ازن و کاهش آن در استراتوسفر

مهندس میترا غلامی

عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی استان زنجان

خلاصه :

ازن گازی است به رنگ آبی کمرنگ ، با بوی تند که در غلظتهای کمتر از ppm۱ در هوا وجود دارد .

ازن به طور طبیعی در لایه استراتوسفر با شکسته شدن اکسیژن و ترکیب اتم اکسیژن با یک مولکول اکسیژن در جایی که اشعه ماوراءبنفش وجود دارد و به عنوان منبع انرژی به کار می‌رود ، تولید می‌گردد.

ازن نه تنها در آلودگی هوا ، به دلیل نقش مهمی که در تولید اکسیدان‌های فتوشیمیایی دارد ، حائز اهمیت بوده بلکه وجود آن در استراتوسفر سبب محافظت زمین از تابش بیش از حد اشعه ماوراءبنفش ، می‌گردد . بنابراین اگر لایه ازن کاهش یابد تابش اشعه فوق‌الذکر به سطح زمین بیشتر می‌شود .

ازن به طور مداوم در استراتوسفر توسط جذب اشعه ماوراءبنفش با طول موج کوتاه تولید می‌شود . در همان زمان بطور مداوم این گاز بوسیله واکنش‌های مختلف که سبب شکسته شدن و تبدیل آن به مولکول اکسیژن می‌شود ، از استراتوسفر حذف می‌گردد . میزان تولید و حذف این گاز در هر زمان تعیین‌کننده غلظت ازن است .

افزایش غلظت‌های استراتوسفریک کلر ، نیتروژن و برومین که سبب افزایش سرعت واکنش حذف ازن می‌گردد ، در تعادل بین تولید و حذف آن تأثیر می‌گذارد . یکی از مهمترین گازهایی که سبب از بین رفتن ازن می‌شود ، کلروفلوروکربن است . گازهای دیگری که در کاهش ازن موثرند ، عبارتند از : N2O.CH4,CO2 و گازهای جدیدی شامل متیل کلروفرم ، تتراکلریدکربن و هالون‌ها (فلوروکربن‌ها که شامل اتم‌های برومین هستند و در آتش‌خاموش‌کن‌ها به کار می‌روند) .

چون ازن اشعه ماوراءبنفش با طول موج کوتاه را قبل از این که به زمین برسد ، جذب

می‌کند ، از بین رفتن ازن احتمال در معرض قرارگرفتن اشعه ماوراءبنفش را افزایش می‌دهد .

این اشعه سبب بیماریهای چون سرطان پوست ، آب مروارید می‌شود و همچنین روی سیستم ایمنی تأثیر می‌گذارد . تابش شدید این اشعه تأثیر نامطلوبی روی گیاهان و ارگانیسم آبی نیز گذاشته است .

مقدمه :

ازن به یک آلوتروپ از اکسیژن اطلاق می‌شود . گازی است با رنگ آبی کمرنگ ، با بوی تندی که در غلظت‌های کمتر از ۱PPm (یک قسمت در میلیون) در هوا نیز وجود دارد . رنگ این گاز در غلظتهای طبیعی ازن مشاهده نمی‌شود . حلالیت ازن در آب تقریباً ۱۰ برابر حلالیت اکسیژن در آب می‌باشد . با این وجود در عمل مقداری که ازن می‌تواند در آب حل شود کم است . حلالیت ازن از قانون هنری تبعیت می‌کند و بستگی به فشار جزئی و کل فشار موجود در سیستم دارد . از آنجائیکه ازن به طور طبیعی در غلظت‌های پائین تولید می‌شود ، فشار جزئی نیز پائین می‌باشد . وزن مولکولی ازن ۴۸ و دانسیته آن در صفر درجه سانتی‌گراد ، ۲۱/۴ گرم در لیتر می‌باشد . نقطه جوش آن در ۱۱۱/۹- در جه سانتیگراد و نقطه ذوب آن در ۲۵۱- درجه سانتیگراد می‌باشد .

در سال ۱۷۸۵ ، "Van Mrum" در طی یک تخلیه الکتریکی متوجه تولید بوی خاصی شد . در سال ۱۸۴۰ "schon bein" ثابت کرد که این بو ناشی ازگاز مخصوصی است که او این گاز را ازن نامید (Ozein در زبان یونانی بمعنی بوئیدن است) .

در سال ۱۸۵۷ "siemens" اولین دستگاه تولید ازن بوسیله تخلیه الکتریکی را ساخت و در سال ۱۸۶۷ "soret" فرمول O_3 را برای ازن انتخاب کرد.

ازن در گندزدائی آبهای آشامیدنی و دریاچه‌ها ، نگهداری مواد غذایی در سردخانه‌ها ، سیستمهای تهویه مطبوع و کنترل بو در سیستم‌های تصفیه فاضلاب و صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد . در صنایع شیمیایی ازن در تمیز کردن مواد آلی مختلف ، مثل : فیبر ، آرد ، شکر و تنباکو استفاده می‌شود . کاربرد مهم دیگر ، اکسیداسیون کربن سیاه درکوره می‌باشد . بعضی از فاضلابهای صنعتی بخصوص فاضلابهای فنل‌دار و سیانوردار بوسیله ازن تصفیه می‌شوند (۱). ازن موجود در استراتوسفر برای ادامه حیات در زمین ضروری است . بدون وجود لایه محافظ ازن در استراتوسفر تمام آبهای روی زمین خشک می‌شوند . لایه ازن موجودات زنده را در مقابل آسیب‌های بیولوژیکی ناشی از اشعه ماوراءبنفش خورشید حفاظت می‌کند . تحقیقات نشان داده که فعالیت‌های بشری باعث کاهش لایه ازن در استراتوسفر و افزایش اثرات زیان‌آور (از جمله سرطانهای پوست) می‌شود . اگرچه وجود لایه ازن در استراتوسفر حیاتی

است ، وجود ازن در لایه تروپوسفر زیان‌آور است (۲).

۲- ازن طبیعی :

۲-۱- جذب اشعه ماوراء بنفش :

در شرایط طبیعی ، ازن به عنوان ترکیب اصلی طبقات تحتانی جو نمی‌باشد ، بلکه به مقدار جزئی در آن موجود است . جذب مقدار قابل توجه اشعه ماوراء بنفش با طول موج حدود ۹ میکرون توسط ازن حاکی از آن است که قسمت بالای اتمسفر حاوی مقدار زیادی ازن می‌باشد . جذب پرتوهای زیان‌بخش اشعه ماوراء بنفش توسط ازن باعث حفاظت فعالیت‌های حیاتی در سطح زمین می‌شود . هنگامی که بدن فردی تحت تابش لامپ ماوراء بنفش قرار گیرد پرتوهای با طول موج کوتاه باعث تغییرات فیزیولوژیکی در بدن می‌گردد . در واقع اشعه با طول موج کمتر از ۰/۲ میکرون پیوندهای کربن - هیدروژن مولکولهای آلی را می‌شکنند . همچنین وقتی مولکولهای آلی تحت تابش پرتوهای با طول موج بیش از ۰/۳ میکرون قرارگیرند ممکن است شکسته شوند . ضمناً پرتوهای ماوراءبنفش می‌توانند مولکولهای آب را تجزیه نمایند . بنابراین لایه ازن در طبقات‌بالای جو می‌توانند به عنوان یک بستر و لایه محافظت‌کننده عمل نمایند (۳).

۲-۲- ازن در بالای اتمسفر :

ازن در ارتفاع حدود ۳۰کیلومتر بالای جو توسط تجزیه نوری مولکول‌های اکسیژن تشکیل می‌شود . جذب اشعه با طول موج کوتاه الکترومغناطیسی سبب تحریک الکترونهای مولکول اکسیژن شده و اربیتال‌های با انرژی بالا ، پیوند دو اتم اکسیژن را سست کرده و باعث شکستن مولکول می‌گردند . این پدیده در صورتی اتفاق می‌افتد که طول موج اشعه کمتر از ۰/۲۴ میکرون باشد . اگر E نمایانگر انرژی جذب‌شده باشد واکنش مرحله اول تولید ازن به قرار زیر است :

$O_2 + E \text{ ----> } O + O$ "۱"

هر یک از اتم‌های اکسیژن تولیدی به سرعت با مولکول اکسیژن ترکیب شده و ازن تشکیل می‌شود .

$O + O_2 + M \text{ ---->} O_3 + M$ "۲"

M نمایانگر سایر مولکول‌ها مثل O_2 یا N_2 است که جهت گرفتن انرژی اضافی واکنش ، فوراً وارد فعل و انفعال با O و O_2 می‌شوند . ممکن است بنظر برسد که حضور M غیرضروری است و واکنش تنها با برخورد دو عنصر انجام می‌شود اما مومنتم و انرژی ذخیره شرایطی را ایجاد می‌کند که فعل و انفعال را محدود می‌سازد و اینجا است که ضرورت آن احساس می‌گردد. درجات آزادی اضافی مؤید لزوم عنصر سوم می‌باشد . بدون جذب انرژی توسط عنصر سوم و با برخورد با O و O_2 واکنشی انجام نمی‌پذیرد(۳).

میزان واکنشهای شیمیایی بین دو ترکیب ، که بستگی به برخورد دو عنصر دارد ، معادل میزان مولکول‌های کلوئیدی درگاز می‌باشد و متناسب با قدرت واکنش مولکولی در خلال تصادم ، افزایش می‌یابد . همانطوریکه میزان برخورد متناسب با غلظت تولید دو ترکیب و میزان واکنش است ، در معادله "۲" سرعت واکنش با غلظت سه جزء موجود در سمت چپ معادله متناسب است . باکاهش دانسیته جو سرعت این واکنش نیز سریعاً کاهش پیدا می‌کند بنابراین در ارتفاعات بالا این فرآیند به کندی انجام می‌پذیرد.

برخورد اشعه و اکسیژن اتمی آزاد با ازن باعث اضمحلال آن می‌گردد . دو فرآیند اصلی که منجر به کاهش غلظت ازن میشود ، عبارتند از :

$O_2+E \text{ ----> } O+O_2$ "۳"

$O_2+O \text{ ----> } 2O_2$ "۴"

پرتوهای شکننده برای انجام واکنش "۳" باید دارای طول موجی کمتر از ۱/۱ میکرون باشند . بنابراین با وجود نور مرئی خورشید ازن ناپایدار است و به اکسیژن مولکولی و اکسیژن اتمی تبدیل می‌گردد. میزان جذب پرتوهای با طول موج کمتر از ۰/۳ میکرون بسیار بالاست . میزان جذب اشعه ماوراءبنفش توأم با تجزیه نوری O_2 مطابق با معادله "۱" به همراه تخمین شدت تحریک الکترون‌ها در اکسیژن مولکولی بدلیل جذب تمامی پرتوهای خورشیدی با طول موج کمتر از ۰/۳ میکرون برای ما اهمیت دارند .

در ارتفاع خیلی بالای ۸۰ کیلومتری مقدار ازن کاهش می‌یابد و این نه تنها به دلیل کاهش دانسیته جو و تأثیر آن بر معادله "۲" بلکه به دلیل افزایش واکنش زیر می‌باشد :

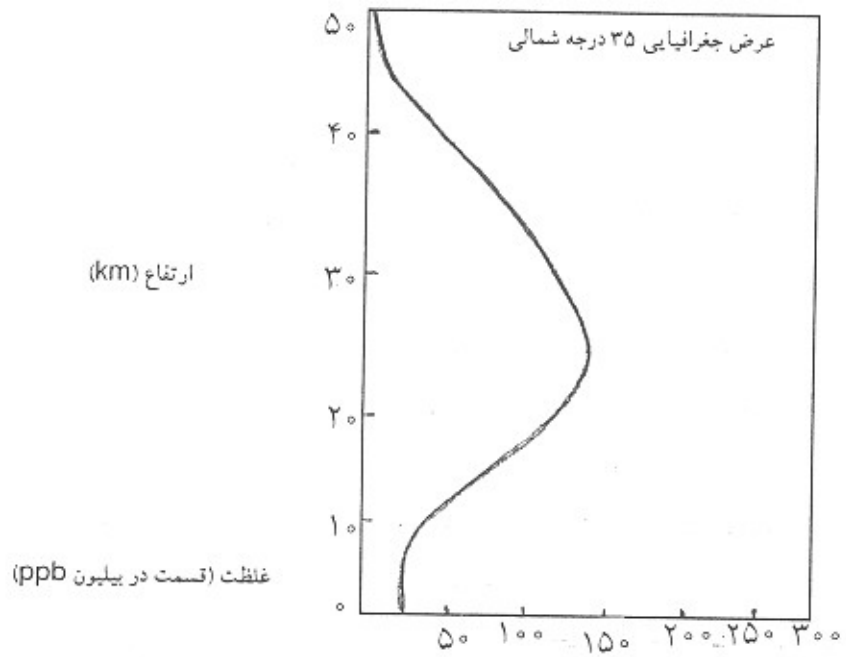
$O+O+M \text{ ----> } O_2+M$ "۵"

که در آن M به عنوان یک عنصر ممانعت‌کننده در برخورد و تصادم سه عنصر می‌باشد . در این ارتفاع تجزیه نوری مولکول‌های اکسیژن توسط پرتوهای فلیتر نشده اشعه UV از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و این به دلیل غلظت بالای اکسیژن اتمی ، که ناشی ازکاهش وزن مولکولی هوا است ، می‌باشد .

غلظت بالای اکسیژن اتمی باعث می‌گردد که فعل و انفعالات معادله "۵" بیشتر از معادله "۲" انجام پذیرد . در ارتفاعات بالای ۱۰۰ کیلومتر ، از واکنش بین سه عنصر کاسته شده و بدین‌ترتیب غلظت ازن کاهش پیدا می‌کند .

در ارتفاع کمتر از ۳۰کیلومتری میزان تولید O_2 کم می‌شود و این بدلیل جذب پرتوهای ماوراءبنفش در ارتفاعات بالا است که سبب کاهش تجزیه اکسیژن مولکولی مطابق معادله "۱" می‌گردد . بدین‌ترتیب بنظر می‌رسد که حداکثر غلظت ازن باید در ارتفاع ۵۰ کیلومتری باشد . اما همانطوریکه در شکل " الف " نشان داده شده است ، حداکثر غلظت در ارتفاعات پائین‌تر است. و این به دلیل انجام واکنش‌های شیمیایی در طبقات بالا و تأثیر انتقال حرارتی رادیواکتیو می‌باشد .

حداکثر غلظت ازن در حدود ۰/۲ppm در ارتفاع ۲۶ کیلومتر در خط استوا و درارتفاع ۱۸ کیلومتر در قطبین مشاهده شده است . در سطح زمین غلظت ازن در حدود کمتر از ۰/۰۳ ppm است .



شکل الف : توزیع عمودی ازن

دلیل این اختلاف یکسری فرآیندهای انتقالی است که باعث جابجایی ازن از محل تولید به طرف ارتفاعات پائین می‌گردد. حرکت افقی توده‌ای از هوا در اثر تغییر درجه حرارت نیز سبب پخش ازن در ارتفاعات پائین‌تر از محل‌هایی که در آنجا اشعه خورشید قوی و میزان تولید ازن بالا است به سمت قطبین می‌گردد(۳).

در ارتفاعات پائین یک لایه با غلظت بالای ازن می‌تواند از نفوذ اشعه ماوراءبنفش ممانعت کرده، در نتیجه باعث کاهش تولید ازن در طبقه زیرین آن شود و بدین سبب پروفیل غلظت ازن به صورت فوق در می‌آید که دلیل آن این است که اکسیژن اتمی آزادشده توسط واکنش "۳" به سرعت با اکسیژن مولکولی ، که با غلظت زیاد موجود است ، مطابق معادله "۲" ترکیب شده و ازن تولید می‌گردد . واکنش "۴" نشان می‌دهد که تولید ازن اثر معکوس دارد چراکه غلظت O_2 به مقدار زیادی غلظت O را درقسمت‌های پائین جو افزایش می‌دهد . در صورتی که ازن به قسمت‌های پائین‌تر برسد با ذرات آئروسل

و گیاهان و یا سطح زمین برخورد نموده و محدود می‌گردد.

واکنش‌های فتوشیمیایی در ارتفاع پائین‌تر از ۲۰ تا ۳۰کیلومتری صورت نمی‌گیرند و این به خاطر محصولات اولیه‌ای است که در ارتفاعات بالا تولید می‌شوند . لازم به توضیح است که باید در نظر داشت که مدت زمان به حالت اول برگشتن نصف ازن "half restoration period" و یا به عبارت دیگر مدت زمان لازم برای انجام واکنش‌ها و رسیدن به میزان موجود بستگی به ارتفاع دارد . در ارتفاع ۵۰کیلومتری در تمام فصول حدود یک ساعت و در ارتفاع ۳۵ کیلومتری ۵روز است که ممکن است تا ۶۰روز در تابستان و ۱۰۰ روز در زمستان بدرازا بکشد . در این فصل میزان جذب اشعه ماوراءبنفش توسط ازن در ارتفاعات بالایی بدلیل بیشتر بودن زاویه تابش ، افزایش می‌یابد . در ارتفاع ۲۰ کیلومتری این مدت به حدود یک سال می‌رسد . بنابراین در ارتفاعات پائین غلظت ازن بستگی به اعتدال اشعه خورشید ندارد . در حقیقت میزان ازن در ارتفاعات پائین حدود ۲۰ppb است که تغییری در خواص هوا نمی‌دهد و تنها در نواحی که آلودگی فتوشیمیایی هوا وجود دارد مسئله‌ساز است (۳).

۲-۳-کاهش لایه ازن :

تأثیر فعالیت‌های بشری بر روی لایه ازن بیش از ۱۵ سال است که در حال بررسی است . تولید نیتروژن (N) توسط جت‌ها (supersonic transport) سبب کاهش لایه ازن می‌گردد . تا اواسط دهه ۱۹۷۰ ثابت شد که کلرورها و برمورهای تولیدشده توسط انسان شامل ترکیباتی هستند که می‌توانند اثراتی روی لایه ازن داشته باشند . گازهایی که درکنترل لایه ازن در استراتوسفر اهمیت دارند (گازهایی مانند کلروفلوئور و کربن ، هالون ، متان ، اکسیدهای ازت ودی‌اکسیدکربن) در اثر فعالیت انسان مرتباً افزایش می‌یابند . افزایش این گازها و نوسانات دما و باد در فصول مختلف سبب تغییراتی در لایه ازن می‌شود .

ازن در استراتوسفر در ارتفاع ۵۰-۱۵ کیلومتری موجود است . حداکثر غلظت ازن در حدود ۱۰ppmv (ppm در واحد حجم) است .

ازن طی یکسری واکنش‌های کاتالیتیک با Br,Cl_2H,N از بین می‌رود . فرآیندهای مورد نظر به ترتیب زیر می‌باشد :

$$CL+O_3 \text{ ----> } CLO + O_2 \quad "۱"$$

$$CLO+O \text{ ----> } CL + O_2 \quad ۲"$$

$$Net:O_3+O \text{ ----> } O_2+O_2 \quad "۳"$$

اتم کلر در واکنش‌های "۱" و "۲" مصرف نمی‌شود بلکه به عنوان کاتالیزور برای انجام واکنش نهایی استفاده می‌شود . مهم‌ترین موادی که درکاهش ازن مؤثرند NO و NO_2 می‌باشند.

تولید و تخریب ازن به طور مداوم صورت می‌پذیرد . میزان ازن ازتعادل بین این کاهش و افزایش در سطح جهانی تعیین می‌شود . وقتی

غلظت برم ، کلر وازت به صورتهای مختلف افزایش پیدا می‌کند بدلایل ذکرشده تخریب ازن بیشتر شده و میزان آن کاهش می‌یابد .

عوامل کاهش‌دهنده ازن بر روی سایر مولکول‌ها نیز تأثیر دارند . بنابراین می‌توانند بطور موقت یا دائم از واکنش‌های کاتالیتیک کاهش ازن حذف شوند . به طور مثال کلر (CL) در واکنش با CH_4 تولید HCL می‌کند و در این صورت نمی‌تواند در کاهش ازن مؤثر باشد .

در اینجا ذکر دو نکته لازم است :

- میزان ازن در اواخر زمستان و اوایل بهار در نیمکره شمالی هر چه به قطب نزدیک می‌شویم و در نیمکره جنوبی هرچه از قطب دورتر می‌شویم حداکثر می‌باشد .
- میزان ازن در مناطق با عرض جغرافیایی پائین ، با شدت تابش خورشید ارتباط مستقیم دارد یعنی در حداکثر شدت تابش خورشید این میزان حداکثر است .

۲-۳-۱- تغییرات طبیعی ازن :

تغییرات ازن در زمانهای مختلف متفاوت است . بیشترین تغییرات ناشی از شدت تابش خورشید و حرکت باد است که در ساعات مختلف روز، فصل‌ها و سال‌های مختلف متفاوت می‌باشد . این تغییرات به سیکل خورشیدی نیز بستگی دارد . میزان تشعشعات کیهانی و پروتون‌های خورشیدی بسته به فعالیت‌های خورشیدی متغیر است و این مسئله روی ازن تأثیر می‌گذارد .

سایر تغییرات ازن بدلیل حرارت طبیعی از قبیل فعالیت‌های آتش‌فشانی می‌باشد .

۲-۳-۲- تأثیر فعالیت‌های انسانی بر روی ازن :

همزمان با تأثیر حوادث طبیعی بر روی ازن ، فعالیت‌های انسان نیز بر روی میزان ازن مؤثر است . انفجار هسته‌ای دهه ۱۹۶۰ باعث کاهش میزان ازن شده است . در اواسط دهه ۱۹۷۰ عامل تابودکننده لایه ازن در استراتوسفر کلروفلوروکربن‌ها (CFC) و هالون‌ها بودند . تولید هالونها (مثل $CBrF_3$ و $CBrClF_2$) از دهه ۱۹۵۰شروع شده است و در دو دهه اخیر افزایش یافته است .این مواد در سال‌های اخیر مصرف زیادی در اطفاء حریق بخصوص در سیستم‌های کامپیوتری و فضاهای بسته مانند هواپیماها داشته‌اند . هردوماده دارای کاربرد بسیار زیادی می‌باشند . این موارد پایدار در تروپوسفر (Tropospher) هیچگونه واکنشی انجام نمی‌دهند و اثر آنها در استراتوسفر است . در آنجا توسط اشعه ماوراءبنفش تجزیه شده ، تبدیل به کلر و برم می‌شوند که سبب تخریب ازن می‌گردند . افزایش سایر گازها در اتمسفر نیز ناشی از فعالیت‌های انسانی است . این گازها عبارتند از :($CH_3CCL_3, NO_2, CH_4, CO_2$ متیل کلروفرم) و CCl_4 . این گازها بعلاوه CFCها و هالون‌ها می‌توانند در میزان ازن تغییراتی ایجاد کنند . به عنوان مثال CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش دمای تروپوسفر و در

عین حال کاهش دما و سردشدن استراتوسفر می‌شوند . این سردشدن منجر به کاهش میزان انجام واکنش‌های فتوشیمیایی خواهد شد . این گازها با سرعت‌های متفاوتی در اتمسفر در حال افزایش هستند. به عنوان مثال N_2O سالانه حدود ۰/۱٪ و هالونها (Hallons) سالانه بین ۱۵-۱۰٪ افزایش پیدا می‌کنند (۲).

۲-۳-۳- سوراخ لایه ازن :

چندسال پیش در ماه اکتبر خانم Susan Solomon و آقای Joseph Farman دو شیمیستی که بر روی تغییرات جوی مطالعاتی می‌کردند ، سوراخ لایه ازن را در نواحی قطبی کشف کردند و در ایستگاه Holley bay در قطب جنوب که از سال ۱۹۵۷ میزان ازن را اندازه گیری می‌کرد ، کاهش درکل ازن را مشاهده کردند . این کاهش حدود ۵۰٪ بود که در اواسط دهه ۷۰ تا ۸۰ همه سال در همان ماه بوجود می‌آمد . میزان کاهش ازن در این دهه حتی توسط مقیاس ژئوگرافی نیز بزرگتر از مقیاس اندازه‌گیری TOMS تأیید شده است .

از بین رفتن ازن تنها به لایه‌های پائین‌تر استراتوسفر در ارتفاع ۲۳-۱۵ کیلومتر محدود می‌شود . در این محل است که وجود ابرهای یخی (icy clouds) درکاهش ازن نقش کاتالیروز را بازی می‌کنند و باعث سرمای استثنایی داخل سوراخ می‌شود . این دمای پائین شرایط مناسبی را برای کاهش ازن بوجود می‌آورد توده‌های ابر یخی (icy clouds) قادرند ازن را بشکنند . این عمل با تخریب کلر آزادشده از کلروفلوروکربن‌ها که در اثر فعالیت‌های انسانی وارد اتمسفر می‌شوند ، انجام می‌گیرد . خانم solomon این سرمای استثنایی را در بررسی‌های خود به حساب نیاورده است .

این دانشمند ارتباط گزارش‌شده بین جهت بادهای استراتوسفر بالای استوا و عمق ودرجه حرارت سوراخ لایه ازن را تصحیح کرده است . وقتی بادهای استوایی از شرق می‌وزند ، سوراخ لایه ازن نیمکره جنوبی گرمتر و کم‌عمقتر می‌شود. هنگامی‌که بادهای استوایی از طرف غرب می‌وزند این سوراخ سردتر و عمیق‌تر از معمول می‌شود .

تغییر جهت وزش بادهای استوایی تقریباً هر ۲۷ ماه اتفاق می‌افتد که بنام "نوسانات شبه دو ساله" یا QBO (Quasi-Biennial Oscillation) خوانده می‌شوند . خانم solomon از گزارشات QBO_sهای گذشته و پیش‌بینی بادهای شرقی می‌توانست سرمای کمتر و در نتیجه سوراخ کم‌عمقی را در سال ۱۹۸۹ پیش‌بینی کند .

همانطوریکه استو و قطب به هم مرتبط هستند دلایلی وجود دارد که نشان می‌دهد بادهای استوایی که از شرق می‌وزند تا حدودی با افزایش گردبادهای اتمسفری که با جابجا کردن اتمسفر تمایل دارند به هم مرتبط هستند . احتمالاً هرقدر گردبادها بیشتر باشند حرارت بیشتری توسط بادها به قطب منتقل می‌شود و سوراخ ازن گرمتر

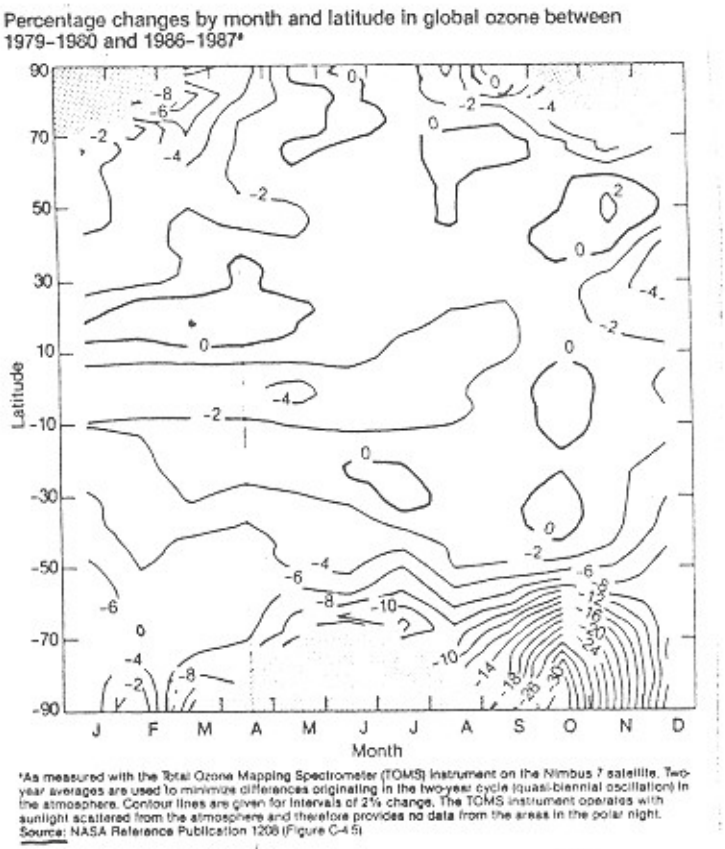
می‌شود و ابرهای یخی کمتر می‌شوند و در نتیجه ازن کمتر تخریب می‌شود .

farman معتقد است QBO در عمق سوراخ ازن موثر است اما وضعیت این سوراخ پیچیده است و بنابراین کمتر قابل پیش‌بینی است (۴).

تغییرات ازن در سطح جهانی توسط TOMS بین سالهای ۱۹۸۰-۱۹۷۱ و ۱۹۸۷-۱۹۸۶ مشخص شد . این تغییرات در شکل ب نشان داده شده اند .

ازن در اتمسفر یک سیکل دوساله دارد بنابراین در تعیین تغییرات ازن در هر زمان باید میانگین اطلاعات جمع‌آوری شده در دو سال را بدست آورد .

در عرض جغرافیایی قطبی در دهه‌های ۹۰-۷۰ تغییرات ازن از سپتامبر تا نوامبر بیش از ۲۰٪ بوده است . در عرض جغرافیایی جنوبی (50°S) هیچگونه افزایش ازنی مشاهده نشده است .



شکل ب - درصد تغییرات ازن با توجه به ارتفاع در ماههای مختلف بین سالهای ۱۹۸۰-۱۹۷۹ و ۱۹۸۷-۱۹۸۶

در عرضهای جغرافیایی دیگر ، بخصوص در نیمکره شمالی ، در طی زمانهای معینی از سال

میزان ازن افزایش پیدا کرده است . در همین زمان بر اساس مدل‌های موجود حدود ۲٪ کاهش ازن، در نتیجه کاهش اشعه ماوراءبنفش خورشید مشاهده شده است . بنابراین تغییرات بوجود آمده در نیمکره شمالی و در عرض جغرافیایی پائین و نیمکره جنوبی طبیعی است . در بالای نیمکره جنوبی تغییرات ازن به تغییرات سیکل اشعه ماوراءبنفش در خورشید بستگی ندارد . تحقیقات جدیدی که در مورد کاهش ازن در نواحی اطراف قطب جنوب انجام پذیرفته ، منجر به به دست آوردن اطلاعات ارزشمندی بقرار زیر شده است :

۱- بیشترین تغییرات ازن در ناحیه ۲۰-۱۲ کیلومتری واقع شده است .

۲- یک ارتباط غیرمستقیم بین میزان clo^- و O_3 موجود است یعنی اگر یون Clo^- بزرگ باشد O_3 کوچک است و برعکس .

۳- ابرهای استراتوسفریک قطبی در فصل بهار در قطب جنوب بوفور ظاهر می‌شوند .

تئوری‌های بسیاری برای تشریح سوراخ ازن در نواحی اطراف قطب جنوب داده شده است که شامل اثرات چرخش خورشید ، اثرات دینامیکی و واکنش‌های شیمیایی ناهمگن (واکنش‌های بین فازهای گاز با گازهای مایع یا جامد) است . مهم‌ترین تئوری‌های داده شده برای بیان دلایل تخریب ازن در قطب بشرح زیر است :

۱- شرایط ویژه هوای نیمکره جنوبی قطب در زمستان ، سبب پخش هوای قطب میشود که این پخش منجر به ایجاد دمای بسیار پائین در شب قطب می‌شود .

۲- این دمای پائین سبب تشکیل ابرهای استراتوسفریک می‌شود .

۳- تشکیل ابر باعث حذف نیتروژن فعال در یخ اسید نیتریک در استراتوسفر می‌شود . واکنش‌های انجام‌شده بر روی سطح ذرات ابر سبب رهاشدن کلر می‌شود .

۴- در بهار زمانیکه خورشید طلوع می‌کند واکنش‌های کلر باعث کاهش ازن میشود .

البته هنوز جزئیات بسیاری در مورد دلایل کاهش ازن ناشناخته است که تحت بررسی هستند . این احتمال وجود دارد که یون برم نیز در کاهش ازن مؤثر باشد .

۲-۳-۴- راه‌حل برای کنترل تخریب ازن :

بر طبق تحقیقات اخیر ، این مسئله که فعالیت‌های انسانی بر روی استراتوسفر تأثیر می‌گذارند ثابت شده است . اخیراً پیشنهادهای مختلفی برای کنترل انتشار CFC_s و هالوژنها داده شده است .

پیشنهادی که از طرف پروتکل مونترآل داده شده است ، این است که از سال ۱۹۸۶ ، تولید CFC وهالوژن‌ها تا حدود ۵۰٪ کاهش یابد . کشورهای مختلف این پیشنهاد را پذیرفته‌اند . کشورهای اروپائی ، آمریکا و کانادا به دلیل اینکه یک سری از کشورهای در حال توسعه شروع به ساختن

کارخانه‌های تولید این مواد شیمیایی کردند تصمیم گرفتند تا سال ۲۰۰۰ تولیدات خودشان را تا ۱۰۰٪ کاهش دهند .

برنامه‌های متعددی برای سال‌های ۲۰۶۰-۱۹۶۰ نوشته شده است و در اولین جلسه مشخص شد که کاهش ازن در سطح جهانی در سال ۲۰۶۰ حدود ۸٪ (در مقایسه با سال ۱۹۶۰) است و در برنامه دوم این کاهش حدود ۴٪ در سال ۲۰۶۰ در مقایسه با سال ۱۹۶۰ بیان شده است .

در سومین برنامه حدود ۲٪ کاهش ازن در سال ۲۰۶۰ داریم . این مطالعات همچنین افزایش ازن را در تروپوسفر نشان داده است که می‌تواند برای موجودات زنده زیان‌آور باشد (۲).

REFERENCES:

1.Johnson."Disinfection water and waste water",1990.

2.charles H.Jackman, " Stratosheric ozone change" , Environ Sci,Technol,. vol.23,no 11. 1989,pp:1329-1339.

3.Samuel J.williamson," Fundamentals of Air Pollution", Massachusetts,Addition-wesley publishing company,1991.

4.Richard A Kerr,"ozone Hits bottom Again",science, vol 249,20 oct,1989,PP:324.

5.R.M.Adams,J.D.Glger, S.L.Johnson,B.A Mccarl."A Reassessment of the Economic Effects of ozone on us Agriculture". JAPCA, vol 139,no 7 ,July 1989,PP:960-968.

6.Gilbert M.Masters, "Introduction to Environmental Engineering and Sciences". Prentice-Hall International Edition,1991,375-434.

7.Standard Method for the examination of water and waste water, APHA, AWWA, WPCF,1991.