



آبر گازهای گلخانه‌ای

(۱) پنتاfluorid سولفورو تری فلوئور و متیل؛ یک آبر گاز گلخانه‌ای

دکتر اسماعیل نصرآبادی

دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان

چکیده

CF_3SF_5 گازی گلخانه‌ای با توان گرم‌کنندگی ۱۸۰۰۰ برابر دی اکسیدکربن بیشترین توان عملکرد گلخانه‌ای را دارد. این گاز به نور کافت^(۱)، واکنش با یون‌های عمومی و صنعتی اتمسفر مقاوم است اما تحت شرایطی، واکنش آن با یون‌های مثبت یونسفر و با هردوی پیوند الکترونی و پروتونی مشاهده شده است. دوره زندگی آن بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ سال (گاهی تا ۳۲۰۰ سال) تخمین زده شده است. سطح صفر آن در قبل از دهه ۱۹۶۰ و غلظت ۰/۱۲ تا ۰/۱۶ قسمت در تریلیون (PPT) در حال حاضر، شهادتی محکم بر منشاء فعالیت‌های انسانی این گاز است. اگر چه سهم این گاز در مجموع واکنش تابشی فعلاً قابل توجه نیست (سهم این گاز در گرم کردن گلخانه‌ای ۰/۰۰۳ درصد است). اما به خاطر پایداری و دوره زندگی طولانی بایستی اهمیت قابل ملاحظه‌ای به آن در ارزیابی اقلیم آینده زمین داد.

کشف این گاز نشان می‌دهد که ما بایستی مراقب اتمسفر بوده و بدانیم که هنوز حقایق زیادی برای تحقیق وجود دارد. ما حتی بدون اینکه بدانیم ۵۰ سال است گاز گلخانه‌ای توانمندی تولید می‌کنیم. پس بایستی منابع این گاز را پیدا کرده و افزایش و انتشار آن را متوقف کنیم.

واژه‌های کلیدی: CF_3SF_5 تغییر اقلیم، ابرگاز گلخانه‌ای، واکنش تابشی^(۲).

مقدمه

اگرچه موضوع تغییر اقلیم موضوعی تازه نیست و از گذشته به عنوان جزئی از رفتار ذاتی اقلیم از جنبه‌های مختلف علمی، اجتماعی و سیاسی مورد توجه بوده است. اما امروز با توجه به تأثیری که بر سرمایه‌گذاری‌های انسانی خواهد گذاشت به شدت تحت تأثیر سیاست و دیدگاه‌های سیاستمداران قرار گرفته و موضوع علمی به موضوع سیاسی و به حربه‌ای برای اعمال نظر و تأمین خواسته‌های کشورهای قوی تبدیل شده است. (خوشحال، ۱۳۸۱). به همین جهت عده‌ای با طرح سئوالاتی گرم شدن اقلیم و طرفداران آن را با چالش جدی مواجه کرده‌اند. سئوالاتی همچون آیا دقت اندازه‌گیری و موقعیت ابزار اندازه‌گیری که برای مقایسه به آنها استناد می‌شود در طول زمان یکسان بوده است؟! و یا اینکه اثر گلخانه‌ای که به انتشار تابش موج بلند وابسته است و واقعاً مستقل از تابش ورودی خورشیدی می‌باشد، چرا افزایش سریعتری را در دمای شبانه نسبت به دمای روزانه ثبت شده نشان می‌دهد؟! (عزیزی، ۱۳۸۳)

در کنار این دیدگاه عده‌ای افزایش $0.5^\circ C$ دمای سطحی در قرن گذشته

راکه به ظاهر غیر مهم به نظر می‌رسد شهادتی بر گرم شدن اقلیم می‌دانند. و تأثیراتی همچون افزایش سطح آب دریا، تغییر ساکنین حیات وحش، افزایش میزان امراض و... را برای آن بر می‌شمرند.

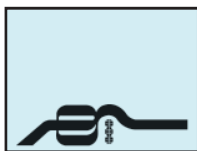
در این میان آنچه به نظر قطعی می‌رسد نقش مستقیم گازهای گلخانه‌ای در افزایش دمای کره‌ی زمین است. (هرچند تأثیرات پس‌خوراندی منفی این گازها بواسطه پیچیدگی خود یکی از سئوالات فراروی دانشمندان متخصص تغییر اقلیم است). گازهایی که میانگین دمای کره زمین را در حد $15^\circ C$ ثابت کرده و بدون این گازها دما تا حد $18^\circ C$ کاهش می‌یافت. (علیزاده، ۱۳۸۱) در گذشته تمرکز روی چندگاز CO_2 و CH_4 و NO_2 و... بود اما اخیراً در جو گازهای گلخانه‌ای شناسایی شده‌اند که تأثیرات گلخانه‌ای آنها چند هزار برابر تأثیرات CO_2 است و اشعه تابش مادون قرمز را که گازهای گلخانه‌ای معمولی کمتر توان جذبش را دارند قویاً جذب می‌کند. CF_3SF_5 یکی از چندین ابرگاز گلخانه‌ای است که به جهت عمر کوتاه شناخته شدنش ادبیات در دسترس آن محدود می‌باشد. در ادامه برآن هستیم تا با مروری بر منابع موجود چگونگی شناسایی و کشف این گاز در اتمسفر، مکانیسم واکنش آن، دوره زندگی و میزان افزایش این گاز را نشان دهیم.



نگاره ۱: ساختار مولکولی CF_3SF_5

آبرگازهای گلخانه‌ای

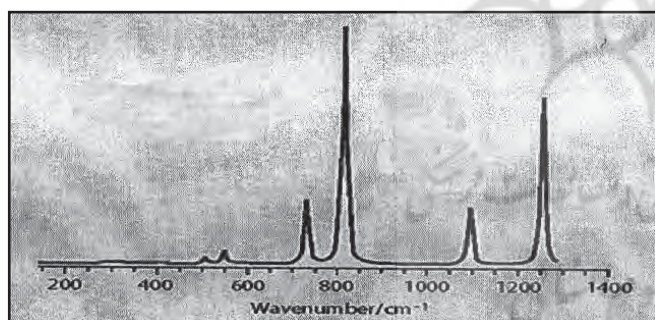
هر مولکول از این گازهای انسان ساز که اغلب گازهای F نامیده می‌شود، توان گرم‌کنندگی چندین هزار برابر CO_2 دارد. بنابراین نام ابرگاز گلخانه‌ای نامی برارنده آنهاست (www.Rsc.org) قابلیت گازهای گلخانه‌ای برای گرم کردن اقلیم متفاوت است. این تفاوت از اختلاف در جذب و بازتابش یک طول موج خاص طیف مادون قرمز و دوره بقای آنها در اتمسفر نشأت می‌گیرد. مفهوم توان گرمایی (گرم‌کنندگی) جهانی (GWP)^(۳) بوسیله هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC, 1995) برای بیان تأثیر نسبی یک مقدار مشخص گاز گلخانه‌ای



جدول ۱: تغییرات گازهای گلخانه‌ای بعد از سال ۱۷۵۰، توان گرمایی صد ساله نسبت به توان گرمایی CO₂ و طول عمر گازهای عمده گلخانه‌ای تا سال ۲۰۰۲

گازها	قبل از سال	تا سال ۲۰۰۲	توان گرمایی نسبت به (GWO CO ₂)	طول عمر در جو (سال)
Concentration in parts per million (ppm)				
Carbon dioxide(CO ₂)	۲۸۰	۳۷۲٫۳	۱	Variable ⁴
Concentration in parts per billion (ppb)				
Methane (CH ₄)	۷۳۰/۶۸۸	۱۸۴۳/۱۷۲۹	۲۳	۱۲
Nitrous oxide(N ₂ O)	۲۷۰	۳۱۸/۳۱۷	۲۹۶	۱۱۴
Tropospheric ozone(O ₃)	۲۵	۳۴	n.a	Hours-Hays
Concentration in parts per trillion (ppt)				
CFC-11 (trichlorofluoromethane) (CCl ₃ F)	Zero	۲۵۸/۲۵۵	۴٫۶۰۰	۴۵
CFC-12 (dichlorodifluoromethane) (CCl ₂ F ₂)	Zero	۵۴۶/۵۴۱	۱۰٫۶۰۰	۱۰۰
CFC-113 (dichlorodifluoromethane) (C ₂ Cl ₃ F ₃)	Zero	۸۰/۸۰	۶٫۰۰۰	۸۵
Carbon tetrachloride (CCl ₄)	Zero	۹۵/۹۳	۱٫۸۰۰	۳۵
Methy chloroform (CH ₃ CCl ₃)	Zero	۳۳/۲۵	۱۴۰	۴۸
HCFC-22 (chlorodifluoromethane) (CHClF ₂)	Zero	۱۴۶	۱۷۰۰	۱۱٫۹
HFC-23(Fluoroform)(CHF ₃)	Zero	۱۴	۱۲٫۰۰۰	۲۶۰
Perfluoroethane(C ₂ F ₆)	Zero	۳	۱۱٫۹۰۰	۱۰٫۰۰۰
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	Zero	۴٫۷ to ۴٫۸	۲۲٫۲۰۰	۳٫۲۰۰
(Trifluoromethyl sulfur pentafluoride(SF ₅ CF ₃))	Zero	۰٫۱۲	~۱۸٫۰۰۰	~۳٫۲۰۰(۴)

*مأخذ: عزیز، ۱۳۸۳.



مأخذ: انستیتوی ماکس پلانک

نمودار ۱: محاسبه جذب طیف مادون قرمز CF₃SF₅

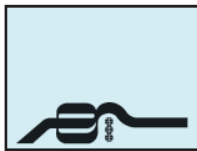
جدول ۲: واداشت تابشی ترکیبات انتخابی فلورین‌ها

ترکیبات	واداشت تابش
SF ₆	۰٫۶۴
CF ₃ SF ₅	۰٫۵۷
CFC ₁₁ (CFCl ₃)	۰٫۲۹
HFC134 _a (CH ₂ FCF ₃)	۰٫۱۷
HFC152 _a (CH ₃ CHF ₂)	۰٫۱۱

مأخذ: Suen, ۲۰۰۸

در یک دوره زمانی معین که باعث واداشت مثبت می‌شود معرفی شد. این براساس پتانسیل CO₂ در ایجاد گرم کردن جهانی اندازه‌گیری می‌شود که به CO₂ یک اختصاص یافته و دیگر گازها با آن مقایسه می‌شود. مثلاً توان گرمایی جهانی متان (۲۳) و دی اکسید نیتروژن ۲۹۶ است. در جدول ۱ تغییرات این گازها و توان گرمایی آنها مقایسه شده است.

CF₃SF₆ یکی از چندین ابر گاز گلخانه‌ای اتمسفر است که در بین گازهای گلخانه‌ای اتمسفر، در یک مولکول پایه از پرتوانترین گازهاست. مؤثرترین اشعه جذبی گازهای گلخانه‌ای در پنجره مادون قرمز طول موج بین ۱۳۰۰ تا ۷۰۰ سانتیمتر است. این گاز ۶۰ درصد باند جذبی خود را در محدوده ۱۳۰۰-۸۰۰ سانتیمتری باند مادون قرمز (فروسرخ) انجام می‌دهد. (نمودار ۱) و همین امر موجب تأثیر گلخانه‌ای بالای این گاز و واداشت تابشی ۰/۵۷ وات در مترمربع در قسمت در میلیارد (Wm⁻² ppb⁻¹) شده است. (انستیتوی ماکس پلانک) برخی منابع واداشت تابشی را ۰/۰۳ ± ۰/۰۶ وات در مترمربع در قسمت میلیارد نیز برآورده کرده‌اند. (RSC, 2000) این در حالی است که واداشت تابشی برای گازهای پایدار شناخته شده‌ای چون کلر و فلئوئور کربن‌ها (HFCs) و هیدروفلئوئور کربن‌ها (HFCs) بین ۰/۰۲ تا ۰/۲۶ وات در مترمربع در قسمت در میلیارد است. براساس جدول ۲ این گاز در ایجاد اثر گلخانه‌ای توانی ۲۵ تا ۳۰ برابر دیگر ترکیبات فلئوئورین‌ها و کلروین‌هایی که در گذشته مورد توجه بودند دارد. توان گرمایی تخمینی برای آن حدود ۱۸۰۰۰ برابر CO₂ است.



واکنش‌های شیمیایی در اتمسفر

مکانیسم‌هایی همچون اکسیداسیون، نورکافت، واکنش با چندین ترکیب صنعتی اتمسفر و... می‌تواند به عنوان شاخص‌های تعیین دوره زندگی این گاز مورد استفاده قرار گیرد.

اکسیداسیون: ورود سپهر با دارا بودن ۸۵ درصد توده اتمسفر ناحیه‌ای مناسب برای وقوع واکنش‌های شیمیایی است. اکسیداسیون یکی از مسیرهای اصلی برداشت گازهای نادر گلخانه‌ای از اتمسفر به کمک فراوانترین اکسیدکننده‌ها O_2 و O_3 است.

ترکیبات ارگانیک در اتمسفر اصولاً از طریق واکنش OH و O_3 (و گاهاً NO_3) اکسید می‌شوند. CF_3SF_5 هیچ یک از اتم‌های هیدروژن و پیوندهای دوگانه^(۵) را که هدف، O_3 و OH است ندارد و به همین جهت در مقابل این دو اکسیدکننده واکنش نمی‌پذیرد. داده‌های آزمایشگاهی بروی SF_6 که مشابه CF_3SF_5 است اکسیداسیونی را با OH و O_3 نشان نمی‌دهد و در صورت منحصر کردن برداشت این گاز به اکسیداسیون با OH و O_3 دوره زندگی $60/000$ ساله برای این گاز تخمین زده می‌شود. (Sun, 2008)

نورکافت (تجزیه شیمیایی بر اثر تابش): واکنشی است که موجب می‌شود مولکول‌هایی که در معرض اشعه ماوراء بنفش قرار دارند، مولکول‌هایشان بشکند. این مکانیسم نقش مهمی را در کاهش و افزایش فعالیت‌های شیمیایی اتمسفر بازی می‌کند. کرستل و همکاران در سال ۲۰۰۱ خاطر نشان کردند که پیوند مولکولی این گاز قادر به مقاومت در مقابل اشعه‌های غیر گروهی ماوراء بنفش استراتوسفر است و با فرض نبود اتم‌های هیدروژن و پیوند دوگانه، نورکافت را مسیر اصلی تخریب این گاز دانسته و براین اساس عمر 4050 سال را برآورد کردند. اما احتمال این نوع تخریب در ورد سپهر به جهت نرسیدن امواج کوتاه‌تر از 290 نانومتر (nm) منتفی است. (Sun, 2008)

واکنش با یونها: با غلظت پایین ذرات باردار در ورد سپهر و استراتوسفر که در سطح زمین به 10^2 ذره در سانتیمتر مکعب می‌رسد نمی‌توان انتظار تخریب با این مکانیسم را داشت. بواسطه یونیزه شده بوسیله تابش خورشید بیشترین فراوانی یون‌ها و الکترون‌ها در ارتفاع بالای 60 کیلومتر در موزسفر و بالاتر از آن قرار دارد. در بالاتر از موزسفر و پایین‌تر از ترموسفر، یونسفری قرار دارد که واکنش‌های شیمیایی در آن نسبت به قسمت‌های پایین کم‌اهمیت‌تر بوده و در عوض فوتو یونیزاسیون (یونیزاسیون نوری)^(۶) یونها غالب است و یون در یونسفر ناحیه F, E, D قرار دارد. (کاوایی، ۱۳۷۳)

یونهای منفی یونسفر در ناحیه D (100 تا 60 کیلومتری) قرار دارند. O_2^- یون اصلی این ناحیه با دامنه ثابت $10^{-9} \text{ Cm}^3/\text{sec}$ تا $0/55$ تا $0/36$ نمی‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت شیمی اتمسفری CF_3SF_5 داشته باشد.

یونهای غالب ناحیه E (150 تا 100 کیلومتری) NO^+ و O_2^+ هستند اما این ناحیه دارای غلظت قابل توجهی از یون‌های مولکولی است که مکانیسم واکنش غالب بین CF_3SF_5 و یونها احتمالاً الکترون به ذرات باردار است. اتوربری سال ۲۰۰۱ احتمال واکنش بین این گاز با O_2^+ به شکل اولیه CF_3^+ و SF_3^+ را البته با میزان همستگی $10^{-9} \text{ Cm}^3/\text{sec}$ تا $0/1$ نشان داد که میزان واکنش قابل توجهی نیست. وی همچنین بر عدم واکنش بین این گاز با NO^+ تأکید کرد.

یون‌های غالب F ($>150\text{km}$) N^+ و O^+ هستند و غلظت مجموع ذرات باردار (یون‌های مثبت و منفی و الکترون‌ها) تقریباً چند ذره در سانتیمتر مکعب در 300 کیلومتر در ناحیه F است که به خاطر غلظت کم تأثیراتشان بر CF_3SF_5 قابل توجه نیست.

در معرض الکترون و پروتون: کندی و میهو در سال ۲۰۰۱ مشاهده کردند که تخریب گاز ممکن است بوسیله جدا شدن سریع در معرض الکترون‌ها و ایجاد SF_5^- , CF_3 با میزان ثابت واکنش $10^{-8} \text{ Cm}^3/\text{sec}$ صورت گیرد. غلظت الکترون‌ها در اتمسفر بالاتر در ارتفاع $250-100$ کیلومتری (ناحیه F, E یونسفر) بیشترین مقدار با دامنه 10^4 تا 10^6 ذره در سانتیمتر مکعب را داشته و همین ناحیه تخریب قابل توجهی CF_3SF_5 را به همراه دارد.

پروتون‌ها همانند الکترون‌ها با واکنش خود CF_3 , SF_4 , HF تشکیل دهنده یون‌ها CF_3^+ , SF_5^+ را تشکیل می‌دهند. پپی و همکارانش سال ۲۰۰۵ واکنش چندین منبع پروتون N_2OH^+ , COH^+ , CO_2H^+ را که بیشترین توان واکنش با CF_3SF_5 را دارند نشان دادند.

دوره زندگی اتمسفری

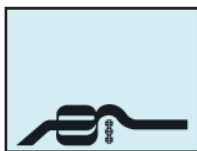
تنها فرایند قابل توجهی که موجب از دست رفتن گاز CF_3SF_5 یونسفر می‌شود مربوط به در معرض الکترون بودن است. همانگونه که قبلاً بحث شد اگر تنها مکانیسم اکسیداسیون در استراتوسفر مدنظر باشد، دوره زندگی این گاز $60/000$ سال و اگر منحصر به نور کافت شود عمر آن به 4050 سال می‌رسد. قبلاً مدل دوره زندگی ترکیبات پرفلورین‌ها تهیه شده بود. براساس ارزیابی این مدل‌ها و با توجه به نقش در معرض الکترون بودن بر تخریب این گاز و هگزافلورید سولفور (SF_6) دامنه عمر 1000 تا 800 سالی برای این گازها برآورد شده است. البته برخی عمر این گاز را 3200 سال و زمان نامتعادل شدن پرفلوریناتها (PFCs) را $50/000$ سال برآورد کرده‌اند. (عزیزی، ۱۳۸۳).

میزان واکنش بین در معرض الکترون بودن و SF_6 حدود $10^{-9} \times 310$ نزدیک به ماکزیمم میزان تئوریک را نشان می‌دهد. اگرچه در معرض الکترون بودن این گاز از SF_6 کمتر بوده و مقاومت بیشتری دارد، بنابراین دوره زندگی هزار ساله برای این گاز تخمین زده می‌شود. این در حالی است که در مقایسه با این گاز دوره زندگی CO_2 و CH_4 و $CFCs$ به ترتیب 100 ، 10 ، 10 و $65-30$ سال برآورد می‌شود. (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷).

و این گاز دوره زندگی 10 تا 100 برابری دیگر گازهای گلخانه‌ای مسبب مسائل امروز را دارد.

میزان افزایش و مقدار این گاز

در مورد کشف این گاز در منابع مختلف نظراتی چند ارائه شده است. کیسر و همکاران سال ۲۰۰۷ مدعی شده‌اند که این گاز برای اولین بار در درجه حرارت پایین و از طریق طیف سنجی اشعه مادون قرمز روی یخ با الکترون‌های انرژی‌تیک مشاهده شده است. وضعیت مکانیسم شکل‌گیری نشان می‌دهد که این گاز بالقوه خطرناک باید از ترکیب مجدد رادیکال‌های CF_3SF_5 با ذرات آئروسول در اتمسفر زمین بوجود آمده باشد. نقطه جوش



جدول ۳: خلاصه مشاهدات/مشخص کننده‌های واکنش با CF_3SF_5

Type	Reactants	Products	Reaction Rate ($0/1^{-9}cm^3s^{-1}$)	Usual Atmospheric Region of Occurrence	Source
Oxidation	OH, O ₂ , O ₃	No reaction	---	Troposphere and stratosphere	8
*Photoysis	UV Photons	No reaction	---	Stratosphere	9
**Anions	O ₂ ⁻	SF ₅ , CF ₃ , and O ₂	0.36-0.55	(Ionosphere (D region)	12
	CO ₃ and NO ₃	No reaction	<0.006	(Ionosphere (D region)	12
***Cation	O ₂ ⁺	CF ₃ and SF ₃	0.01	(Ionosphere (E region)	14.13
	+NO	No reaction	---	(Ionosphere (E region)	14
	+N	CF ₃ ⁺ and SF ₃ ⁺	2.2	(Ionosphere (F region)	13.14
	+O	CF ₃ ⁺ and SF ₃ ⁺	1.9	(Ionosphere (F region)	13.14
Electron Attachment	Electrons	SF ₅ ⁻ and CF ₃ ⁻	77	Ionosphere	15
****Protonation	Protons	CF ₃ , SF ₄ , HF, SF ₃ ⁺ , and CF ₃ ⁺	---	---	16

مأخذ: Suen, 2008.

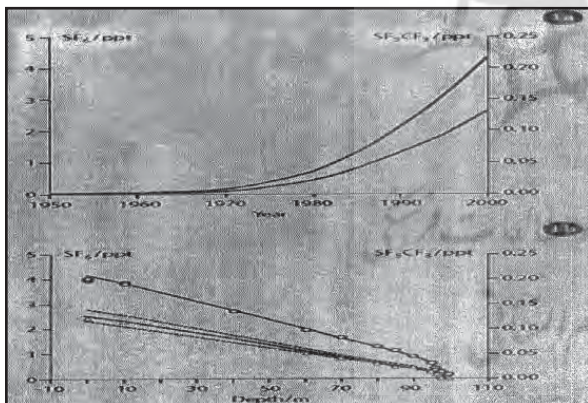
* تجزیه با واکنش یک ماده یا چند ماده در اثر تابش نور است. به طور کلی طول موج‌های بین 2000Å تا 8000Å مناسب نور کافت هستند.

** اتمی که یک یا چند الکترون گرفته باشد یا گروهی از اتم‌ها که دارای بار منفی باشد.

*** اتمی که یک الکترون یا بیشتر از دست داده باشد. یا گروهی از اتم‌ها با بار مثبت نظیر $[NH_4]^+$ را می‌گویند.

**** افزایش یک پروتون به یک مولکول با یون را می‌گویند. برای مثال H_2O به وسیله پروتون‌دار می‌شود و $[H_2O]^+Cl^-$ ایجاد می‌کند. (یاوری، ۱۳۸۱)

این گاز ۲۵۳۷ است. (RSC, 2008)



انتشار این گاز و گازهای مشابه آن به اتمسفر دانست.

مأخذ: انستیتوی ماکس پلانک

نمودار ۲: داده‌های غلظت دو گاز در هسته‌های یخ قطب جنوب ۱a در اتمسفر ۱b در عمق زیر سطح زمین

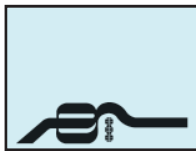
منابع احتمالی انتشار انسانی

دلایلی چند برای مشارکت صنعت در افزایش این ابرگاز گلخانه‌ای در اتمسفر وجود دارد. غلظت صفر این گاز در قبل از دهه ۱۹۶۰ نشان می‌دهد که منبع این مولکول منحصرراً فعالیت‌های انسانی است. ساتور سال ۲۰۰۰ یکی از منابع تولید این گاز را در کارخانه‌های فلئوور و شیمیایی می‌داند. عده‌ای

استرجس و همکاران در سال ۲۰۰۰ بیان می‌کنند، زمانی که در حال آنالیز گاز نمونه استراتوسفر برای SF_6 بودند متوجه وجود یک پیک ناشناخته نزدیک به SF_6 شدند و بعد از این تشخیص تلاش برای مشخص کردن غلظت این گاز در اتمسفر شروع شد. براساس بررسی نمونه هوای برف‌های فشرده Dome concorordia در قطب جنوب شرقی غلظت اتمسفری این گاز در اوایل دهه ۱۹۶۰ تقریباً صفر برآورد شده است. استرجس و همکاران شروع انتشار این گاز را اواخر دهه ۱۹۵۰ می‌دانند، که با یک افزایش ثابت تا دهه ۱۹۹۰ ادامه داشته است. سطح فعلی این گاز بین $0/18$ تا $0/12$ قسمت در تریلیون (PPT) با افزایش حدود ۶ درصد در سال با خطای ± 10 درصد پیش‌بینی می‌شود. (نمودار ۲)

مؤسسه ماکس پلانک براساس مطالعات در لایه‌های برف‌های فشرده قطب جنوب با ضخامت ۱۰۰ متر با هوای قدیمی مربوط به شروع قرن گذشته غلظت این گاز (PPT) $0/01$ برآورد کرده در حالی که غلظت این گاز در آخر قرن گذشته به سطح (PPT) $0/1$ رسیده است.

مقایسه غلظت این گاز با غلظت متان 1800 قسمت بریلیون (PPb) و اکسید نیتروژن 318 قسمت بریلیون (PPb) (عزیزی، ۱۳۸۳) نشان می‌دهد که غلظت گاز تازه شناخته شده در حدی نیست که تأثیر قابل توجهی بر واداشت تابشی داشته باشد. سهم این گاز در گرم‌کنندگی اتمسفر $0/03$ درصد توان گرم‌کنندگی گازهای گلخانه‌ای اتمسفر است. اما بایستی این را یک فرصت برای شناسایی منابع انتشار و نه بهانه‌ای برای فراموش کردن



5- کوچکی، عوض؛ شریفی، حمیدرضا؛ زند، اسکندر، پیامدهای اکولوژیکی تغییر اقلیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۳۷۷.

6- یاوری، عیسی، فرهنگ شیمی، انتشارات فاطمی، چاپ سوم، ۱۳۸۱.

7- Carrier, William, Jamieson, Coreys, Kaiser, Ralfi, Mechanistic studies on the formation of SF₆CF₃- a Greenhouse gas, Department of chemistry, University of Hawaii, inorg. Chem., 2007.

8 - Suen, Martin, CF₃SF₅: A review of the recently discovered super green house gas in the atmospheric the open atmospheric science journal, 2008, volume 2.

9- www.Mpg.Oom

10- www. Rsc.Org

منبع آن را ناشی از واکنش SF₆ با فلونور و پلیمرهای ابزار الکترونیکی و ریزتراش‌ها می‌دانند. اگرچه در تشکیل گاز جدید بوسیله صنعت یا در طی فرایندهای مشخص که مستلزم وجود گازهای صنعتی است شکی وجود ندارد. اما منبع دقیق آن هنوز مورد شک است. دانشمندان فکر می‌کنند که این گاز بواسطه نزدیکی شیمیایی به SF₆ از طریق شکسته شدن SF₆ در ابزار الکترونیکی ولتاژ بالا ایجاد می‌شود. گاز SF₆ در وسایل ایجاد جرقه الکترونیکی، محافظ فلزات در فرایند ذوب، توپهای تنیس، لاستیک ماشین‌ها، کفش‌ها و بخاطر خصوصیت عایق خوب بودن در پنجره‌های دو جداره مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بی‌نوشت

مولکول این گاز در مقابل حمله کننده‌های اتمسفری مقاومت زیادی داشته و خصوصیت خود تنظیمی طبیعی اتمسفر قادر به اثرگذاری بر مولکول‌های این ابر گاز گلخانه‌ای نیست. به همین جهت دوام آن در اتمسفر بسیار بالا است. اگر چه عده‌ای از دانشمندان اظهارنظر در مورد منابع انتشار این گاز را که در قسمت قبل به آن اشاره کردیم تأیید نکرده و حتی واکنش بین SF₆ و فلونور پلیمرها در ابزار ولتاژ بالا را نیز تأیید نمی‌کنند و مدعی هستند که منبع انتشار این گاز هنوز یک معما است.

نتیجه‌گیری

جزئیات مکانیسم‌های مؤثر بر تغییر اقلیم موجب شده تا ما در مرحله شروع درکمان از این موضوع قرار بگیریم. آنچه حتی در مجامع و کنفرانس‌های بین‌المللی به عنوان توقف انتشار گازهای گلخانه‌ای مطرح می‌شود. حتی با چشم‌پوشی کردن از اظهار نظرهای سیاسی تبلیغاتی؛ متأسفانه متمرکز بر روی چند گاز خاص است. کشف این ابر گاز گلخانه‌ای نشان داد که ما باید به فکرمان بسپاریم که گازهای نادر دیگری نیز هستند که توان تأثیر بر اقلیم را دارند. اگرچه ممکن است غلظت آنها در شرایط فعلی در حدی نباشد که بتواند بر روی اقلیم تأثیر قابل ملاحظه‌ای را داشته باشند. اما این گازها بواسطه لختی (اینرسی)، دوره زمانی طولانی، بالابودن توان گرمایی و... قابل تأمل و بررسی هستند. با توجه به شناخت تازه این گاز متأسفانه ادبیات در دسترس آن کم بوده و حتی منابع انتشار آن به طور دقیقی معلوم نیست. پس اگر بدنبال کاهش و یا توقف تأثیرگذاری گازهای گلخانه‌ای بر اقلیم هستیم نیاز به شناخت این گازها و منابع انتشار آن به عنوان گام اول داریم، تا بتوانیم براساس این اطلاعات اقلیمی دست به تصمیم‌گیری صحیح بزنیم.

منابع و مآخذ

- 1- خوشحال دستجردی، جواد، جزوه، تغییر اقلیم، دوره دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، سال ۱۳۸۸.
- 2- عزیزی، قاسم، تغییر اقلیم، چاپ اول، انتشارات قومس، سال ۱۳۸۳.
- 3- عزیززاده امین؛ کمالی، غلامعلی، اثرات تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب در کشاورزی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۶-۶۵، سال ۸۱.
- 4- کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول، مبانی اقلیم‌شناسی، انتشارات سمت، سال ۱۳۷۳.

1- Super greenhouse gas

2- Photolysis

۳- Radiative forcing. تغییرات طبیعی (البته گاهاً ناشی از عوامل خارجی سامانه اقلیم) که در توازن انرژی رخ می‌دهد را معمولاً واداشت می‌گویند بطوری که واداشت‌هایی که سبب تغییر در موازنه تابشی گردیده و ضرورتاً موجب تغییر در تابش خالص می‌شوند را به عنوان واداشت تابشی می‌شناسند و واحد اندازه‌گیری آن مانند تابش وات بر مترمربع (W/m²) است. (عزیزی، ۱۳۸۳)

۴- بعضی وقت‌ها به جای توان گلخانه‌ای (Greenhouse Potential) از توان گرم‌کنندگی جهانی (Global Warming Potential GWP) استفاده می‌شود. (RSC, 2008)

5- double

6- Photoionization