



مصطفی جعفری، سرمؤلف ارزیابی جهانی تغییر اقلیم (IPCC)، برنده مشترک
 جایزه صلح نوبل در سال ۲۰۰۷ میلادی، عضو هیئت علمی و مشاور تغییر
 اقلیم، مجری تدوین استراتژیک برنامه کلان تحقیقات تغییر اقلیم
 پست الکترونیک: mostafajafari@rifr-ac.ir

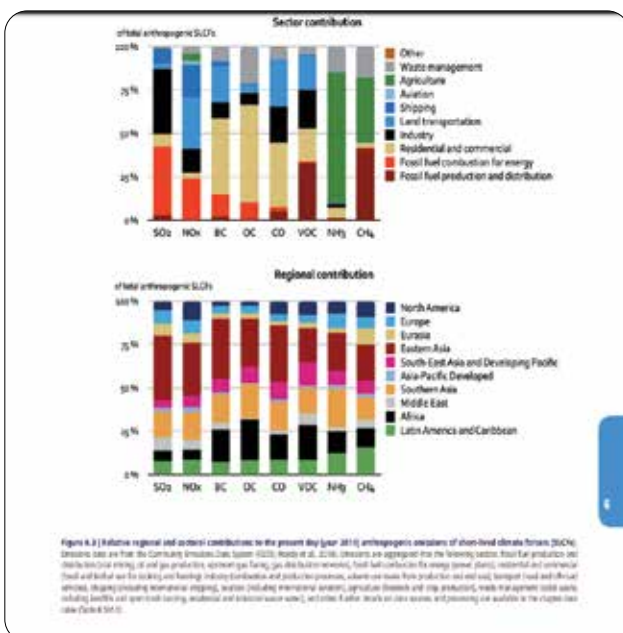
«تغییر اقلیم» و «عوامل مؤثر با عمر کوتاه»

تأثیر می‌گذارند. این مواد شامل گازهای شیمیایی واکنش‌پذیر (متان، ازن، برخی از ترکیبات هالوژنه، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسیدکربن، غیره) و ترکیبات آلی فرار (متان، دی‌اکسیدگوگرد و آمونیاک) هستند. به جز متان و برخی از ترکیبات هالوژنه، که طول عمر آنها حدود یک دهه یا بیشتر است، فراوانی SLCF از نظر مکانی بسیار ناهمگن است، زیرا فقط از چند ساعت تا چند ماه در اتمسفر باقی می‌ماند. انتشار یا تشکیل آنها تأثیر معنی‌داری بر نیروی تابشی در یک دوره تعیین شده متناسب با طول عمر آنها در اتمسفر دارد.

زیرمجموعه‌ای از SLCF‌های منحصراً گرم‌کننده نیز به عنوان آلاینده‌های آب و هوایی کوتاه مدت (SLCPS)، از جمله متان، ازن، و کربن سیاه (BC) نامیده می‌شوند.

البته مجمع IPCC در جلسه ۴۹ خود، که در سال ۲۰۱۹ در کیوتو، ژاپن برگزار شده بود، در رابطه با سیاه‌برداری از گازهای گلخانه‌ای، گروهی را برای این منظور (SLCF) تعیین نموده بود.

سهم بخش‌های گوناگون تولیدکننده و مناطق متفاوت جغرافیایی از مجموع SLCFs با منشأ انسانی در گراف‌های زیر، به نقل از گزارش منتشرشده سال ۲۰۲۱ میلادی گروه کاری اول IPCC در (صفحه ۸۲۹) فصل ششم، قابل مشاهده است.



عمده عوامل مؤثر در تغییرات اقلیمی به صورت مداوم و طولانی ایفای نقش می‌کنند. البته که بعضی از عناصر هم هستند که هرچند نسبت به عمر دی‌اکسیدکربن (CO_2)، که هزاران سال است، عمر کوتاهی (lifetime) در اتمسفر دارند (از چند ساعت تا دو دهه)، در تغییرات مؤثرند و در کوتاه‌مدت اثر می‌گذارند (SLCFs)، در بیشتر موارد شامل آلاینده‌های هوا نیز هستند و باید به صورت مناسب سیاه‌برداری شوند.

عوامل اقلیمی با عمر کوتاه در اتمسفر (SLCFs) مجموعه‌ای هستند از ترکیبات واکنش‌پذیر شیمیایی با عمرهای جوی کوتاه که با خواص فیزیکی و شیمیایی و اثرات محیط‌زیستی متفاوت مشخص می‌شوند. انتشار یا تشکیل آنها تأثیر چشمگیری بر نیروی تابشی در یک دوره معین متناسب با عمر اتمسفری آنها دارد. تغییرات در انتشار آنها همچنین می‌تواند اثرات طولانی‌مدت آب و هوایی را از طریق تعامل آنها با برخی چرخه‌های بیوژئوشیمیایی ایجاد کند. SLCF‌ها تحت عناوین مستقیم یا غیرمستقیم طبقه‌بندی می‌شوند.

مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در نشست شصت و یکم خود، که در ماه جولای سال ۲۰۲۴ میلادی برگزار شد، همسو با تهیه و تدوین مطلوب هفتمین گزارش جهانی تغییر اقلیم (ar7)، تصویب کرد تا با کمک دانشمندان، روش‌شناسی موجودی و سیاه‌برداری (اینواتوری) این قبیل عناصر به صورت علمی بررسی و در زمان مناسب گزارش شود (احتمالاً تا سال ۲۰۲۷ میلادی).

SLCF‌ها ممکن است به صورت مستقیم، یا غیرمستقیم در تغییرات اقلیمی تأثیر بگذارند. تأثیرات مستقیم از طریق نیروی تابشی اعمال می‌شود که شامل متان (CH_4)، ازن (O_3)، ذرات معلق در هوا (سولفات، نیترات، آمونیوم، ذرات معلق کربن‌دار، گردوغبار معدنی و اسیری دریا) و برخی مواد هالوژنه می‌شود. تأثیرات غیرمستقیم در واقع فراهم‌کننده پیش‌سازهای اثرات مستقیم هستند.

اثر ثانویه گازهای گلخانه‌ای یک تغییر ناخواسته ناشی از فعالیت یک پروژه در انتشار گازهای گلخانه‌ای، حذف (removals) یا ذخیره‌سازی (storage) مرتبط با گازهای گلخانه‌ای منبع (source) یا مخزن (sink) است.

SLCF‌ها می‌توانند از طریق تعاملات و فعل و انفعالات با تشعشعات و ابرها، سرد، یا گرم شوند. یعنی یک اثر خنک‌کننده یا گرم‌کننده بر آب و هوا داشته باشند. همچنین، بر بارش و سایر متغیرهای آب و هوا

ترکیبات آلی فرار (Volatile organic compounds-VOCs) به صورت گاز از جامدات یا مایعات خاص ساطع می‌شوند. VOCها شامل انواع مختلفی از مواد شیمیایی هستند که برخی از آنها ممکن است اثرات نامطلوب کوتاه مدت و بلندمدت بر سلامتی داشته باشند. غلظت بسیاری از VOCs به‌طور مداوم در داخل خانه، تا ده برابر بیشتر از فضای باز است. نمونه‌های متداول VOCs که ممکن است در زندگی روزمره ما وجود داشته باشد عبارتند از: بنزن، اتیلن گلیکول، فرمالدئید، متیلن کلراید، تتراکلرواتیلن، تولوئن، زایلن و ۱،۳-بوتادین بعضی از مشخصات گازهای گلخانه‌ای تا حدودی که منابع در اختیار بوده در جدول زیر ارائه شده است.

| نوع منبع (اولیه، ثانویه) | شناسایی شده به عنوان SLCF | تحت پوشش موافقتنامه پاریس | مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) | طول عمر در اتمسفر- سال | گازهای گلخانه‌ای |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------|---|
| اولیه | | | | کمتر از ۶ ماه | VSLs (گونه‌های هالوژنه با عمر خیلی کوتاه) |
| ثانویه | | ✓ | | چند دقیقه تا چند هفته | آتروسول‌های سولفات |
| ثانویه | | ✓ | | چند دقیقه تا چند هفته | آتروسول‌های نیترات |
| اولیه+ثانویه | | ✓ | | چند دقیقه تا چند هفته | آتروسول‌های کریندار |
| اولیه | | ✓ | | روز تا هفته | اسپری دریایی |
| اولیه | | ✓ | | چند دقیقه تا چند هفته | گردوغبار معدنی |
| | | ✓ | | | هیدرو برومو فلئور کربن (HBFCs) |
| ثانویه | | ✓ | ۱۰۲۰۰ - ۱۳۹۰۰ (۴۶۶۰) | (۴۵-۱۰۲۰) ۱۰۰ | کلرو فلئور کربن (CFCs) |
| | | ✓ | | | هالونهای CFCs |
| | | ✓ | | | تتراکلراید کربن |
| | | ✓ | | | متیل کلروفرم |
| | | ✓ | | ۱،۳ تا ۲۰ سال | هیدرو کلرو فلئور کربن (HCFCs) |
| | | ✓ | | ۱۰۸ روز | برومو کلرو متان (خاموشکننده آتش) |
| | | | | چند ماه و کمتر | ترکیبات آلی فرار (VOCs) |
| ثانویه | | | ۱۷۴۰۰ | ۸۰۰ | SF ₅ CF ₃ |

منابع مورد استفاده برای کسب اطلاعات بیشتر:

<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-6/>
 IPCC 2024, 61st Session (27 July – 2 August 2024), Decision IPCC-LXI-7. Seventh assessment report (AR7) products – Outline of the 2027 IPCC; Methodology Report on Inventories for Short-Lived Climate Forcers (SLCF)
 Szopa, S., Naik, V., Adhikary, B., Artaxo, P., Bernsten, T., Collins, W.D., Fuzzi, S., Gallardo, L., Kiendler-Scharr, A., Klimont, Z., Liao, H., Unger, N. and Zanis, P. 2021: Short-Lived Climate Forcers. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, et. al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 817–922, doi: 10.1017/9781009157896.008.

| نوع منبع (اولیه، ثانویه) | شناسایی شده به عنوان SLCF | تحت پوشش موافقتنامه پاریس | مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) | طول عمر در اتمسفر- سال | گازهای گلخانه‌ای |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|--|
| (اولیه+ثانویه) | | ✓ | ۱ | ۲۰۰ (۲۰۰-۵۰) | CO ₂ |
| اولیه+ثانویه | ✓ | ✓ | ۲۵ (۲۸-۲۳) | ۱۲ | CH ₄ |
| ثانویه | | ✓ | ۲۹۸ (۲۶۵) | ۱۱۴ (۱۲۱) | N ₂ O |
| اولیه | ✓ | ✓ | | چند روز تا چند سال / ۱،۴ تا ۲۷۰ سال | HFCs |
| | | ✓ | | ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ سال | (SF ₆ و) PFCs |
| ثانویه | | ✓ | ۲۲۸۰۰ (۲۳۵۰۰) | ۳۲۰۰ | SF ₆ |
| ثانویه | | ✓ | ۱۷۲۰۰ (۱۶۱۰۰) | ۷۴۰ (۵۰۰) | NF ₃ |
| اولیه | ✓ | | | چند ساعت تا چند روز | NO _x (=NO + NO ₂) |
| اولیه+ثانویه | ✓ | | | یک تا چند ماه | CO |
| اولیه+ثانویه | ✓ | | | چند ساعت تا چند ماه | NMVOCS |
| اولیه | ✓ | | | چند روز (در تروپوسفر) تا چند هفته (استراتوسفر) | SO ₂ |
| اولیه+ثانویه | | | | چند ساعت تا چند هفته | O ₃ |
| اولیه | | | | چند ساعت (چند ماه و کمتر) | NH ₃ |
| اولیه | | ✓ | | چند ماه تا چند سال | HCFCs |
| اولیه | | ✓ | | چند سال | هالون‌ها و متیل بروماید |