

## شواهد علمی تغییرات آب و هوایی، به زبان ساده

برگردان: حمیرا شریفی

متن زیر ترجمه یکی از انتشارات سازمان ملل متحد پیرامون تغییرات آب و هوایی است. متن اصلی به زبان انگلیسی (2011) در آدرس اینترنتی زیر قابل مطالعه است.

<http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gateway/the-science> (accessed 2 April 2013)

این گزارش علمی از چند جهت قابل توجه است: 1) سازمان ملل متحد معمولاً بسیار دیرتر از سازمان های مردمی یا دولت های مستقل آژیر خطر در مورد انواع بحران های سیاسی، نظامی یا زیست محیطی در جهان را به صدا در می آورد. انتشار این گزارش از سوی هیئت بین-دولتی تغییرات آب و هوایی سازمان ملل مهر تاییدی بر گزارشات متعدد و مفصل تری است که از سال ها پیش توسط سازمان های پژوهشی مستقل منتشر شده است.

2) در نسخه اصلی این متن به زبان انگلیسی پیوندهای بسیاری برای دستیابی به اطلاعات مفصل تر آورده شده است که دسترسی سریع علاقمندان و پژوهشگران به اطلاعات بیشتر را تسهیل می کند. 3) این خلاصه، مفاهیم علمی مرتبط با تغییرات آب و هوایی را به زبانی ساده و روان، گام به گام، به طوری که برای جمیع خوانندگان علاقمند قابل استفاده باشد، بیان می کند. آنچه از این گزارش دیر هنگام اما آموزنده برمی آید این است که تغییرات آب و هوایی پدیده ای واقعی و ادامه دار است و فعالیت های جوامع بشری که به انتشار و انباشت گازهای گلخانه ای بیشتری در جو انجامیده عامل اصلی وقوع پدیده های جوئی ویرانگری چون خشکسالی های مداوم، سیل، پدیده گرد و غبار و سونامی است. لذا برای کاهش گازهای گلخانه ای و تطبیق با شرایط دشوار آینده، مشارکت مردمی همراه با عملکرد روشن بینانه و مدبرانه برنامه ریزان، سیاستگذاران و مجریان توسعه در تمامی کشورها الزامی است. در بسیاری از جوامع، مردم و مسئولین با رو آوردن به فناوری های مناسب به نتایج رضایتبخشی در اصلاح الگوی مصرف انرژی دست یافته اند. برای نمونه هایی از این فناوری ها به آدرس اینترنتی زیر مراجعه کنید:

[www.eabbassi.ir/articlesandlinkspart2apptech.htm](http://www.eabbassi.ir/articlesandlinkspart2apptech.htm)



### شواهد علمی تغییر آب و هوایی

بنا به گزارش «هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی» معروف به آی پی سی سی<sup>۱</sup>، که برجسته ترین مرجع علمی سنجش تغییرات آب و هوایی در جهان محسوب می شود، تغییرات آب و هوایی یک واقعیت انکارناپذیر است. این واقعیت را می توان از افزایش میانگین دما در جو

و در اقیانوس ها و نیز ذوب شدن سریع و گسترده برف و یخ دائمی زمین و نیز بالا آمدن آب دریاها دریافت. بنا به تشخیص دانشمندان علوم هواشناسی، افزایش دما در سطح کره زمین نباید از

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

2 درجه سانتی گراد فراتر رود. در غیر اینصورت لطمات غیرقابل جبرانی به سیاره ما وارد خواهد شد. برای پیشگیری از این فرجام میزان گازهای گلخانه ای در جوّ می باید از سال 2015 به بعد سیری نزولی داشته باشد به نحوی که تا سال 2050 حجم این گازها به نصف برسد.

### پیامدهای نامطلوب تغییرات آب و هوایی

وقوع سیل و خشکسالی و افزایش رخداد و شدت اینگونه بلایای طبیعی از نتایج تغییرات آب و هوایی در کره زمین است. گفته می شود این حوادث در طی قرن 21 افزایش چشمگیری خواهد داشت. از این منظر تغییرات آب و هوایی تاثیری عمیق و فراگیر در تمامی زمینه های زندگی بشری مثل تامین منابع آب سالم و مدیریت آن، اکوسیستم، غذا، محصولات جنگلی و چوبی، صنعت، سکونتگاه های انسانی (شهری و روستایی) و بهداشت دارد. مسلماً عمق و گستردگی تاثیرات منطقه ای تغییرات آب و هوایی بسته به خصوصیات جغرافیایی هر منطقه متفاوت است.



### دلایل تغییر آب و هوایی

تغییر در میزان انباشت گازهای گلخانه ای<sup>1</sup> و اسپری ها در جوّ از یک سو و تغییر در پوشش زمین و در تشعشعات خورشیدی از سوی دیگر تعادل انرژی در سیستم آب و هوایی کره را تغییر داده اند. اینها اصلی ترین عوامل تغییرات آب و هوایی اند. در مقایسه با دوران

پیش از صنعتی شدن جوامع بشری، انتشار گازهای گلخانه ای در حال حاضر بسیار بیشتر است، 70 درصد افزایش ورود اینگونه گازها به جوّ مربوط به سال های بین 1970 تا 2004 است. در این مدت بیشترین رشد انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از تولید انرژی، حمل و نقل و صنایع بوده است. گازهای آلاینده مرتبط با ساختمان های مسکونی و تجاری، جنگلداری (شامل قطع درختان) و بخش کشاورزی به میزان کمتری رشد داشته است.

### چه می توان کرد؟

پاسخ های اصلی جوامع بشری به تغییرات آب و هوایی از دو نوع اند: 1) اقداماتی که موجب کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در جوّ شود. و 2) اقداماتی که به تطبیق و سازگاری بیشتر جوامع با شرایط دشواری که در پیش داریم کمک کند. این یعنی که ما واقعی بودن بحران آب و هوایی را

<sup>1</sup> Green House Gases (GHG)

اذعان کنیم و چنان عمل کنیم که از آسیب پذیری جوامع در برابر بلایای طبیعی تا حد امکان کاسته شود، ضمن اینکه به قوام سیستم های حیاتی زیست کره که به آنها متکی هستیم (مثل آب، خاک، مراتع، جنگل ها) افزوده می گردد.

آیا می دانید که: در گذشته دمای بخش هایی از کره زمین همواره زیر صفر درجه بوده و از این رو این مناطق از برف و یخ دائمی پوشیده بوده است. از دهه 1980 به بعد دمای این نقاط از زمین تا 3 درجه سانتی گراد افزایش یافته است.

### ابعاد بحران: پیامدهای تغییرات آب و هوایی به عدد و رقم

ذوب شدن یخ ها و بالارفتن آب دریاها  
افزایش دمای زمین بین 1/9 تا 4/9 درجه سانتی گراد، در مقایسه با دمای نسبتا ثابت چند هزار گره در دوران پیش از صنعتی شدن جوامع، در نهایت منجر به آب شدن لایه یخی گرینلند خواهد شد. این تغییر موجب خواهد گردید که آب دریاها در مقایسه با 125000 سال پیش 7 متر بالا آید.

دریای منجمد شمالی  
میانگین سالانه کاهش و عقب نشینی یخ دریای منجمد شمالی 2/7 سانت در یک دهه است. به طور کلی، یخ دریا در تابستان 7/4 درصد کاهش می یابد. بررسی دیرین شناسان آب و هوای کره زمین نشان می دهد که میزان افزایش دما در نیم سده گذشته در 1300 سال اخیر بی سابقه بوده است. آخرین باری که منطقه قطب به طور چشمگیری گرم تر از زمان کنونی بود، آنهم برای یک دوره طولانی، یعنی حدودا 125000 سال پیش، کاهش حجم یخ های قطبی منجر به بالا آمدن سطح دریاها به میزان 4 تا 6 متر شد.

کاهش میزان انجماد زمین  
در فصل زمستان بر اثر سرما زمین یخ می زند. رصد مناطقی از نیم کره شمالی زمین که معمولا در فصل زمستان حالت انجماد را تجربه می کنند نشان می دهد که مساحت کل این مناطق از سال 1900 تا کنون 7 درصد کاهش داشته است. این میزان در بهار به 15 درصد هم می رسد.

گازهای گلخانه ای در جوّ می مانند  
حتی اگر همه گازهای گلخانه ای و اسپری ها در حدّ سال 2000 ثابت می ماند باز هم افزایش دما  
به میزان 0/1 سانتی گراد در هر دهه را می توانستیم انتظار داشته باشیم.

گازهای آلاینده و دما، هر دو در حال افزایش اند  
دی اکسید کربن آزاد شده از سوخت های فسیلی در سال 1990 بالغ بر 6/4 میلیارد تن<sup>1</sup> کربن به  
جو زمین افزود. بین سال های 2005-2000 این میزان به 7/2 میلیارد تن در سال افزایش یافت.  
انتظار می رود که در دو دهه آینده دمای هوا به میزان 0/2 سانتی گراد در هر دهه افزایش یابد.



### تغییرات آب و هوایی در یک نگاه

افزایش کلی دما  
در 11 سال از 12 سال اخیر سطح زمین گرم ترین سال های خود را  
از سال 1850 تا به امروز تجربه کرده است. در 50 سال اخیر نرخ  
افزایش دما به طور میانگین دو برابر این نرخ در 100 سال اخیر بوده است. طی قرن بیستم میانگین  
دمای کل زمین برابر با 0/74 درجه سانتی گراد افزایش داشت که تاثیر آن بر خشکی، بیش از تاثیر  
آن در اقیانوس ها بوده است.

دی اکسید کربن بیشتری در جوّ وجود دارد  
دی اکسید کربن اصلی ترین و غالب ترین عامل تغییرات آب و هوایی در حال حاضر است.  
انباشت اتمسفری این گاز از دوران قبل از صنعتی شدن از میزان 278 پی پی ام<sup>2</sup> به 379 پی پی ام  
در سال 2005 افزایش داشته است.

آب بیشتر می شود، اما نه در همه جا  
بارندگی بیشتر در نواحی شرقی، شمال و جنوب آمریکا، شمال اروپا و شمال و مرکز آسیا در دهه  
های اخیر مشاهده شده است. اما در منطقه ساحل در آفریقا، اطراف دریای مدیترانه، جنوب آفریقا و

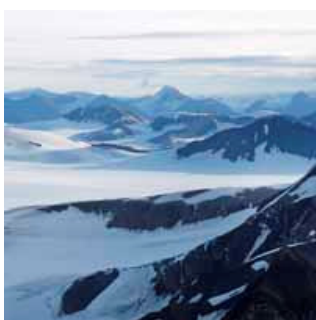
<sup>1</sup> Gigatons of carbon (GtC)

<sup>2</sup> یک قسمت در یک میلیون (واحدی برای سنجش غلظت ترکیب ها) (PMM)

بخش هایی از آسیای جنوبی خشکسالی تجربه شده است. از سال 1970 به این سو، خشکسالی های بیشتر و طولانی تر در مناطق وسیع تری از دنیا مشاهده شده است.

بالا آمدن آب دریاها

ارزیابی کنونی میزان بالا آمدن سطح آب دریاها در نتیجه ذوب شدن یخ های قطبی و گسترش اقیانوس ها تا آخر قرن حاضر (در قیاس با سطح دریاها در سال های 1999-1989)، را 18 تا 58 سانتی متر تعیین کرده است. این میزان کمتر از برآوردهای قبلی است. اما با توجه به تغییرات اخیری که در حرکت و ذوب صفحات یخی زمین مشاهده شده است، در آینده، بالا آمدن سطح آب دریاها بیش از این به هیچ وجه دور از ذهن نیست. گفته می شود که ذوب تدریجی صفحات یخی گرینلند بالا آمدن آب دریاها تا قرن 22 را ادامه خواهد داد. پیش بینی می شود که این صفحه یخی کاملاً ذوب خواهد شد اگر میانگین افزایش دما بین 1/9 تا 4/6 درجه سانتی گراد برای یک هزاره ثابت بماند که در آن صورت سطح آب دریاها تا 7 متر بالا خواهد آمد.



پوشش برفی کمتر

[www.eabbassi.ir](http://www.eabbassi.ir)

پوشش برفی در بیشتر مناطق در حال کاهش است. مخصوصاً در

بهار. از سال 1900 به بعد بیشترین میزان یخ زدگی زمین در زمستان و اوایل بهار در منطقه نیمکره شمالی تقریباً 7 درصد کاهش داشته

است. رودخانه هایی که معمولاً در فصل سرما یخ می زنند در حال

حاضر نسبت به یک قرن پیش 5/8 روز دیرتر منجمد می شوند و یخ آنها 6/5 روز زودتر شروع به آب شدن می کند.

قطب شمال در حال گرم شدن است

میانگین دمای قطب شمال نسبت به میانگین جهانی در 100 سال اخیر دو برابر شده است. اطلاعات

به دست آمده از رصد ماهواره ای از سال 1978 نشان می دهد که میانگین مساحت دریای منجمد

شمالی به میزان 2/7 درصد در هر دهه کوچک تر شده است.

برآوردهای جدید گرم شدن سریع تر کره زمین را پیش بینی می کند چنانچه انتشار و انباشت گازهای گلخانه ای در جو، حتی بدون افزایش، با نرخ کنونی ادامه یابد با گرم تر شدن زمین را با شدت بیشتری می توان انتظار داشت. تغییرات آب و هوایی مرتبط با گرم تر شدن زمین در قرن 21 به مراتب عظیم تر از آنچه در قرن بیستم دیدیم خواهد بود.

میزان گرم شدن به میزان انباشت گازهای آلاینده در جو بستگی دارد اگر انباشت گاز دی اکسید کربن در حد 550 پی پی ام ثابت بماند (یعنی دو برابر میزان دی اکسید کربن در جو در دوره قبل از صنعتی شدن) انتظار می رود که میانگین افزایش دما چیزی بین 2 تا 4/5 درجه سانتی گراد خواهد بود. بدون تلاش کشورها در کاستن از گازهای آلاینده افزایش دما به میزان 0/2 سانتی گراد در هر دهه برای دو دهه آینده قابل پیش بینی است.

تنها دی اکسید کربن مقصر نیست

دیگر گازهای گلخانه ای نیز در گرم شدن زمین دخیل اند و اگر میزان ترکیب شان در حد 650 پی پی ام بود، شاهد گرم تر شدن دمای زمین به میزان 3/6 درجه سانتی گراد می بودیم، و تراکم این گازها به میزان 750 پی پی ام، افزایش دمای هوا به میزان 4.3 سانتی گراد را در پی خواهد داشت. پیش بینی های امروز ما به عواملی چون رشد اقتصادی، بالا رفتن جمعیت، کاربرد تکنولوژی های جدید و دیگر متغیرها بستگی دارد.

### پیامدهای عظیم تر

گرم شدن کره زمین پیشاپیش بروز تغییرات فاحشی در بسیاری از سیستم های طبیعی کره زمین را موجب شده است. اگر افزایش میانگین دما به همین منوال ادامه یابد و به میزان 1/5-2/5 درجه سانتی گراد برسد، تقریباً 20 تا 30 درصد گیاهان و جانوران شناخته شده در خطر انقراض و نابودی قرار خواهند گرفت. طی قرن حاضر، اگر دما تا 3 درجه سانتی گراد افزایش یابد نتایج زیانباری برای تنوع زیستی اکوسیستم هایی خواهد داشت که وظیفه تامین منابع حیاتی مورد نیاز تمامی جانداران، منابعی چون آب و مواد غذایی، را بر عهده دارند.

## جابجایی فصل ها

در نتیجه گرم تر شدن زمین، رخدادهای بهاری زودتر به وقوع می پیوندند، مثل ذوب و جاری شدن برف قله کوه ها و یخچال ها و وقوع سیلاب ها و پیوستن این سیلاب ها به رودخانه هایی که از ذوب شدن برف ها تغذیه می شوند، سبز شدن پوشش گیاهی و مهاجرت و تخم گذاری پرندگان. انتظار می رود تغییرات در ابعاد وسیع تری در دنیای حیوانات و پرندگان رخ دهد. دیده شده که گیاهان و جانوران بیشتری به سمت عرض های جغرافیایی بالاتر زمین در حرکت اند.

## بارندگی بیشتر در عرض های جغرافیایی بالاتر

احتمال افزایش بارندگی در عرض های جغرافیایی بالاتر و کاهش بارندگی در اغلب مناطق نزدیک به خط استوا وجود دارد.

## گرم شدن هوا و تغییرات آب و هوایی انکارناپذیر است

بنا بر یافته های هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی سازمان ملل متحد، سطح زمین 0/74 سانتی گراد گرم تر شده است. علم پیشرفت های زیادی در شناسایی دلایل این تغییرات به دست آورده است. چهارمین گزارش ارزیابی هیئت مذکور که در سال 2007 به چاپ رسید اذعان کرد که گرم شدن زمین انکارناپذیر است. یعنی شکی نیست که دمای کره زمین به تدریج رو به فزونی است. و این افزایش که از اواسط قرن بیستم بیشتر رصد شده است یقیناً به علت افزایش گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیت های انسانی است.

## گازهای آلاینده در حال افزایش اند

چهارمین گزارش ارزیابی هیئت مذکور اعلام کرد که بین سال های 1970 و 2004 نزدیک به 70 درصد به تولید گازهای آلاینده در سطح جهان اضافه شد. 77 درصد این افزایش متعلق به گاز دی اکسید کربن بود که نسبت به سال های پیشتر 80 درصد افزایش یافت. انباشت اتمسفری دی اکسید کربن، گاز متان و گاز منو اکسید نیتروژن، گازهایی که ناشی از فعالیت های بشری بوده است، در مقایسه با سال 1750 و پیش از آن به طرز فاحشی افزایش یافته است. در مقایسه با دهه های قبل از این سال، که عموماً به عنوان آغاز توسعه صنعت در جهان شناخته می شود، بسیار بیشتر است. پیش بینی ها نشان می دهد که اگر افزایش انباشت گازهای آلاینده با آهنگ فعلی ادامه یابد و به دو برابر قبل از آغاز صنعتی شدن برسد، تا سال 2100 دمای زمین به احتمال زیاد به اندازه 2 الی

4/5 درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت. در این طیف تقریبی احتمال افزایش دما به 3 درجه بیشتر است.

رخداد پیامدهای ویرانگر تغییرات آب و هوایی اجتناب ناپذیرند در بحث پیرامون تغییرات آب و هوایی همه صاحب‌نظران معتقدند که می باید در راستای ایجاد توانمندی بیشتر برای رویارویی با مصایب و بلایای طبیعی، مثل سیل و خشکسالی، در تمامی کشورها چاره اندیشی کرد چرا که این پیامدهای نامطلوب تغییرات آب و هوایی نه تنها ادامه خواهند داشت بلکه با شدت و آسیب بیشتر بروز خواهند کرد.

#### متوقف کردن افزایش دما

در صورتیکه که سختگیرانه ترین توصیه های هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی به مورد اجرا درآید، دنیا قادر است افزایش دما را در حد 2 درجه سانتی گراد متوقف کند. احتمال موفقیت این سناریو 50 درصد برآورد شده است. دستیابی به این هدف مستلزم کاهش فراگیر تولید گازهای آلاینده نه تنها در کشورهای توسعه یافته بلکه در کشورهای در حال توسعه نیز هست. به عبارت دیگر، پس از سال 2020 هیچ افزایشی در انتشار گازهای آلاینده نباید رخ دهد و روند کاهشی انتشار این گازها پس از این سال می باید چنان باشد که تا سال 2050 به 50 درصد میزان تولید این گازها در سال 1990 برسد. بر اساس این سناریو، کشورهای توسعه یافته می باید تا سال 2020، انتشار این آلاینده ها در کشور خود را به اندازه 40-25 درصد میزانی که در سال 1990 تولید کردند کاهش دهند. شاید اتخاذ چنین سیاستی حرکتی دشوار و عمیق به نظر آید، اما بدون اقدامات کاهشی نظیر این به طور قطع شاهد متوقف شدن رشد اقتصادی در دنیا و به خطر افتادن زندگی بخش های وسیعی از جمعیت دنیا بر اثر تغییرات آب و هوایی و پیامدهای ویرانگر آن خواهیم بود.

#### عوامل ایجادکننده تغییرات آب و هوایی

حیات در کره زمین به خاطر وجود پوششی طبیعی از گازهای گلخانه ای در اتمسفر ممکن شده است. به برکت وجود این گازها، گرمای زمین در حدی است که برای ادامه عملکرد کلیه سیستم های طبیعی حمایت کننده از حیات مناسب است. اما به علت تولید گازهای آلاینده به دست بشر این پوشش ضخیم تر شده است. این ضخامت غیر طبیعی موجب گرفتار شدن گرمای بیشتر در لایه



های نزدیک به سطح زمین شده و دمای کل کره را بالا رانده است. سوخت های فسیلی مورد استفاده بشر مشخصا بزرگترین تولیدکننده گازهای آلاینده اند.

### تنظیم دمای زمین



پوششی که گازهای گلخانه ای به طور طبیعی در تروپوسفر<sup>1</sup> به وجود آورده اس وظیفه تنظیم دما و لذا رخداد وقایع آب و هوایی را بر عهده دارد. وقتی انرژی خورشیدی به صورت نور به زمین می تابد، آن را گرم می کند. زمین که از خورشید خیلی خنک تر است این انرژی را به صورت اشعه مادون قرمز، حرارت و گرما و انرژی تابشی به فضا بازمی گرداند. گازهای گلخانه ای از فرار مستقیم اشعه

مادون قرمز در فضا ممانعت می کند. در غیاب چنین رخدادی کره زمین به میزان 30 درجه از اینکه برای بقای موجودات جاندار مناسب باشد سردتر می بود. لذا پدیده گلخانه ای زمین که به صورت طبیعی وجود دارد، از ویژگی های ضروری برای ادامه حیات بر کره زمین است.

[www.eabbassi.ir](http://www.eabbassi.ir)

تغییرات فاحش در اتمسفر در دو سده اخیر

در 10 هزار قبل از این، میانگین دمای زمین به نحو چشمگیری ثابت بود. اگر نوسانی در این مدت دیده شود از 1 درجه سانتی گراد تجاوز نمی کند. این ثبات دمایی بستر طبیعی شکوفایی تمدن بشری را در سراسر کره فراهم آورد. اما اخیرا آنچه ما پیشرفت نامیده ایم خود موجب شده که این بستر مناسب با آسیب جبران ناپذیری روبرو گردد.



مشکلی که امروز با آن مواجهیم این است که از شروع انقلاب صنعتی در حدود 250 سال پیش تا کنون فعالیت های بشر باعث ضخیم شدن لایه گازهای گلخانه ای با سرعتی بی سابقه شده است. این مسئله سبب بروز بزرگترین تغییرات در ترکیبات گازی اتمسفر زمین در حداقل 650 هزار سال گذشته شده است. اگر تلاش های جدی و چشمگیری در جهت کاهش گازهای آلاینده گلخانه ای

<sup>1</sup> Troposphere نزدیک ترین لایه جو به زمین

صورت نگیرد، آب و هوای کره زمین به گرم شدن سریع خود در دهه های آتی و پس از آن ادامه خواهد داد.

از منظر علمی، با افزایش گازهای گلخانه ای دقیقا در اتمسفر چه اتفاقی می افتد؟ تبادل انرژی بین فضای بیرون جو و درون جو باید از یک تعادل برخوردار باشد. از آنجاییکه که حالا پوشش گلخانه ای ضخیم تر شده و مانع از بازگشت انرژی به فضا می شود، سیستم آب و هوایی می باید خود را با این تغییر وفق دهد تا به نحوی بین انرژی دریافتی و انرژی رها شده تعادل برقرار شود. در اصطلاح علمی به این پدیده «تاثیر گلخانه ای مضاعف» می گویند.

#### فعل و انفعالات پیچیده

سیستم های آب و هوایی کره عمدتا با گرم تر کردن سطح زمین و سطوح پایینی اتمسفر سعی می کنند که تاثیر ضخیم شدن لایه گازهای گلخانه ای را پاسخ گویند. این افزایش دما با تغییرات دیگری هم همراه است، از جمله تغییر الگوهای باد و پوشش ابرها. بعضی از این تغییرات ممکن است به شدت گرم شدن کره بیفزاید (به این واکنش، بازخورد مثبت می گویند)، در حالیکه برخی دیگر از این تغییرات ممکن است در تقابل با آن عمل کند (که به آن بازخورد منفی می گویند). این فعل و انفعالات پیچیده تلاش دانشمندان را برای تعیین دقیق چگونگی تغییر آب و هوایی در دهه های آتی با سردرگمی همراه کرده است.

#### منابع انتشار گازهای گلخانه ای

مشخصا سوزاندن سوخت های فسیلی به جا مانده از گیاهان و جانوران میلیون ها سال پیش، اصلی ترین منبع گازهای آلاینده گلخانه ای است. هرساله، استفاده از زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی میلیاردها تن کربن به جو می افزاید و اگر این سوخت ها استفاده نمی شدند این کربن در پوسته زمین پنهان باقی می ماند. این مسئله در مورد منابع عظیم گاز متان و منوکسید نیتروژن نیز صادق است.

اما این گازها از منابع دیگری نیز وارد جو می شود. مثلا وقتی درختان را قطع می کنیم و به جای آنها درختی نمی کاریم دی اکسید کربن بیشتری در فضا منتشر می شود. همچنین، گله های عظیم احشام، مزارع برنج و زباله دانی های شهرها از منابع عمده انتشار گاز متان در اتمسفر اند. استفاده

از کودهای شیمیایی سبب تولید منوکسید نیتروژن می شود. گازهای پایداری چون سی اف سی ها،<sup>۱</sup> اچ اف سی ها،<sup>۲</sup> و پی اف سی ها<sup>۳</sup> که در کولرهای گازی و یخچال ها استفاده می شوند سرانجام به اتمسفر راه می یابند. بسیاری از صنایعی که موجب انتشار گازهای گلخانه ای می شوند کالاهایی می سازند که تقاضای وسیعی در میان مصرف کنندگان دارد و بخش قابل توجهی از اقتصاد کشورها را تشکیل می دهد.

### ارزیابی علمی: هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی

در سال 1988، سازمان ملل متحد با همکاری برنامه زیست محیطی این سازمان<sup>۴</sup> و سازمان هواشناسی جهانی<sup>۵</sup> هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی را تشکیل داد تا بتواند به بررسی علمی و تحلیل بهترین آثار منتشر شده در این زمینه پردازد. از سال 1990 هیئت، هر پنج یا شش سال یک بار، به انتشار گزارش هایی مستدل همت گمارده و به ارزیابی علمی وضعیت موجود بر اساس مشاهدات علمی و پیش بینی های مرتبط با تغییرات آب و هوایی در آینده مبادرت ورزیده است.

[www.eabbassi.ir](http://www.eabbassi.ir)

کار هیئت بین-دولتی بررسی تغییرات آب و هوایی چیست؟

این گروه خود پژوهش تازه ای انجام نمی دهد بلکه با بررسی و ارزیابی آثار منتشر شده در زمینه های فنی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با تغییرات آب و هوایی می کوشد تا زمینه علمی مساعدی برای برنامه ریزان و سیاستگذاران کشورها فراهم سازد. لذا گزارش های این هیئت در واقع حاصل کار هزاران کارشناس در اقصی نقاط دنیاست. گزارش چهارمین ارزیابی در سال 2007 در چهار جلد منتشر شد. هر یک از این مجلد ها حاصل تلاش کارگروه مجزایی بود.

<sup>1</sup> CFCs

<sup>2</sup> HFCs

<sup>3</sup> این سه ترکیب شیمیایی حاوی فلورین اند و در ساخت وسایل سرد کننده و دیگر مصنوعات از جمله سطوح ضد PFCs آب، سطوح نجسب و انواع داروها استفاده می شوند. پیوند بین فلورین و کربن در این ترکیبات به آنها پایداری می دهد. ارتباط بین این ترکیبات پایدار و فعال در جو با مسایلی چون سوراخ شدن لایه اوزون در اتمسفر زمین و تغییرات آب و هوایی به اثبات رسیده است.

<sup>4</sup> The United Nations Environment Programme (UNEP)

<sup>5</sup> The World Meteorological Organization (WMO)

در فرآیند تدوین گزارش های این هیئت، پیش نویس های تهیه شده به متخصصین صاحب نظر که قبلا در این زمینه انتشارات فراوانی داشته اند ارسال می گردد. نظرات انتقادی و پیشنهادی این متخصصین توسط نویسندگان گزارش ها در دبیرخانه هیئت مد نظر قرار می گیرد و پس از افزودن اصلاحات، متن نهایی مجدداً برای کلیه افراد درگیر در تهیه گزارش ارسال می شود. متخصصین و اعضای هیئت از کشورهای مختلف می توانند در تمامی موارد، از جمله در خصوص درست و کامل بودن آمار و ارقام مرتبط با محتوای علمی، فنی، اقتصادی و اجتماعی و نیز در مورد ساختار کلی گزارش، اظهار نظر کنند. ویرایش نهایی گزارش ها که به طور رسمی انتشار می یابد حاوی نظرات متفاوتی است که در هر مورد همراه با اطلاعات علمی یا فنی پشتیبان ارائه می شود.

یافته های کلیدی هیئت و توافق بر اینکه چه باید کرد

هر گزارش شامل قسمتی با عنوان «خلاصه ای برای سیاستگذاران» است. این خلاصه در نشستی عمومی از نمایندگان کشورهای عضو هیئت با حضور نویسندگان کارگروهی که گزارش و خلاصه آن را تهیه کرده است، خط به خط، مورد بررسی قرار می گیرد. با کمک نویسندگان اعضا متوجه پایه علمی نتیجه گیری های بیان شده در گزارش می شوند. در پایان نشست نمایندگان کشورهای عضو توافق می کنند که شواهد علمی کافی برای بیانات مندرج در گزارش وجود دارد.

## آب و هوای زمین در حال دگرگونی است

گرم ترین سال های ثبت شده

هیئت بین-دولتی دریافته است که در صد سال گذشته (مشخصاً سال های بین 1906-2005) میانگین دمای سطح زمین به طور متوسط 0/74 درجه سانتی گراد افزایش داشته است. پدیده گرم شدن روی سطح خشکی ها محسوس تر از روی دریاها بوده است. سرعت گرم شدن زمین، همینطور که در بالا آمد، در 50 سال اخیر دو برابر سرعت گرم شدن زمین در 100 سال گذشته بوده است. در اواخر دهه 1990 و اوایل قرن 21 گرم شدن زمین حتی سرعت بیشتری به خود گرفت. اگر هیچ تغییری در سیاستگذاری های حاضر در کشورها به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه ای صورت نگیرد، پیش بینی می شود که در هر یک از دو دهه آتی 0/2 درجه سانتی گراد

به دمای سطح زمین افزوده خواهد شد. مسلماً این فقط یک پیش بینی تقریبی است و افزایش دما ارتباط نزدیکی به انباشت این گازها در جو در آینده دارد.

انباشت بی سابقه گازهای گلخانه ای در اتمسفر دانشمندان تفاوت بی سابقه میزان انباشت اتمسفری دی اکسید کربن، یعنی اصلی ترین گاز گلخانه ای، را در جو با اندازه گیری دقیق و مقایسه آن با میزان این گاز در هوای به جا مانده در حباب های یخی لایه های عمیق قطبی از اعصار گذشته دریافته اند. ایشان به این نتیجه رسیده اند که در حال حاضر، انباشت این گاز در جو در بیشترین حد خود در 650 هزار سال گذشته است.

یخ، یخچال و برف کمتر یکی از ویرانگرترین نتایج حاصله از گرم شدن زمین، بالا آمدن آب دریاهاست. طی قرن بیستم، سطح آب دریاها 17 سانتی متر بالا آمد. مشاهدات زمین شناسان حاکی است که در طی 2000 سال گذشته سطح دریاها بسیار کمتر از این بالا آمده بود. در مناطق معتدل، بسیاری از یخچال ها کوچک شده اند و پوشش برفی عموماً کاهش یافته است. زمان یخ زدن رودخانه ها و دریاچه ها متغیر است اما به طور متوسط طی 150 سال گذشته زمان یخ زدن در ازای هر قرن 5/8 روز دیرتر و زمان آغاز آب شدن یخ رودخانه ها و دریاها 6/5 روز زودتر آغاز می شود.

## پیامدهای گرم شدن زمین



دمای بالاتر، ریسک بیشتر با افزایش دمای زمین، ریسک آسیب و تخریب در جوامع در تمامی نقاط دنیا در حال افزایش است. واکنش سیستم های آب و هوایی کره زمین به افزایش گازهای آلاینده فوری نیست. ماندگاری این گازها در جو سال ها یا دهه های متمادی به طول می انجامد. یکی از دلایل واکنش فوری این سیستم ها به انباشت گازهای گلخانه ای این است که اقیانوس ها در مقایسه با جو، گرما را دیرتر جذب و دیرتر نیز رها می کند. لذا اقیانوس ها در واکنش سریع تر سیستم های آب و هوایی در گرم تر شدن جو زمین تعدیل به وجود می آورد.

معنی این یافته ها این است که تغییرات آب و هوایی برای قرن ها پس از ثابت شدن میزان انباشت گازهای گلخانه ای در جو ادامه خواهد داشت.

#### تغییرات نامطلوب در چرخه آب

افزایش دما از همین حالا موجب سرعت گرفتن چرخه آب شده است. گرمای هوا موجب رطوبت بیشتر در جو، ناپایداری هوا و بارندگی های بیشتر، آنهم به صورت رگبارهای ناگهانی و سیل آسا، می شود. گرمای زیاد همچنین موجب افزایش تبخیر می شود. ماحصل این دو تغییر در چرخه آب کاهش کیفی و کمی منابع آب آشامیدنی در تمامی مناطق زمین است. در عین حال شاهد تغییر در الگوهای باد و مسیر طوفان های دریایی هم بوده ایم. شدت (اما نه تناوب) رخداد طوفان های دریایی در منطقه استوا رو به افزایش بوده است. در این طوفان ها افزایش بی سابقه سرعت باد و میزان باران مشاهده شده است. این تغییرات جملگی تخریب بسیار بیشتری را برای جوامعی که سر راه این طوفان ها قرار دارند تحمیل کرده است.



تهدیدی جدیدی برای تنوع زیستی  
www.eabbassi.ir  
حیات وحش و تنوع زیستی با نابودی زیستگاه ها و دیگر دخالت های انسانی از پیش تهدید شده است و حالا، تغییرات آب و هوایی مزید بر علت شده و بقای این موجودات را در معرض چالش های جدیدی قرار داده است. بسیاری از اکوسیستم ها، به علت گرم تر شدن اقلیم و بوم خود به سوی قطب و یا به ارتفاعات خنک تر کوه ها حرکت کرده اند. برخی از جانوران این کوچ راتاب نمی آورند و 20 تا 30 درصد از جانوران احتمالا با انقراض روبرو می شوند. آسیب پذیرترین اکوسیستم ها را صخره های مرجانی، جنگل های نزدیک به قطب، زیستگاه های کوهستانی و مناطقی که به آب و هوای مدیترانه ای وابسته اند تشکیل می دهند.

#### بالا آمدن آب دریاها

خوشبینانه ترین تخمین ها برای میزان بالا آمدن سطح دریاها تا آخر قرن 21 به دلیل گسترش اقیانوس ها و ذوب یخچال ها نسبت به این میزان در سال های بین 1989 تا 1999، 28 تا 58 سانتی متر است. این پدیده مسلما مسئله سیل های ساحلی و فرسایش خاک را تشدید خواهد کرد.

اینکه تا سال 2100 سطح آب دریاها تا 1 متر بالا آید دور از ذهن نیست اگر صفحه های یخی گرینلند و یخ های قطبی به ذوب شدن ادامه دهند. حدود 125000 سال پیش وقتی مناطق قطبی برای یک دوره طولانی، طولانی تر از زمان حال، گرم شدند، ذوب یخ های قطبی منجر به بالا آمدن سطح آب دریاها از 4 تا 6 متر شد. بالا آمدن سطح آب دریاها پدیده ای است که دارای اینرسی زیادی است و قرن ها ادامه خواهد داشت .

#### افزایش شیوع بیماری ها



تغییر آب و هوایی پراکنش مگس مالاریا و دیگر حاملان بیماری های عفونی را تغییر می دهد. از سوی دیگر رخداد فصلی گرده افشانی گیاهان که بعضا آلرژی زا هستند تحت تاثیر قرار می گیرد و همچنین تعداد روزهای گرم سال با شدت بیشتر افزایش می یابد.

#### تغییرات اکوسیستم های اقیانوسی

اقیانوس ها نیز از افزایش دما بی نصیب نخواهند بود که این خود حیات دریا را به مخاطره خواهد انداخت. طی چهار دهه گذشته به عنوان مثال پلانکتون های اقیانوس اطلس شمالی به اندازه 10 درجه عرض جغرافیایی به سوی مناطق قطبی مهاجرت کرده اند. از سوی دیگر، با اسیدی شدن آب اقیانوس ها به دلیل جذب دی اکسید کربن بیشتر توانایی مرجان ها، حلزون های دریایی و دیگر جانوران در رشد لاک و اسکلت بندی به خطر افتاده است.

#### صدمه به اقشار آسیب پذیر جوامع

فقیرترین مردم بیشترین آسیب و فشار از تغییرات آب و هوایی را متحمل خواهند شد زیرا منابع کمتری برای جلوگیری از یا تعدیل اثرات مخرب این تغییرات را در اختیار دارند. آسیب پذیرترین مردم کشاورزان معیشتی، قبایل بومی و ساکنین جوامع ساحل نشین اند.

## تأثیرات منطقه ای

پیش بینی تأثیرات منطقه ای تغییرات آب و هوایی در مقایسه با پیش بینی این تأثیرات در سطح جهانی مشکل تر است. با این حال در سال های اخیر دانشمندان پیشرفت هایی در این زمینه داشته اند که به آنها اجازه داده که به نتیجه گیری های زیر برسند.

### کشورهای جزیره ای

این کشورها به دلیل مساحت کم و آسیب پذیری بالا در برابر بلایای طبیعی مرتبط با بالا آمدن آب دریاها و نیز خطرانی که منابع آب آشامیدنی آنها را تهدید می کند از دیگر کشورها آسیب پذیرترند.

### آفریقا

به دلیل وجود فقر گسترده، نهادهای سیاسی ضعیف، بلایای طبیعی و اختلافات داخلی پیچیده، کشورهای قاره آفریقا در مقایسه با دیگر کشورها آسیب پذیری بیشتری در برابر تغییرات آب و هوایی دارند. از دهه 1970 به بعد خشکسالی در این قاره گسترش و شدت یافته است. خشکسالی در منطقه ساحل و جنوب آفریقا خیلی پیشتر از این در قرن بیستم آغاز شد. به طور کلی در آینده دسترسی به آب شرب و آب کشاورزی در آفریقا بسیار محدودتر خواهد بود. بازده زراعی در برخی کشورها تا سال 2020 تا 50 درصد اُفت خواهد داشت. و برخی مناطق وسیع که دارای کشاورزی کم بازده بوده اند احتمالاً از چرخه تولید کاملاً خارج خواهند شد. جنگل ها و مراتع و دیگر اکوسیستم های طبیعی این قاره دستخوش تغییر شده اند، به ویژه در جنوب آفریقا. تا دهه 2080، مساحت زمین های خشک و نیمه خشک این قاره، 5 تا 8 درصد افزایش خواهد داشت.

### قطب جنوب

روند تغییرات این قاره در واکنش به پدیده گرم شدن کره زمین کمتر قابل درک بوده است. به استثنای شبه جزیره قطب جنوب که دمای بالاتری را تجربه می کند، دما و میزان بارش برف در این قاره به طور کلی نسبتاً پایدار بوده است. از آنجاییکه این قاره یخی 90 درصد آب آشامیدنی کره زمین را در خود ذخیره دارد، دانشمندان به دقت مراقب نشانه هایی هستند که گویای آب شدن یخچال ها و صفحات یخی قطب جنوب اند.



## قطب شمال

طی 100 سال گذشته میانگین دما در قطب شمال تقریباً دو برابر سریع تر از میانگین جهانی افزایش یافته است. اگر انتشار گازهای آلاینده به نهایت بالای تخمین زده شده برسد به احتمال قوی اقیانوس منجمد شمالی پوشش یخی خود را که پیشتر در تمام سال دوام داشت از دست خواهد داد. ذوب شدن برف و یخ قطبی سوای مقادیر عظیمی از آب که روانه دریاها و اقیانوس های جهان می کند، پیامد های پیچیده دیگری را نیز در بر خواهد داشت. مثلاً، با از میان رفتن پوشش سفید برف و یخ در قطب شمال این منطقه وسیع از زمین کیفیت بازتابندگی خود را از دست می دهد و این یعنی که مقادیر بیشتری از انرژی خورشیدی جذب زمین خواهد شد و به گرم تر شدن آن شدت بیشتری خواهد داد.

## آسیا

در این قاره تا سال 2020 بیش از یک میلیارد نفر از کاهش جدی آب آشامیدنی رنج خواهند برد، بخصوص در حوزه های آبریز رودخانه های بزرگ. ذوب یخچال ها در هیمالیا که پیش بینی می شود افزایش سیل و ریزش سنگ را در این منطقه در پی داشته باشد، منابع آب را در دو سه دهه آینده تحت الشعاع قرار خواهد داد. مردم در مناطق ساحلی، به ویژه در نواحی دلتاهای رودخانه های بزرگ که محل اسکان جمعیت های انبوهی است، در معرض خطر سیل و آبگرفتگی از جانب دریا یا طغیان رودخانه ها زندگی می کنند.

## استرالیا و نیوزیلند

پیامدهای تغییرات آب و هوایی در این قسمت از جهان بیشتر شامل فشارهای مضاعف بر منابع آب، بخش کشاورزی و نیز تغییرات بی سابقه در اکوسیستم ها خواهد بود. همچنین پوشش کمتر برف در فصل بارش و ذوب شدن یخچال های طبیعی نیز از تغییرات این بخش از کره خواهد بود. طی چند دهه گذشته شاهد افزایش روزهای خیلی گرم و یخبندان های کمتر و باران های بیشتر در شمال غربی استرالیا و جنوب غربی نیوزیلند بوده ایم. از سوی دیگر بر شدت خشکسالی های استرالیا افزوده شده است. شکی نیست که در استرالیا و نیوزیلند آب و هوای قرن 21 شامل روزهای داغ بیشتر، آتش سوزی های وسیعتر، سیل، رانش زمین، افزایش طوفان ها و در عین حال خشکسالی خواهد بود.

## اروپا

یخچال های دائمی این قاره در حال آب شدن اند و سرزمین های شمالی آن یخبندان های کمتری به خود می بیند. فصل زراعت طولانی تر شده است و بروز نهایت گرما و سرما، مثل موج گرمایی که به طور فاجعه آمیزی در سال 2003 رخ داد بیشتر رخ می دهد. پژوهشگران بر این باورند که اروپای شمالی شاهد تابستان های گرم تر، بارندگی بیشتر و گسترش جنگل ها و تولید کشاورزی بیشتری خواهد بود. اما جنوب اروپا، در نزدیکی دریای مدیترانه، تابستان های داغ تر، بارندگی کمتر، خشکسالی بیشتر، عقب نشینی جنگل ها و کاهش تولید کشاورزی را تجربه خواهد کرد. اروپا دارای اراضی ساحلی بسیاری است. این اراضی غالباً پایین تر از سطح دریا قرار گرفته و لذا آسیب پذیری این اراضی در برابر بالا آمدن آب دریاها بدیهی است. تا پایان این قرن بسیاری از گونه های گیاهی و جانورانی چون خزندگان و دوزیستان و دیگر گونه های جانوری این قاره در معرض خطر انقراض قرار خواهند گرفت.

## آمریکای لاتین

انتظار می رود که جنگل های انبوه گرمسیری شرق آمازون و جنوب و مرکز مکزیک به تدریج جای خود را به مراتع و بیشه زارها بدهد. بخش هایی از شمال شرق برزیل و غالب نقاط مرکزی و شمال مکزیک به مناطق خشک بدل می شوند. بخشی از این تغییر به علت ترکیبی از عوامل مرتبط با تغییرات آب و هوایی و مدیریت نادرست زمین به دست بشر است. تا سال 2050، 50 درصد اراضی کشاورزی در این قاره به احتمال بسیار زیاد تبدیل به بیابان و شوره زار می شود.

## آمریکای شمالی

تقاضای بخش کشاورزی، صنعت و شهرسازی برای آب در آمریکای شمالی همیشه بالا بوده است. تغییرات آب و هوایی در این قاره، منابع آب را حتی بیش از پیش محدود خواهد کرد. دمای رو به تزاید، برف و یخ کوه ها را زودتر آب می کنند. این ذوب شدن زودهنگام برف ها و نیز افزایش تبخیر سطحی منابع آب، مسلماً بر دسترسی فصلی به آب شرب تاثیر خواهد گذاشت. پایین رفتن آب در دریاچه های شمال شرق آمریکا و در رودخانه های مهم این سرزمین بر کیفیت این منابع، حمل و نقل آبی، فعالیت های تفریحی و تولید برق توسط سدها اثر خواهد گذاشت. آتش سوزی های جنگل و مرتع بیشتر رخ خواهد داد و هجوم انواع حشرات در دمای بالاتر و زمین خشک تر

شدت پیدا خواهد کرد. در طول قرن 21، دمای گرم تر جانوران را به سمت شمال و ارتفاعات بیشتر سوق خواهد داد که کلا به نوآرایی اکوسیستم های آمریکای شمالی خواهد انجامید.

[www.eabbassi.ir](http://www.eabbassi.ir)