



شکل ۱. تغییرات اقلیمی

اقلیم میانگین آب و هوای یک مکان در طول سالیان متمادی است. تغییر اقلیم^۱، شامل هر گونه دگرگونی در اقلیم است که طولانی‌تر از رخدادهای منفرد آب و هوایی باقی بماند. مشاهدات مستقیم روی سطح زمین و بالای آن نشان می‌دهد که آب و هوای سیاره به طور قابل توجهی در حال تغییر است. روند گرمایش کنونی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا بدون شک نتیجه فعالیت‌های انسانی از اواسط قرن بیستم با سرعتی بی‌سابقه طی هزاران سال پیش می‌رود [1].

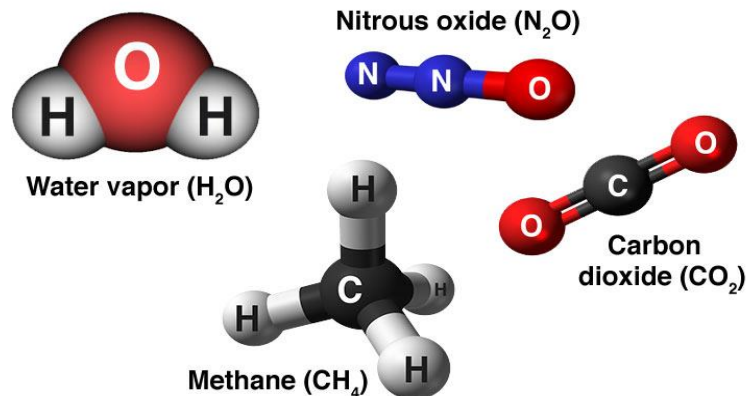
در اواسط قرن ۱۹م اثبات شد که گرما می‌تواند کربن دی‌اکسید و سایر گازها را به دام بیندازد [2]. توانایی آن‌ها در تأثیرگذاری بر انتقال انرژی مادون قرمز از طریق جو، مبنای علمی بسیاری از ابزارهایی است که توسط ناسا به پرواز در آمده است. دانشمندان روند گرمایش جهانی مشاهده شده از اواسط قرن بیستم را به گسترش "اثر گلخانه‌ای" [3] نسبت می‌دهند. گازهای خاصی در اتمسفر مانع از خروج گرما می‌شوند، گازهای با عمر طولانی که به صورت نیمه دائمی در اتمسفر باقی می‌مانند و از نظر فیزیکی یا شیمیایی به تغییرات دما پاسخ نمی‌دهند به عنوان تغییرات آب و هوایی اجباری^۲ توصیف می‌شوند. گازهایی هم مانند بخار آب که از نظر فیزیکی یا شیمیایی به تغییرات دما پاسخ می‌دهند به عنوان بازخورد^۳ در نظر گرفته می‌شوند.

گازهایی که در اثر گلخانه‌ای نقش دارند عبارتند از:

¹ Climate change

² forcing

³ feedbacks



شکل ۲. گازهای گلخانه ای

- **بخار آب:** فراوان ترین گاز گلخانه ای است اما مهم تر از آن به عنوان یک بازخورد برای آب و هوا عمل می کند. با گرم شدن جو زمین، بخار آب افزایش می یابد اما احتمال ابر و بارندگی نیز افزایش می یابد که این ها را به برخی از مهم ترین مکانیسم های بازخورد برای اثر گلخانه ای تبدیل می کند.
- **دی اکسید کربن (CO_2):** یکی از اجزای کوچک اما بسیار مهم جو، دی اکسید کربن از طریق فرآیندهای طبیعی مانند تنفس و فوران های آتشفشانی و از طریق فعالیت های انسانی مانند جنگل زدایی، تغییر کاربری زمین و سوزاندن سوخت های فسیلی آزاد می شود. از زمان آغاز انقلاب صنعتی، انسان ها غلظت CO_2 اتمسفر را تا ۴۸ درصد افزایش داده اند. این مهمترین "اجبار" طولانی مدت تغییرات آب و هوایی است.
- **متان:** یک گاز هیدروکربنی که هم از طریق منابع طبیعی و هم از طریق فعالیت های انسانی تولید می شود. از جمله تجزیه ضایعات در محل های دفن زباله، کشاورزی و به ویژه کشت برنج و همچنین هضم نشخوارکنندگان و مدیریت کود مرتبط با دام های خانگی. متان یک گاز گلخانه ای بسیار فعال تر از دی اکسید کربن است، اما همچنین گازی است که در جو بسیار کمتر است.
- **اکسید نیتروژن:** یک گاز گلخانه ای قدرتمند که توسط روش های کشت خاک، به ویژه استفاده از کودهای تجاری و آلی، احتراق سوخت های فسیلی، تولید اسید نیتریک و سوزاندن زیست توده تولید می شود.
- **کلروفلوئوروکربن ها (CFC):** ترکیبات مصنوعی کاملاً با منشاء صنعتی که در تعدادی از کاربردها مورد استفاده قرار می گیرند.

تغییرات اقلیمی سریعی که اکنون شاهد آن هستیم ناشی از استفاده انسان از نفت، گاز و زغال سنگ برای خانه ها، کارخانه ها و حمل و نقل است. وقتی این سوخت‌های فسیلی می‌سوزند، گازهای گلخانه‌ای آزاد می‌کنند (عمدتاً دی‌اکسید کربن گرمای خورشید را به دام می‌اندازند و باعث افزایش دمای سیاره می‌شوند).

پیشبینی برخی اثرات محتمل تغییر گلخانه اتمسفر طبیعی

- به طور متوسط، زمین گرم تر خواهد شد.
- شرایط گرم‌تر احتمالاً منجر به تبخیر و بارندگی بیشتر می‌شود، اما مناطق جداگانه متفاوت خواهند بود، برخی مرطوب‌تر و برخی دیگر خشک‌تر می‌شوند.
- یک اثر گلخانه‌ای قوی‌تر، اقیانوس را گرم می‌کند و یخچال‌های طبیعی و صفحات یخ را تا حدی ذوب می‌کند و سطح دریا را افزایش می‌دهد.
- می‌تواند منجر به از دست دادن محصول شود و معیشت تولیدکنندگان محصولات کشاورزی و امنیت غذایی جوامع در سراسر جهان را تهدید کند. بسته به محصول و اکوسیستم، علف‌های هرز، آفات و قارچ‌ها نیز می‌توانند در دمای گرم‌تر، آب‌وهوای مرطوب‌تر و افزایش سطح CO2 رشد کنند.
- در نهایت، اگرچه افزایش CO2 می‌تواند رشد گیاه را تحریک کند، اما تحقیقات نشان داده است که می‌تواند ارزش غذایی بیشتر محصولات غذایی را با کاهش غلظت پروتئین و مواد معدنی ضروری در اکثر گونه‌های گیاهی کاهش دهد. تغییرات اقلیمی می‌تواند باعث ظهور الگوهای جدیدی از آفات و بیماری‌ها شود که گیاهان، حیوانات و انسان‌ها را تحت تأثیر قرار داده و خطرات جدیدی را برای امنیت غذایی، ایمنی غذا و سلامت انسان ایجاد می‌کند [4].

ماهواره‌های مدار زمین و سایر پیشرفت‌های فناوری، دانشمندان را قادر ساخته است که انواع مختلفی از اطلاعات را در مورد سیاره ما و آب و هوای آن در مقیاس جهانی جمع‌آوری کنند. این مجموعه از داده‌ها که طی سالیان متمادی جمع‌آوری شده است، سیگنال‌های تغییر آب و هوا را نشان می‌دهد.

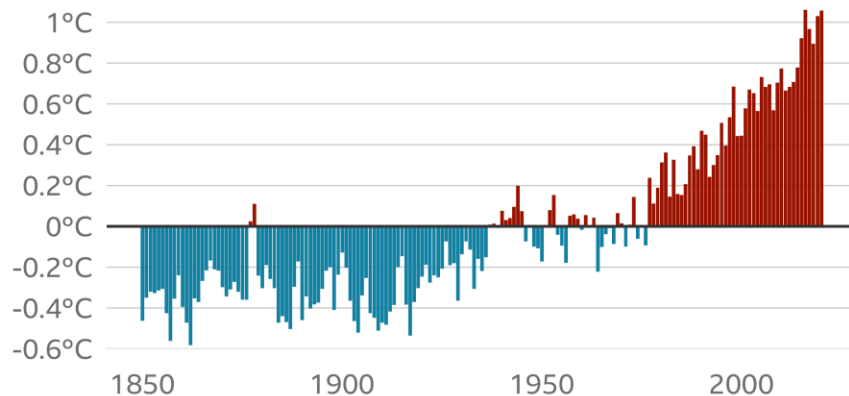
شواهد دال بر تغییرات سریع آب و هوا قانع کننده است

- **افزایش دمای جهانی:** میانگین دمای سطح سیاره از اواخر قرن نوزدهم حدود ۲ درجه فارنهایت (۱ درجه سانتیگراد) افزایش یافته است، تغییری که عمدتاً ناشی از افزایش انتشار دی‌اکسید کربن در جو و سایر فعالیت‌های انسانی است.

بیشتر گرم شدن هوا در ۴۰ سال گذشته رخ داده است که هفت سال اخیر گرمترین آن ها بوده است. سال های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ گرمترین سال های ثبت شده است [5].

The world is getting warmer

Annual mean land and ocean temperature above or below average, 1850 to 2020



Note: Average calculated from 1951 to 1980 data

Source: University of California Berkeley

BBC

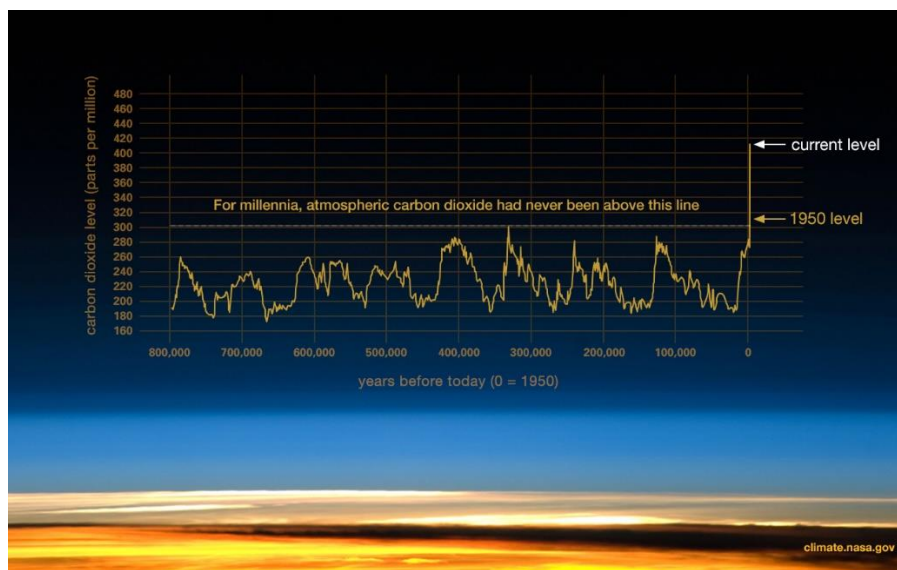
شکل ۳. افزایش دمای جهانی

- کوچک شدن صفحات یخی: داده های حاصل از بازیابی جاذبه و آزمایش آب و هوای ناسا نشان می دهد که گرینلند بین سال های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۹ به طور متوسط ۲۷۹ میلیارد تن یخ در سال از دست می دهد، در حالی که قطب جنوب حدود ۱۴۸ میلیارد تن یخ در سال از دست می دهد [6].
- عقب نشینی یخچالی: یخچال های طبیعی تقریباً در همه جای دنیا در حال عقب نشینی هستند. از جمله در کوه های آلپ، هیمالیا، آند، کوه های راکی، آلاسکا و آفریقا [7].
- کاهش پوشش برف: مشاهدات ماهواره ای نشان می دهد که میزان پوشش برف بهاری در نیمکره شمالی طی پنج دهه گذشته کاهش یافته است و برف ها زودتر آب می شوند [8].
- افزایش سطح آب دریا: سطح جهانی دریاها در قرن گذشته حدود ۸ اینچ (۲۰ سانتی متر) افزایش یافت. با این حال، این نرخ در دو دهه گذشته تقریباً دو برابر قرن گذشته است و هر سال اندکی شتاب می گیرد [9].
- کاهش یخ دریای قطب شمال: هم وسعت و هم ضخامت یخ دریای قطب شمال در چند دهه گذشته به سرعت کاهش یافته است [10].

- **رویدادهای افراطی:** از سال ۱۹۵۰ تعداد رویدادهای درجه حرارت بالا در ایالات متحده افزایش و تعداد رویدادهای درجه حرارت پایین کاهش یافته است [11].
- از آغاز انقلاب صنعتی، اسیدیته آب های سطحی اقیانوس ها حدود ۳۰ درصد افزایش یافته است [12 13]. این افزایش نتیجه انتشار بیشتر دی اکسید کربن توسط انسان در جو و در نتیجه جذب بیشتر در اقیانوس است. اقیانوس بین ۲۰ تا ۳۰ درصد از کل انتشار دی اکسید کربن انسانی را در دهه های اخیر جذب کرده است (۷.۲ تا ۱۰.۸ میلیارد تن در سال) [14 15].

جهان در حال حاضر حدود ۱.۲ درجه سانتیگراد گرمتر از قرن ۱۹ است و مقدار CO2 در جو ۵۰٪ افزایش یافته است.

این نمودار، بر اساس مقایسه نمونه های جوی موجود در هسته های یخی باستانی و اندازه گیری های مستقیم جدیدتر، شواهدی را ارائه می دهد که نشان می دهد دی اکسید کربن اتمسفر از زمان انقلاب صنعتی به طور چشمگیری در مقایسه با اندازه گیری های اقلیم گذشته^۴ در ۸۰۰۰۰۰ سال گذشته افزایش یافته است.



شکل ۴. مقایسه میزان CO2

دانشمندان می گویند اگر می خواهیم از بدترین عواقب تغییرات آب و هوایی جلوگیری کنیم، افزایش دما باید کند شود. آن ها می گویند که گرمایش جهانی باید تا سال ۲۱۰۰ به ۱.۵ درجه سانتیگراد حفظ شود. با این حال، اگر اقدامات بیشتری انجام نشود، سیاره همچنان می تواند تا پایان این قرن بیش از ۲ درجه سانتیگراد گرم شود.

⁴ paleo climatologic

رویدادهای آب و هوایی شدیدی در حال حاضر درحال رخ دادن هستند و زندگی و معیشت را تهدید می کنند. **با گرم شدن بیشتر:**

- برخی از مناطق می توانند غیرقابل سکونت شوند، زیرا زمین های کشاورزی به بیابان تبدیل می شوند.
- در مناطق دیگر، برعکس این اتفاق، با بارش شدید باران سیل جاری می شود.
- مردم کشورهای فقیرتر بیشترین آسیب را خواهند دید زیرا پول لازم برای سازگاری با تغییرات آب و هوایی را ندارند.
- اقیانوس های ما و زیستگاه های آن نیز در معرض تهدید هستند. به عنوان مثال، دیواره مرجانی بزرگ در استرالیا، نیمی از مرجان های خود را از سال ۱۹۹۵ به دلیل گرمتر شدن دریاها به دلیل تغییرات اقلیمی از دست داده است .
- آتش سوزی های جنگلی در حال افزایش است زیرا تغییرات اقلیمی خطر آب و هوای گرم و خشک را افزایش می دهد.
- با ذوب شدن زمین های یخزده در مکان هایی مانند سیبری، گازهای گلخانه ای که قرن ها به دام افتاده اند در جو منتشر می شوند و تغییرات آب و هوایی را بدتر می کنند.
- در دنیای گرم تر، حیوانات برای یافتن غذا و آب مورد نیاز برای زندگی مشکل تر خواهند بود. برای مثال، خرس های قطبی می توانند با آب شدن یخی که به آن متکی هستند بمیرند و فیل ها برای یافتن ۱۵۰ تا ۳۰۰ لیتر آب در روز به سختی تلاش می کنند.
- دانشمندان بر این باورند که اگر اقدامی انجام نشود، حداقل ۵۵۰ گونه در این قرن ممکن است از بین بروند.

بخش های مختلف جهان چگونه تحت تأثیر قرار خواهند گرفت [16]؟

- تغییرات اقلیمی در مناطق مختلف جهان اثرات متفاوتی دارد. برخی از نقاط بیش تر از سایر نقاط گرم خواهند شد، برخی بارندگی بیش تری خواهند داشت و برخی دیگر با خشکسالی بیش تری مواجه خواهند شد.
- بریتانیا و اروپا در برابر سیل ناشی از بارندگی شدید آسیب پذیر خواهند بود.
 - کشورهای خاورمیانه موج گرمای شدید را تجربه خواهند کرد و زمین های کشاورزی ممکن است به بیابان تبدیل شوند.
 - کشورهای جزیره ای در منطقه اقیانوس آرام ممکن است در زیر دریاها ناپدید شوند.
 - بسیاری از کشورهای آفریقایی احتمالاً از خشکسالی و کمبود مواد غذایی رنج خواهند برد.
 - شرایط خشکسالی در غرب ایالات متحده محتمل است، در حالی که سایر مناطق شاهد طوفان های شدیدتر خواهند بود.
 - استرالیا احتمالاً از گرما و خشکسالی شدید رنج ببرد.

افراد چه کاری می توانند انجام دهند؟

تغییرات عمده باید از سوی دولت ها و کسب و کارها ایجاد شود، اما دانشمندان می گویند برخی تغییرات کوچک در زندگی ما می تواند تأثیر ما را بر آب و هوا محدود کند:

- پروازهای کمتری داشته باشید.
- بدون ماشین زندگی کنید یا از ماشین برقی استفاده کنید.
- از محصولات کم مصرف استفاده کنید.
- خانه خود را عایق بندی کنید.

تأثیرات تغییرات آب وهوایی بر امنیت نظام بین الملل

امروزه نگرانی های زیست محیطی به یک مسئله جدی امنیتی در مناسبات بین المللی تبدیل گردیده و دغدغه های مهمی را برای دولتمردان ایجاد نموده است. از آنجا که مشکلات زیست محیطی ناشی از تغییرات آب و هوایی در حال جدی تر شدن است، این امر می تواند بعنوان متغیری تأثیر گذار در منازعات داخلی، یا بین المللی قلمداد شود. تغییرات آب و هوایی نه تنها زیست گاه های طبیعی بلکه ترتیبات اجتماعی جوامع را مختل می سازند و احتمال درگیری های خشونت آمیز را افزایش داده و صلح و امنیت بین الملل را با خطر مواجه ساخته و عدالت زیست محیطی را تحت تأثیر قرار می دهند [17].

امروزه کمبود ذخایر آب شیرین و منابع غذایی، شیوع بیماری های فراگیر و مهاجرت از جمله چالش هایی هستند که بویژه مناطق حاره ای و کشورهای در حال توسعه واقع در اطراف خط استوا را درگیر ساخته اند. در مقابل، پیش بینی می شود که در دهه های آتی، ذوب یخچال های عظیم و یخبندان های دائمی و نیز کاهش سرمای شدید در مناطق قطبی، به ویژه قطب شمال، فرصت های تازه و شرایط مساعدی را برای زندگی و سکونت در این مناطق، استخراج ذخایر ارزشمند کانی، فسیلی و غذایی و نیز دستیابی به راه های ارتباطی تازه فراهم آورند. بدیهی است این چالش ها و نیز فرصت ها، هر یک به نوعی خواهند توانست زمینه را برای تشدید دشمنی ها و تضادهای دیرین هموار سازند و یا حتی موجب بروز تنش ها و درگیری های تازه ای، با شدت و درجات متفاوت میان کشورهای مختلف جهان گردند و تحولات منطقه ای جدیدی را رقم بزنند و بدین سان امنیت بین الملل را با چالش هایی جدی مواجه سازند [18]. تغییرات آب و هوایی و مصائب ناشی از آن، منجر به محرومیت بیش تر، کشمکش و درگیری های خشونت بار، مهاجرت و فرار ناراضیان از مناطق محروم جهان سوم می گردد و می تواند خطر "تروریسم" را گسترش دهد. این مسئله تهدیدی علیه امنیت بین الملل خواهد بود و به تبع آن، مناطق و کشورهای توسعه یافته و صنعتی جهان را نیز درگیر خواهد ساخت [19].

منابع:

1. IPCC Sixth Assessment Report, Summary for Policymakers. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#SPM>

[B.D. Santer et.al., “A search for human influences on the thermal structure of the atmosphere,”](#) Nature vol 382, 4 July 1996, 39-46

Gabriele C. Hegerl, “[Detecting Greenhouse-Gas-Induced Climate Change with an Optimal Fingerprint Method,](#)” Journal of Climate, v. 9, October 1996, 2281-2306

V. Ramaswamy et.al., “[Anthropogenic and Natural Influences in the Evolution of Lower Stratospheric Cooling,](#)” Science 311 (24 February 2006), 1138-1141

B.D. Santer et.al., “[Contributions of Anthropogenic and Natural Forcing to Recent Tropopause Height Changes,](#)” Science vol. 301 (25 July 2003), 479-483.

T. Westerhold et. al., "An astronomically dated record of Earth’s climate and its predictability over the last 66 million years," Science vol. 369 (11 Sept. 2020), 1383-1387.
2. In 1824, [Joseph Fourier](#) calculated that an Earth-sized planet, at our distance from the Sun, ought to be much colder. He suggested something in the atmosphere must be acting like an insulating blanket. In 1856, [Eunice Foote](#) discovered that blanket, showing that carbon dioxide and water vapor in Earth's atmosphere trap escaping infrared (heat) radiation.

In the 1860s, physicist [John Tyndall](#) recognized Earth's natural greenhouse effect and suggested that slight changes in the atmospheric composition could bring about climatic variations. In 1896, a seminal paper by Swedish scientist [Svante Arrhenius](#) first predicted that changes in atmospheric carbon dioxide levels could substantially alter the surface temperature through the greenhouse effect.

In 1938, [Guy Callendar](#) connected carbon dioxide increases in Earth’s atmosphere to global warming. In 1941, [Milutin Milankovic](#) linked ice ages to Earth’s orbital

characteristics. [Gilbert Plass](#) formulated the Carbon Dioxide Theory of Climate Change in 1956.

3. [IPCC Fifth Assessment Report, 2014](#)

United States Global Change Research Program, "Global Climate Change Impacts in the United States," Cambridge University Press, 2009

Naomi Oreskes, "The Scientific Consensus on Climate Change," Science 3 December 2004: Vol. 306 no. 5702 p. 1686 DOI: 10.1126/science.1103618

4. <https://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/indicators.php>

<https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

<http://data.giss.nasa.gov/gistemp>

5. <https://www.giss.nasa.gov/research/news/20170118/>

6. Velicogna, I., Mohajerani, Y., A. G., Landerer, F., Mouginot, J., Noel, B., Rignot, E., Sutterly, T., van den Broeke, M., van Wessem, M., Wiese, D. (2020). [Continuity of ice sheet mass loss in Greenland and Antarctica from the GRACE and GRACE Follow-On missions](#). Geophysical Research Letters (Volume 47, Issue 8, 28 April 2020, e2020GL087291.

7. [National Snow and Ice Data Center](#)

[World Glacier Monitoring Service](#)

8. [National Snow and Ice Data Center](#)

Robinson, D. A., D. K. Hall, and T. L. Mote. 2014. *MEaSUREs Northern Hemisphere Terrestrial Snow Cover Extent Daily 25km EASE-Grid 2.0, Version 1*. [Indicate subset used]. Boulder, Colorado USA. NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. doi: <https://doi.org/10.5067/MEASURES/CRYOSPHERE/nsidc-0530.001>. [Accessed 9/21/18].

http://nsidc.org/cryosphere/sotc/snow_extent.html

Rutgers University Global Snow Lab, [Data History](#) Accessed September 21, 2018.

9. R. S. Nerem, B. D. Beckley, J. T. Fasullo, B. D. Hamlington, D. Masters and G. T. Mitchum. "[Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era.](#)" *PNAS*, 2018 DOI: [10.1073/pnas.1717312115](https://doi.org/10.1073/pnas.1717312115)

10. https://nsidc.org/cryosphere/sotc/sea_ice.html

Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System (PIOMAS, Zhang and Rothrock, 2003)

<http://psc.apl.washington.edu/research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly/>
<http://psc.apl.uw.edu/research/projects/projections-of-an-ice-diminished-arctic-ocean/>

11. USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp, doi: [10.7930/J0J964J6](https://doi.org/10.7930/J0J964J6)
12. <http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/What+is+Ocean+Acidification%3F>
13. <http://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Ocean+Acidification>
14. C. L. Sabine et.al., “[The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂](#),” *Science* vol. 305 (16 July 2004), 367-371
15. [Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate](#), Technical Summary, Chapter TS.5, Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities, Section 5.2.2.3.
<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/technical-summary/>
16. <https://www.bbc.com/news/science-environment-56837908>
17. http://prb.iauctb.ac.ir/article_667584_0e7801a61f6449fc76dc3d669cc4c574.pdf
18. اخوان کاظمی، مسعود و سارا ویسی، (۱۳۹۵)، «تحلیل تأثیرات تغییرات آب و هوایی و چالش‌ها و فرصت‌های ناشی از آن بر بحران‌های منطقه‌ای»، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی
19. Busby, Joshua W. (2007), “Climate Change and National Security, an Agenda for Action”, CFR NO.32, November, Council on Foreign Relations