International Journal of Hindi Research
www.hindijournal.com
ISSN: 2455-2232
Received: 16-07-2021, Accepted: 30-07-2021, Published: 17-08-2021
Volume 7; Issue 4; 2021; Page No. 79-84

कार्बन डाइऑक्साइड वृध्दि सह-संबंधित वर्षा वृद्धि: प्रसंगोचित अध्ययनों की समीक्षा

डॉ. सुभाष भिमराव दोंदे
सहयोगी प्रोफेसर, जन्तु विज्ञान प्रभाग, किर्ति महाविद्यालय, दादर, मुंबई, महाराष्ट्र, भारत

सारांश

ग्रीष्मकालीन मान्सून दक्षिण एशिया में कृषि और उद्योग के लिए अधिकांश पानी की आपूर्ति करता है और 1.4 अरब लोगों की ख़ुशहाली के लिए महत्वपूर्ण है। किंतु जलवायु परिवर्तन का मान्सून चक्र पर प्रतिकूल असर पड़ा है और इसी कारण विश्वभर में बाढ़ एवं जलमग्नता जैसी मौसम की चरम घटनाओं ने पिछले दशक में 2 बिलियन से अधिक लोगों को प्रभावित किया हैं। मानवीय गतिविधियाँ इन परिवर्तनों को किस तरह प्रभावित कर सकती हैं यह पुष्टि करने के लिए अब तक किये गए विश्वव्यापी अनुसंधानों ने सीधे तौर पर वातावरण में उत्सर्जित मानवजनित कार्बन डाइऑक्साइड की अधिकता को जिम्मेदार ठहराया है। प्रत्येक महाद्वीप में विभिन्न परिसंचरण, नमी और स्थिरता परिवर्तन, वनस्पतियों के रंध्र प्रवाहकत्त्व और वाष्पोत्सर्जन में गिरावट के कारण उत्पन्न होते हैं। इसलिये 'कम्युनिटी अर्थ सिस्टम मॉडल' के तहत कार्बन डाइऑक्साइड की वृद्धि अलग-अलग महाद्वीपों में अलग-अलग होती है और असममिति (asymmetry) या विषमता दिखाती है। इस के दृश्य परिणाम स्वरूप एशियाई और अफ्रीकी उष्णकटिबंधीय जंगलों में मान्सून वर्षा में सापेक्ष वृद्धि और दक्षिण अमेरिका के अमेझॉन जंगलों में सुखे की संभावना है। आनेवाले समय में ग्रीनहाउस गैस- कार्बन डाइऑक्साइड के ऊष्मागतिक प्रभाव में वृद्धि से सह-संबंधित वायुमंडलीय नमी की मात्रा में वृद्धि के परिणामस्वरूप, समग्र रूप से ग्रीष्मकालीन मान्सून की वर्षा और परकोटी की वर्षा की घटनाओं में वृद्धि होगी। इसके तथ्य जानने के लिये भारत, अमेरिका, यूरोप, ऑस्ट्रेलिया और जापान के शोधकर्ताओं के एक समूह ने बंगाल की खाड़ी के महानदी द्रोणी (basin) से निकाले गए तलछट (sediment) के कोर नमूनों में पूराजलवायु परोक्षी (proxy) का छह-सात साल अध्ययन किया। इन वैज्ञानिकों ने समुद्र तल पर जमे हुए तलछट के परतों में सुरक्षित छिद्रधारी (foraminifera) परोक्षी से मिले सुरागों का उपयोग करके मान्सून गतिविधि का पुनर्निर्माण किया। इस अध्ययन के निष्कर्ष 'संख्यात्मक मॉडल' का समर्थन करते हैं; जो भविष्य में वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड सांद्रता में वृद्धि के साथ मान्सून की अनियमितता, तीव्रता, अवधि और बारंबारता में वृद्धि की भविष्यवाणी करते हैं। जलवायु-प्रेरित जल-खतरों से निपटने के लिये पर्याप्त पुर्व-तैयारी या पिछली घटनाओं से सीख लेने जैसे तन्यक (resilient) दृष्टिकोण को अपनाकर बाढ़ एवं जलमग्नता के प्रभावों को कम किया जा सकता है। प्रस्तुत लेख कार्बन डाइऑक्साइड वृद्धि से सह-संबंधित वर्षा वृद्धि का आधुनिकतम अनुसंधान से मिली सूचना के आधार पर समीक्षा करता है।

मूल शब्द: मान्सून, कार्बन डाइऑक्साइड, जलवायु, पूराजलवायु परोक्षी, छिद्रधारी, जलमग्नता, जल-खतरा, रंध्र प्रवाहकत्त्व

प्रस्तावना

पिछले कुछ सालों में वर्षा की तीव्रता, अवधि और बारंबारता में अनियमितता बढ़ने के कारण पूरे विश्व मे नियमित रूप से बाढ़ एवं जलमग्नता तबाही का एक प्रमुख कारण बन गया है। बाढ़ के सामान्यतः तीन प्रकार हैं- एक 'आकस्मिक बाढ़' (flash flood) जो मेघ विस्फोट के कारण तेजी से अत्यधिक वर्षा के कारण होता है । दूसरा 'नदी की बाढ़' जो लगातार बारिश से नदी के ऊर्ध्वप्रवाह (upstream) में बांध का पानी अचानक छोड़े जाने के कारण होता है। और अंतमें 'तटीय बाढ़' जो उष्णकटिबंधीय चक्रवातों और सुनामी से जुड़े तूफानों के कारण होता है। जलवायु परिवर्तन के कारण अत्यधिक वर्षा की बारंबारता और तीव्रता में वृद्धि जारी रहने की संभावना है। विश्व स्वास्थ्य संघटन की रिपोर्ट के अनुसार 1998-2017 के बीच, बाढ़ ने दुनिया भर में 2 बिलियन से अधिक लोगों को प्रभावित किया हैं। जलवायु परिवर्तन के कारण वर्षा में वृद्धि

जारी रहने की संभावना के मद्देनजर 27 अप्रैल 2018 की *'नेचर क्लायमेट चेंज'* में प्रकाशित एक अध्ययन के परिणामों की परिचर्चा यहाँ प्रसंगोचित है। इस अध्ययन के अनुसार, वर्षा में बड़े पैमाने पर परिवर्तन इस आधार पर हो सकते हैं कि उष्णकटिबंधीय वन वातावरण में उत्सर्जित कार्बन डाइऑक्साइड की अधिकता के प्रति कैसे प्रतिक्रिया करते हैं? मानवजनित कार्बन डाइऑक्साइड उत्सर्जन भविष्य की वर्षा को कैसे प्रभावित करेगा? यह समझना सूखा-संवेदनशील उष्णकटिबंधीय जंगलों के पारिस्थितिक तंत्र के संधारणीय प्रबंधन के लिए महत्वपूर्ण है। अध्ययन के अनुसार, कार्बन डाइऑक्साइड संबंधी पौधों की शारीरिक प्रतिक्रिया- वाष्पोत्सर्जन (transpiration) एक ऐसे पैटर्न के लिए जिम्मेदार प्राथमिक तंत्र है; जो आनेवाले समय मे वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड के उच्च स्तर के कारण एक तरफ अमेझॉन वर्षावन को सुखा सकती है किन्तु अफ्रीकी और इंडोनेशियाई जंगलों के वर्षा में वृद्धि हो सकती है।

पेड़ों की पत्तियों के नीचे के हिस्से में रंध्र (stomata) नामक छिद्र होते हैं, जो कार्बन डाइऑक्साइड के सेवन और वायुमंडल में जल-वाष्प के निकलने को नियंत्रित करने के लिए खुलते और बंद होते हैं। जब वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड का अत्यधिक उच्च स्तर होता है, तो रंध्रों को व्यापक रूप से खोलने की आवश्यकता नहीं होती है और वो इसलिए, कम जल-वाष्प छोड़ते हैं। अध्ययन के अनुसार, पौधे के स्तर पर यह छोटी प्रक्रिया, जब वर्षावन में दोहराई जाती है, तो वातावरण में परिवर्तन होता है, जिससे हवाओं के बहने का तरीका और समुद्र से आने वाली नमी का प्रवाह प्रभावित होता है। वाष्पोत्सर्जन- वह प्रक्रिया जिसके द्वारा नमी पौधों के माध्यम से जड़ों से पत्तियों तक ले जाती है, जहाँ यह वाष्प में बदल जाती है और वातावरण में छोड़ दी जाती है। यह प्रक्रिया उतनी ही नमी का योगदान करती है, जितनी कि समुद्र से वाष्पित होकर बारिश के रूप में लौटती है। उच्च कार्बन डाइऑक्साइड के साथ, पेड़ और जंगल हवा में कम नमी को वाष्पित करते हैं, इसलिए अमेझॉन के ऊपर कम बादल बनते हैं। हालांकि, बढ़े हुए कार्बन डाइऑक्साइड और कम नमी का प्रभाव अन्य उष्णकटिबंधीय जंगलों, विशेष रूप से अफ्रीका में और मलेशिया, पापुआ न्यू गिनी और इंडोनेशिया के द्वीपों पर पूरी तरह से अलग होगा। इन जंगलों में वर्षा में वृद्धि देखी जा सकती है क्योंकि नमी की कमी से सतह के तापमान में आसपास की समुद्री हवा की तुलना में भारी वृद्धि होगी, इस प्रकार, महासागर प्रणालियों से अधिक नमी खींचेगी। 'कम्युनिटी अर्थ सिस्टम मॉडल' यह पृथ्वी के जलवायु संबंधी भूत, वर्तमान और भविष्य का अत्याधुनिक छद्मवेष धारण मॉडेल है । इस मॉडेल के तहत कार्बन डाइऑक्साइड की वृद्धि अलग-अलग महाद्वीपों में अलग-अलग होती है। प्रत्येक महाद्वीप में विभिन्न परिसंचरण, नमी और स्थिरता परिवर्तन वनस्पतियों के पर्ण-रंध्र प्रवाहकत्त्व (conductance) और वाष्पोत्सर्जन में गिरावट के कारण उत्पन्न होते हैं। अलग-अलग महाद्वीपों पर स्थानीय वायुमंडलीय प्रतिक्रियाओं का योग पैन-उष्णकटिबंधीय वर्षा में असममिति या विषमता का वर्णन करता है। इस के दृश्य परिणाम स्वरूप में एशियाई और अफ्रीकी उष्णकटिबंधीय जंगलों में मॉनसून वर्षा में सापेक्ष वृद्धि और दक्षिण अमेरिकी जंगलों में घट होने की संभावना है। बढ़ते कार्बन डाइऑक्साइड के कारण अमेझॉन वर्षावन को सूखे और वन-मर्त्यता (mortality) का सबसे अधिक खतरा है। अमेझॉन वायुमंडल में कम जल-वाष्प छोड़ रहा है और जंगल के ऊपर कम बादल बन रहे हैं, अटलांटिक महासागर से जल-वाष्प के साथ जुड़ाई (bonding) के लिए पहले से मौजूद या पूर्ववर्ती बादल नहीं होने के कारण यह जल-बाष्प अमेझॉन जंगल के बजाय एंडीज (Andes) पर्वत की ओर प्रस्थान करेंगे।

भारत सहित दक्षिण एशियाई मानसून क्षेत्र दुनिया की आबादी का पांचवां हिस्सा है जो आवासीय, कृषि और औद्योगिक उद्देश्यों के लिए मौसमी वर्षा पर बहुत अधिक निर्भर करता है। इसलिए, मानसूनी वर्षा के भविष्य का आकलन करने में काफी प्रयास किए जाते हैं। मानवजनित एरोसोल ने पिछले दशकों में गतिशील मानसून परिसंचरण और संबंधित वर्षा को कमजोर कर दिया है। फिर भी, प्रतिदर्श सुझाव देते हैं कि बढ़ी हुई ग्रीनहाउस गैसों के ऊष्मागतिक प्रभाव, साथ ही साथ वायुमंडलीय नमी की मात्रा में वृद्धि के परिणामस्वरूप, समग्र रूप से ग्रीष्मकालीन मान्सून की वर्षा और परकोटी की वर्षा की घटनाओं में वृद्धि होगी।

दुनिया भर के वैज्ञानिक पहले से ही जानते हैं कि जलवायु परिवर्तन भारतीय उपमहाद्वीप के वार्षिक मानसून चक्र को प्रभावित कर रहा है। हालाँकि, मानवीय गतिविधियाँ परिवर्तनों को प्रभावित कर सकती हैं यह पुष्टि करने के लिए ऐतिहासिक डेटा की कमी है। किन्तु यह डेटा महासागरीय तलछट में सुरक्षित है। अधिकांश महासागरीय तलछट में सूक्ष्म-जीवाश्म (micro fossil) हो सकते हैं - छोटे प्लवकों के कवच या बाह्य-कंकाल रूपी अवशेष जो पानी में रहते थे और उनकी मृत्यु के बाद समुद्र तल की परतों में बस जाते है। इनमें छिद्रधारी (फोरामिनिफेरा), रेडिओलेरियन और डायटम यह प्लवक (plankton) शामिल हैं। छिद्रधारी के कवच कैल्शियम कार्बोनेट से तो

रेडिओलेरियन और डायटम के कवच सिलिका के बने होते है। इन सभी सूक्ष्म जीवाश्म के मुख्य उपयोगों में से एक है- जैवस्तरिकी (biostratigraphy)- सूक्ष्म जीवाश्म प्रजातियों की जांच करके तलछट की उम्र का पता लगाने की एक विधि। चूंकि विभिन्न प्रजातियां विकसित हुई हैं और समय के साथ विलुप्त हो गई हैं, विशेष प्रजातियों की उपस्थिति या अनुपस्थिति तलछट की उम्र का एक अपरिष्कृत सुझाव दे सकती है।

परिकल्पना

जलवायु परिवर्तन प्रेरित जल-खतरों के प्रति छेद्यता (vulnerability) को कम करने के लिये सभी स्तरों पर अल्पीकरण या शमन, (mitigation) अनुकूलन, (adaptation) और लचीलापन या तन्यकता (resilience) इन तीन स्तंभों के इर्दगिर्द सामुहिक प्रज्ञता के अनुसार समस्त रणनीतियाँ एवं कार्यवाही को संकेन्द्रित करने की आवश्यकता है।

क्रिया-विधि

प्रस्तुत लेख गुणात्मक (qualitative) विषय-वस्तु विश्लेषण (content analysis) के दायरे में असंरचित और गैर-संख्यात्मक डेटा पर निर्भर रहकर समस्या के सटीक स्वरूप को हल करने के लिए इस क्षेत्र के विशेषज्ञों एवं अनुसंधान कर्ताओं के संदर्भ सूचीबद्ध प्राथमिक एवं प्रकाशित साहित्य या डेटा का समीक्षात्मक अध्ययन है।

विचार विमर्श

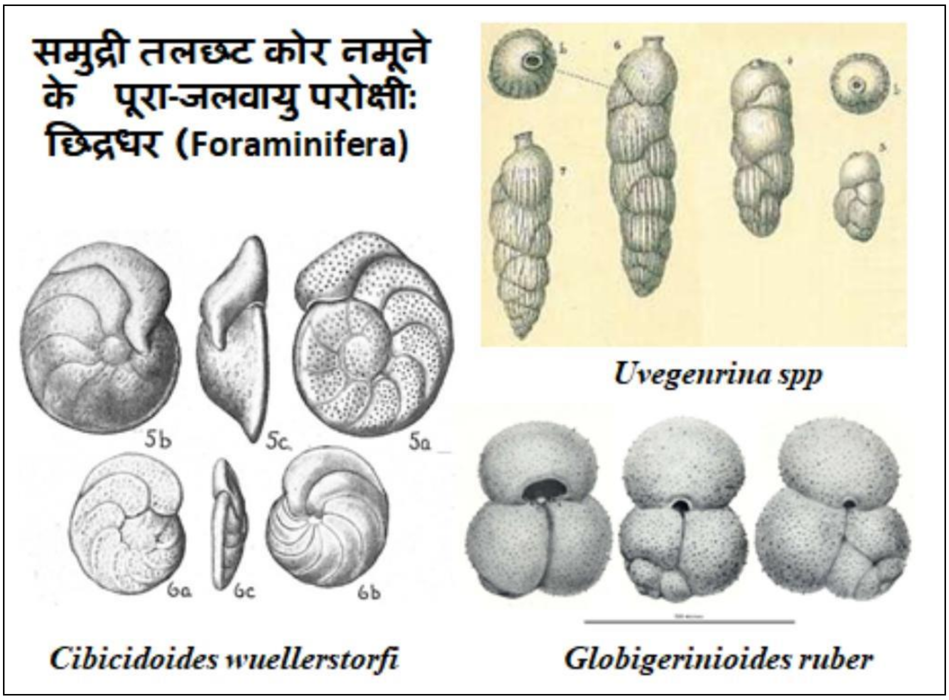
नितलस्थ (benthic) छिद्रधारी अंत:ज्वारीय से महाद्वीपीय जल-सीमा क्षेत्र की तलछट (sediment) के प्रमुख समुद्री जीवधारी हैं, जो वैश्विक कार्बन चक्र के प्राथमिक घटक हैं। अधिक विपुलता, परिवेश की स्थितियों के प्रति संवेदनशीलता और तलछट में दीर्घकालिक संरक्षण, छिद्रधारी को पूरा-समुद्रविज्ञानीय एवं पूरा-जलवायु संबंधी परिवर्तनों के पुनर्निर्माण के लिए व्यापक रूप से इस्तेमाल किया जाने वाला परोक्षी (proxy) या प्रतिनिधि बनाता है। स्वाभाविक और मानवजनित रूप से तनावग्रस्त पर्यावरण में असामान्य या तनाव-सहिष्णु छिद्रधारी की विपुलता बढ़ जाती है किंतु सामान्य नितलस्थ छिद्रधारी की विपुलता और विविधता ऐसे हालात में कम हो जाती है। उष्ण या शीत पानी, उच्च या निम्न ऑक्सीजन या खाद्य की उपलब्धता की स्थिति से निपटने की क्षमता के लिए छिद्रधारी की अलग-अलग प्राथमिकताएँ होती हैं, और इसलिए तलछट में मौजूद छिद्रधारी की प्रजातियों को जानने से वे उस जलवायु के बारे में बहुत सटीक सुझाव दे सकते हैं जिसमें वे रहते थे। इसके अलावा, वे आम तौर पर कैल्शियम कार्बोनेट से अपने कवच बनाते हैं। वे इन तत्वों को समुद्री जल से सोख लेते हैं, जिसका अर्थ है कि समुद्री जल की कुछ रासायनिक विशेषताओं को उनके कवच में संरक्षित किया जाता है। छिद्रधारी के कवच के रसायनविज्ञान में छोटे बदलाव वैज्ञानिकों को अतीत में पृथ्वी का कितना पानी बर्फ की चादरों में बंद था या समुद्री जल के तापमान का अभिलेख बनाने में सक्षम बनाते हैं।

कीचड़ की ये परतें समुद्र तल पर सैकड़ों या हजारों मीटर पानी के नीचे जमी होती हैं। वैज्ञानिक उन्हें 'कोरिंग' (coring) नामक एक प्रक्रिया का उपयोग करके उनका अध्ययन करने के लिए सतह पर लाते हैं। इसमें समुद्र तल पर कीचड़ की नितलस्थ परतों को कोरर के जरिये सुराख़ या रंध्र करने के लिए जहाज के पीछे से एक बड़ी धातु ट्यूब भेजना, कीचड़ को उसी स्वाभविक मूल क्रम में ट्यूब में भरना या समाना और सतह पर लाना शामिल है। कोर सैम्पल का मतलब है कि तलछट के कीचड़ से भरी एक ट्यूब जो परतों के जमाव के मूल क्रम को बनाए रखती है। वास्तव में कोरिंग यह एक बहुत ही गहन प्रक्रिया है जो कठोर बल और जटिल सुस्पष्टता या परिशुद्धता का एक अजीब मिश्रण है। कोर सैंपल के रूप में समुद्र तल से प्राप्त किया गया सबसे लंबा तलछट रिकॉर्ड लगभग 2.5 किलोमीटर लंबा है। किन्तु अबतक का बरामद किया सबसे पुराना तलछट रिकॉर्ड लगभग केवल 500 मीटर लंबा है, लेकिन लगभग 170 मिलियन वर्ष पुराना है। तलछट के प्रकार और संरचनाओं में परिवर्तन को ध्यान में रखते हुए प्रयोगशाला में वापस फिरसे सावधानीपूर्वक और कड़ी मेहनत से एक लंबे कोर नमूने के एक एक सेंटीमीटर की कडी जांच की जाती है। तलछट के कोर और उन्हें बनाने वाली प्रक्रियाओं के बारे में अधिक से अधिक जानकारी प्रदान करने के लिए अतिरिक्त भू-रासायनिक विश्लेषण किए जाते हैं। अंतिम परिणाम जलवायु परिवर्तन का एक रिकॉर्ड होगा- जो संभावित रूप से लाखों साल पहले का है।

हाल ही में *'सायन्स एड़वान्सेस'* नामक जर्नल में छपे हुए शोध-पत्र में शोधकर्ताओं ने पाया की पिछले मिलियन वर्षों में, वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की वृद्धि के बाद दक्षिण एशियाई मान्सून की वर्षा में पर्याप्त वृद्धि हुई है। इस अनुसंधान में भारत, अमेरिका, यूरोप, ऑस्ट्रेलिया और जापान के 30 शोधकर्ताओं ने 2014 में अन्वेषण जहाज- *'जॉयड्स रेज़ोल्यूशन'* में बंगाल की खाड़ी की यात्रा की। महानदी द्रोणी (basin) में, उन्होंने 600 से 700 मीटर लंबे कोर (core) नमूने जिनमें मानसून से समुद्र में तलछट अपवाह शामिल है निकालना शुरू किया। नवंबर, 2014 में सिंगापुर से रवाना हुए, अन्वेषण जहाज और चालक दल ने दो

महीनों में लगभग 4,000 समुद्री मील की यात्रा की, बंगाल की खाड़ी में और उसके आसपास के छह स्थानों से कोर एकत्र किए, 33 दिनों के साइट पर ड्रिलिंग के दौरान 4280 मीटर तलछट संग्रहीत की। *'अंतर्राष्ट्रीय महासागर खोज कार्यक्रम अभियान-353'* के तहत तलछट कोर के लिए ड्रिल करने के इस अंतर्राष्ट्रीय अभियान को अमेरिका के नेशनल साइंस फाउंडेशन द्वारा वित्त पोषित किया गया था। वर्तमान अध्ययन के निष्कर्ष महानदी अपतटीय द्रोणी से भारतीय सीमांत (साइट U1446) पर समुद्र तल से 1430 मीटर नीचे निकाले गए कोर पर आधारित हैं। तीन तरफ से जमीन से घिरी बंगाल की खाड़ी, दुनिया का सबसे कम खारा समुद्र द्रोणी है, जो सालाना लगभग 2950 क्यूबिक किलोमीटर अपवाह (run-off) प्राप्त करता है। इस साइट के तलछट गहरे भूरे से राख समान अर्ध वेलापर्वती (hemi-pelagic) मिट्टी से बनी होती है जिसमें अतिसूक्ष्म जीवाश्म और छिद्रधारी होते हैं। लिथोजेनिक घटक महानदी द्रोणी से प्राप्त होता है, जिसमें वार्षिक तलछट का 90% से अधिक ग्रीष्मकालीन मानसून के दौरान पहुँच जाता है। वर्षा में परिवर्तन और सतही समुद्री लवणता को वहां जमा तलछट के कई रासायनिक, भौतिक, समस्थानिक और जैविक घटकों में कैद और संरक्षित किया जाता है; जो परोक्षी के रूप में पुरा-जलवायु (paleo-climate) की कहानी बयां करते है। एक बार तलछट कोर प्रयोगशाला में वापस आ जाने के बाद, शोधकर्ताओं ने भारतीय महाद्वीपीय मार्जिन पर साइट U1446 से प्लवकीय जीवाश्मों में ऑक्सीजन समस्थानिक (^{18}O), पत्ते के आवरण की मोम (leaf wax) के कार्बन समस्थानिक (^{13}C) और रूबिडियम (Rb) जैसे परोक्षी या संकेतकों का उपयोग करके पिछले मानसून का समस्थानिक रूप से पुनर्निर्माण किया।

वास्तव में समुद्र के तल पर कीचड़ और उसके सूक्ष्म जीवाश्म पुरातन जलवायु और पर्यावरण परिवर्तन के बारे में जानकारी का खजाना है। प्राचीन जलवायु के पुनर्निर्माण के लिए इन कवचधारी सूक्ष्म जीवाश्मों को एक परोक्षी (proxy) या प्रतिनिधि के रूप में उपयोग किया जाता है। पुराजलवायु की पुनर्रचना के लिए यह समझने की आवश्यकता है- कि कौनसा परोक्षी जलवायु के किसी पहलू से कैसे संबंधित है? इस शोधपत्र में जिक्र किये हुए छिद्रधारी सूक्ष्म जीवाश्मों को चित्र क्र.1 में दिखाया गया है।



चित्र 1

जलवायु के बारे में विस्तृत जानकारी का अनुमान लगाने के लिए एक ही तत्व से स्थिर समस्थानिक (isotope) के अनुपात को संग्रह सामग्री से मापा जा सकता है। उदाहरण के लिए, बारिश या बर्फ में ^{18}O से ^{16}O का अनुपात तापमान, आर्द्रता और वायुमंडलीय परिसंचरण द्वारा नियंत्रित होता है। कोई भी संग्रह जो इन समस्थानिकों को निष्ठापूर्वक संरक्षित करता है, इन जलवायु मापदंडों में परिवर्तन के बारे में जानकारी प्रदान कर सकता है। पूराजलवायु परोक्षी भूगर्भिक रिकॉर्ड के भीतर संरक्षित हैं जिनका विश्लेषण

आधुनिक दुनिया में जलवायु या पर्यावरण मानकों के साथ सह-संबंधित किया जा सकता है। प्राचीन जलवायु और पर्यावरण के ये पुनर्निर्माण हर साल, साल-दर-साल की विविधताओं से लेकर लाखों वर्षों में हुए परिवर्तनों तक फैले हुए हैं। ये डेटा हमें यह समझने में मदद करते हैं कि भूदृश्य के मानव परिवर्तन से पहले और बाद में पृथ्वी की जलवायु प्रणाली कैसे भिन्न है?

यह अनुसंधान महत्वपूर्ण है क्योंकि इस तरह के बहु-परोक्षी (multi-proxy) विश्लेषण हमें अतीत में मानसून को बेहतर तरीके से पदचिह्नों से पता लगाने में मदद करते हैं। प्रत्येक परोक्षी एक अलग कारक के प्रति संवेदनशील है, जिसे हम जांचना चाहते हैं; जब हम विभिन्न परोक्षी खोजबीन में कार्यरत करते हैं और अगर हमें एक ही 'परिणामों के सुझाव' मिलते है तो यह हमारे विश्लेषण एवं निष्कर्ष को विश्वसनीयता देता है। रूबिडियम और कैल्शियम स्थलीय अपवाह और ऊपरी महासागर स्तरीकरण के लिए एक परोक्षी के रूप में रूबिडियम / कैल्शियम अनुपात का निर्माण करते हैं। रूबिडियम अपवाह के साथ बढ़ते हुए महीन दाने वाले स्थलीय तलछट निर्वहन के साथ जुड़ा हुआ है; जबकि कैल्शियम जीव-जनित कैल्शियम कार्बोनेट में परिवर्तन का प्रतिनिधित्व करता है; जो अपवाह के साथ घटता है क्योंकि बंगाल की खाड़ी में मीठे पानी से प्रेरित स्तरीकरण से प्राथमिक उत्पादन कम हो जाता है।

इस अनुसंधान ने खुलासा किया है कि वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड का स्तर और संबंधित तापक्रम वृद्धि पिछले मिलियन वर्षों में दक्षिण एशियाई मानसून की तीव्रता को आकार देने में 'प्रमुख खिलाड़ी' रहे है। यह निष्कर्ष 'संख्यात्मक मॉडल' का समर्थन करते हैं जो भविष्य में वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड सांद्रता में वृद्धि के साथ मजबूत मान्सून की भविष्यवाणी करते हैं। वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड में उतार-चढ़ाव के साथ-साथ, प्रातिनूतन युग (Pleistocene) में मानसून महाद्वीपीय बर्फ की मात्रा और हिंद महासागर के दक्षिणी गोलार्ध से नमी के आयात के प्रति भी संवेदनशील थे। शोध के मुताबिक भविष्य के जलवायु परिवर्तन का पूर्वानुमान करने के लिए इस्तेमाल किए गए संख्यात्मक मॉडल को इससे सबूत प्राप्त हुए है। वैज्ञानिकों ने पिछले 900,000 वर्षों में समुद्र तल पर जमे हुए तलछट के परतों में सुरक्षित रूप से छिपे हुए परोक्षी रूपी सुरागों का उपयोग करके मान्सून गतिविधि का पुनर्निर्माण किया। वैज्ञानिकों ने दिखाया कि बर्फ की मात्रा और कार्बन डाइऑक्साइड के संयुक्त प्रभावों के साथ-साथ दक्षिणी गोलार्ध से उत्तरी गोलार्ध में गर्मियों के मान्सूनी हवाओं में कितनी नमी बह रही है, यह मान्सून के प्रति समान रूप से संवेदनशील है। ये दो मुख्य कारक हैं जो इस अध्ययन के अनुसार मान्सून में बदलाव लाते हैं। वातावरण में बर्फ की मात्रा और कार्बन डाइऑक्साइड स्तरों के बीच युग्मन एक साथ मान्सून को प्रभावित करते हैं। उत्तरी गोलार्ध में बर्फ की मात्रा और वातावरण में कार्बन डाइऑक्साइड का स्तर अतीत में घनिष्ठ रूप से जुड़ा हुआ है। लगभग उसी समय कार्बन डाइऑक्साइड चरम पर पहुँच जाता है, वैश्विक बर्फ की मात्रा न्यूनतम तक पहुँच जाती है, इसलिए जब कार्बन डाइऑक्साइड का प्रमाण बढ़ जाता है, तो बर्फ की टोपियाँ पिघल जाती हैं और समुद्री बर्फ ध्रुवीय टोपीयों की ओर पीछे हट जाती है।

अध्ययन के निष्कर्ष भविष्यवाणियों की पुष्टि करते हैं कि मान्सून वास्तव में कार्बन डाइऑक्साइड से संबंधित तापक्रम वृद्धि के प्रति संवेदनशील है और एक गर्म दुनिया में, वातावरण में अधिक जल-वाष्प होने जा रहा है। शोध से पता चलता है कि भविष्य में कार्बन डाइऑक्साइड के स्तर में वृद्धि के साथ तेज बारिश होगी। जहां तक कार्बन डाइऑक्साइड से जुड़े तापक्रम वृद्धि के वैश्विक प्रभावों का सवाल है, जिन स्थानों पर अभी बारिश हो रही है, वहां अधिक वर्षा होने की संभावना है। जब भी वातावरण में अधिक कार्बन डाइऑक्साइड होता हैं तो यह गर्म हो जाता है और गर्म वातावरण वैश्विक महासागर से अधिक नमी को वाष्पित कर देता है; इसलिए वैश्विक वातावरण में अधिक नमी होगी; जिसके चलते अधिकांश जगहों पर अधिक वर्षा हो सकती है।

उपसंहार

भारतीय ग्रीष्मकालीन मान्सून दक्षिण एशिया में कृषि और उद्योग के लिए अधिकांश पानी की आपूर्ति करता है और 1.4 अरब लोगों की ख़ुशहाली के लिए महत्वपूर्ण है। मानसून में सक्रिय और विराम अवधि का खेती की सफलता पर एक बड़ा प्रभाव पड़ता है, जबकि वर्षा में साल-दर-साल भिन्नता का अंतरराष्ट्रीय स्तर पर आर्थिक परिणाम होता है। भविष्य में शहरीकरण की दर में वृद्धि होने से 2050 तक दुनिया की 68% आबादी के शहरी होने की उम्मीद है। लोगों, इमारतों और बुनियादी ढांचे का बढ़ता संकुलन (agglomeration) जलवायु परिवर्तन -प्रेरित जल-खतरों की स्थिति में एक अधिक आघात-योग्य (vulnerable) समाज का सुझाव देता है। हाल के वर्षों में जलवायु परिवर्तन के परिणामस्वरूप एक तनावग्रस्त जलीय चक्र ने बाढ़ जैसे प्राकृतिक खतरों की बारंबारता में वृद्धि की है। नदी की बाढ़ जो लगातार बारिश से नदी के ऊर्ध्वप्रवाह (upstream) में बांध का संग्रहित पानी अचानक छोड़े

जाने के कारण होता है, भारत के बहुतांश राज्यों में साल दर साल तबाही का प्रमुख कारण बना है।

इस संदर्भ में अंतरराष्ट्रीय स्तर पर प्रचलित बांध संचालन नियम सूची- नियम वक्र (rule curve) का ज़िक्र यहाँ क्रमप्राप्त है। नियम वक्र तहत एक वर्ष में अलग-अलग समय पर जलाशय में पानी के स्तरों को बनाए रखने को निर्दिष्ट किया है। नियम वक्र यह नियंत्रित करता है कि बांध को कब और कैसे भरा और खाली किया जाना चाहिए, और यह सुनिश्चित करता है कि बांध केवल मानसून के अंत तक अपनी क्षमता से भरा हो। भारत में बांध संचालक लगभग कभी भी इसका पालन नहीं करते हैं। परिणाम स्वरूप देश में हाल ही में बाढ़ से अधिकांश तबाही बांध का पानी अचानक छोड़े जाने के कारण हुई है। इसके अलावा यह नियम 1950 के दशक में उस समय के वर्षा पैटर्न के आधार पर तैयार किया गया था। पिछले सात दशकों में जलवायु परिवर्तन की वजह से बारिश अधिकाधिक अनियमित और मूसलाधार हुईं है। इस पृष्ठभूमि में नियम वक्र की समीक्षा करने की आवश्यकता है और इसे अधिक गतिशील और लचीला बनाया जाना चाहिए। देश में 5,745 बांध हैं, जिनमें से 293 सौ साल से अधिक पुराने हैं। 25 फीसदी बांधों की उम्र 50 से 100 साल के बीच है। 2025 तक स्थिति भयावह हो जाएगी, क्योंकि इस समय तक 301 बांध 75 वर्ष पुराने हो चुके होंगे। कम से कम 496 बड़े बांध 50 साल से ऊपर के होंगे। भारत में बांध 100 वर्षों तक चलने के लिए डिज़ाइन किए गए हैं। सभी बड़ी जल भंडारण संरचनाएं समय के साथ कमजोर हो जाती हैं। कॉन्क्रीट और स्टील जैसी निर्माण सामग्री लहरों से होने वाले अपघर्षण (abrasion), ऊष्मीय विस्तार और गुहिकायन (cavitation) के कारण बांध कमजोर होकर भंग होने का खतरा बना रहता है।

जलवायु परिवर्तन प्रेरित जल-खतरों के प्रति छेद्यता को कम करने के लिये सभी स्तरों पर अल्पीकरण या शमन (भूमण्डलीय तापक्रम वृद्धि की दर को धीमा करना), अनुकूलन (ग्लोबल वार्मिंग के प्रभावों के साथ समायोजन या सामंजस्य करके जीने के लिए कदम उठाना) और लचीलापन या तन्यकता (जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का सामना करने में बेहतर या सक्षम बनना) इन तीन स्तंभों के इर्दगिर्द सामुहिक प्रज्ञता के अनुसार समस्त रणनीतियाँ एवं कार्यवाही को संकेन्द्रित करने की आवश्यकता है। बाढ़ को रोका नहीं जा सकता है, लेकिन पर्याप्त तैयारी, या पिछली घटनाओं से सीख लेने जैसे तन्यकता के सिद्धांतों का पालन करके बाढ़ के प्रभावों को कम किया जा सकता है।

सन्दर्भ सूची

1. राइजिंग कार्बन डाइऑक्साइड लेवल कैन लीड टू ड्रायर अमेझॉन अँड ब्रिन्ग मोर रेन इन अफ्रीकन अँड पैसिफिक फॉरेस्ट्स (29th मई 2018) *डाउन टू अर्थ* https://www.google.com/amp/s/www.downtoearth.org.in/news/climate-change/amp/rising-co2-can-lead-to-drier-amazon-and-bring-more-rain-in-african-and-pacific-forests-60682
2. कूपरमन जी. जे., चेन वाय., हॉफमन एफ एम *एट. अल.* (2018) फॉरेस्ट रिस्पॉन्स टू राइजिंग कार्बन डाइऑक्साइड ड्राइव्हज झोनली असिमेट्रिक रेनफॉल चेंज ओव्हर ट्रॉपिकल लैंड *नेचर क्लायमेट चेंज* खंड 8, पन्ने: 434–440. https://doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7
3. पॅलिओक्लायमेट रिसर्च प्रोक्सिज *यूएस जिऑलॉजिकल सर्व्हे* https://www2.usgs.gov/landresources/lcs/paleoclimate/proxies.asp
4. वलजैक मौरीन *एट. अल.,* (2021) गोईंग बैक ई टाइम विथ मड़ *ऑस्ट्रेलियन अकैडमी ऑफ साइंसेस* https://www.science.org.au/curious/earth-environment/sediments
5. घोष सहाना (14th जुलाई 2021) एटमोस्फियरिक कार्बन डाइऑक्साइड एंड वार्मिंग शेप्ड पास्ट इंडियन मान्सून: स्टडी *मोंगबे. कॉम* https://india.mongabay.com/2021/07/atmospheric-carbon-dioxide-and-warming-shaped-past-indian-monsoons-study/
6. क्लेमेंस सी., यामामोटो मसानोबु, थिरूमलाई कौस्तुभ *एट. अल.,* (2021) रिमोट एंड लोकल ड्राइवर्स ऑफ प्लीस्टोसिन साउथ एशियन समर मान्सून प्रेसिपिटेशन : अ टेस्ट फ़ॉर फ्यूचर प्रेडिक्शन्स *सायन्स एडवांसेस* खंड. 7, अंक. 23, eabg3848 DOI:10.1126/sciadv.abg3848
7. डग्लस इयान (25th फ़रवरी, 2020) क्लायमेट चेंज: मिटिगेशन, अडॉप्टेशन, रेसिलिएन्स. कॉमनवेल्थ ह्यूमन इकोलॉजी कौंसिल https://www.checinternational.org/climate-change-mitigation-adaptation-resilience/