

عوامل مؤثر

برگرمایش گل‌خانه‌ای زمین و نتایج آن

مظفر کاظمی زاد*

چکیده

«تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش گل‌خانه‌ای کره‌ی زمین» از موضوع‌های مورد توجه دانشمندان، به خصوص اقلیم‌شناسان و جغرافی‌دانان است. بسیاری از دانشجویان، دبیران و دانش‌آموزان نیز به اطلاع از روند این پدیده‌ی نو و عوامل و نتایج مربوط به آن علاقه‌مند هستند. درخصوص پدیده‌ی گل‌خانه‌ای و نتایج آن، مقالات فراوانی نوشته شده‌اند که البته هر کدام بخشی از موضوع را بررسی کرده‌اند. در این مقاله سعی شده است، کلیه‌ی جوانب موضوع گرمایش گل‌خانه‌ای به‌طور ساده و به اختصار بیان شود.

در گرمایش گل‌خانه‌ای زمین، بیش از ۲۰٪ گاز جو دخالت دارند که سهم گاز CO₂ بیش از بقیه است و منبع مهم انتشار آن نیز، فعالیت‌های بشری است. بیشترین تأثیرات گرمایش گل‌خانه‌ای، به تغییر اقلیم و تغییر در الگوهای بارندگی و دمای

کره‌ی زمین مربوط است و اثرات این بی‌نظمی‌ها، از هم‌اکنون آشکار شده است. به نظر می‌رسد، مؤثرترین چاره برای کنترل اثرات مضر این پدیده، تجدیدنظر در نحوه‌ی استفاده از سوخت‌های فسیلی و استفاده‌ی صحیح از منابع طبیعی، مثل جنگل‌هاست.

مقدمه

پدیده‌ی تغییر اقلیم، از زمان تشکیل جو کره‌ی زمین وجود داشته است و یکی از ویژگی‌های کره‌ی زمین محسوب می‌شود. شواهد زمین‌شناسی و بیولوژیکی فراوانی از یخچال‌ها و رسوبات زمین در دسترس هستند که از تغییرات اقلیمی در دوره‌های متفاوت عمر کره‌ی زمین نشان دارند. مطالعه‌ی رسوب‌های انباشته شده در دریاها و خشکی‌ها، در آثار به دست آمده از فسیل‌ها و سنگواره‌های گیاهان و جانوران، بیانگر ظهور و تغییر انواع

حبس و موجب گرم شدن این لایه می شوند.

امواج تابیده شده از خورشید و امواج زمینی که در واقع بازتاب همان امواج خورشید هستند، هر دو الکترومغناطیسی اند و تفاوت آن‌ها فقط در طول موج است. امواج خورشیدی را اصطلاحاً «موج کوتاه» یا قابل رؤیت و امواج بازتاب زمینی را، «امواج بلند» یا مادون قرمز (غیرقابل رؤیت) می‌نامند. گازهای گل‌خانه‌ای به امواج بلند زمینی حساس اند و آن‌ها را جذب و به گرما تبدیل می‌کنند.

اگر به بیلان انرژی خورشیدی در زمین توجه کنیم، متوجه خواهیم شد که گرمایش جو زمین از طریق نور مستقیم خورشید نیست، بلکه سطح زمین این نقش را بر عهده دارد. از مجموع ۱۰۰ واحد انرژی خورشیدی، حدود ۱۸ واحد مستقیماً صرف گرم کردن جو زمین می‌شود و بعد از انعکاس قسمتی دیگر از نور خورشید، ۵۰ واحد دیگر به سطح زمین می‌رسد که از مجموع آن هم، ۴۲ واحد از طریق گرمای نهان تبخیر، بازتاب امواج بلند زمینی، و رسانای مولکولی، صرف گرمایش جو می‌شود [علیجانی و کویانی، ۱۳۷۲]. بنابراین، سهم زمین در مقایسه با امواج خورشیدی ۷ به ۳ است. در بیلان انرژی خورشیدی، زمین باید تمام انرژی خورشیدی را به مرور از خود خارج کند تا از گرم شدن کره‌ی زمین جلوگیری شود. ولی حضور بیش از حد گازهای گل‌خانه‌ای در درازمدت، بر میزان دمای جو زمین می‌افزاید و اثرات نامطلوبی در سیستم‌های زیست محیطی بر جای می‌گذارد.

الف) عوامل مؤثر در ایجاد پدیده‌ی گل‌خانه‌ای

در گرمایش زمین سه دسته عوامل دخالت دارند: ۱. گازها، ۲. بخار آب، ۳. ذرات آثر وسل.

۱. گازها

حدود ۲۰ نوع گاز اتمسفری، دارای خاصیت گل‌خانه‌ای هستند [سیف، ۱۳۷۶] که منشأ طبیعی و انسانی دارند. یعنی برخی از این گازها توسط بشر به طبیعت وارد می‌شوند و برخی دیگر هم، توسط خود طبیعت تولید می‌شوند. مهم‌ترین این گازها عبارت‌اند از:

● دی‌اکسید کربن (CO₂)

مهم‌ترین گاز مؤثر در بروز پدیده‌ی گل‌خانه‌ای در جو زمین، CO₂ است. شواهد نشان می‌دهد، در قرون اخیر (به خصوص قرن ۲۰)، میزان CO₂ در جو افزایش یافته است (نمودار ۱). وجود رابطه‌ی مستقیم بین افزایش دما و افزایش CO₂ در جو زمین، در قرون گذشته به اثبات رسیده است. آزمایش‌هایی که روی حباب‌های هوای محبوس شده در یخ‌های قطبی انجام گرفته است، نشان می‌دهد، در صد CO₂ در دوران‌های یخبندان و بین یخبندان،

آب و هوا در یک منطقه است. از شواهد مهم در این خصوص، زیست فیل‌ها و اسب‌های آبی حدود ۱۰۰ هزار سال پیش در محل فعلی لندن است [Briggs and Smitson, 1994]. مطالعه‌ی حلقه‌های رشد درختانی که چند هزار سال عمر کرده‌اند، تغییرات آب و هوایی در طول حیات آن‌ها را ثابت می‌کند. حتی از شواهد تاریخ بشری نیز می‌توان، تغییر اقلیم را استنباط کرد. مدارک نشان می‌دهند که در بریتانیای قرن هفدهم میلادی، زمستان‌ها خیلی سرد بوده و نابودی محصولات کشاورزی نیز متداول نبوده است در حالی که شواهد دیگری، از بروز خشکسالی‌ها و قحطی‌های مداوم در قرن دوازدهم میلادی در انگلستان خبر می‌دهند [پیشین].

بنابراین، ظهور تغییرات در اقلیم کره‌ی زمین پدیده‌ی تازه‌ای نیست، ولی تغییرات جدید قدری با تغییرات پیشین متفاوت است و آن دخالت عاملی به نام انسان در تغییرات آب و هوای فعلی است. عقیده بر این است که اکثر نوسانات و تغییرات طبیعی، به مرور زمان به وسیله‌ی سیستم‌های طبیعی کره‌ی زمین کنترل می‌شوند و حالت تعادل ایجاد می‌کنند. به نظر می‌رسد، دخالت انسان در سیستم‌های طبیعی کره‌ی زمین و نقش مهم آن در فعال کردن یا تخریب برخی سیستم‌ها، نقش طبیعت را در برقراری توازن در محیط جهانی ضعیف کرده که از مظاهر بارز آن، تخریب جنگل‌ها و مراتع، افزایش بیابان‌ها، آلودگی آب‌ها، و افزایش گازهای گل‌خانه‌ای است. مقاله‌ی حاضر کوشیده است، به این پرسش‌ها پاسخ گوید:

الف) پدیده‌ی گل‌خانه‌ای چیست؟

ب) عوامل به وجود آورنده‌ی آن کدام‌اند؟

ج) اثرات و نتایج این پدیده چیست؟

د) واکنش‌های بین‌المللی در قبال گرمایش کره‌ی زمین کدام‌اند؟

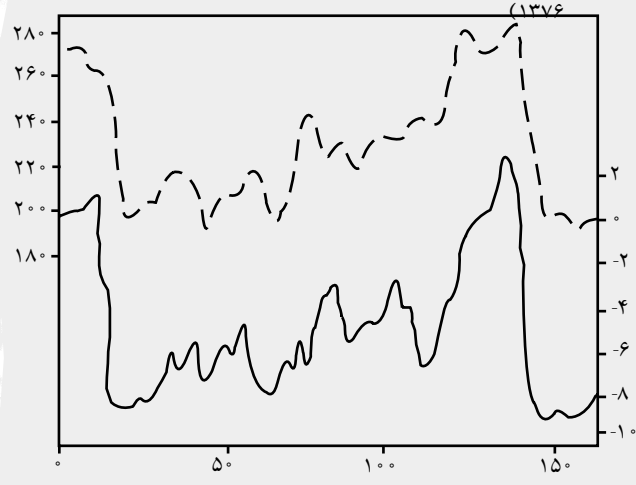
و) برای کنترل اثرات نامطلوب گرمایش گل‌خانه‌ای چه چاره‌ای می‌توان اندیشید؟

پدیده‌ی گل‌خانه‌ای چیست؟

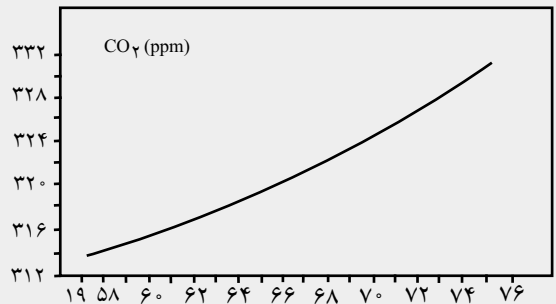
اگر تراکم برخی از گازها (گازهای سه اتمی و بالاتر) در جو بیش از حد طبیعی آن‌ها باشد، به وقوع پدیده‌ی گل‌خانه‌ای می‌انجامد. این گازها توانایی جذب انرژی گرمایی بازتابی از سطح زمین را دارند، لذا می‌توانند موجب افزایش جذب انرژی گرمایی توسط جو شوند و در نتیجه اثر گل‌خانه‌ای تشدید می‌شود. به عبارت دیگر، این گازها، همانند شیشه‌های یک گل‌خانه، اشعه‌های خورشیدی (امواج کوتاه) را از خود عبور می‌دهند و به سطح زمین هدایت می‌کنند، ولی از خروج اشعه‌های بازتابی زمین (امواج بلند) ممانعت می‌کنند و این امواج در لایه‌ی پائینی جو

تفاوت زیادی داشته است (نمودار ۲).

نمودار ۲. مقایسه‌ی غلظت CO₂ با دمای هوا (غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶)



نمودار ۱. تغییرات جو زمین از ۱۹۵۷ تا ۱۹۷۵ (علیجانی و کویانی، ۷۲)



در دوره‌های یخبندان، غلظت CO₂ جو ۳۰ تا ۵۰ درصد کمتر از میزان فعلی آن بوده است [سیف، ۱۳۷۶]. غلظت کم این گاز در جو، یکی از دلایل بروز دوره‌های یخبندان بوده است. در حالی که در حدود صد میلیون سال پیش که دمای زمین گرم‌تر بوده، غلظت CO₂ جو حدود ۶ تا ۱۰ برابر میزان فعلی آن بوده است. غلظت فعلی این گاز در جو حدود ۳۳۰ p.p.m است و سالانه ۱/۲ p.p.m به غلظت آن اضافه می‌شود [کرباسی و رحیمی، ۱۳۷۴]. با روند فعلی انتشار CO₂ پیش بینی می‌شود که در سال ۲۰۴۰ میلادی، غلظت آن به دو برابر برسد [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]. هرچند پیش بینی‌های دانشمندان ارقام متفاوتی را از میزان CO₂ در آینده ارائه می‌دهند، عبدالله سیف (۱۳۷۶) غلظت این گاز را برای سال ۲۱۰۰ میلادی حدود ۶۰۰ p.p.m اعلام کرده است. بیشترین ذخیره‌ی CO₂ در اقیانوس‌ها و سپس در خاک‌هاست. ذخیره‌ی آن در اقیانوس‌ها ۵۰ برابر و در خاک ۴۰ برابر جو است. در جو، غلظت آن ۰/۰۳ و مدت حضور آن ۵۰ تا ۲۰۰ سال طول می‌کشد [سیف، ۱۳۷۶].

منابع انتشار CO₂

سالانه حدود هفت میلیون تن دی‌اکسید کربن وارد جو زمین می‌شود که حدود نیمی از آن را گیاهان و اقیانوس‌ها جذب می‌کنند و نیمی دیگر، در جو باقی می‌ماند [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]. منابع انتشار CO₂، فعالیت‌های موجودات زنده، به خصوص در باتلاق‌ها و مرداب‌ها و جوامع جانوری، و همین‌طور فعالیت‌های آتشفشانی و انسانی، از طریق استفاده از سوخت‌های فسیلی و سوزاندن جنگل‌ها و مراتع است. فعالیت‌های صنعتی انسان که به خصوص در قرن اخیر بیشتر انرژی خود را از ذغال سنگ و نفت به دست می‌آورد، مقادیر

زیادی CO₂ را که طی میلیون‌ها سال گذشته در لایه‌های زمین به صورت مواد آلی انباشته شده بود، به جو رها ساخته است. هرچند افزایش جمعیت جهان لزوم افزایش مصرف انرژی به ویژه سوخت‌های فسیلی را در پی دارد، ولی این افزایش متناسب با رشد جمعیت نبوده است. مثلاً در ایران، با وجود این که طی ۵۰ سال گذشته، جمعیت حدود چهار برابر شده است، ولی میزان انتشار CO₂ حدود ۳۰ برابر افزایش یافته است. یعنی ایران با داشتن یک درصد از جمعیت جهان، حدود ۲/۵ درصد از انتشار جهانی CO₂ را به خود اختصاص داده است. سهم کشورهای صنعتی در انتشار CO₂ به مراتب بیشتر از کشورهای درحال توسعه است [ابتکار، ۱۳۷۴].

بین گازهای گل‌خانه‌ای، CO₂ حدود ۵۰ درصد از اثر گل‌خانه‌ای را باعث شده است [سیف، ۱۳۷۶] و نقش اول را بر عهده دارد. وجود گازهای گل‌خانه‌ای، از جمله CO₂ برای جو زمین ضروری است و در تعدیل دمای آن تأثیر دارد. گرمای زمین هنگام شب و در فصل‌های سرد سال، توسط گازهای گل‌خانه‌ای جو حفظ می‌شود. سهم CO₂ در گرمایش زمین ۳۲ درصد و سهم بخار آب ۶۵ درصد است. نبود این گازها، دمای زمین را تا حدود ۱۸- درجه‌ی سانتی‌گراد سرد می‌کند. در حالی که متوسط دمای فعلی آن ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد است [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶].

در گرمایش زمین، علاوه بر افزایش CO₂ و دیگر گازهای گل‌خانه‌ای، عوامل دیگری مثل تغییر موضع نسبی خورشید، تغییرات تابش خورشیدی و... مؤثرند. انطباق فعالیت لکه‌های خورشیدی و افزایش جهانی CO₂، وجود همبستگی مثبت بین این دو را از سه هزار سال پیش تا به امروز نشان می‌دهد [خالدی، ۱۳۷۰].

● بخار آب

وجود بخار آب، رابطه‌ی مستقیم با گرمای زمین و تشعشع خورشیدی دارد. از این رو، در دوره‌ی سرد سال و همین‌طور در دوره‌های یخبندان، مقدار آن در جو کم است. بخار آب توانایی جذب امواج مادون قرمز و بازتابی از سطح زمین را دارد و موجب گرم شدن جو پایین می‌شود و مجدداً در افزایش تبخیر از سطح دریا و اقیانوس‌ها نقش ایفا می‌کند.

● ابر

تراکم بخار آب در جو موجب تشکیل ابر می‌شود. ابر نقش دوگانه‌ای بر عهده دارد: اول این‌که همانند بخار آب توانایی جذب امواج بازگشتی از سطح زمین را دارد و باعث گرمایش زمین و جو پایینی می‌شود. این نکته را همه‌ی ما در زمستان و در شب‌های ابری که هوا قدری گرم می‌شود، تجربه کرده‌ایم. ابرهای بالایی (سیروس‌ها) که ابرهای نازک و شفاف هستند، اشعه‌های خورشید را از خود عبور می‌دهند و امواج زمینی را به خود جذب می‌کنند. دوم این‌که ابرها باعث سرد شدن زمین می‌شوند؛ یعنی از ورود اشعه‌های خورشید به سطح زمین جلوگیری می‌کنند. ابرهای پایینی (استراتوس‌ها) که ابرهای ضخیم و تیره‌رنگ هستند، با درصد بالای «آلیدو»^۱ اشعه‌های خورشید، این نقش را بر عهده دارند [سیف، ۱۳۷۶]. بنابراین، افزایش بخار آب جو می‌تواند، تأثیرات مثبت و منفی در گرمایش زمین بگذارد.

● متان (CH₄)

گاز متان نیز امواج بلند زمینی را جذب می‌کند. منبع انتشار آن مرداب‌ها، شالیزارها، سوزاندن مواد آلی، فعالیت موریانه‌ها، مزارع برنج، دامپروری‌ها، اکوسیستم‌های آبی و غیره است. دوام آن در جو حدود ۱۰ سال است و با گرم شدن زمین، انتشار آن نیز بیشتر می‌شود. غلظت آن قبل از انقلاب صنعتی حدود ۰/۸ ppm بود و در حال حاضر به ۱/۷ ppm رسیده است [سیف، ۱۳۷۶].

متان امروز، به عنوان سوخت برای تأمین انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گاز، علاوه بر اثر گل‌خانه‌ای، باعث تخریب لایه‌ی ازن نیز می‌شود و هر سال یک درصد به آن اضافه می‌شود [کرباسی و رحیمی، ۱۳۷۴]. گاز هیدروکسیل (HO) کنترل‌کننده‌ی متان در جو است [سیف، ۱۳۷۶] و این دو گاز نسبت عکس با یکدیگر دارند.

● ازن (O₃)

در دو لایه‌ی استراتوسفر (لایه بالا) و تروپوسفر (لایه پایینی)

وجود دارد و بیشترین حجم آن در لایه‌ی استراتوسفر موجود است. نقش این گاز جذب اشعه‌ی ماوراء بنفش خورشید است. ازن این لایه، خاصیت گل‌خانه‌ای ندارد، ولی ازن تروپوسفری علاوه بر مضرات دیگر که برای انسان و گیاهان دارد، نقش گل‌خانه‌ای نیز دارد [سیف، ۱۳۷۶]. ازن تروپوسفری در نتیجه‌ی فعالیت‌های صنعتی و ماشین‌آلات حمل و نقل، وارد هوا می‌شود [کوچکی و نظامی، ۱۳۷۶].

● اکسید نیترو (N₂O)

این گاز علاوه بر نقش گل‌خانه‌ای، خود باعث تخریب لایه‌ی ازن نیز می‌شود. در مقابل اشعه‌های خورشید، تولید اکسید نیتریک می‌کند که سبب کاهش غلظت ازن می‌شود. مقدار N₂O در جو حدود ۳۱۰ ppb است. منبع انتشار این گاز خاک است و علاوه بر آن، از طریق سوخت هواپیماهای مافوق صوت نیز وارد جو می‌شود [کرباسی و رحیمی، ۱۳۷۴].

● کلر (C)، فلور (F) و کربن (C)

نقش اصلی این گروه گازها، تخریب لایه‌ی ازن است، ولی خاصیت گل‌خانه‌ای نیز دارند. توسط اشعه‌ی ماوراء بنفش خورشید شکسته و به اتم‌های فعال Br و Cl تبدیل می‌شوند که قادر به از بین بردن لایه‌ی ازن هستند. منبع انتشار این گازها، صنایع یخچال‌سازی، صنایع ابرسازی، صنایع کود شیمیایی، صنایع اسفنج‌سازی، سوخت هواپیما، حلال‌ها، اسپری‌ها و... است [کرباسی و رحیمی، ۱۳۷۴]. در صورت تخریب لایه‌ی ازن و نفوذ اشعه‌ی ماوراء بنفش به سطح زمین، لطمات فراوانی به گیاهان و پلانکتون‌های دریایی وارد می‌شود که جاذب اصلی CO₂ در سطح زمین هستند.

۲. هواویزه‌ها (آئروسول‌ها)

هواویزه‌ها، ذرات ریز معلق در هوا هستند که برحسب وزنشان، در ارتفاعات متفاوت جو قرار می‌گیرند. منشأ آن‌ها، فعالیت‌های آتشفشانی، آتش‌سوزی جنگل‌ها، برخورد شهاب سنگ‌ها با جو زمین و ذرات جدا شده از امواج شدید دریاست. در جو زمین دو نقش بر عهده دارند: اول، به‌طور غیرمستقیم در تراکم بخار آب و تشکیل ابر مؤثرند و دوم، به‌طور مستقیم باعث جذب و انعکاس اشعه‌ی خورشید و امواج زمینی می‌شوند. هواویزه‌های موجود در لایه‌ی استراتوسفر، بیشتر اشعه‌های خورشیدی را جذب و منعکس می‌کنند. بنابراین به عنوان عاملی منفی (بازخورد^۲ منفی) در گرمایش زمین عمل می‌کنند. ولی نقش هواویزه‌های موجود در لایه‌ی پایینی تروپوسفر، بیشتر جذب امواج بازتابی زمین و ایجاد پدیده‌ی

گل‌خانه‌ای است. عمر این هواویزه‌ها از عمر هواویزه‌های لایه‌ی استراتوسفر کمتر است [سیف، ۱۳۷۶].

ب) نتایج گرمایش گل‌خانه‌ای

گرمایش گل‌خانه‌ای اثرات منفی و مثبت دارد. نظام اقلیم جهانی متشکل از سامانه‌ها و عناصر پیچیده‌ای است که متقابلاً با هم رابطه دارند؛ یعنی از هم تأثیر می‌پذیرند و بر هم تأثیر می‌گذارند. از این رو، گرمایش جو زمین سبب تقویت یک سیستم و یا تضعیف سیستم دیگر می‌شود. ولی در کل اثرات منفی گرمایش گل‌خانه‌ای بیشتر مشهود است و توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است. در این جا برای درک بهتر روابط سیستم‌های جوی زمین، به یکی از این روابط اشاره می‌شود.

نظریه‌ی بازخوردها

بازخورد، یعنی نتیجه‌ی عمل یک پدیده موجب تقویت یا تضعیف آن پدیده یا دیگر پدیده‌ها می‌شود. بازخورد به دو دسته‌ی مثبت و منفی تقسیم می‌شود. «بازخورد مثبت» یعنی اثر یک پدیده باعث تشدید فعالیت آن پدیده می‌شود. مثلاً هرچه

هوای جو گرم‌تر شود، باعث افزایش تبخیر از سطح زمین می‌شود. از آن جا که بخار آب هم دارای خاصیت گل‌خانه‌ای است، به تشدید گرمایش زمین می‌انجامد.

«بازخورد» منفی، یعنی نتیجه‌ی فعالیت یک پدیده یا سیستم باعث تضعیف آن پدیده می‌شود. به عبارت دیگر، بازخورد منفی، بازخورد مثبت را کنترل می‌کند. مثلاً در نتیجه‌ی گرمایش زمین بر اثر افزایش CO_2 ، تبخیر از سطح دریاها بیشتر می‌شود و بر اثر

آن، ابرناکی جو زمین نیز افزایش می‌یابد که موجب افزایش ضریب آلبیدو انعکاس نور خورشید می‌شود و در نتیجه از شدت گرمایش زمین می‌کاهد.

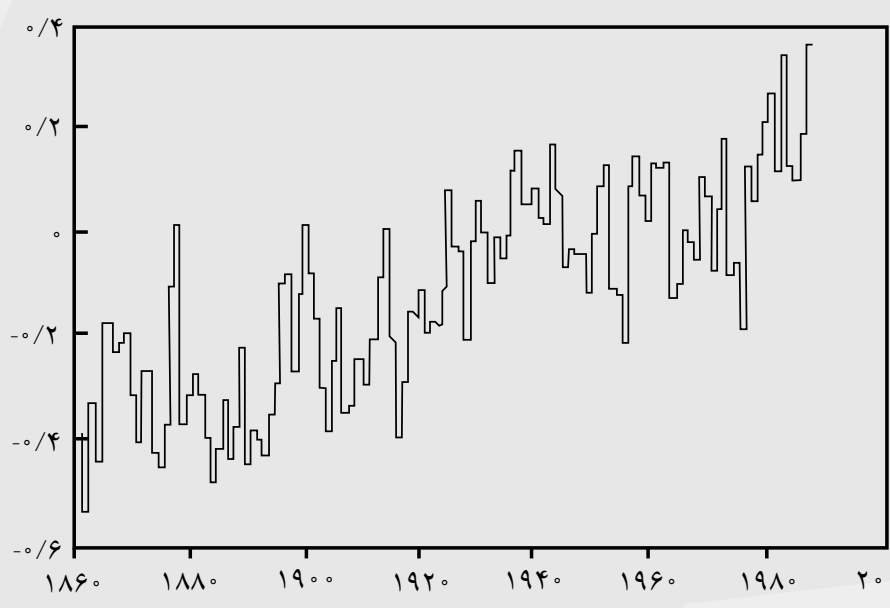
با توجه به افزایش مسلم CO_2 در جو و نیز افزایش اندک گرمای کره‌ی زمین، دانشمندان اثرات مثبت و منفی این پدیده را پیش‌بینی می‌کنند که تکیه‌ی بیشتر روی اثرات منفی است. براساس تحقیقات «انسستیتو گودار»، دو برابر شدن CO_2 بازخوردهایی به این شرح را در پی خواهد داشت: افزایش بخار

آب $1/85$ درصد، توزیع بخار آب ۹۰ درصد، افزایش آلبیدو زمین ۳۸ درصد، افزایش پوشش ابری ۴۲ درصد [ذوالفقاری، ۱۳۷۴].

اثرات پدیده‌ی گل‌خانه‌ای جو زمین به شرح زیر است:

۱. افزایش دمای سطح زمین

بر اثر افزایش CO_2 تا حد دو برابر، پیش‌بینی می‌شود که دمای سطح زمین بین ۳ تا ۵ درجه افزایش خواهد یافت [علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۲]. هندرسون [به نقل از: غیور ۱۳۷۶] معتقد است، با دو برابر شدن CO_2 انرژی دریافتی هر مترمربع معادل $4/2$ وات افزایش خواهد یافت و نهایتاً $2/9$ درجه‌ی کلویین، دمای زمین افزایش می‌یابد و نوسانات حرارتی در سطح زمین بیشتر خواهد شد [سیف، ۱۳۷۶]. «سازمان محیط‌زیست آمریکا» پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۴۰ میلادی، دمای زمین به طور متوسط دو درجه افزایش خواهد یافت [علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۲]. بررسی‌های دانشمندان طی قرن گذشته، افزایش دمای جو زمین را به اثبات رسانده است (نمودار ۳).



نمودار ۳. تغییرات میانگین دمای زمین در قرن گذشته [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶]

۲. تغییر در الگوی بارش

افزایش دمای سطح زمین تغییراتی را در بارش مناطق متفاوت زمین به وجود خواهد آورد. در سطح جهانی، میزان رطوبت افزایش خواهد یافت که بیشتر تغییرات اقلیمی متوجه عرض‌های بالاتر و بیرون از حاره خواهد بود [علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۲]. افزایش گرمای جهانی بر اثر CO_2 موجب تغییر الگوی بارش در

استاتیکی آب‌های آزاد بر اثر ذوب یخ‌های قطبی و کوهستانی است. این پدیده خسارات فراوانی را به ساحل‌نشینان وارد خواهد کرد و تأسیسات، مزارع و... به زیر آب خواهد رفت. دانشمندان معتقدند، سطح آب اقیانوس اطلس طی ۴۰ سال اخیر، ۲ متر بالا آمده است و تا سال ۲۰۹۰ میلادی نیز یک متر دیگر افزایش خواهد یافت و به شهرهای مهم ساحلی، مثل نیویورک، خسارات عمده‌ای وارد خواهد شد [روزنامه‌ی اطلاعات، ۷۸/۴/۲].

افزایش CO_2 تا سال ۲۱۰۰ میلادی، به دمای زمین تا حدود ۳/۲ درجه‌ی کلون می‌افزاید و موجب بالا آمدن آب اقیانوس‌ها بین ۲۱ تا ۶۵ سانتی‌متر خواهد شد [غیور، ۱۳۷۶]. در صورتی که تمام یخ‌های قطبی آب شوند، سطح آب اقیانوس‌ها ۷۰ متر بالا خواهد آمد. گرمایش جهانی هم‌چنین در الگوی جریان‌های دریایی نیز تأثیر خواهد گذاشت. جریان‌های عمودی و افقی اقیانوس‌ها بر اثر گرادیان دما و غلظت بین قطب و استوا و نیز سطح آب با عمق آن صورت می‌گیرد که گرمایش زمین مسلماً گرادیان دما را تغییر خواهد داد. این جریان به کندی صورت خواهد گرفت [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶].

از سوی دیگر، تغییر در الگوی بارش نیز در این پدیده (جریان‌های دریایی) مؤثر است. بیشترین نفوذ آب‌های اقیانوس به اعماق آن، در عرض‌های متوسط در اطلس شمالی صورت می‌گیرد. افزایش بارندگی در این ناحیه به کاهش غلظت آب‌های منطقه منجر می‌شود و از پایین رفتن آن‌ها جلوگیری به عمل خواهد آورد (نظیر کاری که افزایش دما خواهد کرد). در نتیجه، در جریان گردش جهانی CO_2 نیز اختلال بزرگی به وجود خواهد آمد [نوریان، ۱۳۷۶]؛ به طوری که ثابت شده است، بیشترین حجم CO_2 جهان به همراه املاح در کف اقیانوس‌ها ذخیره می‌شود.

۵. صدمات کشاورزی

افزایش CO_2 و گرمایش زمین و به تبع آن تغییرات اقلیمی، صدماتی را به کشاورزی جهان وارد خواهد کرد. قسمت‌هایی از زمین‌های کشاورزی در سواحل به زیر آب خواهند رفت. بی‌نظمی‌های بارندگی، به خصوص در عرض‌های میانی، و وقوع خشکسالی‌ها و همین‌طور افزایش ابرناکی در نواحی مرطوب، میزان تولید محصولات کشاورزی را کاهش خواهند داد. بیشترین صدمات متوجه کشاورزی مناطق حاره خواهند بود [بیرقدار، ۱۳۶۶]. همین‌طور تغییر اقلیم، فعالیت آفت‌های کشاورزی را تشدید می‌کند و از این طریق نیز، کشاورزی صدمات فراوانی را متحمل خواهد شد [نوریان، ۱۳۷۶].

تخریب سیستم‌های کشاورزی با توجه به تغییرات مثبت

عرض‌های ۳۰ تا ۵۰ درجه‌ی شمالی خواهد شد [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]. و از این رو، در مناطق مذکور خشکی حاکم و موجب تشدید بیابان‌زایی خواهد شد. ولی در عرض‌های پایین‌تر از ۳۰ درجه و بالاتر از ۵۰ درجه‌ی شمالی، بارندگی‌ها افزایش خواهند یافت [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]. بر این اساس تشدید دوره‌ی هیدرولوژی و تغییر در مقدار و شدت بارش باعث تشدید فرسایش در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی خواهد شد [بیرقدار، ۱۳۶۶]. گرمایش جهانی الگوی بارش را تغییر می‌دهد و مناطق خشک را خشک‌تر و مناطق مرطوب را مرطوب‌تر خواهد کرد. پیش‌بینی می‌شود که در صورت افزایش دما از ۱۵ درجه به ۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد، بارندگی زمین ۲۱ درصد افزایش یابد.

براساس نظریه‌ای دیگر، دو برابر شدن CO_2 بارش جهانی را ۱۰ درصد افزایش خواهد داد. افزایش بارندگی‌های همرفتی در داخل خشکی‌ها و افزایش سیلاب‌ها و فرسایش خاک، از دیگر نتایج تغییر در الگوی بارش خواهد بود. همین‌طور وقوع توفندها و طوفان‌های دریایی نیز در اقیانوس‌های اطلس، هند و آرام افزایش خواهد یافت [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶].

۳. تغییر در آلبیدو زمین

افزایش تبخیر از سطح اقیانوس‌ها باعث افزایش ابرناکی در سطح جهان می‌شود و ضریب آلبیدو را بیشتر خواهد کرد. همین‌طور گسترش بیابان‌ها در مناطق جنب حاره و ذوب یخ‌ها و برف‌های دائمی در قطب‌ها و کوهستان‌ها، تغییراتی را در آلبیدو زمین ایجاد خواهد کرد. افزایش آلبیدو بر اثر ابرناکی و گسترش بیابان‌ها به صورت یک بازخورد منفی عمل می‌کند. ولی خروج زمین‌ها از زیر گستره‌ی یخ‌ها و برف‌های دائمی، باعث جذب بیشتر انرژی خورشیدی می‌شود و به صورت بازخورد مثبت عمل می‌کند.

تغییر در مرز برف در ارتفاعات، از دیگر نتایج افزایش دمای زمین است. به طوری که در صورت افزایش ۳ درجه به دمای سطح زمین، ارتفاع مرز برف ۴۰۰ متر بالاتر خواهد رفت و مدت دوام آن ۵۰ روز کمتر از میزان فعلی خواهد بود که در رژیم آب‌دهی رودخانه‌ها، تأثیرات منفی ایجاد خواهد کرد [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶].

ذوب یخ‌های قطبی و کاهش آلبیدو و جذب اشعه‌های خورشید در زمین مناطق قطبی گرادیان دما بین قطب و استوا را کاهش خواهد داد [غیور و مسعودیان، ۱۳۷۶] و موجب تغییر در الگوی گردش عمومی جو زمین خواهد شد.

۴. تغییر در سطح استاتیک آب‌ها

از نتایج بارز افزایش دمای سطح زمین بالا رفتن سطح

کشاورزی در یک منطقه و تغییرات منفی در منطقه‌ای دیگر، کمبود مواد غذایی را در نقاط بحرانی و پرجمعیت موجب خواهد شد و موانع مهاجرت در جهان کنونی، مشکلات پیچیده‌ی سیاسی انسانی را ایجاد خواهد کرد [علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۲].

۶. رشد تولیدات کشاورزی از نکات مثبت گرمایش زمین

قبلاً اشاره شد که بر اثر گرمایش زمین ناشی از گازهای گل‌خانه‌ای پیش‌بینی شده است که بارندگی در منطقه‌ی پایین حاره و بالاتر از عرض ۵۰ درجه بیشتر شود. در نتیجه، علی‌رغم خساراتی که در مناطق دیگر به کشاورزی وارد خواهد آمد، در این مناطق تولیدات کشاورزی بیشتر خواهد شد. افزایش دما و افزایش غلظت CO_2 نیز باعث بهره‌وری بیشتر گیاهان می‌شود و رابطه‌ی خطی بین آن‌ها وجود دارد. به خصوص CO_2 تأثیر مستقیمی بر فتوسنتز گیاهان دارد و در ضمن باعث بهره‌گیری حداکثر گیاه از شدت نور تابشی می‌شود. این موارد روی گیاهان سورگوم و سویا امتحان شده است [محمودی و قرشی، ۱۳۷۶].

گروهی از محققان در مجموع، تغییرات اقلیمی را به نفع کشاورزی دانسته‌اند و پیش‌بینی می‌کنند که به طور تخمینی حدود ۵۰ درصد به تولیدات کشاورزی اضافه شود [ذوالفقاری، ۱۳۷۴].

ج) نقش انسان در گرمایش جهانی و تغییر اقلیم

فعالیت انسان در چهار زمینه موجب تغییر آب و هوای کره‌ی زمین شده است [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]: ۱. انتشار گازهای گل‌خانه‌ای، ۲. انتشار هواویزه‌ها (آئرسول) و گرد و غبار، ۳. آلودگی‌های حرارتی، ۴. تغییر در ضریب انعکاس زمین (آلبیدو).

هرچند که شواهد اقلیم‌شناسی دیرینه نشانگر تغییرات آب‌وهوایی در تاریخ زمین است که به دور از دخالت انسان بوده‌اند، ولی بنا به نظر اکثر محققان، تغییرات به وجود آمده‌ی فعلی و دیگر عواملی که تغییرات آینده را در پی خواهند داشت، معلول دخالت انسان در سیستم‌های طبیعی کره‌ی زمین هستند. دخالت انسان در تغییر اقلیم در کمیته‌ی بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) نیز تأیید شده است [نوریان، ۱۳۷۶].

بخش زیادی از لطمات وارده از سوی انسان بر طبیعت، ناشی از تشدید فعالیت‌های صنعتی به ویژه در قرن اخیر (قرن ۲۰) بوده است. از یک طرف عوامل تغییردهنده‌ی اقلیم، مثل انتشار CO_2 و دیگر گازهای گل‌خانه‌ای و دیگر آلاینده‌های جوی را به طور گسترده وارد جو کرده و از سوی دیگر، منابع کنترل‌کننده

(بازخوردهای منفی) طبیعی را نیز از بین برده است. حضور آلاینده‌های جوی ناشی از فعالیت‌های طبیعت و انسان، سبب اختلال در فتوسنتز و تنفس گیاهان شده و لطماتی را به فیزیولوژی آن‌ها وارد کرده است که به کاهش تولید منجر می‌شوند. از جمله‌ی این آلاینده‌ها می‌توان آلاینده‌های گوگردی SO_2 و نیتروژنی (آمونیاک، اکسید نیتروژن، نترات‌ها)، ازن و فلئوئور را نام برد [کوچکی و نظامی، ۱۳۷۶].

تخریب بی‌رویه‌ی جنگل‌ها (به عنوان یکی از منابع مهم جذب CO_2)، روند افزایش این گاز را در کنار دیگر نتایج منفی تخریب جنگل‌ها در پی داشته است. منطقه‌ای مثل جنگل‌های آمازون که حدود ۲۰ درصد از CO_2 جهان را جذب می‌کند [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]، در حال نابودی است. جنگل‌ها جاذب مؤثر گاز انیدریدکربنیک هستند. این گاز جذب‌کننده‌ی امواج تابشی زمین است و خاصیت گل‌خانه‌ای دارد. با از بین رفتن جنگل‌ها، غلظت این گاز در جو بیشتر می‌شود [خالدی، ۱۳۷۰].

و) چاره‌اندیشی برای مسئله

افزایش گازهای گل‌خانه‌ای و گرمایش ناشی از آن، از سوی اکثر کشورها مورد قبول واقع شده است و چاره را در کاهش آلاینده‌های جوی و انتشار CO_2 می‌دانند که این موضوع را در کنفرانس تورنتو قبول کردند و متضمن کاهش ۱۰ درصد انتشار CO_2 تا سال ۲۰۱۰ میلادی شدند. هزینه‌ی این کاهش برای کشورهای درحال توسعه ۲ تا ۶ درصد تولید ناخالص ملی است [نوریان، ۱۳۷۶].

محققان، علاوه بر تأیید کاهش انتشار CO_2 و دیگر گازهای گل‌خانه‌ای، روش‌های دیگر را نیز برای کاستن از حجم CO_2 جو ارائه داده‌اند. البته موارد مطرح شده درصد کمی از حجم CO_2 را در بر می‌گیرند و بزرگ‌ترین عامل کنترل‌کننده‌ی گازهای گل‌خانه‌ای خود طبیعت است؛ به طوری که حجم عمده‌ای از CO_2 جو توسط اقیانوس‌ها و سپس خاک جذب می‌شود.

تئوری گرد و غبار آتشفشانی و پخش SO_2 بیانگر یکی از پدیده‌های طبیعی است که از شدت گرمایش زمین می‌کاهد و موجب سرمایه‌ی زمین می‌شود. بنابراین نظریه، گرد و غبار ناشی از فعالیت آتشفشان‌ها و SO_2 منتشر شده از آتشفشان‌ها و فعالیت‌های انسانی، نظیر آتش زدن مواد ارگانیک، برعکس گازهای گل‌خانه‌ای عمل می‌کند و با انعکاس نور خورشید، درصد کمی از آن را به سطح زمین هدایت می‌کند. هم‌چنین، مانع خروج امواج بازتابی زمین نمی‌شود. وقوع برخی دوره‌های یخچالی را به فعال شدن آتشفشان‌ها نسبت می‌دهند [ذوالفقاری، ۱۳۷۴]. در قرن اخیر نیز چنین مواردی مشاهده شده است.

- کشور. ص ۱۰.
۳. ذوالفقاری، حسن (۱۳۷۴). «نظری بر تغییر آب و هوا با تأکید بر نقش انسان». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۲۶. سازمان هواشناسی کشور. ص ۵۳.
۴. روزنامه‌ی اطلاعات، ۷۸/۴/۲.
۵. سیف، عبدالله (۱۳۷۶). «نظریه‌ی پسخوراند‌ها و نوسانات اقلیمی با تأکید بر نقش و مکانیسم پسخوراند‌گازهای گل‌خانه‌ای». فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۴۶. بنیاد مطالعات عاشورا. ص ۱۲۸.
۶. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا (۱۳۷۲). «مبانی آب و هواشناسی». انتشارات سمت. تهران.
۷. غلامی بیرقدار، محمدعلی (۱۳۶۶). «بی‌نظمی‌های جوی و تغییرات آب و هوا». فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۴. مشهد. ص ۴۹.
۸. _____ (۱۳۷۴). «سازمان جهانی هواشناسی و مسئله‌ی تغییر اقلیم». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۲۶. سازمان هواشناسی کشور. ص ۴۳.
۹. غیور، حسنعلی و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۷۶). «اثرات گرم‌تر شدن زمین بر چرخه‌ی آب در طبیعت». فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۴۶. بنیاد مطالعات عاشورا. مشهد. ص ۳۶.
۱۰. فیاض‌زاده، محمود (۱۳۷۶). «پتانسیل گیاهان چوبی با دوره‌های رویش کوتاه در کاهش گازکربنیک اتمسفر». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۳۶. سازمان هواشناسی کشور. ص ۷.
۱۱. کوچکی، عوض و نظامی، احمد (۱۳۷۶). «اثر آلاینده‌های اتمسفری بر خصوصیات اکولوژیکی رشد و نمو گیاهان». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۳۶. ص ۱۳.
۱۲. کرباسی، عبدالرضا و رحیمی، نسترن (۱۳۷۴). «میزان مصرف گازهای مخرب لایه ازن در صنایع ایران و نقش کلی آن در بالا رفتن آب دریا». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۲۵. سازمان هواشناسی کشور. ص ۲۶.
۱۳. محمدی، مهدی و قرشی، رضا (۱۳۷۶). «شبیه‌سازی فاکتورهای رشد گیاهان زراعی براساس پارامترهای اقلیمی». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۳۶. سازمان هواشناسی کشور. ص ۳۷.
۱۴. نوریان، علی محمد (۱۳۷۶). «تردیدهای علمی در تغییر اقلیم کره زمین». فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۴۵. سال دوازدهم. بنیاد مطالعات عاشورا. مشهد. ص ۶.
15. Briggs, David and Smithson, Petter (1994). "Fundamental of Physical Geography".

فعالیت آتشفشان پیناتوبو در فیلیپین به مدت دو سال موجب کاهش دمای متوسط زمین به میزان ۰/۳ تا ۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد شد [نوریان، ۱۳۷۶].

با توجه به نظریه‌ی فوق، هیئت بررسی اثرات گل‌خانه‌ای در ایالات متحده آمریکا، در سال ۱۹۹۱ پیشنهاد کرد که برای جلوگیری از گرمایش زمین، با استفاده از توپ‌های بزرگ، مقادیر زیادی گرد و غبار در لایه‌ی استراتوسفر پخش شود تا با انعکاس بخشی از نور خورشید، گرمای زمین کاهش یابد. این عده برای خنثا کردن میزان افزایش گرمای زمین، پخش حدود ۱۰ میلیون تن گرد و غبار را پیشنهاد کردند [ذوالفقاری، ۱۳۷۴].

گروه کثیری از محققان، جایگزینی سوخت‌ها را مطرح می‌کنند و در مقطع فعلی شاید بهترین راه حل همین باشد. عده‌ای استفاده از چوب‌هایی یا دوره‌ی رویشی کوتاه (SRWC) را پیشنهاد داده‌اند. از سوختی که از چوب و اتانول به دست می‌آید، می‌توان به جای سوخت‌های فسیلی استفاده کرد. درختان افرای نقره‌ای، سقز شیرین، چنار آمریکایی، سپیدار و... از این گیاهان هستند [فیاض‌زاده، ۱۳۷۶]. این شیوه در برخی مناطق حاره و پر باران میسر و دامنه‌ی آن محدود است. اما به نظر می‌رسد، با توجه به کاربرد وسیع سوخت‌های فسیلی در عصر حاضر (که نسبت به دیگر سوخت‌ها ارزان به دست می‌آید)، با وجود تنوع در سوخت‌های استحصال شده از انرژی‌های فسیلی، یافتن جایگزینی برای این محصولات روش مناسبی باشد. مثلاً به جای سوختن بنزین در موتورهای نقلیه یا گرمایش منازل و... می‌توان از گاز مایع استفاده کرد. گاز متان در مقایسه با اکتان (بنزین)، انرژی برابر ولی CO_2 کمتری تولید می‌کند [ابتکار، ۱۳۷۴].

جلوگیری از تخریب جنگل‌ها، مرمت جنگل‌های مخروبه، و ایجاد جنگل‌های مصنوعی، بهترین روش طبیعی برای کاهش CO_2 جو است و ثبات شرایط آب و هوایی را در پی خواهد داشت.

* دبیر آموزش و پرورش شهرستان میاندوآب

زیرنویس

1. Albedo
2. Feed back

منابع

۱. ابتکار، تقی (۱۳۷۴). «الگوی مصرف انرژی در ایران و اثرات محیطی آن». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی ۲۶. سازمان هواشناسی کشور. ص ۱۰.
۲. خالدی، شهریار (۱۳۷۰). «تغییرات آب و هوایی کره زمین». مجله‌ی نیوار. شماره‌ی دهم تا دوازدهم. سازمان هواشناسی