मौसम, **65**, 4 (अक्तूबर 2014) 585-590

551.583.2

क्या जलवायु परिवर्तन सौर बदलाव से प्रभावित होता है?

सुनील कुमार पेशिन, सिद्धार्थ सिंह और डी. के. चक्रबर्ती*

भारत मौसम विज्ञान विभाग, नई दिल्ली – 110 003, भारत

** पर्यावरण सर्वेक्षण केंद्र, अहमदाबाद – 380 015, भारत*

(*प्राप्त 3 अक्तूबर 2013*)

e mail : sunil.peshin@gmail.com

सार – वर्तमान समय में, जलवायु परिवर्तन मानव जाति के लिए बड़ी चिंता का विषय बन गया है। मानवीय गतिविधियां इस परिवर्तन का प्रमुख कारण है, जिनके कारण वैश्विक तापमान और वायुमंडल में कार्बन डाईऑक्साईड (CO_2) और ओजोन (O_3) की सांद्रता बदल रही हैं। वर्तमान समय में सूर्य की गतिविधियों में भी कुछ परिवर्तन हो रहे हैं। सूर्य की गतिविधियों में परिवर्तन का मूल्यांकन 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह के अध्ययन द्वारा किया जा सकता है। जलवायु परिवर्तन का मूल्यांकन लंबे समय के तापमान के आंकड़ों द्वारा किया जा सकता है। इस अध्ययन में हमने सौर गतिविधि के जलवायु परिवर्तन पर प्रभाव की जांच की है। हमने जिन दो आंकडो के समुच्चयो का विश्लेषण यहाँ किया है वह है संपूर्ण कॉलम ओजोन, पृथ्वी सतह पर पराबैंगनी-बी विकिरण प्रवाह तथा संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) के उपग्रह विवरण और 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह तथा वैश्विक तापमान विवरण। वैश्विक तापमान विसंगति वक्र (GTAC) दर्शाता है कि 1975 तक तापमान की धीमी गति से वृद्धि हुई और इस वर्ष के बाद तेजी से वृद्धि हुई है। 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह वर्ष 1970 तक घटती प्रवृत्ति दर्शाता है और इस वर्ष के बाद बढ़ती प्रवृत्ति को दर्शाता है। यह सौर प्रवाह का 11 वर्षीय चक्र भी है। GTAC, संपूर्ण कॉलम ओजोन, पृथ्वी सतह पर पराबैंगनी विकिरण प्रवाह और संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) भी 11 वर्षीय चक्र को दर्शाता है, लेकिन इनमें से कोई भी 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह के लंबी अवधि के रुझान से मेल नहीं खाता है।

ABSTRACT. At present, climate change is a matter of great concern to mankind. This change, which is due to the manmade activities, is changing global temperature and the concentration of CO_2 and O_3 in the atmosphere. But there are some changes in the sun also. Solar changes could be assessed by solar flux at 10.7cm wavelength. Climate change could be assessed by long time temperature records. In this study we have examined whether solar change has any effect on climate change? We have analyzed two sets of data, 10.7cm solar flux (TSI) and global temperature record, along with total ozone, UV-B flux at ground and satellite data of total solar irradiance. Global temperature anomaly curve (GTAC) shows a slow increase of temperature up to about 1975 and a rapid rise after this year. Solar flux at 10.7cm wavelength shows a decreasing trend up to about 1970 and an increasing trend after this year. It also has 11 year cycle. GTAC, total ozone, UV-flux at ground and TSI also show 11 year cycle and some trend, but none of them matches the long-term trend found in solar flux at 10.7cm wavelength.

सूचक शब्द – जलवायु परिवर्तन, सौर गतिविधि, पराबैंगनी विकिरण, वायुमंडल.

1. प्रस्तावना

जलवायु परिवर्तन एक वास्तविकता है और यह मानव जाति के लिए चिंता का विषय बन गया है। अभी तक पर्यावरणविदों, वैज्ञानिकों और नीति निर्माताओं ने कुछ समाधान की तलाश में इस परिवर्तन को नियंत्रित करने के लिए कई सम्मेलनों को आयोजित किया है, पर असफल रहे। यह माना जा रहा है कि यह बदलाव मानव निर्मित गतिविधियों के कारण है, जो कि वैश्विक तापमान और वातावरण में कार्बन डाईऑक्साईड (CO_2) और ओजोन (O_3) की सांद्रता को बदल रहा है। कुछ अल्पकालिक परिवर्तनों के अलावा, दीर्घ अवधि से

धीमी गति पर सूर्य गतिविधियों में परिवर्तन भी हो रहा है। यह ज्ञात है कि सूर्य में प्रतिदिन लगभग 700 मिलीयन टन हाइड्रोजन (H) 695 मिलीयन टन हीलियम (He) में परिवर्तित हो जाता है। इस प्रकार, बड़े पैमाने पर सूर्य में लगभग 5 मिलीयन टन द्रव्यमान प्रतिदिन कम हो रहा है। सूर्य में इस परिवर्तन का असर जलवायु संवेदनशीलता पर ठीक से ज्ञात नहीं है। विभिन्न लेखकों द्वारा, कई भविष्यवाणियाँ की गयी हैं जो एक-दूसरे के साथ मेल नहीं खाती हैं [Duffy *et al.* (2009)]। यह भविष्यवाणियाँ अतीत के तापमान अभिलेख सत्यापन और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन के दीर्घावधि प्रवृत्ति पर आधारित हैं। Scafetta and West (2008) ने दिखाया है कि 1950 के बाद से भूमण्डलीय तापक्रम वृद्धि की प्रवृत्ति का कारण सौर विकिरण में परिवर्तनशीलता है। Duffy *et al.* (2009) ने खंडन किया गया था कि सौर परिवर्तनशीलता 20वीं सदी की तापमान वृद्धि की व्याख्या नहीं करती है। इसी प्रकार दीर्घकालिक सौर परिवर्तनशीलता के जलवायु परिवर्तन की संवेदनशीलता के प्रभाव के पक्ष और विपक्ष में विभिन्न विचार है। हमने इस अध्ययन में जांच की है कि सौर परिवर्तन का जलवायु परिवर्तन पर कोई प्रभाव होता है या नहीं।

सूरज से उत्सर्जन के दो प्रकार - विकिरण और सौर हवा होते हैं। विकिरण शब्द, कॉस्मिक किरणों वाले विकिरण, जो कि बहुत छोटी तरंगदैर्ध्य $\sim 10^{-12}$ सेमी से शुरू होता है, से लेकर रेडियो तरंग, जो बहुत लंबे तरंग दैर्ध्य $\sim 10^{6}$ सेमी तक होता है, के सम्पुर्ण विद्युतचुम्बकीय विकिरण का प्रतिनिधित्व करता हैं।

तरंग विकिरण के साथ-साथ, सूर्य आवेशित कणों की एक धारा का उत्सर्जन, इलेक्ट्रॉनों और प्रोटोनों के रूप मे करता है जिसे सौर पवन कहा जाता है । दोनों प्रकार के सौर उत्सर्जन पृथ्वी के वातावरण पर गहरा प्रभाव डालते है। पृथ्वी पर, हम 3000 Å से लेकर 40 सेमी तरंगदैर्ध्य तक का विकिरण प्राप्त करते है । 3000 Å तरंगदैर्ध्य से कम तरंगदैर्ध्य का विकिरण वायुमंडल में अलग अलग ऊंचाई पर अवशोषित होता है और वायुमंडल मे विभिन्न प्रभाव उत्पन्न करता है । उनमे से एक समताप मंडल में ओजोन परत का निर्माण है। पराबैंगनी विकिरण का पृथ्वी सतह तक पहुँचना वायुमंडल में O_3 की सांद्रता पर निर्भर करता है।

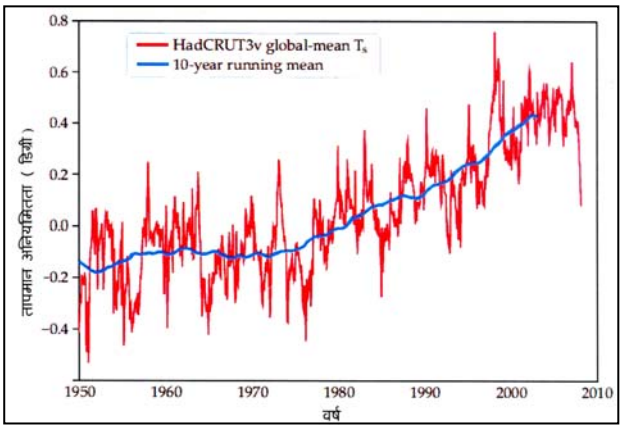
सौर विकिरण तथा पराबैंगनी विकिरण का जमीन तक पहुँचना पृथ्वी की जलवायु के लिए महत्वपूर्ण हैं। पिछले विश्व तापमान रिकार्ड का विश्लेषण करके जलवायु परिवर्तन का मूल्यांकन किया जा सकता है। कई प्राचल जो सूर्य की प्रस्तिथियौ पर प्रकाश डाल सकते हैं, उनपर लंबे समय से निगरानी रखी जा रही हैं। उनमें से कुछ हैं 10.7 से.मी. तरंगदैर्ध्य का सौर विकिरण, सूर्य धब्बा संख्या, चुंबकीय सूचकांक आदि । 10.7 से.मी. सौर विकिरण प्रवाह की विशेषताओं का एक अध्ययन सात दशकों के उपलब्ध आंकड़ों का उपयोग कर बनाया गया है। इन विशेषताओं की तुलना संपूर्ण कॉलम ओजोन, पृथ्वी सतह पर पराबैंगनी-बी विकिरण प्रवाह, वैश्विक तापमान विसंगति वक्र (GTAC) तथा संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) के उपग्रह विवरण से करके, सौर परिवर्तन के जलवायु परिवर्तन पर प्रभाव से सम्बंध का अध्ययन किया गया है।

2. आधार-सामग्री

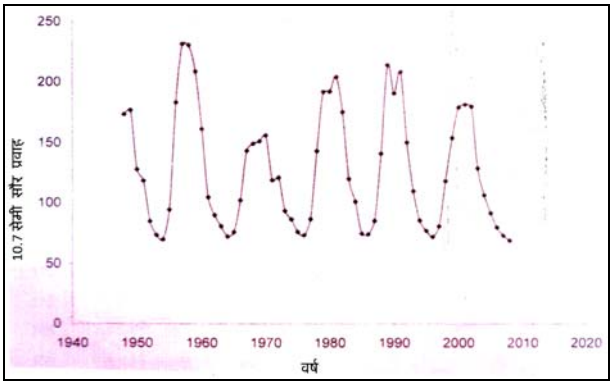
1947 से 2009 तक के मापित 10.7 सेमी सौर प्रवाह के आंकडे http://sgd.ngdc.noaa.gov से लिये गये है। विश्व मे विभिन्न तकनीकों द्वारा ओजोन (O_3) की वायुमंडलीय सांद्रता का मापन किया जा रहा है। भारत मौसम विज्ञान विभाग, भारत के विभिन्न स्थानों पर Dobson spectrophotometer, Ozone-sonde और Brewer spectrophotometer द्वारा ओजोन (O_3) की वायुमंडलीय सांद्रता का मापन कर रहा है। हमने 1957-2007 का दिल्ली, पुणे और कोडईकनाल के Dobson आंकड़ों को अध्ययन के लिए चयनित किया है। पृथ्वी सतह तक का पहुँचना वायुमंडल में ओजोन की मात्रा पर निर्भर करता है। भारत मौसम विज्ञान विभाग ने Brewer spectrophotometer द्वारा पराबैंगनी विकिरण प्रवाह की माप 1994 के बाद शुरू की। पिछली आधी शातब्दी के GTAC आंकडे, ईस्ट एंग्लिया विश्वविद्यालय के जलवायु अनुसंधान एकक से लिये गये है। संपूर्ण सौर विकिरण NOAA समूह द्वारा संकलित उपग्रह विवरण से प्राप्त किया गया है तथा यह आंकडे http://www.ngdc.noaa.gov/stp/SOLAR/IRRADIANCE/irrad।html पर उपलब्ध हैं।

3. परिणाम

जलवायु परिवर्तन का कारण वैश्विक तापमान वृद्धि है। पिछले कई वर्षों के वैश्विक तापमान के आंकडे उपलब्ध हैं। ईस्ट



चित्र 1. 1950 से 2008 तक मासिक वैश्विक तापमान अनियमिताओ की समीक्षा। इस चित्र की प्रतिलिपि Duffy *et al.* (2009) से ली गयी है।



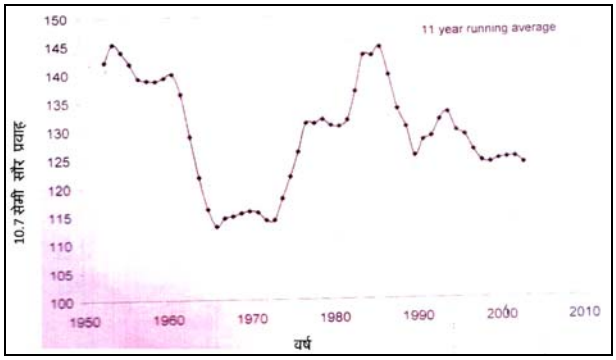
चित्र 2. 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह का वार्षिक औसत (1948 – 2008)

एंग्लिया विश्वविद्यालय के जलवायु अनुसंधान एकक के द्वारा तैयार किया पिछली आधी शताब्दी का वैश्विक तापमान विसंगति वक्र (GTAC), चित्र 1 में दिखाया गया है (यह Duffy *et al.*, 2009 का चित्र 2 है)। इस चित्र में दो वक्र हैं; टेढ़ा-मेढ़ा वक्र मासिक वैश्विक औसत तापमान बताता है और सरलीकृत वक्र 10 वर्षीय तात्कालिक औसत बताता है। GTA के बारे में यह सरलीकृत वक्र से प्रतीत होता है कि 1975 तक तापमान मे धीमी गति से वृद्धि हुई है और वर्ष 1975 के बाद तेजी से वृद्धि हुई है। टेढ़ा-मेढ़ा वक्र 11 वर्ष के रूपांतर को प्रमाणित करता है।

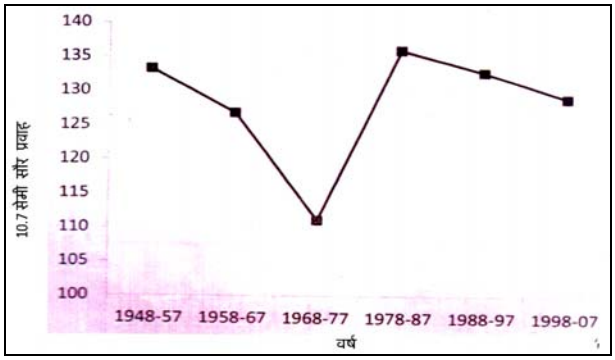
चित्र 2, 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह का वर्ष 1948 से 2008 तक का वार्षिक औसतमानों को दर्शाता है । चक्रीय रूपांतर इस चित्र 2 में स्पष्ट रूप से दिखाई देता है। वर्ष 1957, 1970, 1981, 1989 और 2001 में शिखर (peak) तथा वर्ष 1954, 1964, 1976, 1986, 1996 और 2008 में अवगाह (dip) देखी गई हैं। दो शिखरो या दो अवगाह के बीच का औसत समय लगभग 11 साल पाया गया है तथा इस समय को एक सौर चक्र कहा जाता है। चित्र 1 से यह स्पष्ट है कि एक सौर चक्र से दूसरे सौर चक्र तक अवगाह मान मे महत्त्वपूर्ण परिवर्तन नहीं होता है, लेकिन शिखर मान के मूल्य में काफी परिवर्तन होता है जो कि 1970 में निम्नतम और 1957 में उच्चतम रही है। तथापि 10.7 सेमी तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह का 11 साल का रूपांतर चित्र 1. में देखा जा सकता है।

GTAC का 10 वर्षीय तात्कालिक औसत और 10.7 से.मी. तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह के 10 वर्षीय औसत के तुलनात्मक अध्ययन की जांच करने के लिए, हमने 10 साल 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के औसत की गणना की। इस प्रकार प्राप्त आंकड़े चित्र 3. में दिखाए गए हैं। इन आंकडो से यह ज्ञात होता है कि 1948 – 2008 अवधि के दौरान 10.7 से.मी. सौर प्रवाह की प्रवृत्ति सामान्य नहीं है, जो कि 1954 में उच्चतम थी, तदउपरांत 1970 तक घटती रही, उसके बाद 1985 तक बढ़ती रही और फिर घटती हुई पायी गयी है। 1970 के आसपास काफी व्यापक गिरावट पायी गयी है, लेकिन तापमान का दीर्घकालिक रुझान जो कि सरलीकृत वक्र के चित्र 1 में देखा गया है वह 10.7 से.मी. सौर प्रवाह वक्र के चित्र 3 में नहीं देखा गया। 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के दीर्घ कालिक परिवर्तन के अध्ययन के लिए हमने 10 साल के ब्लॉक औसत गणना की है ताकि सौर गतिविधि के प्रभाव को नगण्य किया जा सके । ब्लॉक औसत द्वारा हमारा मतलब है, 1948-1957, 1958-1967 आदि के लिए औसतमान। इस प्रकार प्राप्त आंकड़ें चित्र 4 मे दर्शाये गयी हैं जो दिखाते है कि ब्लॉक वर्ष 1948-57 से लेकर ब्लॉक वर्ष 1968-77 तक एक घटती प्रवृत्ति है, तो ब्लॉक वर्ष 1978-87 में तेज गति से वृद्धि हुई है तथा उसके बाद धीमी कमी हो जाती है। कुल मिलाकर, 1948 से 2007 तक एक घटती प्रवृत्ति है । लेकिन इस प्रवृत्ति का आंकड़ा चित्र 1 के सरलीकृत वक्र में देखी गई प्रवृत्ति के साथ मेल नहीं खाता है।

जलवायु परिवर्तन ने भारत में ओजोन स्तर को कितनी दूर तक प्रभावित किया है इसकी जांच करने के लिए चित्र 5 मे



चित्र 3. चित्र 2 के आंकडे 11 वर्षीय औसत के साथ

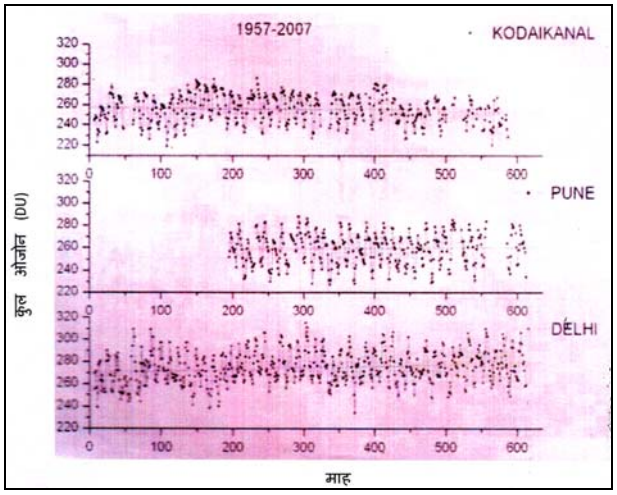


चित्र 4. चित्र 2 का डाटा 10 वर्षीय ब्लॉक औसत के साथ

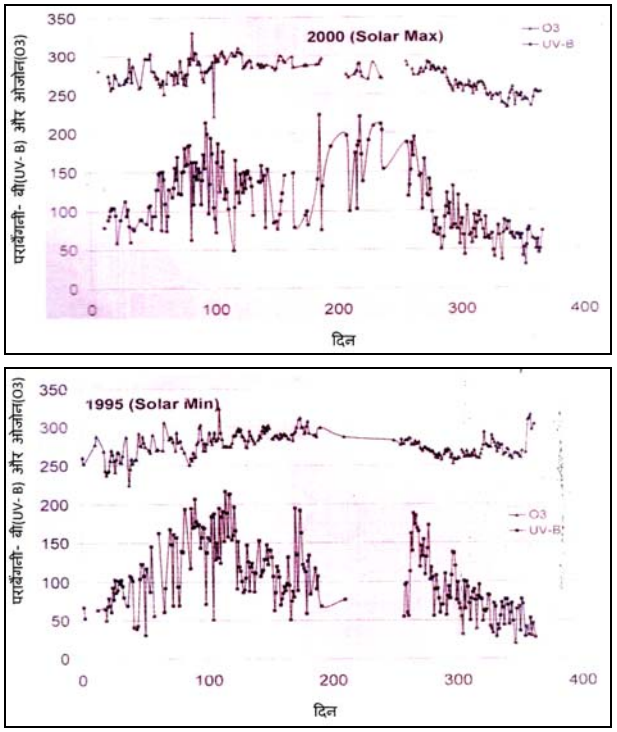
Dobson Spectrophotometer द्वारा मापित ओज़ोन की ऊर्ध्वाधर कॉलम घनत्व का मासिक औसतमान, वर्ष 1957 से 2007 तक तीन स्टेशनों दिल्ली, पुणे, और कोडाइकनाल के लिए दिखाया गया है। वहाँ आंकडो में बिखराव है, परन्तु शिखर (peak) और अवगाह (dip) होने का चक्रीय परिवर्तन स्पष्ट रूप इस चित्र 5 में देखा जा सकता है। लेकिन ये शिखर और अवगाहे चित्र 1 के शिखरो और अवगाहो के साथ मेल नहीं खाती है । ऊपरी समताप मंडल (~ 40 किमी) में ओजोन 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के साथ एकाकार चरण में है परंतु निचले वायुमंडल में (~ 20 किमी) में ओजोन 10.7 से.मी. सौर प्रवाह से लगभग 2 साल से पीछे है (चक्रवर्ती *et al.*, 1998)। आंकड़ों से पता चलता है की सभी स्थानों पर कुल ओजोन परिवर्तन एक समान नहीं है। कोडाइकनाल में एक बढ़ती हुई प्रवृत्ति, दिल्ली में एक घटती प्रवृत्ति है, वहीं पुणे में लगभग कोई प्रवृत्ति नहीं है । विश्व में अनेक उपग्रह भी संपूर्ण कॉलम ओजोन मापते हैं । उपग्रह द्वारा प्राप्त आंकडे सभी स्थानों पर कुल ओजोन की घटती प्रवृत्ति दर्शाते हैं। उल्लेख किया जाता है की कोडाइकनाल एक पर्वतीय स्थान है , पुणे एक अर्द्धपर्वतीय स्थान है और दिल्ली एक नगरीय स्थान है। कोडाइकनाल और पुणे का वायुमंडल दिल्ली से ज्यादा प्रदूषणमुक्त है। लेकिन चित्र 1 के सरलीकृत अवस्था में पाई गई प्रवृत्ति इन स्थानों में से किसी में भी नहीं पाई गई है।

वायुमंडल में ओजोन की सांद्रता, पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण की पृथ्वी तक पहुँचने की मात्रा को निर्धारित करती है। ओजोन की सांद्रंता में कमी आने पर पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण की पृथ्वी तक पहुँचने की मात्रा मे वृद्धि हो जाती है। चित्र 6 मे, वर्ष 1995 और 2000 के दौरान, दिल्ली में पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण की पृथ्वी की सतह पर पहुँचने के स्तर को निम्न सौर गतिविधि तथा उच्च सौर गतिविधि की परिस्थितियों में दर्शाया गया हैं। इन दो आंकड़ों के बीच तुलनात्मक अध्ययन से ज्ञात होता है कि निम्न सौर गतिविधि की स्थिति की अपेक्षा उच्च सौर गतिविधि के दौरान पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण के स्तर थोड़ा अधिक है। एक महत्वपूर्ण तथ्य यह है कि इस चित्र में पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण प्रवाह के दो शिखर मार्च–अप्रैल और सितम्बर–अक्टूबर (विषुव) में हैं, न कि जून (ग्रीष्म काल) में, जब सौर चरम कोण न्यूनतम होता है । चित्र 6 में ओजोन के आंकड़ों को भी दर्शाया गया है। ध्यान दिया जाए कि ओजोन की सांद्रता में मौसमी बदलाव पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण प्रवाह की तुलना में बहुत कम है।

वर्ष 1978 के बाद से विभिन्न उपग्रहों के द्वारा संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) को मापा जा रहा है। इन आंकड़ों का एक संकलन चित्र 7 [चित्र 1, Duffy *et al.*(2009)] में दर्शाया है । चित्र 7 से स्पष्ट है कि संपूर्ण सौर विकिरण में 11 वर्षीय चक्र है, परंतु यह प्रवृत्ति चित्र 1 में नहीं पाई गई है । वैश्विक तापमान, आगामी और बहिर्गामी, दोनों प्रकार के विकिरण पर निर्भर करता है। बहिर्गामी विकिरण में कमी ग्रीनहाउस गैसों की सांद्रंता में वृद्धि की वजह से हो रही हैं । चित्र 7 दर्शाता हैं कि आगामी विकिरण की परिवर्तनशीलता, सौर चक्र की परिवर्तनशीलता के समान है। Scafetta and West (2008) में दर्शाया गया है कि 1950 के पश्चात् वैश्विक तापमान वृद्धि की प्रवृत्ति का मूलभूत कारण संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) की परिवर्तनशीलता है, यद्यपि Duffy *et al.* (2009) द्वारा खंडन किया गया था है कि सौर परिवर्तनशीलता 20 वीं शताब्दी की तापमान वृद्धि की व्याख्या नहीं करता है। अतः सौर

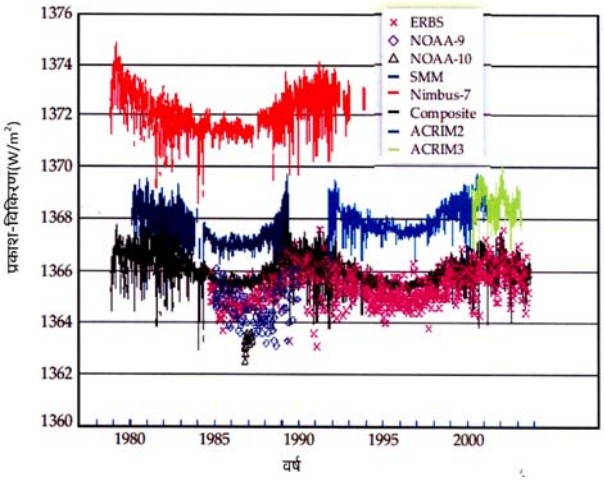


चित्र 5. भारत के तीन स्थानों पर संपूर्ण कॉलम ओजोन का मासिक औसतमान (1957 – 2007)



चित्र 6. दिल्ली में ओजोन तथा पृथ्वी सतह पर पराबैंगनी-बी विकिरण (1995 – 2007)

परिवर्तनशीलता की संवेदनशीलता के जलवायु परिवर्तन के प्रभाव के पक्ष और विपक्ष में लंबे समय से एक मतभिनंता रही है। एक सर्वमान्य व्याख्या तक पहुंचने के लिए, हमें लंबी अवधि के आगामी और बहिर्गामी विकिरण के आंकड़ो की आवश्यकता है।



चित्र 7. विभिन्न उपग्रहों द्वारा लिये गये संपूर्ण सौर विकिरण आंकडे (1978 – 2004) । इस चित्र की प्रतिलिपि Duffy *et. al.* (2009) से ली गयी है।

यह तथ्य विचारणीय है कि क्या 10.7 से.मी. सौर प्रवाह सौर परिवर्तन का प्रतिनिधित्व करता है क्योंकि 10.7 से.मी. सौर प्रवाह सूर्य के बाह्य प्रभामंडल से उत्सर्जित होता है तथा वैश्विक तापमान में वृद्धि के लिए जिम्मेदार विकिरण मुख्य रूप से आंतरिक प्रभामंडल से और आंशिक रूप से सूर्य का बाह्य प्रभामंडल से उत्सर्जित होता है । अतः 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के अतिरिक्त भी सौर परिवर्तनशीलता के अन्य सूचकांको का अध्ययन आवश्यक है ।

4. निष्कर्ष

वैश्विक तापमान की परिवर्तनशीलता जलवायु परिवर्तन का एक संकेत है, तथा 10.7 से.मी. तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह सौर बदलाव का सूचक है । इन दोनों मापदंडों के अल्पवधि तथा दीर्धवधि आंकडो का तुलनात्मक अध्ययन यह पता लगाने के लिए किया गया कि जलवायु परिवर्तन पर सौर परिवर्तन का कोई प्रभाव है या नहीं? इसके साथ-साथ संपूर्ण कॉलम ओजोन, पृथ्वी सतह पर पराबैंगनी - बी (UV-B) विकिरण प्रवाह और संपूर्ण सौर विकिरण (TSI) की प्रवृत्ति का भी अध्ययन किया गया है।

वैश्विक तापमान विसंगति वक्र (GTAC) दर्शाता है कि 1975 तक तापमान की धीमी गति से वृद्धि हुई और इस वर्ष के पश्चात् तेजी से वृद्धि हुई है। यह भी 11 वर्षीय चक्र को दर्शाता है।

10.7 से.मी. तरंगदैर्ध्य पर सौर प्रवाह का 11 वर्षीय चक्र है। 11 वर्षीय तत्कालिक औसतमान सन् 1970 तक घटती प्रवृत्ति को दिखाता है (1970 के निकट एक व्यापक न्यूनतम मान), 1985 के निकट एक शिखर और 1985 के पश्चात् फिर एक घटती प्रवृत्ति को दिखाता है। लेकिन 10.7 से.मी. सौर प्रवाह की लंबी अवधि के रुझान वैश्विक तापमान की लंबी अवधि के रुझान के साथ मेल नहीं खाता है।

संपूर्ण कॉलम ओजोन का 11 वर्षीय चक्र है परंतु 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के साथ समान चरण में नहीं है। विभिन्न स्थानों पर ओजोन की सांद्रता की अलग दीर्घकालिक परिवर्तनशीलता है।

पराबैंगनी-बी (UV-B) विकिरण प्रवाह के सीमित आंकडे सौर गतिविधि दशा को न्यूनतम मान से अधिकतम मान की दिशा में अग्रसर दर्शाता है परंतु उस पर अल्पकालिक और दीर्घकालिक सौर परिवर्तन के प्रभाव का अध्ययन करने के लिए पर्याप्त लंबी अवधि के आंकडे उपलब्ध नहीं है।

1978 – 2004 की अवधि के लिए उपग्रह से प्राप्त TSI आंकडे 11 वर्षीय परिवर्तनशीलता को दर्शाते हैं, परंतु इसकी लंबी अवधि का TSI रुझान 10.7 सेमी सौर प्रवाह की प्रवृत्ति के साथ मेल नहीं खाता है।

वैश्विक तापमान पृथ्वी पर आगामी और बर्हिगामी विकिरण पर निर्भर करता है। बर्हिगामी अवरक्त विकिरण प्रवाह कि मात्रा ग्रीनहाउस गैस सांद्रता में वृद्धि के कारण कम हो रही है। आवक विकिरण प्रवाह 11 वर्षीय परिवर्तनशीलता को दर्शाता है परंतु लंबे समय तक वैश्विक तापमान आंकडे 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के किसी भी चिह्न को नहीं दिखाते है। यद्यपि सौर परिवर्तन के कुछ अल्पकालिक चिह्न जलवायु परिवर्तन पर दिख रहे है तदापि दीर्घकालिक सौर परिवर्तन के दीर्घकालिक जलवायु परिवर्तन पर प्रभाव के निश्चित निष्कर्ष पर पहुंचने के लिए अभी तक पर्याप्त आंकडे उपलब्ध नहीं है। इसके अतिरिक्त, 10.7 से.मी. सौर प्रवाह के स्थान पर, सौर परिवर्तन को दर्शाने के लिए एक उपयुक्त सूचकांक के लिए खोज करने की आवश्यकता है।

संदर्भ

चक्रवती, डी. के., पेशिन, एस. के, पंडया, के. वी. और शाह, एन. सी., 1998, "भारतीय क्षेत्र के ऊपर ओजोन स्तंभ की लंबी अवधि के रुझान", *जे. जियाफि. रिसर्च*, **103**, पृ 19245.

डफी, पी., सेंटर, बी. और वीगली टी., 2009, "सौर परिवर्तनशीलता Late 20 वीं सदी वार्मिंग की व्याख्या नहीं करता", *फिजि. टूडे*, **62**, क, पृ 48.

स्केफटा, डब्ल्यू. और वेस्ट, एस., 2008, जलवायु सौर परिवर्तनशीलता के प्रति संवेदनशील है?", *फिजि. टूडे*, **61,** 3, पृ 50.