặc nằm trong vùng phổ với cường độ bức xạ rất nhỏ.

Tỉ phần của các phát thải nhân sinh trong tổng cân cân sơn khí là đáng kể đối với tất cả các hợp phần của nó (với cacbon rắn phần phát thải nhân sinh vượt trội trên phát thải tự nhiên, với các sunphat và chất hữu cơ - bằng khoảng 25 % phát thải tự nhiên) và tỉ phần này đang tiếp tục tăng với thời gian.

Chúng tôi sẽ nêu ra những chất khác đang được phát thải vào khí quyển và có tác hại tới cơ thể con người, giới động vật và thực vật. Thấy rằng tổng số các chất làm ô nhiễm khí quyển có thể tính ra tới hàng trăm chất.

Một nguồn ô nhiễm khí quyển quan trọng là ngành công nghiệp liên quan tới khai thác và sử dụng vật liệu xây dựng (đào phá vụn đá tại các mỏ lộ thiên, sản xuất xi măng v.v...). Thí dụ, ở Pháp các công xưởng xi măng thải gần 3 % sản phẩm của mình (khoảng 100 nghìn tấn bụi với đường kính vài chục μm) và làm giảm mạnh ánh sáng Mặt Trời bên trên vùng lân cận. Ngành luyện kim màu là nguồn ô nhiễm khí quyển bởi các hạt thiếc, chì, đồng và nhôm.

Trong bụi lắng ở gần những trung tâm công nghiệp, quan sát thấy không ít các khoáng chất khác nhau: thạch anh, canxit, thạch cao, feldspat, amiăng (chất này thậm chí với

nồng độ nhỏ hơn nhiều so với nồng độ các khoáng chất khác vẫn gây tác hại cho phổi). Bụi trong không khí các khu công nghiệp về trung bình chứa 20 % ôxit sắt, 15 % các silicat và 5 % xỉ. Ngoài ra còn phải kể thêm các ôxit phi kim loại (mangan, vanadi, molipden, acsen, ăngtimoan và đặc biệt độc là selen và tellua) cũng như các ftorit. Xe ô tô, ngành sản xuất thép và đốt chất thải - những nguồn chủ yếu ô nhiễm khí quyển bằng chì - một kim loại cực độc. Hàng năm mỗi chiếc ô tô thải vào khí quyển trung bình 1 kg chì dưới dạng sơn khí (trong xăng có bổ sung tetraetil chì làm chất chống nổ). Từ năm 1950, lượng chì rơi lắng xuống băng ở Grinlanđia đã tăng lên rất nhiều - đó là hậu quả tăng số lượng xe hơi. Ở những thành phố lớn của nhiều nước trên thế giới nồng độ chì không hiểm khi vượt trên $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (còn tại các ngã tư và trong đường hầm $5\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), trong khi nồng độ tới hạn cho phép bằng $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Thật vậy, ở Chicago (Mỹ) tại trung tâm thành phố nồng độ chì trung bình lớn hơn $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tại các vùng lân cận - khoảng $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Thời gian lưu lại trung bình trong khí quyển của các hạt chì (đường kính từ $0,05$ tới $5 \mu\text{m}$) là một số tuần, điều đó thuận lợi cho chì lan tới các vùng xa nguồn (thí dụ, từ Mỹ tới Grinlanđia). Hiện nay, toàn bộ sinh quyển đã bị nhiễm chì nguồn gốc nhân sinh.