

روند تغییر و تحولات اقلیم‌شناسی دیرینه تا امروز

مهندس مهرداد حسینی

کارشناس ارشد و مدرس دانشگاه ایلام

مهندس ناصر ملکی

کارشناس اداره کل هواشناسی استان ایلام

مهندس فرخ مطلبی‌فر

کارشناس اداره کل هواشناسی استان ایلام

چکیده

یکی از بنیادی‌ترین و اساسی‌ترین عوامل در ساختار سیاره زمین اقلیم و آب و هوا است. تردیدی نیست که بشر و موجودات زنده و مظاهر حیات در کره زمین متأثر از شرایط اقلیمی و پدیده‌های جوّی است. توزیع نامناسب خشکی و آب، عرض‌های جغرافیایی مختلف، عبور سیستم‌های جوّی، ارتفاعات و بلندی‌های پوشیده از برف و یخ، صحاری خشک بدون آب و علف، جنگلهای پوشیده از درخت... در مناطق مختلف کره زمین وضعیت اقلیمی و شرایط متفاوتی به وجود آورده است به طوری که در جغرافیای گسترده دنیا مخاطرات جوی و هیدرولوژیکی مانند سیل، طوفان، رعد و برق، سرماهای کشنده، گرماهای طاقت‌فرسا و امثالهم همه ساله هزاران انسان و موجود زنده را محو و نابود می‌کند و یا ضرر و زیان‌های فراوان مالی و زیست‌محیطی را به دنبال دارد. در این راستا بشر متمدن امروزی برای دستیابی به کشاورزی صنعتی با مصرف سالانه میلیون‌ها تن گاز کربنیک و آلاینده‌های سمی را در جو رها می‌کند به طوری که گازهای گلخانه‌ای چادر کدر و سیاهی بر لایه ازن گسترده است و این آلودگی خشن و کشنده به شدت زندگی انسان و موجودات زنده را تهدید کرده است. بنابراین آب و هوای خشن و بيشر امروزی باعث تغییر اقلیم در سطح میکروکلیم و ماکروکلیم شده و لذا شایسته و ضروری است برای فایق شدن بر مخاطرات جوی هیدرولوژیکی و کاهش و کنترل آلودگی و آلاینده‌های سمی صنعتی بشر نیازمند شناخت و بررسی تغییرات اقلیمی و تهیه طرح‌های مطالعاتی و تحقیقاتی است.

واژه‌های کلیدی: آب و هوا، آلاینده‌های سمی، کشاورزی، تغییر اقلیم، گاز کربنیک.

مقدمه

توجه به این که روند فعالیت‌های انسان طی قرن گذشته سرآغازی بر گرم شدن جهانی زمین بوده بخشی از باور همگانی شده است. بر این اساس در جوامع صنعتی آغاز به کار کارخانه‌هایی که از سوخت ذغال سنگ نیرو می‌گرفتند، آزادسازی مقادیر فراوان دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای به درون جوّ زمین را به دنبال داشت. در مراحل بعد و سایل نقلیه موتوری به این عوامل افزوده شد. طبق این باور می‌بایست انسان عصر صنعتی را نه تنها مسئول آزادسازی مقادیر مخاطره‌انگیز این گازها در جو زمین دانست بلکه او را به نوعی در پدید آمدن روند گرمایش جهانی مقصر شمرد. اما اخیراً این نظریه مورد توجه قرار گرفته است که احتمالاً نیاکان دور ما در هزاران سال قبل با آغاز فعالیت‌های کشاورزی خود آزادسازی این گازها به درون اتمسفر زمین را سرعت بخشیده‌اند، پس شاید شروع تغییرات آب و هوایی کره زمینی به دست انسان خیلی زودتر از آنچه در تصور ما است صورت گرفته باشد. بر پایه مدارک جدیدی که به دست آمده

غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفر حدود ۸ هزار سال قبل شروع به افزایش کرد، در حالی که براساس چرخه طبیعی می‌بایست غلظت این گاز در اتمسفر زمین کاهش می‌یافت. ۳ هزار سال پس از آن، چنین افزایش غیرطبیعی در مورد متان، دیگر گاز به دام اندازنده گرما اتفاق افتاد. پیامد افزایش غیرمنتظره این گازها امروزه برای ما کاملاً محسوس است؛ بدون اعمال چنین تغییراتی دمای کنونی شمال آمریکای شمالی و اروپا می‌بایست ۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد کمتر از حال حاضر می‌بود و این کافی بود تا کشاورزی را در این مناطق بسیار دشوار سازد. از سوی دیگر شاید هزاران سال قبل یک عصر یخبندان کوچک و محدود در مناطقی از شمال شرقی کانادا رخ می‌داد (شاهد این مدعا، ظهور کلاهک‌های یخی کوچک بر فراز قله کوه‌های این منطقه است). در عوض می‌بینیم که آب و هوای کره زمین طی هزاره گذشته بالنسبه گرم و با ثبات باقی مانده است. تا همین اواخر، به این روند افزایش غیرعادی گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر و آثار این فرآیند بر آب و هوای کره زمین چندان توجهی نمی‌شد. لذا با مطالعاتی که در این زمینه انجام گرفت، روشن شد که تغییرات غلظت این گازهای گلخانه‌ای در جوّ زمین طی سالیان متمادی از الگوی کاهش و افزایش منظمی تبعیت می‌کرده است، اما از حدود ۸ هزار سال قبل این سیکل تغییرات منظم دچار اختلال شده است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اعمال مرتبط با کشاورزی بشر اولیه (در درجه نخست جنگل‌زدایی و آبیاری محصولات زراعی) می‌بایست سبب آزاد شدن دی‌اکسید کربن و متان اضافی به درون اتمسفر شده باشد. در واقع درجه تأثیر فعالیت‌های بشر در افزایش گازهای گلخانه‌ای به حدی بوده که روند طبیعی کاهش غلظت این گازها در جوّ زمین وارونه گشته است. افزایش غلظت این گازها تا آغاز دوران صنعتی ادامه یافته و از آن پس، پدید آمدن تکنولوژی‌های نوین به نوبه خود این افزایش را سرعت بخشیده است. چگونگی کنترل چگالی گازهای گلخانه‌ای اتمسفر به واسطه تغییرات طبیعی در مدار زمین که به سه شکل مختلف دیده می‌شود بر روی میزان جذب پرتوهای خورشید توسط زمین طی مقیاس زمانی بسیار طولانی مؤثر است. طی میلیون‌ها سال گذشته این تغییرات مداری به ظاهر نامحسوس اثرات شدیدی بر کاهش یا افزایش غلظت متان و دی‌اکسید کربن اتمسفر داشته‌اند. هر چند دانشمندان تاکنون علت این امر را به خوبی در نیافته‌اند اما به نظر می‌رسد غلظت این گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر تا حدود زیادی تابع تغییراتی است که طی فصل تابستان در نیمکره شمالی زمین اتفاق می‌افتد. زمانی از سال که محور قطب شمال زمین کمترین زاویه را نسبت به خورشید دارد.

پیشرفت‌هایی که دهها تحقیق در زمینه درک چگونگی تغییرات اقلیمی

مداری فوق به ترتیب به خورشید دور و نزدیک شود. هنگامی که طی این چرخه قاره‌های نیمکره شمالی زمین طی تابستان در نزدیکترین فاصله نسبت به خورشید قرار می‌گیرند، میزان گاز متانی که از منابع اولیه تأمین آن به درون اتمسفر آزاد می‌شود به حداکثر خود می‌رسد (منبع طبیعی اصلی تولید متان تجزیه مواد گیاهی در مرداب‌ها است). در انتهای تابستان، گیاهان مردابی به حداکثر رشد خود رسیده پس از آن به تدریج می‌میرند، کربن موجود در پیکره آنها به فرم متان آزاد می‌شود، از همین رو متان گاهی گاز مرداب هم نامیده می‌شود. در دوره‌هایی که گرمای تابستان به حداکثر خود می‌رسد تولید متان به دو شکل افزایش می‌یابد: در جنوب آسیا، گرما سبب جذب رطوبت اضافی موجود در هوای بالای اقیانوس هند می‌شود که نتیجه‌اش بارش باران‌های موسمی گرمسیری و بروز سیل در مناطقی است که شاید در اکثر اوقات سال کاملاً خشک باشند. مسیر دوم را در مناطق دور دست شمال آسیا و اروپا می‌بینیم؛ در تابستان‌های گرم، مرداب‌های یخ زده این مناطق مدت زمان طولانی تری یخ زدگی را از دست داده، در نتیجه گیاهان موجود در آنها متان بیشتری تولید خواهند کرد. پس در نتیجه این دو رویه، متان بیشتری در انتهای چرخه ۲۲ هزار ساله آزاد خواهد شد. در نقطه مقابل، هنگامی که نیمکره شمالی طی تابستان بیشترین فاصله را از خورشید می‌گیرد، آزادسازی متان در اتمسفر به حداقل خود می‌رسد. این واقع ۱۱ هزار سال بعد رخ می‌دهد یعنی نقطه وسط سیکل مداری که طی تابستان کمترین اشعه خورشید جذب نیمکره شمالی می‌شود.

تغییرات غیر منتظره هواشناسی

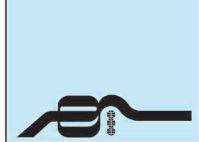
با مطالعه دقیق اطلاعات ثبت شده از بررسی هسته مرکزی یخ «وستوک» متوجه شدیم که روند تغییرات سال‌های اخیر با قبل متفاوت است. بدین ترتیب که در دوران گرم بینابینی اولیه، حداکثر غلظت متان اتمسفر طی سیکل مداری Precession در شرایط حداکثر جذب اشعه خورشید در تابستان نیمکره شمالی به ۷۰۰ قسمت در میلیارد حجم هوا (700 ppb) بالغ می‌شد. چنین غلظتی از متان در لایه‌های یخی که ۱۱ هزار سال قبل شکل گرفته بودند مشاهده شد. در واقع ۱۱ هزار سال پیش را می‌توان نقطه شروع این سیکل مداری قلمداد کرد. از سوی دیگر با مطالعه شرایط اتمسفر در سیکل‌های مداری قبل از آن مشاهده می‌شود که در مرحله پایین رو منحنی تغییرات چگالی متان، با ضعیف‌تر شدن میزان جذب پرتوهای خورشید توسط زمین، غلظت این ماده 100ppb کاهش می‌یابد، بنابراین در صورتی که منحنی تغییرات چگالی این گاز در اتمسفر از روند همیشگی خود تبعیت می‌کرد می‌بایست غلظت آن در شرایط کنونی زمین (که حداکثر جذب پرتوهای خورشید در نیمکره شمالی در تابستان داریم) به حداقل رسیده، حداکثر چگالی متان اتمسفر زمین برابر با 450ppb باشد. اما در عوض می‌بینیم که این روند کاهشی، از ۵ هزار سال قبل معکوس شده و غلظت متان از آن زمان به بعد رفته رفته افزایش یافته و درست قبل از شروع عصر صنعتی به 700ppb رسیده است. به بیان ساده، غلظت متان اتمسفر در شرایطی که می‌بایست کاهش یابد افزایش یافته و نهایتاً به 250ppb بالاتر از

دراز مدت در زمین فراهم آورده، اساس نظریه حاضر را تشکیل می‌دهد. محققین از حدود سال ۱۹۷۰ دریافته بودند که سه فرم متمایز و قابل پیش بینی از مدارات زمین کنترل شرایط آب و هوایی کره زمین را طی میلیون‌ها سال برعهده داشته‌اند. طی این چرخه‌های مداری (که به ترتیب ۱۰۰ هزار، ۴۱ هزار و ۲۲ هزار سال طول دارند) با تغییر وضعیت قرارگیری زمین نسبت به خورشید، میزان جذب پرتوهای خورشیدی توسط نقاط مختلف زمین طی یک فصل مشخص می‌تواند تا ۱۰ درصد نوسان داشته باشد.

طی سه میلیون سال گذشته، این تغییرات منظم در میزان پرتوهای جذب شده خورشیدی توسط سطح زمین، باعث شد تسلسلی از دوران یخبندان طولانی مدت که در فواصل آنها مراحل کوتاه مدت گرم شدن آب و هوا تکرار می‌شد بر کره زمین حکمفرما شود. در هر عصر یخبندان مناطق وسیعی از سطح نیمکره شمالی زمین با یخ پوشیده می‌شد. در پایان آخرین عصر یخبندان کره زمین، لایه‌های یخی که مناطق شمالی اروپا و شمال آمریکا را طی ۱۰۰ هزار سال متوالی پوشانده بودند به تدریج تحلیل رفته و کوچک شدند و سرانجام حدود ۶ هزار سال قبل کاملاً محو شدند. کمی بعد از این زمان بود که نیاکان ما شهرها را بنا نهادند، خط را اختراع کردند و ادیان مختلف پدیدار شدند.

به عقیده بسیاری از محققین، بیشترین پیشرفت در تمدن بشری در یکی از همین دوران‌های کوتاه مدت گرم شدن زمین در حد دوران نامساعد یخبندان صورت گرفته است، اما به نظر نگارنده این نگرش تنها جزئی از واقعیت را در خود دارد. در سالیان اخیر، بررسی نمونه‌هایی که از اعماق مرکزی قطعات یخ در قطب جنوب و نیز گرینلند (در قطب شمال) با حفاری خارج شده بودند، اسناد فوق‌العاده ارزشمندی در مورد نوسانات آب و هوای سالیان دور زمین به دست داد، از جمله در زمینه تغییرات غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر زمین طی آن سال‌ها در بررسی هسته مرکزی یک قطعه یخ که طولی برابر با ۳ کیلومتر داشته و در سال ۱۹۹۰ در ناحیه «وستوک (Vostok)» در قطب جنوب استخراج شده بود، جناب‌های هوای مربوط به دوران‌های گذشته زمین یافت شدند که در این قطعه یخ به دام افتاده و ترکیب گازهای اتمسفر زمین را در هنگام تشکیل لایه‌های این یخ به روشنی نشان می‌دادند. مطالعه ترکیب گازهای درون این جناب‌ها نشان داد که غلظت گازهای دی اکسیدکربن و متان اتمسفر زمین طی ۴۰۰ هزار سال عمر این قطعه یخ طبق یک الگوی منظم افزایش و کاهش داشته است.

نکته در خور توجه آن است که افزایش و کاهش گازهای گلخانه‌ای هماهنگ با تغییرات در شدت جذب اشعه خورشید توسط زمین (که تابع سه چرخه مداری ذکر شده است) صورت گرفته و با اندازه قطعات یخ تشکیل شده نیز در ارتباط بوده است. به عنوان مثال، بیشترین نوسان در غلظت گاز متان اتمسفر در یکی از چرخه‌های سه گانه مدار زمین به دور خورشید با عنوان سیکل Precession که ۲۲ هزار سال طول دارد، مشاهده می‌شود. طی این چرخه مداری، انتهای محور گردش وضعی زمین بر روی دایره‌ای فرضی تاب می‌خورد، درست نظیر فرفره‌ای که پس از چرخش در حال فروافتادن است و این چرخش سبب می‌شود که نیمکره شمالی طی سیکل



تأثیرات انسان و کشاورزی در این تغییرات

از نظر ما محتمل ترین عامل تغییرات اقلیمی دوران کنونی زمین، پدیده زراعت است. زمان آغاز فعالیت های کشاورزی بشر به خوبی روشن شده است: حدود ۱۱ هزار سال قبل در سرزمینی حاصلخیز به شکل هلال در شرق مدیترانه و کمی بعد از آن در شمال کشور چین، و چند هزار سال بعد در آمریکا. در طول هزاره بعدی، کشاورزی در سایر نقاط جهان توسعه پیدا کرده و بشر به تدریج در آن کار کشته شد و در حدود ۲ هزار سال قبل، تقریباً هرفرا آورده کشاورزی که امروزه مصرف خوراکی دارد در نقطه ای از عالم کشت داده می شد. طی یک سری فرآیندهای کشاورزی مستقیماً متان تولید می شود: شالیزارهای برنجی که به آب بسته شده اند می توانند با مکانیسمی مشابه مرداب های طبیعی متان تولید کنند (با پوسیدن و متلاشی شدن بقایای گیاهی درون این آب های راکد).

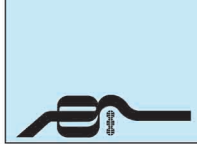
از طرف دیگر، با سوزاندن علفزارها توسط کشاورزان که با اهدافی نظیر جلب شکار و گسترش درختان توت صورت می گیرد، متان آزاد می شود. به علاوه فضولات انسان و حیوانات اهلی متان تولید می کند. با رشد جمعیت انسان شاید همه این عوامل به نوعی به افزایش تدریجی متان در اتمسفر کمک کرده اند، اما به نظر می رسد که تنها یک فرآیند اصلی بوده که سبب شده از حدود ۵ هزار سال قبل روند طبیعی کاهش متان وارونه شده و افزایش پیش بینی نشده آن اتفاق افتد: ابداع و فراگیر شدن روش آبیاری برنج در جنوب آسیا. در آن سالها در مناطق جنوبی کشور چین، کشاورزان زمین های پست مجاور رودخانه ها را جهت کشت گونه های رطوبت دوست برنج به آب بستند. در این دوران، آبیاری فراوان و پر دامنه جلگه های اطراف رودخانه های بزرگ و پر شمار این ناحیه که به آسانی قابلیت دسترسی به آب را داشتند می تواند توجیهی برافزایش سریع آزادسازی متان به داخل اتمسفر باشد. شواهد تاریخی هم حاکی از تداوم گسترش مزارع برنج در سراسر دورانی است که حجم متان در حال افزایش بود. در حدود ۳ هزار سال قبل، تکنیک آبیاری برنج از چین به سمت هند و چین در جنوب و دره رودخانه گنگ هند در غرب سرایت کرد، که این خود بر حجم تولید متان افزوده. در ۲ هزار سال قبل کشاورزان روش کشت برنج در شالیزارهایی که به صورت پلکانی در شیب تند کناره تپه ها ایجاد شده بودند را ابداع کرده و بر سطح زمین های زیر کشت افزودند.

شاید تحقیقات آینده بتواند سطح زمین هایی که طی ۵ هزار سال گذشته بدین ترتیب به آب بسته شدند و میزان گاز متان حاصل از این فرآیند را تخمین بزند. البته چنین برآوردی می تواند خیلی هم مشکل باشد، چرا که آبیاری مکرر این زمین ها طی دوران گذشته ممکن است عمده شواهد اولیه را از بین برده باشد. اما در حال حاضر نظریه فوق بر مبنای این واقعیت پایه گذاری شده که روند تغییرات غلظت متان اتمسفر زمین سالها قبل درست در زمانی از مسیر طبیعی خود خارج شده است که کشاورزان به آب بستن زمین های مرطوب جهت کشت برنج را آغاز کردند. عمل دیگری که به طور معمول جهت تسهیل کشاورزی انجام می شود یعنی جنگل زدایی، می تواند به نوبه خود فاکتوری در جهت آغاز روند غیرطبیعی افزایش دی

آنچه می بایست باشد، رسیده است. درست نظیر متان، غلظت دی اکسید کربن جو نیز طی هزار سال اخیر دستخوش افزایش غیرطبیعی شده است. هر چند در اینجا هر سه سیکل مداری زمین در تغییرات چگالی دی اکسید کربن اتمسفر دخیل هستند، با این وجود جالب است که طی تمام فواصل مابین یخبندان گذشته روند تغییر غلظت گازهای گلخانه ای کاملاً مشابه بوده، منحنی تغییرات گازها حالت تکرار شونده داشته و الگوی مشخصی پدید می آورد. در اینجا حداکثر غلظت دی اکسید کربن به میزان 275ppm تا 300ppm برآورد شده که مربوط است به نقطه شروع دوره های گرم نیمکره شمالی، زمانی که هنوز آخرین بازممانده های قطعات بزرگ یخ قابل مشاهده اند. پس از آن طی ۱۵ هزار سال بعد غلظت دی اکسید کربن به طور مداوم کاهش یافته به طوری که میانگین غلظت آن در دوران های مختلف به 245ppm بالغ می شود. در آخرین دوران مابین یخبندان کره زمین، در حدود ۱۰۵۰۰ سال قبل چگالی دی اکسید کربن به حداکثر خود رسیده و پس از آن می بایست براساس الگوی تغییرات طبیعی خود کاهش می یافت. با آن که از آن زمان این کاهش به تدریج صورت واقع به خود می گرفت ناگهان از حدود ۸ هزار سال قبل این روند معکوس شده و غلظت دی اکسید کربن رو به افزایش نهاد. با شروع دوران صنعتی چگالی این ماده در جو باز هم افزایش یافته به 285ppm رسید، یعنی تقریباً 40ppm بالاتر از آنچه طبق روند طبیعی می بایست باشد. اما چگونه می توان این واژگونی غیر منتظره در تغییرات غلظت متان و دی اکسید کربن در اتمسفر را توجیه کرد؟ برخی محققین چنین امری را به عواملی که به طور طبیعی در تغییرات اقلیمی زمین نقش دارند نسبت می دهند. از جمله افزایش متان را به توسعه مرداب ها در مناطق قطبی مربوط دانسته و افزایش میزان دی اکسید کربن اتمسفر را از طرفی ناشی از کاهش طبیعی گیاهانی می دانند که دی اکسید کربن هوا را به میزان زیاد برداشت کرده در خود ذخیره می کنند و از سوی دیگر تغییرات شیمیایی اقیانوس ها را در این امر دخیل می دانند.

اما تمامی این توجهات را با دلایلی ساده می توان رد کرد: به نظر می رسد فاکتورهای اصلی تنظیم غلظت گازهای گلخانه ای اتمسفر زمین در هزاره فعلی مشابه همان هایی است که طی چهار مرحله گرم بین دوران یخبندان گذشته در زمین تنظیم غلظت این گازها را برعهده داشته اند. چرخه طبیعی تنظیم غلظت گازها به همان شکل گذشته تکرار می شود؛ لایه های یخ مناطق شمالی زمین آب می شوند، درختان در این نواحی دوباره در زمین هایی که یخ ها اشغال کرده بودند جایگزین می شوند، آبی که از ذوب یخ ها پدید آمده سطح دریاها را دوباره به بالاترین حد خود می رساند، میزان پرتوهای خورشیدی جذب شده توسط زمین به حداکثر خود می رسد و بعد دوباره فرآیندهای عکس تکرار می شوند. پس چرا غلظت جوئی این گازهای گلخانه ای که طی چهار مرحله بین دوران یخبندان پیشین شروع به کاهش کرده بود، در مرحله فعلی زمین برعکس در حال افزایش است؟

ما بر این باوریم که طی چند هزار سال اخیر فاکتور جدیدی به عوامل تنظیم کننده ساختار اقلیمی کره زمین افزوده شده که توانسته این تغییرات غیرمترقبه را پدید آورد.



سانتی‌گراد دمایی است که طی قرن قبل به حرارت زمین افزوده شده است و بر این نکته دلالت دارد که کشاورزی قرون گذشته تأثیر بیشتری بر روی آب و هوای زمین داشته تا دوران پرشتاب صنعتی معاصر. نیاکان ما حدود ۱۱ هزار سال قبل کشاورزی را پدید آوردند. تقریباً همان زمانی که حداکثر غلظت متان و CO₂ در اتمسفر در پایان آخرین عصر یخبندان وجود داشت. در صورتی که روند تغییرات غلظت این گازها در اتمسفر از الگوی همیشگی تبعیت می‌کرد، می‌بایست درست در ابتدای عصر صنعتی شدن غلظت آنها در اتمسفر کاهش می‌یافت اما در عوض از چند هزار سال قبل روند کاهش آنها یک مرتبه وارونه شده چگالی آنها در اتمسفر پیوسته افزایش داشته است. تقارن شروع دو فرآیند جنگل زدایی و آبیاری برنج در شالیزارها با شروع این تغییرات شاید بتواند توجیهی برای این مسئله باشد.

چگونگی تأثیرات شگرف کشاورزی بر افزایش گرمای زمین

علت عمده آن است که تغییرات اقلیمی زمین که آثاری مخالف با این فرآیندها داشته‌اند آنها را از نظر پنهان داشته‌اند. سیکل‌های مداری زمین می‌توانند آثار سردکننده‌ای همزمان با آثار گرم‌کننده گازهای گلخانه‌ای داشته باشند، به ویژه این اثرات سرمای‌رادی در عرض‌های جغرافیایی بالا می‌توان مشاهده کرد، بدین واسطه تا سال ۱۸۰۰ تابستان‌ها به تدریج سردتر می‌شدند. در صورتی که گازهای گلخانه‌ای روند طبیعی کاهش خود را می‌پیمودند سرمای‌پدیدی می‌آمد که برودت حاصل از کاهش جذب تابستانی پرتوهای خورشید در نیمکره شمالی را تقویت کرده و در نتیجه کره زمین به طور قابل ملاحظه‌ای سردتر از حال حاضر می‌شد. جهت توضیح بهتر این احتمال، با همکاری «استفان واوروس» و «جان کوتزباخ» از دانشگاه ویسکانسین مدلی برای پیش‌بینی وضعیت اقلیمی کره زمین در شرایط نبود تمامی گازهای گلخانه‌ای که بشر وارد جو کرده طرح‌ریزی شد. این مدل قادر بود شرایط اقلیمی کنونی کره زمین را با توجه به گزینه‌های مختلف شرایط اقلیمی اولیه آن بازسازی کند. بدین خاطر، مادر این مدل غلظت گازهای گلخانه‌ای زمین را به گونه‌ای کاهش دادیم که نقش افزایشی اثرات کشاورزی و صنعت بر آنها حذف شود. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد که در آن صورت متوسط دمای کره زمین ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر از شرایط فعلی می‌بود، که میزان قابل توجهی است.

در مقام مقایسه، در آخرین عصر یخبندان زمین که حدود ۲ هزار سال قبل رخ داد میانگین دمای زمین تنها ۵ تا ۶ درجه سانتی‌گراد کمتر از حال حاضر بود. در واقع در صورتی که آثار گرم‌کننده این گازهای گلخانه‌ای نبود دمای کنونی کره زمین در مسیر حرکت به سوی یک عصر یخبندان، به مراتب سردتر می‌شد. در صورتی که سرمای طبیعی اجازه بروز می‌یافت لایه‌های جدیدی از یخ در نقاط شمالی دور دست زمین تشکیل می‌شد. محققین قبلاً نشان داده بودند در صورتی که میانگین دمای کره زمین تنها ۵/۱ درجه سانتی‌گراد سردتر شود بخش‌هایی دور افتاده در شمال شرق کانادا از یخ پوشیده خواهند شد. (و این معادل دمای منتج از فقدان اثرات گازهای گلخانه‌ای است). نتیجه تلاش دیگر در دانشگاه ویسکانسین نشان داد که در

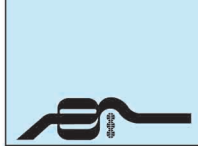
اکسیدکربن در جو باشد. جهت فرآوری محصول در مناطقی که به طور طبیعی با جنگل پوشیده شده‌اند ابتدا می‌بایست درختان ناحیه را قطع کرد، بدین لحاظ از حدود ۸ هزار سال قبل کشاورزان در اروپا و چین شروع به جنگل زدایی کردند. در ابتدا با تیرهای سنگی و بعدها با وسایل برنزی و آهنی. درختان پس از قطع سوزانده شده و یا رها می‌شدند تا بپوسند و در نهایت کربن موجود در آنها اکسیده شده در اتمسفر به صورت دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شد.

براساس مدارک موجود، دانشمندان تاریخ دقیق آغاز به کشت محصولات گیاهی غیربومی نظیر گندم، جو و نخود توسط اروپائیان در زمین‌هایی که سابق بر آن پوشش جنگلی داشتند را ۸ هزار سال قبل تعیین کرده‌اند، یعنی درست زمانی که غلظت دی‌اکسیدکربن اتمسفر به طور غیرطبیعی رو به فزونی نهاد. با توجه به بقایای یافت شده این گیاهان در رسوبات دریاچه‌های جنوب شرقی اروپا، به نظر می‌رسد در ابتدا در شرق اروپا کشت داده شده، طی هزاران سال بعد کشت آنها به غرب و شمال اروپا گسترش یافته است. افزایش میزان شست و شوی سطح تپه‌های این مناطق که با توجه به ورود حجم بالای گل و لای و خاک رس جدا شده از آنها به درون رودخانه‌ها و دریاچه‌های منطقه روشن می‌شود، شاهدی دیگر بر جنگل زدایی در این دوران است.

قابل استنادترین مدرکی که نشان دهنده جنگل زدایی سریع و پرحاشیه در اروپا است کتابی تاریخی و منحصر به فرد است تحت عنوان «روز رستاخیز»؛ کتابی در زمینه نقش برداری از کشور انگلستان که به امر ویلیام فاتح (پادشاه انگلستان) گردآوری شده است. طبق گزارش کتاب نود درصد از جنگل‌های طبیعی در مناطق کم ارتفاع مناسب جهت کشاورزی در این کشور تا سال ۱۰۸۶ میلادی از میان برده شده بودند. براساس این کتاب در آن زمان ۵/۱ میلیون نفر در انگلستان می‌زیسته‌اند یعنی به طور متوسط ۱۰ نفر در یک مترمربع که برای معدوم کردن این جنگل‌ها کافی به نظر می‌رسد.

در مقایسه، با توجه به قدمت بیشتر تمدن نواحی اطراف رودخانه‌ها در چین و هندوستان به نظر می‌رسد تراکم جمعیت آنها هزاران سال پیش از این تاریخ بسیار بالاتر بوده، بر این اساس بسیاری از اکولوژیست‌های تاریخ گذشته معتقدند این مناطق ۲ یا ۳ هزار سال قبل به میزان زیادی جنگل زدایی شده بودند. به طور خلاصه، سالیان مدید پیش از عصر صنعتی، اروپا و جنوب آسیا به میزان زیادی جنگل زدایی شده و این روند همزمان با افزایش غیرطبیعی دی‌اکسیدکربن اتمسفر، پیوسته در جریان بوده است. با این تفاسیل آیا از وقوع یک عصر یخبندان جلوگیری شده است در صورتی که کشاورزان را مسبب تغییرات گسترده در گازهای گلخانه‌ای (افزایش 250ppb در چگالی متان و 40ppm در چگالی دی‌اکسیدکربن اتمسفر تا سال ۱۷۰۰ میلادی) بدانیم می‌بایست اذعان کنیم که عملکرد آنها در ایجاد تغییرات اقلیمی زمین بسیار پراهمیت بوده است.

بر پایه مدل سازی‌های صورت گرفته در این زمینه، مشخص شده که تا قبل از عصر صنعتی فعالیت‌های انسان دمای زمین را به طور متوسط ۸/۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داده است که این مقدار بیشتر از ۶/۰ درجه



شرایط زیستی در ادامه حیات او نقش مفیدی داشته‌اند. دیگرانی ممکن است بپندارند که اگر در دوران باستان تعداد کمی انسان با استفاده از روش‌های ابتدایی توانسته‌اند چنین تغییرات عظیمی در شرایط آب و هوای زمین ایجاد کنند، در شرایط حاضر که تولید گازهای گلخانه‌ای توسط انسان به طور بی‌سابقه‌ای افزایش یافته است چه نتایج وحشتناکی می‌تواند در پی داشته باشد. شاید گرم شدن سریع زمین که از قرن گذشته آغاز شده تنها برای ۲۰۰ سال بتواند دوام آورد، یعنی تا زمانی که سوخت‌های فسیلی ارزان قیمت قابل دسترس نایاب شوند. در چنین حالتی به واسطه آن که دی‌اکسیدکربن اضافی حاصل از عملکرد انسان آرام آرام جذب اعماق اقیانوس‌ها می‌شود، آب و هوای کره زمین شروع به سرد شدن خواهد کرد. اما پیش بینی آن که سرد شدن آب و هوای زمین به حدی باشد که عصر یخبندان عقب افتاده باز تولید شود و یا آن که گرمای زمین در محدوده‌ای حفظ شود که از چنین سرنوشتی مصون بماند، از عهده ما خارج است.

منابع

- 1- Scheinfinger, H.Kromp-Koib,H,2000.Modeling. Global radiation in complex terrain compring: two Statistical approaches.agric. for meteorol.
- 2- Valk.p.1970 radiation load on building of different shape and orientation under various climatic conditions.
- 3- Amarakoon.D.Chen,A,1999.estimated daylight net radiance. Solar energy.
- 4- Dehne.K.,1984 Diffuse Solar radiation measured by the shade ring method improved by a correction formula in: instruments and observing methods.WMO.
- 5- Climate. drought and desertification.wmo-no 869-1997.
- 6- Djitey.M.A 1985-Vegetation in Semi-arid regions.
- 7- Hare.F.K.1983-Climate and desertification. A revised analysis VCP,44 WMO.149pp.
- 8- WMO.1975 drought and agriculture wmo technical note 138.
- 9- Handerson. Sellers and MC Gaffie.K.,1997 A climate modeling primer,John willey & sony.
- 10- Bobee. Band F. Ashkar.1991.the gamma family and derived distributions applied in hydrology.WRP,USA.
- 11- IPCC First assessment report.1992 Climatic change: the 1990 and 1992 IPCC assessment (Working group I: Scientific assessment of Climatic change).wmo UNEP
- 12- Patterson.D.T 1995.Weeds in changing climate. weed 43:685-701
- 13- Rawlfigs.S.I 1991 Global environmental Change and agriculture.J.prod. agric.4:291-293.
- 14- Delcourt.G.G.C.Van kooten 1995.How resilient. Is Grain production to climatic change? Sustainable agriculture in a dryland cropping region of western Canada. Journal of Sustainable. agriculture.Vol:5(3)37-5.

صورت نبود اثرات گلخانه‌ای، برف در دو نقطه کانادا تا آخر تابستان هم آب نمی‌شد: جزیره بافین در شرق و لایرا دور در جنوب. برف‌هایی که در تابستان آب نشوند، طی گذشت سالیان به شکل توده‌هایی بر روی هم انباشته خواهند شد و در نهایت ایجاد ورقه یخی خواهند کرد، بر این اساس می‌بایست چند هزار سال قبل در شمال شرق کانادا عصر یخبندانی لااقل در مقیاس کوچک پدید می‌آمد.

این فرضیه به طور مشخص با نگرش سنتی که می‌پنداشت تمدن بشری طی یک دوره گرم شدن کره زمین شکوفا شده است، مغایرت دارد. براساس سیر طبیعی، بایستی به طور طبیعی آب و هوای کره زمین سردتر از این می‌بود اما نیاکان دور ما با ابداع کشاورزی آن را گرم نگاه داشتند.

شرایط آینده زمین

این نتیجه‌گیری که بشر با عملکرد خود از شروع یک عصر یخبندان جلوگیری کرده در ارتباط مستقیم با اختلاف نظری قرار می‌گیرد که سال‌ها به درازا کشیده است؛ این که شرایط اقلیمی آینده نزدیک زمین برای زندگی ما انسان‌ها چه چیزی را در چنته خواهد داشت. یک علت آن که دولتمردان دهه هشتاد میلادی به اولین پیش بینی‌های آب و هوای آینده زمین روی خوش نشان نمی‌دادند آن بود که خیلی از دانشمندان دهه قبل از آن تمام وقت خود را تنها صرف بیان این نکته کرده بودند که عصر یخبندان جدیدی در راه است. در آن سال‌ها، برخی دانشمندان تغییرات مدار زمین در دراز مدت را بررسی کرده و دریافته‌اند که این تغییرات تشکیل و محو قطعات یخ سطح زمین را کنترل می‌کند و به این نتیجه منطقی رسیدند که عصر یخبندان آینده ممکن است تنها ظرف چند صد سال آینده یا حداکثر چند هزار سال بعد اتفاق بیفتد.

از سوی دیگر، محققین در سال‌های پس از آن متوجه شدند که غلظت گازهای گلخانه‌ای اتمسفر به سرعت در حال افزایش است و این که حداقل بخشی از پدیده گرم شدن آب و هوای کره زمین ناشی از اثر گلخانه‌ای است. یافته جدیدی، اغلب دانشمندان را مجاب کرد که در آینده نسبتاً نزدیک (ظرف یک یا دو قرن بعد) به احتمال بیشتر با گرم شدن آب و هوای کره زمین رو به رو خواهیم بود تا با سرد شدن آن. مغایرت این دو پیش بینی سبب شد تا بخشی از دولتمردان دچار بی‌اعتمادی شده هیچ یک از این پیش‌بینی‌ها را به حساب نیاورند.

پیش بینی عصر یخبندان قریب الوقوع کاملاً حساب شده بود: لایه‌های جدید یخ می‌بایست هزاران سال قبل شروع به تشکیل می‌کردند، اما به دلیل تأثیر انسان در گرم کردن کره زمین، بسیار زودتر از عصر صنعتی یعنی چندین هزار سال قبل، تشکیل یخ‌ها متوقف شد.

مسئله آنجاست که در چنین مقولات مناقشه برانگیزی که به حیطه افکار عمومی ارتباط می‌یابد غالباً هر کس از نتایج تحقیقات علمی تنها برای اثبات حرف خودش استفاده می‌کند. مثلاً کسانی که خطرات پدیده گرم شدن جهانی را جدی نمی‌دانند، در این نظریه مدرکی می‌بینند دال بر آن که گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط انسان طی چند هزار سال گذشته با مناسب کردن