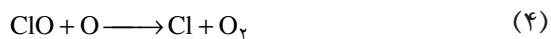


# چرا تخریب لایه‌ی اوزون در قطب جنوب شدیدتر است؟

علی خانلری\*

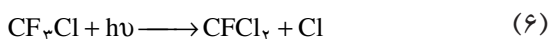


واکنش کلی این فرایند به این قرار است:



تخریب اوزون فرایندی زیان بار است چنان که بنا به گفته‌ی جیمز اندرسون، پژوهشگری که در زمینه‌ی ترکیب لایه‌ی استراتوسفر بررسی‌های فراوان داشته است، افت مقدار اوزون در استراتوسفر، به مقدار کم‌تر از ۱۰ درصد، زندگی گیاهان و جانوران را تهدید می‌کند و اگر این کاهش به ۵۰ درصد فزونی یابد، زندگی روی کره‌ی زمین نابود می‌شود.

هنگامی که کلروفلوروکرین‌ها - که به عنوان سیال در یخچال‌ها، حلال‌های پاک‌کننده‌ی مدارهای الکترونی و تولید اسفنج‌های نارسانا کاربرد دارند - در هوارها می‌شوند، در هواکره نفوذ می‌کنند و در برابر پرتوهای فرابنفش به تولید اتم‌های کلر می‌پردازند:



یکی از مسایل نگران‌کننده در عصر کنونی، تخریب اوزون در استراتوسفر در حضور کاتالیزگرها بوده است. بنا به پژوهش‌ها، در خلال دو دهه‌ی گذشته لایه‌ی اوزون در هواکره‌ی زمین، با سرعت ۲/۵ درصد در سال نازک شده است. این در حالی است که در قطب جنوب در فاصله‌ی زمانی ۱۰ شهریور تا ۹ آبان، یا از سپتامبر تا اکتبر، ضخامت این لایه تا حدود ۷۰ درصد کاهش می‌یابد. چرا چنین است؟

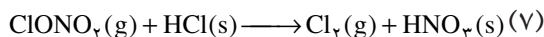
لایه‌ی اوزون در هواکره‌ی زمین از تابش پرتوهایی با طول موج حدود ۲۸۰ nm بر مولکول‌های اکسیژن تشکیل می‌شود:



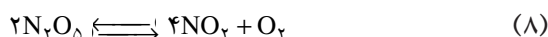
در سال ۱۹۷۴، اف. شرودرولند و ماریو مولینا سازوکاری به این قرار را برای تجزیه‌ی استراتوسفری اوزون توسط اتم‌های کلر، پیشنهاد کردند:



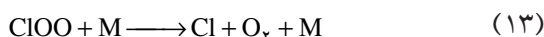
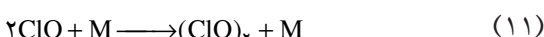
چنانچه ClO<sub>۲</sub> های تولید شده و ClO<sub>۲</sub> های به دست آمده از واکنش (۳) با مواد دیگر موجود در هواکره وارد واکنش شوند و گونه هایی هم چون HCl و ClONO<sub>۲</sub> تشکیل دهند، بر ناپودی O<sub>۳</sub> اثر چندانی نخواهند داشت. بنابراین اگر تنها در فاز گازی، واکنش هایی همگن روی می داد، تخریب O<sub>۳</sub> به کمترین مقدار می رسید. اما جای تأسف است که چنین نیست. در فاصله ی زمانی ۱۱ خرداد تا ۹ شهریور یعنی از جون تا آگوست، قطب جنوب در تاریکی قرار دارد. در این مدت ابرهای استراتوسفری تشکیل می شوند که به مقدار فراوان شامل ذره های جامد ۳H<sub>۲</sub>O.۳HNO<sub>۳</sub> هستند. HCl روی این ابرها فشرده می شود و واکنشی به این قرار روی می دهد:



به این ترتیب در جریان این واکنش، کلر موجود در گونه های HCl و ClONO<sub>۲</sub> به Cl<sub>۲</sub> تبدیل می شود. هم چنین واکنش دیگری در سطح این ابرها روی می دهد که سبب تبدیل N<sub>۲</sub>O<sub>۵</sub> به HNO<sub>۳</sub> می شود و از آن جا که N<sub>۲</sub>O<sub>۵</sub>، بنابه واکنش (۸) منبعی برای NO<sub>۲</sub> به شمار می رود، با تشکیل HNO<sub>۳</sub> از N<sub>۲</sub>O<sub>۵</sub>، استراتوسفر از NO<sub>۲</sub> تهی می شود:



با فرارسیدن بهار، از ۱۰ شهریور تا ۹ آبان، خورشید بار دیگر در قطب جنوب ظاهر می شود و مولکول های Cl<sub>۲</sub> که قبلاً در این جا تولید شده اند، توسط پرتوهای فرابنفش به اتم های کلر تفکیک می شوند. از آن جا که NO<sub>۲</sub> های موجود در ابرهای استراتوسفری در خلال زمستان تخلیه شده اند، ClO<sub>۲</sub> هایی که از واکنش اتم های Cl با O<sub>۳</sub> تشکیل می شوند، دیگر به صورت ClONO<sub>۲</sub> در نخواهند آمد. غلظت اتم های اکسیژن در هواکره ی قطب جنوب بسیار کم است، بنابراین واکنش های (۳) و (۴)، تنها حدود ۵ درصد در ناپودی لایه ی O<sub>۳</sub> اثر دارند. در واقع، حدود ۷۵ درصد تخریب لایه ی O<sub>۳</sub> به سازوکاری به این قرار وابسته است:



در این جا M، یک جزء سوم است. برای نمونه، می تواند بخشی از یک مجموعه مولکول به شکل یک بلور یخ باشد. واکنش کلی این فرایند به این قرار است:



به این ترتیب در فاصله ی ۱۰ شهریور تا ۹ آبان، حدود ۷۰ درصد از اوزون موجود در لایه ی استراتوسفر نابود می شود. این امر در قطب شمال نیز روی می دهد اما مقدار آن نسبت به قطب جنوب کم تر است، زیرا:

- استراتوسفر زمستانی قطب شمال، ابرهای استراتوسفری کم تر، با عمر کوتاه تری نسبت به استراتوسفر قطب جنوب دارد.
- وجود حلقه ی قطبی یا حلقه ای که هوا در آن به سرعت می چرخد، در قطب جنوب باعث تشکیل بخش های جداگانه در هواکره ی این قطب می شود. در فاصله ی ۱۰ آبان تا ۹ آذر، حلقه ی قطبی شکسته می شود و اوزون زیادی را در این قطب تأمین می کند.

هم اکنون تخلیه ی اوزون استراتوسفری، افزون بر قطب ها در بخش های دیگر نیز مشاهده می شود. داده های ماهواره ای متوسط مقدار تخلیه را در سال ۱۹۹۱ نسبت به سال ۱۹۷۹، به این ترتیب نشان می دهد: صفر درصد در خط استوا، ۴ درصد در عرض جغرافیایی ۶۰ درجه ی شمالی، ۷ درصد در عرض جغرافیایی ۵۰ درجه ی جنوبی. فراسنج های مهم در این زمینه، در پهنای متوسط جغرافیایی به این قرارند:

(آ) هوای فقیر از اوزون، از نواحی قطبی به عرض های متوسط جغرافیایی منتشر می شوند.

(ب) آبروسل های استراتوسفری که از قطره های محلول H<sub>۲</sub>SO<sub>۴</sub> - H<sub>۲</sub>O ساخته شده اند، N<sub>۲</sub>O<sub>۵</sub> را به HNO<sub>۳</sub> و ClONO<sub>۲</sub>، و HCl را به Cl<sub>۲</sub> و HOCl تبدیل می کنند. این گونه ها نیز در اثر تابش فرابنفش خورشید به Cl و ClO شکسته می شوند.

(پ) امکان انجام فرایند میان هوای عرض های میانی با ابرهای استراتوسفری قطبی.

پیمان بین المللی ۱۹۹۲ موجب شد که تقریباً همه ی کلروفلورکربن ها تا سال ۱۹۹۶ کنار گذاشته شوند. با این حال، عمر طولانی کلروفلورکربن ها در هواکره به این معنی است که تخلیه ی چشم گیر اوزون استراتوسفر برای ۵۰ تا ۷۵ سال بعد ادامه خواهد داشت.



\* معلم شیمی کلاردشت



۱. شیمی فیزیک، لواین، ترجمه ی دکتر غلامرضا اسلامپور، انتشارات فاطمی، چاپ اول.
۲. شیمی عمومی با نگرش کاربردی، اسمیت - اسموت - پرایس، ترجمه ی دکتر منصور عابدینی - دکتر علی سیدی، انتشارات فاطمی، چاپ ششم.