

# فرایندهای تخریب کننده لایه ازن

## و اثرات آن بر سلامتی زیست کره

رضاسلیمان انوش

کارشناس ارشد جغرافیا

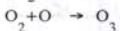
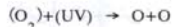
بیژن انیسی

کارشناس جغرافیای طبیعی

### مقدمه

کننده چرخه شیمیایی گازهای ناچیز نیوار و عامل مؤثر و مهم در اقلیم کره زمین محسوب می‌گردد که زمین را از تابشهای گسیل شده به وسیله خورشید حفظ کرده و در پایداری آب و هوا توسط جذب نور فرابنفش دخیل است.

این گاز بسیار نایاب به اندازه یک بخش از چهار بیلیون بخش PPb نیوار است. اگر تمام آن را به سطح دریاهای آزاد و فشار نرمال ۱۰۱۳ هکتوپاسکال بیاوریم، تنها لایه‌ای به قطر سه میلیمتر خواهیم داشت. بیشترین تراکم آن در ارتفاع بین ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد.



تداخل تجزیه نور در  $O_2$  باعث شکل‌گیری  $O_3$  فوقانی نیواری می‌گردد و ملکول  $O_2$  تحت تأثیر فرابنفش بر روی اتمهای آن می‌شکند و این اتمها در تضادهای بعدی خود با ملکول  $O_2$  ترکیب گردیده و  $O_3$  را خلق می‌کند. عمل متقابل فرابنفش و  $O_2$  بیشتر در ارتفاع ۴۰ کیلومتری از سطح زمین حادث شده و هرگاه در این واکنش اختلالی به وجود آید این چرخه شیمیایی متوقف می‌گردد.

ازن فوقانی در نیمکره تابستان و روی استوا یعنی هر جایی که تابش خورشیدی قوی بوده و چرخش عمومی هوا به جانب قطبها باشد بیشتر تشکیل شده و تراکم عمده‌ای را در آنجا شاهد هستیم، همانگونه که ماهواره‌های هواشناسی از جمله NOAA (National Oceanic And Atmosphere) قطر لایه ازن را در عرض ۵۰ جغرافیایی بیش از سایر نقاط نشان می‌دهد، اما تمامی تراکم در این عرض کمتر از ۰.۱/۰ گرم در هر متر مکعب است.

ازن وقتی آنقدر نازک شود که قطر آن به کمتر از دو کیلومتر برسد منجر به آلودگی هوا در تروپوسفر و خطراتی بر روی سلامتی محیط می‌گردد.

ازن توسط آسترابین (Austrian) در سال ۱۸۴۰ کشف شد که مطالعه اولیه آن به اوایل قرن بیستم برمی‌گردد. این گاز کمیاب آبی رنگ که از سه اتم اکسیژن ( $O_3$ ) تشکیل شده است، تابش خورشید در محدوده طیفی کمتر از ۲۹/۰ میکرون به ویژه بین ۲۲/۰ تا ۲۹/۰ میکرون را به طور کامل جذب می‌کند. گرچه میزان این جذب چندان زیاد نیست، اما صافی محافظی است که نقش بسیار مهمی در جلوگیری از نفوذ اشعه خطرناک فرابنفش (Ultraviolet) (UV) به سطح زمین دارد. قدرت جذب تابش در بسیاری از محدوده‌های فرورسوخ که طول موج زمین تاب را نیز شامل می‌شود توسط ازن چشمگیر است که علت افزایش دما در استراتوسفر نیز به دلیل گرمای حاصل از جذب اشعه فرابنفش می‌باشد. به طور کلی ساختار حرارتی استراتوسفر توسط این گاز کنترل می‌گردد و نقش آن در زندگی و ادامه حیات زیست کره به اندازه‌ای حیاتی است که جایزه نوبل شیمی در سال ۱۹۹۵ به سه تن از محققان ازن که سالها برای حفظ و جلوگیری از نابودی و شناساندن نقش حیاتی آن به جهان تلاش کرده بودند تعلق گرفت.

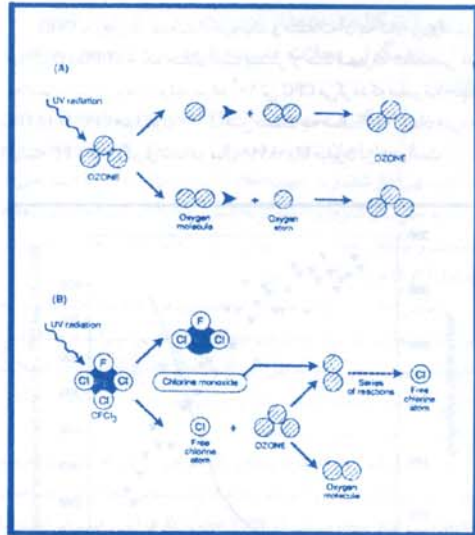
### ساختار ازن

ازن یک گاز گلخانه‌ای پویا است که به خصوص در نیوار میانی فعالیت عمده‌ای دارد. این گاز تنها به استراتوسفر مختص نشده و در تروپوسفر نیز وجود دارد و به ازن فوقانی و تحتانی تقسیم‌بندی می‌گردد که مهمترین بخش آن ازن فوقانی یا استراتوسفری است.

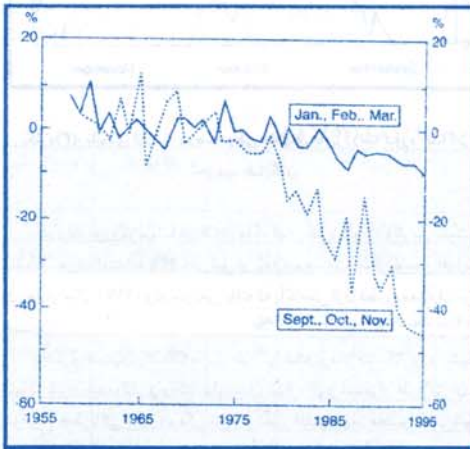
استراتوسفر که لایه‌ای سرد و خشک می‌باشد، بیشترین میزان ازن را در ارتفاع ۱۰ الی ۵۰ کیلومتری از سطح زمین در خود جای داده است. ازن کنترل

جنوبگان و شدت بادهای استراتوسفری است که از استوا به سمت قطبین می‌وزد و در جنوبگان فویتر است، البته دمای هوا در زمستان قطب شمال آنقدر پایین نمی‌آید که کریستالهای یخی ابرهای استراتوسفر قطبی را به شدت جنوبگان تشکیل دهد. همچنین گردش توده هوای استراتوسفری جنوبگان در تفکیک تأثیرات فروپاشی ازن از دیگر بخشهای نیوار بسیار مؤثر می‌باشد. نقطه مقابل جنوبگان یعنی قطب شمال تنها ۱۵٪ از تخریب جنوبگان را شامل می‌شود و این به دلیل تفکیک کمتر گردش توده هوای استراتوسفری و دمای بالاتر شمالگان می‌باشد. با این حال سطح تخریب شده در حال افزایش بوده و در مدیترانه و جنوب ایالات متحده مشهود است.

در قطبین شباهتی را در کاهش لایه ازن می‌بینیم که این در شمالگان با افزایش سالانه ۳۰٪ همراه است و یک افت ۲۵٪ را در بهار ۱۹۹۷ مشاهده نمودیم.



شکل ۱: واکنش تشکیل ازن (A) و فروپاشی ازن (B)



شکل ۲: نمودار میزان تخریب ازن جنوبگان در طی ماههای فصل پاییز و زمستان در طی دوره ۴۰ ساله

زمانی اشعه فرابنفش به شدت باعث تجزیه ازن می‌شود که اتمهای کلریخ زده نیز در آنجا وجود داشته باشند و این فرایند یک مجموعه کامل از واکنشهایی که باعث تجزیه به ملکول  $O_3$  و به جاگذاری  $O_2$  می‌شود را سبب می‌گردد. در عرضهای متوسط و پایین به دلیل عدم حضور PSCs این تخریب انجام نمی‌گیرد و اکسیدنیتروژن ( $NO_x$ ) و ترکیبات کلر مهمتر نقش را در ترکیب و اکتهای شیمیایی مخرب ایفا می‌کنند. در تابستان با گرم شدن و تبخیر کریستالهای یخی ابرها تبدیل کلر به ترکیبات دیگری نظیر نیترات کلر و افزایش تابش خورشیدی حفره مرمت می‌گردد. کاهش مقدار ازن در فراز نیوار بدین معنی است که تابش رسیده به تروپوسفر و سطح زمین

### عوامل و فرایندهای تخریب کننده

اولین ارزیابی تقلیل سالانه ازن در سال ۱۹۸۱ صورت گرفته و البته دلیل آن تداوم و بزرگتر شدن حفره در لایه ازن و اعلان خطر دانشمندان در مورد افزایش میزان فرابنفش در سطح زمین و مشکلات و بیماریهایی بود که برای محیط به وجود می‌آورد.

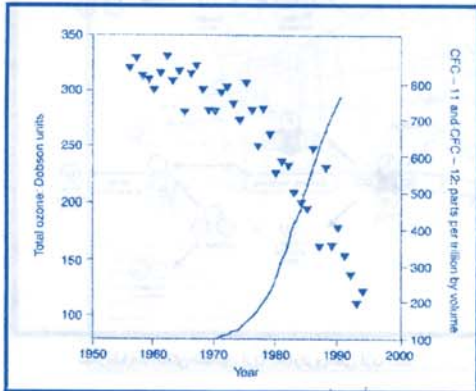
تخریب لایه ازن در نیمکره جنوبی از قطب آغاز شد و به آمریکای جنوبی، افریقای جنوبی، استرالیا و نیوزلند کشیده می‌شود. کاهش ازن بر روی تمامی عرضهای میانه شمالی، جنوبی شش تا هشت درصد در هر دهه ادامه داشته است.

یک گروه محقق در ایالت متحده از سازمان ملی نیوار و اقیانوس شناسی NOAA در نتیجه ۳۰ سال پژوهش مستمر به ارتباط بین میزان ازن جهانی و نوسان طبیعی دمای سطحی دریا در شرق استوایی اقیانوس آرام پی بردند که کنکاش برای اثبات میزان تأثیر آن ادامه دارد.

الگوهای چرخش مداوم هوا بر روی قاره جنوبگان (چرخه قطبی) و سرمای شدید ماههای زمستان باعث تشکیل ابرهای استراتوسفر قطبی PSCs (Polar Stratosphere Cloud) می‌شود، این ابرهای نازک و رقیق با کریستالهای یخی، کاتالیز مهمی در آزادسازی کلر (CL) در واکنشهای فروپاشی محسوب می‌گردد.

در ماههای سرد جنوبگان، ابرهای یخی بالارونده به استراتوسفر افزایش می‌یابد و با ترکیب اتمهای کلر حفره در لایه ازن به وجود می‌آورد. حال ممکن است این سؤال مطرح شود که چرا در دو قطب به یک اندازه با کاهش ازن، مواجه نیستیم؟ تفاوت مابین دو قطب ناشی از دمای کمتر در

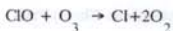
CFCs به وفور در صنعت الکترونیک و مشتقات آن به کار می‌رود، برای مثال CFC-113 که یک حلال است بیشتر از صد مصرف تخصصی دارد. فعالیت‌های انسانی باعث تولید سرانه  $10^6$  تن CFC می‌گردد که مصرف جهانی CFC-11، 12، 113 هم اکنون  $7.4\%$  کاهش نسبت به سال ۱۹۸۳ نشان می‌دهد. بیشینه CFC اندازه گیری شده در سال ۱۹۹۸،  $240$  میلیون تن بوده است.



تکانه (۴): تغییرات همزمان از ن در ماههای اکتبر ایستگاه‌های جنوبگان و میزان CFC در اتمسفر جهانی

ابرهاي بمب اتم و ترکیبات زمینی به وجود آمده به وسیله فعالیت‌های کاتالیز در کریستال‌های یعنی PSCs و انفجارات بزرگ آتشفشانی که مقدار زیادی هواویز وارد تپویر تحتانی کرده و با فشار غبار سولفورها را به استراتوسفر منتقل می‌کند همه عواملی هستند که در نابودی ازن مؤثرند. همچنین مدت ماندگاری اتم کلر در لایه ازن بین چهل تا صدسال متغیر است. یک اتم کلر به تنهایی باعث از هم پاشیدگی بیش از  $100000$  ملکول  $O_3$  می‌گردد.

واکنشهای تخریبی متواکسیدکلر (ClO) و کلر در اندازه‌های یکسان همانند می‌باشد و واکنشهای متواکسیدکلر در برخورد با  $O_3$  باعث به وجود آمدن یک اتم کلر و دوملکول گازی اکسیژن می‌گردد و اتم کلر آزاد شده با ملکول  $O_3$  ترکیب شده و متواکسیدکلر و گاز اکسیژن را به وجود می‌آورد.



متواکسیدکلر همچنان چرخه بدام اندازه‌دهی را در نابودی ازن ایجاد می‌کند که با کاتالیز کلر و کاهش  $O_3$  به تبدیل به  $O_2$  شناخته می‌شود. پژوهش‌های متوالی در حفره لایه ازن نشان از ترکیبات زیان آور شیمیایی دارد.



افزایش یافته و این خود به گرم شدن آب و هوای جهان کمک می‌کند، زیرا انرژی گرمایی که در واکنش ازن سازی تولید شده و صرف گرمای استراتوسفر می‌شده حلال مستقیم به لایه‌های پایین ترمتمقل گشته و در آنجا آزادی می‌گردد. کاهش تراز ازن در استراتوسفر منجر به خنکی این بخش از نیوار می‌شود. ازن جنوبگان عمدتاً در ارتفاع ۱۲ تا ۲۲ کیلومتری سطح زمین تخریب می‌شود، چون این ناحیه محل اصلی تشکیل ابرهای استراتوسفر قطبی است.



تکانه (۳): نابودی ازن به درصد در طی ماههای پاییز در سه دوره حداکثر تخریب جنوبگان

کلر و فلوئور و کربنها یا CFCs از ملکولهای کلر، فلوئور و کربن تشکیل شده‌اند. میزان استفاده از CFCs در قیل از انقلاب صنعتی صفی بوده و افزایش آن بعد از سال ۱۹۷۰ روند سریعی یافته که با کاهش ازن فقط بین مصادف بوده است.

پایداری شیمیایی CFCs باعث طولانی شدن زمان ماندگاری و تثبیت آنها در نیوار شده، کلر و واکنشهای بدان اندازه آن و استمرار طولانی آن در هوامنوع خطرناکی برای آلودگی نیوار و تغییر اقلیم جهان محسوب می‌شود. CFC گاز گلخانه‌ای بسیار فعالی است که اثر گلخانه‌ای آن برابر با ده هزار ملکول دی اکسیدکربن ( $CO_2$ ) است. واکنش کاتالیزر ملکول CFC توانایی فروپاشی تعداد عمده‌ای از ملکولهای  $O_3$  را دارد. CFCs بسیار پایدار هستند و دارای بخشهای قابل ملاحظه گرمایی نیز هستند. هر دو خاصیت آنها را می‌توان در افشاندن‌ها یا اسپری‌ها و وسایل تبریدی (یخچال و فریزرهای خانگی و صنعتی و آب سردکن‌ها...) تهویه و کولر خودروه‌ها و صنایع اسفنج سازی به عنوان پف دهنده و همچنین در صنایع الکتریکی و موادشورنده که دارای کف هستند، مشاهده نمود.  $45\%$  از CFC در حلال‌های کار می‌رود، یعنی اندکی کمتر از نصف آنها. البته در آغاز ملکولهای CFC در آب نمی‌توانند حل شوند و فرایندهای بیولوژیکی را متلاشی می‌کنند. دانشمندان بر این باور هستند که ترکیبات کلر از انفجارات آتشفشان‌ها حاصل شده و قابلیت حل شدن در آب اقیانوسها را ندارد و به طور طبیعی در استراتوسفر به ندرت یافت می‌شود.





کیلو متری حاصل می شود نیز در جمله گازهای مخرب است. از هالونهای دو ترکیب بسیار مهم فروپاشنده ازن باید اشاره نمود. CBRFC2 و CBRFC3 که میزان (CBRFC2) دوقسمت از تریلیون حجم نیوار است و در دهه ۱۹۸۰ روند افزایشی ۱۲٪ داشته و دیگر (CBRFC3) که ۱/۳ بخش از تریلیون حجم و افزایش ۵٪ در سال داشته که در میان نام موادمشیمایی مخرب حالت تدافعی ازن را از بین می برد.

### جایگزینهایی برای مواد تخریب کننده ازن

ساختار هیدروکلروفلوروکربنها (HCFCs) و هیدروفلوروکربنها (HFCs) دارای هیدروژن (H) بوده و زمان ماندگاری آنها در نیوار تحتانی به وسیله فرایندهای طبیعی کاهش می یابد. در ترکیب HCFCs کلر وجود ندارد و به همین منظور در تخریب O<sub>3</sub> استراتوسفر شرکت نمی کند و در ترکیب HCFCs به طور نسبی مقدار اندکی کلر هست که بسیار محدود در تخریب ازن شرکت کرده و بیشتر نقش گلخانه ای دارد و می توان از این دو ماده شیمیایی به طور عمده به جای CFCs استفاده نمود. به عنوان مثال:

جانشینی HFC-134a به جای CFC-12 که در صنایع خنک کننده و محلولهای کفزا و هواویزهای پزشکی کاربرد دارد. HCFC-123, HCFC-141b, HCFC-11 می تواند جانشین CFC-11 در خنک کننده ها و محلولهای پاک کننده و HCFC-124 جایگزین CFC-114 و HFC-125 جانشین CFC-115 در صنایع برودتی و HCFC-225ca/cb به جای CFC-113 در محلولهای کف کننده و در مهندسی پیشرفته و صنایع الکتریکی به کار می رود.

نسبت پتانسیل تخریب ازن (Ozone Depletion Potentials) ODP برای

گازهای مختلف

متغیر است و از روی

زمان تداوم کامل آنها

در نیوار محاسبه

می گردد. اگرچه

HFCs و HCFCs

جانشین خوبی برای

CFCs هستند و در

نیوار تحتانی به

آسانی متلاشی

می شوند، اما از

ترکیبات اسیدی آنها

در بارانهای اسیدی

که در مقیاسهای

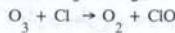
کوچک فرو می ریزد

نسباید غافل شد.

خوشبختانه آنها در

ترکیبات مه دود

فتوشیمیایی سطح



بدین منوال که:

انواع موادمشیمایی که در تقلیل و فروپاشی ازن شناخته شده اند. عبارتند از:

۱- کلروفلوروکربنها (CFCs)

۲- هالونها (2402, 1301, 1211) مواد اطفا حریق که در کپسولهای دستی

آتش نشانی و سامانه های ثابت در مکانهای حساس استفاده می شود.

۳- حلالها: عمدتاً تحت عنوان پاک کننده و چربی زدا در صنایع مختلف

فلزی، الکترونیک (به عنوان مثال برای پاک کردن بردهای الکترونیک)

و صنایع خشک شویی کاربرد دارند و عبارتند از: متیل کلروفرم (CH<sub>3</sub>Cl)،

تراکلریدکربن.

۴- متیل برماید، در بخش کشاورزی به عنوان ماده آفت کش و

ضد عفونی کننده استفاده می شود.

همچنین عملکرد نور فرابنفش بر روی متواکسیدکربن (CO)،

متان (CH<sub>4</sub>)، اکسیدنیتروژن (NOx) که قاعدتاً نباید به این میزان در

استراتوسفر یافت شوند باعث به هم خوردن دور بوجود آورنده ازن گردیده

و چرخه ای را در ناپودی آن به وجود می آورند. در بیشتر موارد تأثیرات

واکنش شیمیایی عناصر اکسیژن، هیدروژن، هالوژن (کلروبرومین) باعث

تخریب می گردد. ازن تحتانی (تروپوسفر) به وسیله فرایندهای فتوشیمیایی

مابین نور خورشید و آلوده کننده ها (به خصوص اکسید نیتروژن خروجی از

اگزوز ماشینها و دودکش کارخانه ها) آلوده و خطرناک شده و سم آن بیش از

(۶۰ ppb) یا شصت

قسمت در بیلیون

اندازه گیری شده

است، البته این

آلودگی در بخشهای

کوچکی از نیوار

مشاهده شده که با

افزایش فرایندهای

به وجود آورنده

روبه فزونی است.

اکسیدهای متنوع

نیتروژن (مخصوصاً

دی

اکسیدنیتروژن (N<sub>2</sub>O))

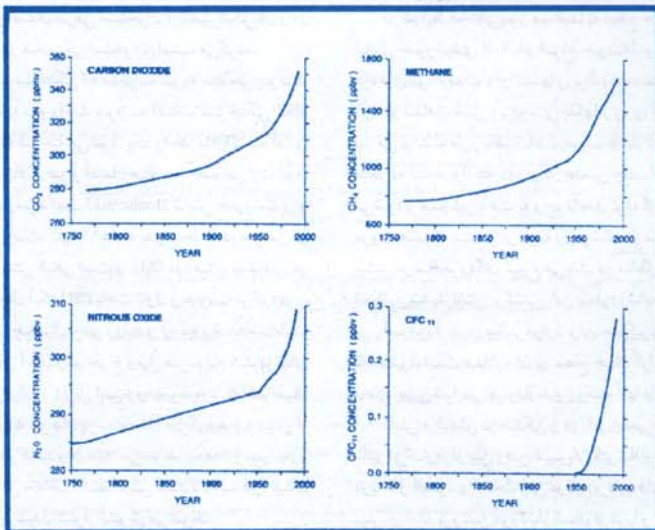
که از فعالیتهای

کشاورزی و

تواریهای مافوق

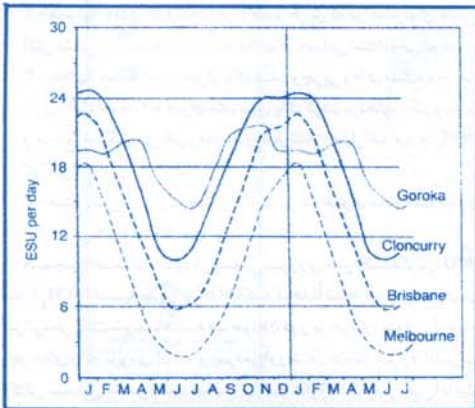
صوت در ارتفاعی

حدود بیست



نگاره (۵): روند افزایش گازهای تخریب کننده ازن در طی دوره ۲۵۰ ساله

مقدار بیشتری به سطح زمین می‌رسد. سطوح استراتوسفری ازن در حال کاهش و سطوح در معرض اشعه‌های سرطانی در حال افزایش است. وقتی که خورشید در افق ۵۰ درجه قرار دارد، خطر فرابنفش به نصف زمان که خورشید در بالای سر است کاهش می‌یابد و کمینه خطر آن را در زیرافق ۳۰ درجه شاهد هستیم.



نگاره (۶): تغییرات سالانه نیروی آفتاب سوختگی نور خورشید در چهار ایستگاه مطالعه شده بادر نظر گرفتن اندازه نرمال ابر در آسمان

در شرایط مختلفی نور مستقیماً به سطح چشم می‌رسد که می‌توان به تابش خورشیدی UV-B و انواع جوشکاری‌ها اشاره نمود که منجر به دردهای کوتاه مدت و واکنش‌های پرتهاب سطحی کره چشم و ورم غشای نازک و شفاف بخش زیر پوستی پلکها و روی قرنیه می‌گردد. ماه گرفتگی‌ها نیز می‌تواند به طور بالقوه باعث آسیب چشم شود. این عوامل در دراز مدت منجر به آب مروارید (کدری در عدسی چشم) و از کار افتادن روزنه قرنیه می‌شود و همچنین باعث به وجود آمدن توده گوشتی ملتهب مثلثی شکل در درون چشم که قسمتی از قرنیه را پوشانده و سبب اختلال بینایی شده و بیشتر در سالخوردگان شیوع می‌یابد. در مناطق سرد برفی و شنزار، به دلیل انعکاس شدید تابش برگشتی، این بیماری شایعتر است.

آب مروارید در بیشتر موارد برای جلوگیری از کوری به وجود می‌آید و ۳۵ میلیون انسان مبتلا به آن در سطح جهان گزارش شده که ۱۷ میلیون آن تحت چنین شرایطی قرار دارند و پیوسته آنها در معرض UV-B بوده‌اند. تابش فرابنفش در خشکی و دریا بر زنجیره غذایی گیاهان و جانوران تأثیر می‌گذارد، از بین رفتن فیتوبلانکتونها (اولین حلقه زنجیره غذایی دریاها و اقیانوسها) ایجاد زنی در کرم و لاروهای موجودات دریایی. امروزه بیش از ۳۰٪ پروتئین مورد نیاز انسان از دریا و اقیانوسها تأمین می‌شود. به ازای ۱۶٪ کاهش ضخامت لایه ازن ۵٪ پلانکتون (دومین حلقه زنجیره

شهرها شرکت نمی‌کنند. هیدروژن، کلروفلوئورک از متلاشی شدن HCFC و HFC آزاد شده‌اند طولی نمی‌کشد که با اختلاط در ابرهای تحتانی و بارندگی، در مدت تقریباً دو هفته به سطح زمین می‌رسد.

### تأثیرات تابش فرابنفش بر سلامتی

نابودی لایه ازن باعث از بین رفتن چرخه اکوسیستم و نابودی حیات زیست کره می‌گردد، حتی اثرات آن بر سلامتی محیطی به حدی است که کاهش یک درصدی ازن استراتوسفری می‌تواند منجر به افزایش بیماریهای پوستی در انسانها و حیوانات گردد و در مواردی باعث عدم مصونیت و مستعد ابتلا به سرطان پوست شود. اشعه فرابنفش بر حسب طول موج به سه بخش UV-A، UV-B، UV-C تقسیم می‌شود.

از زیانبارترین بخشهای اشعه فرابنفش هستند که خوشبختانه بخش UV-C به طور کامل توسط لایه ازن جذب می‌شود. UV-A باعث آفتاب سوختگی گردیده و پوست را خشک کرده و منجر به بافتی شبیه تورم می‌گردد. UV-B دارای خطر بیشتری است و ورم (آماس) و خونریزی رگها به صورت زیر جلدی و نهایتاً تورم سطحی پوست و فلسهای قرمز روی بدن ایجاد می‌کند.

تمامی شکلهای به وجود آمدن سرطان پوست در ارتباط با نور خورشید هستند. انسانهایی با پوست روشن بیشتر UV-B را جذب می‌کنند و البته به استعمار زمانی و مدت تأثیر پذیری نیز بستگی دارد.

تابش اشعه فرابنفش اثرات مهمی بر روی ارگانسیم موجود زنده دارد که در مواردی بسیار سودمند است، مانند نقشی که نور خورشید در تشکیل ویتامین D در پوست ایفا می‌کند. فقدان ویتامین D منجر به اختلال در استخوان بندی می‌شود. در اطفال نرمی استخوان و تغییر شکل آن و در بزرگسالان نرمی و سهولت در شکستگی استخوان راسب می‌گردد.

آن مقدار از شدت آفتاب سوختگی که منجر به تورم سطحی پوست همراه با لکه‌های قرمز گردد به نام واحد موازنه آفتاب سوختگی (Equivalent Sunburn Unit) شناخته می‌شود. یک واحد ESU کمینه آماس پوست در ارتباط با خورشید بالای سر و آسمان صاف به خصوص ازن نیوار است. مقدار آن ۲۰۰ ژول بر مترمربع (Joule/m<sup>2</sup>) تابش خورشیدی و طول موج ۲۹۷/۰ میکرومتر است. تنها ۱۲ دقیقه بدون حفاظ در معرض آن بودن برای آغاز ناراحتی پوستی کافی است و ESU دردهای شدیدی در ناحیه پوست ایجاد می‌کند، حال آنکه ESU باعث تاول و عفونت می‌گردد.

ناراحتی‌های پوستی، در چندسال اخیر روندی روبه رشد داشته‌اند. گسترش امکانات حمل و نقل آسان و کم خرج و میل مردم به مسافرت‌های دریایی و حمام آفتاب را می‌توان از دلایل این روند برشمرد. در هر سال حدود ۱٪ از جمعیت استرالیا به سرطان پوست مبتلا می‌گردند که بیش از ۷۰۰۰ نفر آنها به نوع مهلک و کشنده آن مبتلا می‌شوند. بچه‌های مدرسه و در استرالیا به استفاده از وسایل حفاظت کننده تابش مانند کلاه لبه دار، عینک آفتابی، پیراهن آستین دار و پوشیدن شلوار تشویق می‌شوند.

در اقلیم آفتابی تابش فرابنفش مضر به دلیل ساعات آفتابی طولانی‌تر به





غذایی دریاهای و اقیانوسها) و ۶٪ تا ۹٪ زادوولد ماهیها کاهش می‌یابد و این به معنای ۶ میلیون قطعه ماهی در سال است. کاهش بازده محصولات کشاورزی مانند برنج، گندم، سویا، سیب زمینی و... (۲۵٪ کاهش لایه ازن یعنی ۲۵٪ کاهش بازده سویا در مزارع)

### کوششهای جهانی حفاظت از لایه ازن

کنوانسیون وین، در سال ۱۹۸۵ برای حفاظت از لایه ازن توسط سازمان ملل متحد و دیگر کشورهای جهان تدوین گردید. کشورهای عضو کنوانسیون وین تعهد نمودند در زمینه‌های زیر همکاری و مشارکت نمایند.

- ۱- تحقیق و انجام اندازه‌گیری ضخامت لایه ازن و میزان اشعه فرابنفش
  - ۲- تبادل اطلاعات در زمینه تولید و انتشار CFCs
  - ۳- تدوین پروتکل‌های مکمل بر کنوانسیون
  - ۴- در نظر گرفتن تمهیداتی جهت کاهش تولید و مصرف CFCs
- پروتکل مونترال: پس از گزارش تکان دهنده گروه تحقیقاتی در مورد حفره ازن در قطب جنوب و احساس لزوم تدابیر شدیدتر، در ۱۶ سپتامبر ۱۹۸۷ پروتکل مونترال توسط ۴۶ کشور جهان پذیرفته شد. مصوبات آن به شرح زیر است:

- ۱- تدوین برنامه زمان‌بندی جداگانه حذف و کاهش تولید و مصرف مواد مخرب لایه ازن در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه
  - ۲- وضع قوانین برای محدود کردن تولید و مصرف مواد مخرب
  - ۳- تدوین سیاست و استراتژی آینده جهان برای حفاظت لایه ازن و تحدید مصرف مواد مخرب آن
  - ۴- ایجاد صندوق چندجانبه جهت تسهیل حذف مصرف و تولید مواد مخرب لایه ازن در کشورهای در حال توسعه
- تاکنون سه اصلاحیه لندن (۱۹۹۰)، کینشاک (۱۹۹۲)، و مونترال (۱۹۹۶) جهت تسریع و تسهیل دستیابی به اهداف پروتکل به آن وضع شده است.

### اقدامات ملی

ایران جزء اولین کشورهایی است که اقدامات لازم راجهت مفاد کنوانسیون وین و پروتکل مونترال آغاز نمود. پذیرش کنوانسیون وین ۱۹۹۰، پذیرش پروتکل مونترال ۱۹۹۰، پذیرش و تصویب اصلاحیه لندن ۱۹۹۷، پذیرش و تصویب اصلاحیه کینشاک ۱۹۹۷، تشکیل کمیته ملی ازن (مششکل از سازمانها و وزارتخانه‌های ذیربط جهت تصمیم‌گیری در خصوص پروژه‌ها و تصمیمات پروتکل در کشور) تأسیس دفتر لایه ازن ۱۳۷۳ (با همکاری سازمان حفاظت محیط زیست و برنامه عمران ملل متحد).

### وظایف دفتر حفاظت لایه ازن

- ۱- جمع آوری اطلاعات در مورد مصرف مواد مخرب ازن
- ۲- نظارت و هماهنگ نمودن اجرای پروژه‌های حذف مواد مخرب ازن
- ۳- تبادل اطلاعات در خصوص مواد مخرب لایه ازن و مواد و سامانه‌های

جایگزین آنها با مراکز ذیربط ملی و بین‌المللی

- ۴- انجام برنامه‌های آموزشی
  - ۵- انعکاس و انتقال سیاستهای جهانی به کشور و هماهنگ نمودن آنها با وضعیت اقتصادی و صنعتی کشور
- بر اساس برآورد انجام شده در تدوین برنامه کشوری، میزان مصرف مواد مخرب لایه ازن تا سال ۱۳۷۵ در ایران، حدود ۵۰۰۰ تن بوده که با اتمام چندین پروژه در بخش یخچال سازی حدود ۱۱۰۰ تن ازن به طور کامل حذف شده است و با اجرای پروژه‌های در دست اقدام و مصوب در کمیته اجرایی پروتکل مونترال، این میزان به ۲۵۰۰ تن خواهد رسید.

### منابع و مآخذ

- ۱- اویاسی، گساردین اویسی، «هوا، اقلیم و بهداشت»، به مناسبت روز جهانی هواشناسی ۱۹۹۹، نیوار، پاییز ۱۳۷۷، شماره ۳۹.
- ۲- لایه ازن سهر حفاظتی زمین، سازمان حفاظت محیط زیست (دفتر حفاظت لایه ازن)، ۱۳۷۹.
- 3 - Briggs, David et al, "Fundamentals of the physical environment", Routledge, 1997, 57pp.
- 4 - Christopherson, Robert, W, "Geo systems an introduction to physical geography", 2000, prentice Hall.
- 5 - Linacre, Edward, Greets, Bart, "Climate & Weather Explained", 1997, Routledge, 432pp.
- 6 - Longstretch, Jd et al, "Effects of increased solar ultraviolet radiation on human health", 1995, Journal of the human environment research and management, Vol. 24, 153-163p.
- 7 - Pickering, Kevint, Owen, Lewis, "An introduction to global environmental issues", 1997, Routledge, 512pp.
- 8 - Sinclair, John, "Environmental effects on health", 1999, Nursing standard, Vol. 13, 42-46p.
- 9 - Sinclair, John, "The effects of the hole in the ozone layer on health", 1999, Nursing standard, Vol. 14, 42-43p.