भारत में हिमनद अध्ययन की स्थिति

डॉ मनोहर अरोरा
वैज्ञानिक "ब"
एवं पीयूष कुमार शर्मा
राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान

प्रस्तावना

एक हिमनद , बर्फ के संहनन और पुनर्क्रिस्टलीकरण के द्वारा बने एक बड़े द्रव्यमान को कहते हैं । जो कि धीरे-धीरे विसर्पण ढलानों से नीचे आता है तथा अपने भार के कारण सभी दिशाओं में फैल जाता है तथा वर्षो तक इसी स्थिति में रहता है । इसकी कम गति, चाहे यह एक दिन में कुछ सेंटीमीटर या एक दिन में दस मीटर हो, इसको एक निष्प्रवाह हिम द्रव्यमान से अलग करती है ।

हिमनद निर्माण की प्रक्रिया को सीधे द्रव के हिम में परिवर्तन से समझा जा सकता है । या सामान्यतया हिम और बर्फ के क्रिस्टलों के वातावरण से अवक्षेपण द्वारा समझा जा सकता है । जल वाष्प , जो हिमनद तल से संपर्क में आकर जम जाती है , कई प्रकार की बर्फ बनाती है, जिनमें सबसे महत्वपूर्ण तूहिन होती है । तूहिन बर्फ देखने में सफेद होती है जो वायु में उपस्थित बुलबुलों के हिमनद के संपर्क में आने पर बनती है । बर्फ निर्माण में सबसे बड़ा योगदान वार्षिक हिमपात का होता है जो कि सर्दियों के महीनों में लगातार होने वाले हिमपात से होता है ।

पिछले शीतकाल के दौरान इकट्ठी हुई हिम यदि आने वाली गर्मियों में नहीं हटे तो यह धीरे-धीरे यह हिमनद हिम में परिवर्तित हो जाती है । फर्न शब्द सामान्यतया उस हिम के लिये प्रयुक्त होता हे जो कि ग्रीष्म काल में, गलन काल में, ज्यों की त्यों बनी रहती है तथा बर्फ में परिवर्तित होनी शुरू हो जाती है । फर्न से बर्फ में बदलने की प्रक्रिया कई प्रकार के चरणों में पूरी होती है , जिसका संपूर्ण प्रभाव क्रिस्टल के आकार को बढ़ाता है , हवा के संक्रमण को हटाता है तथा इस प्रकार संपूर्ण घनत्व को 0.80 से 0.85 ग्राम सेमी. तक बढ़ाता है ।

हिमनदों की उत्पत्ति की व्याख्या के लिए कई प्रकार के सिद्धान्त दिये गये हैं । इनमें से एक स्थलाकृतिक सिद्धान्त के अनुसार क्योंकि ऊँचाई बढ़ने के साथ-साथ तापमान घटता है तो इसलिए ऊँचे पर्वतों पर हिमनद बनते हैं ।

हिमनदों का वितरण

वर्तमान में , संपूर्ण विश्व में हिमनद लगभग 15,000,000 वर्ग कि.मी.क्षेत्रफल में फैले हैं, जो कि दो हिम महाद्वीपों अंटार्कटिका व ग्रीनलैंड से, जिनका क्षेत्रफल 14,000,000 वर्ग कि.मी. से थोड़ा ज्यादा है । बाकी बचा हिम आवरण उत्तरी गोलार्ध के निम्नलिखित पर्वत श्रृंखलाओं -आल्पस, रॉकी, हिमालय (कराकोरम सहित) और न्यूजीलैंड आल्पस , में वितरित है । इन पर्वत श्रृंखलाओं में हिमनदों का वितरण इतना फैला हुआ तथा सघन है कि कोई विशेष अक्षांशीय क्षेत्र परिभाषित नहीं किया जा सकता है । इन श्रृंखलाओं में हिमनद की संख्या तथा प्रकृति , वर्तमान में सीमित वृद्धि की तुलना में , हिम काल के दौरान कहीं ज्यादा हुई है ।

हिमालय पर्वत श्रृंखला में हिमनदकरण अंतिम हिमकाल (बीस लाख वर्ष पहले) का परिणाम है । माना जाता है कि हिम काल के दौरान, बर्फ और हिम आवरण, बाह्य हिमालय की दक्षिणी सीमा से बाहर बढ़ सकता था । नवीन अध्ययन बताते हैं कि अंतिम हिमकाल के दौरान 21 हिमनद चक्र हुए थे । प्रत्येक नया चक्र, अंतिम हिमनद चक्र से कम हो रहा था। हिमालयन पर्वत श्रृंखला के अंतर्गत भारतीय प्रादेशिक सीमा में हिमनदों की संख्या के रूप में सबसे बड़ा हिम आवरण है । हिमनद खोज कार्यक्रम के अंतर्गत भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण के द्वारा प्रत्येक हिमनद के लिए कम्प्यूटराइज्ड मास्टरकार्डो की संख्या पहले ही 7613 तक पहुँच चुकी है जो कि 9,000 तक पहुॅचने की सभावना है । ये हिमनद अपने आकार के अनुसार वितरित हैं जैसे सबसे छोटा, “नीचे हिमनद” तथा 74 किमी. लम्बा “सियाचीन हिमनद” , जो कि ध्रुवीय क्षेत्र से बाहर दूसरा सबसे बड़ा हिमनद है । ये हिमनद 27° N अक्षांश से 36° N अक्षांश तथा 72° E रेखांश से 96° E रेखांश तक वितरित है । इन हिमनदों की स्थिति (जम्मू कश्मीर, हिमाचल , उत्तराखण्ड , सिक्किम और अरूणाचल प्रदेश में है) ।

अब तक के आँकड़ों के अनुसार सबसे ज्यादा हिमनद - 2053 जम्मू कश्मीर राज्य में है , जबकि 90 प्रतिशत से ज्यादा (1983) हिमनद कराकोरम श्रृंखला में हैं । हिमनद आवरण के अंतर्गत संपूर्ण क्षेत्र लगभग 31,000 वर्ग किमी. है । जिसमें कुल हिम आयतन 11, 250,000 घन किमी. है । हिमनदकरण का माध्य तल कराकोरम में समुद्र तल से 6,000 मी. से अरूणाचल प्रदेश में समुद्र तल से 4,600 मी. की ऊँचाई तक है । हिमालय में स्थित हिमनद , आल्पस में स्थित अपने सह-हिमनदों से भिन्न है । हिमालय में स्थित हिमनद गलन क्षेत्र में ज्यादातर अधि-हिमानी हिमोढ़ से पूरी तरह से ढके रहने के कारण साफ नहीं रहते हैं । साधारणतया इन हिमनदों का मुख एक पूर्ण विकसित हिमगुफा की तरह होता है , जैसा कि सियाचीन तथा गंगोत्री हिमनद में है , जिनमें से बड़ी नदियां निकलती हैं । पिछले कुछ समय में, हिमालय में स्थित हिमनद गर्म हिमनद के रूप में वर्गीकृत किये गये हैं ।

हिमनद बर्फ का ताप, वास्तविक अवक्षेपण के समय वातावरण से सीधे संबद्ध होता है । हिमालय में तथा साथ ही साथ विश्व के अन्य भागों में हुए नवीन अध्ययनों से पता चलता है कि हिम तापमान बहुत है और हिमनद बनाने वाली हिम कुछ भागों में गर्म हिमनद का व्यवहार करती है तथा कुछ भागों में शीत हिमनद का गुण दर्शाती है । हिम पिंड की तापीय प्रकृति इसके जल गलन के योगदान को प्रभावित करती है ।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

भारतवर्ष में हिमनद विज्ञान अध्ययन

यूरोप में हिमनद आंकलन 18 वीं शताब्दी के मध्य में 1747 में शुरू हो चुका था , जबकि कुछ हिमनदों की स्थिति की जानकारी 1735 से उपलब्ध है । वास्तव में , यूरोप में हिमनदों के वैज्ञानिक आंकलन 19वीं शताब्दी के आरम्भ में शुरू हुए । ये आंकलन सामान्यतया मुख स्थिति की जानकारी तथा भू-आकृतिकी विज्ञान के मानचित्रकरण तक सीमित थे ।

भारत में हिमनद अध्ययन 19 वीं शताब्दी में खोजकर्ताओं जैसे , 'हेनरी स्ट्राचे' जैसे व्यक्तियों की पहल से शुरू हुआ । भारतीय भू वैज्ञानिक सर्वेक्षण ने हिमनद अध्ययन 19वीं शताब्दी के तीसरे चौथाई में आरम्भ किया जो कि अब तक जारी है । वास्तव में, भारत में, भू - वैज्ञानिक सर्वेक्षण , हिमनद शोध में मुख्य वास्तुकार की भूमिका निभा रहा है ।

1994 में ज्यूरिक , स्विट्जरलैंड में छठी अंतर्राष्ट्रीय भू-वैज्ञानिक कांग्रेस में 'अंतर्राष्ट्रीय हिमनद आयोग ' की स्थापना के साथ ही हिमनदों का आंकडा संग्रहण एक विशेष प्रकार से व्यवस्थित किया गया है । जो कि निम्न दो मूलभूत प्रश्नों के उत्तर दे सके :-

1. हिमनदों की व्यवहारिकता की जटिलता को समझना, क्षेत्रीय हिम आवरण का प्रसार तथा हिमनद क्षेत्र का भू-आकृतिकी विज्ञान इत्यादि ।

2. जलवायवी संबंधी इनकी दीर्घकालिक व कालिक विविधता की यांत्रिकी तथा भू-वैज्ञानिक नवीनतम हिम युग की प्रक्रिया ।

यह अध्ययन मोटे तौर पर हिमनद की स्थिति तथा हिमनद संकुचन प्रेक्षण तक ही सीमित था।

इस प्रकार की अध्ययन पद्धति बीसवीं शताब्दी के आरम्भ तक जारी रही । इस प्रकार भारतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण या बाह्य संस्थाओं द्वारा प्राप्त आंकड़े मुख्य रूप से भारतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण के आंकड़ों में दर्ज है ।

अंतर्राष्ट्रीय भू-भौतिकी वर्ष के द्वारा हिमनद अध्ययन की प्रक्रिया में पूरे विश्व में वृद्धि हुई है। भारत में भी इस अध्ययन में काफी वृद्धि हुई है । भारतीय भू-वैज्ञानिक सर्वेक्षण के अधिकारियों द्वारा अंतर्राष्ट्रीय भूभौतिकीय वर्ष (1957) में हिमालय में हिमनदों के एक बड़े भाग में समानान्तर आंकलन कार्यक्रम के द्वारा हिमालयन हिम आवरण के अध्ययन में बहुत बड़ी सफलता प्राप्त हुई है । जिसके कारण हिमालय के स्थायी हिम द्रव्यमान के आंकलन के अध्ययन के प्रति जागरूकता में वृद्धि हुई है । जबकि विश्व के अन्य भागों में इन अध्ययनों के द्वारा हिमनद के उद्‌गम और हिमनद संकुचन का पता लगाया जाता है । सन् 1965 में भूभौतिकीय विधि द्वारा हिमनद की मोटाई के रूप में बहुत छोटे लेकिन महत्वपूर्ण विचलन को जेमू हिमनद (सिक्किम) में प्रारम्भ किया गया ।

भारत सरकार के 'विज्ञान और तकनीकी विभाग' द्वारा अस्सी के दशक के प्रारम्भ में हिमालय में हिमनद अध्ययन के लिए किये जा रहे शोधों के लिए धन प्रदान किया जा रहा है जिसमें देशभर के कई संस्थान और एजेंसियाँ काम कर रहे हैं । **राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रूड़की** उन बड़े संस्थानों में से एक है जो विज्ञान और तकनीकी विभाग, भारत सरकार के कार्यक्रम के अंतर्गत हिमनद पर शोध कर रहे हैं ।

हिमनद हाइड्रोमीटरी (Glacier Hydrometry)

हिमालय से निकलने वाली नदियों को हिमनद गलन से काफी मात्रा में पानी प्राप्त होता है, जो गलन काल में काफी बढ़ जाता है । इस योगदान में आने वाले उतार-चढ़ाव का परिणाम इन नदियों के जल वैद्युत ऊर्जा तथा सिंचाई की उपयोगिता पर दृष्टिगत होता है । एक हिमनद के धनात्मक द्रव्यमान संतुलन का अर्थ होता है कम गलन तथा ऋणात्मक द्रव्यमान संतुलन अधिक गलन को दर्शाता है । इस तथ्य के साथ कि हिमनद द्रव्यमान संतुलन , मानसून वर्षा के साथ विपरीत संबंध दर्शाता है , हिमालय में कठिनाईयां और बढ़ जाती हैं । गत वर्षों में हिमनद हाइड्रोमीटरी (Hydrometry) और संभावित हिमनद गलन प्रवाह के पूर्वानुमान की तकनीक हिमनद अध्ययन का एक महत्वपूर्ण अंग बन गयी है । परियोजनाओं की रूपरेखा में इन जल स्रोतों के बेहतर प्रबन्धन के लिए भी यह महत्वपूर्ण कार्य करता है ।

हिमनद गलन में विचलन तथा हिमनद का द्रव्यमान संतुलन का पता लगाना बहुत जरूरी है। ऐसा करने के लिए, जितने हिमनदों पर संभव हो , पूरे गलन काल के दौरान (मई-अक्टूबर) वाटर डिस्चार्ज की गणना करना बहुत जरूरी होता है । हिमालय में हिमनद अध्ययन करने वाली कई टीमें हिमनद गलन प्रवाह के आंकलन के लिए या तो गलन प्रवाह के आर-पार इरेक्टिंग वियर का प्रयोग करती है या स्वचालित स्टेज सूचक का प्रयोग करते हैं । यह वहाँ पर स्थापित किये जाते हैं जहाँ प्रवाह फैला हुआ होता है , जिससे गलन काल में ऊँचाई पर जहाँ डिस्चार्ज दर काफी ज्यादा होती है वहाँ पर भी आंकड़ों का संकलन किया जा सके ।

कुछ स्थितियों में करंटमीटर का प्रयोग भी किया गया है । अन्य तकनीकें जैसे लवण द्रवीकरण विधि (Salt Dilution method) आदि का प्रयोग किया गया लेकिन उपकरणों की अनउपलब्धता के कारण यह सफल नहीं हुआ । आंकड़ों के प्राप्त होने पर कई पूर्वानुमान मॉडल बनाये गये । लेकिन बुरे परिणामों के कारण यह आंकड़े बिना परीक्षण के छोड़ दिये गये ।

गंगोत्री ग्लेशियर का एक दृश्य

इन अध्ययनों के परिणाम स्वरूप सामने आने वाले कुछ तथ्य इस प्रकार थेः-

1. औसत रूप में , अक्षांशीय विविधताओं से अलग, गलन काल में, हिमनद गलन से योगदान कुल डिस्चार्ज का लगभग 25 प्रतिशत से 30 प्रतिशत प्रतिदिन प्रति वर्ग किमी. रहा । धनात्मक संतुलन वर्षो में यह योगदान और कम होता गया ।

2. अधिकतम डिस्चार्ज जुलाई के मध्य से , मध्य अगस्त तक होता है । दिन के आंरभिक भाग में हिमनद गलन तटीय अपक्षरण से सीधे संबंध होता है । लेकिन दोपहर से तापीय प्रवणता बढ़ने के साथ, शाम तक डिस्चार्ज अधिकतम हो जाता है।

निलंबित अवसाद परिवहन

गलन जल धाराओं में अवसाद लोड का कुछ भाग निलंबन के रूप में तथा कुछ भाग बेड लोड के रूप में आता है । जैसा कि हम जानते हैं कि सभी हिमनद गलन धाराओं का सफेद दूधिया रंग इन निलंबित अवसादों के कारण ही होता है । इसके बावजूद भी, अब तक, भारत में परियोजना इंजीनियर , हिमालयन नदियों के सिल्ट लोड को हिमनद का योगदान नहीं मानते थे ।

यूरोप में तथा विश्व के अन्य भागों में हिमनद हाइड्रोमीटरी की इस छवि ने अपनी पहचान पचास के दशक में बनानी शुरू की थी । भारत में IHO कार्यक्रम की शुरूआत में कोई रूचि नहीं दिखाई गई जिसकी वजह अध्ययन के लिए पर्याप्त सुविधाएं न होना था । अतः अस्सी के दशक के आरम्भ में और ज्यादा हिमनदों का अध्ययन किया गया जिससे हिमनदों की स्थिति और निलंबित अवसादों का अध्ययन किया गया ।

प्रेक्षणों से पता चलता है कि गलन जल डिस्चार्ज तथा निलंबित अवसाद परिवहन में कोई रेखीय संबंध नहीं है कि जबकि डिस्चार्ज में वृद्धि के साथ, परिवहन अवसाद लोड कई गुणा बढ़ जाता है ।

एक गलन धारा में , गलन काल में , कुछ ही हफ्तों में यहाँ तक कि भारी डिस्चार्ज के एक हफ्ते के अंदर , कुल निलंबित अवसाद लोड का 30 प्रतिशत तक प्रवाहित होता है । परिणामस्वरूप कोई भी औसत मान प्रयोग नहीं किया जा सकता है । प्रेक्षणों से पता चलता है कि काउंटी रॉक का प्रकार निलंबित अवसाद द्वारा बने क्वांटम पर सीधा असर रखता है ।

यह पाया गया है कि एक छोटे हिमनद जैसे ‘ गारा’ जिसका क्षेत्रफल 5 वर्ग कि.मी. है से निकलने वाली गलन धारा , गलन काल के उच्च डिस्चार्ज अवधि में 4,000 टन तक निलंबित अवसाद को प्रवाहित करते हैं । (रैना 1977)

औसतन , हिमालय में गलन काल में, हिमनद बर्फ की अवसाद लोड उत्पन्न करने की क्षमता 30 टन प्रति दिन प्रति वर्ग किमी. पायी गयी है, जो कि आल्पस में पाये जाने वाले हिमनदों के मान से काफी कम है ।

उपसंहार

हिमालय में हिम द्रव्यमान संचयन ध्रुवीय क्षेत्रों के अंटार्कटिक और ग्रीनलैड क्षेत्रों के बाद दूसरा सबसे बड़ा संचयन है । हिमालयन हिमनद तापीय या गर्म हिमनदों के रूप में माने जाते हैं तथा गलन क्षेत्रों में अधिहिमानी हिमोढ़ से पूरी तरह ढके रहने के कारण साफ नहीं रहते हैं । हिमालय में हिमनद का माध्य तल पश्चिम में समुद्रतल से 6000 मी. की

ऊँचाई तक तथा पूर्वी भाग में 4600 मी. तक होता है। अधिकतर हिमनद ऋणात्मक द्रव्यमान संतुलन दर्शाते हैं जो हिमनद मुख के पीछे खिसकने की प्रवृति को दर्शाता है । यह "विश्व तापीय वृद्धि" को दर्शाता है जो शीतकाल में कम वर्षा तथा ग्रीष्म काल में अधिक गलन को भी बताता है । औसत रूप में , ग्रीष्म काल में जून से सितम्बर तक कुल डिस्चार्ज का लगभग 25 प्रतिशत से 30 प्रतिशत तक प्रतिदिन प्रति वर्ग कि.मी. तक डिस्चार्ज होता है तथा अधिकतम डिस्चार्ज मध्य जुलाई से अगस्त मध्य तक होता है । हिमनद गलन में एक बड़ी मात्रा में निलंबित लोड का प्रवाह होता है तथा अवसाद स्थानान्तरण एक ग्रेनाइट में लाइमस्टोन टैरेन की अपेक्षा ज्यादा होता है । हिम की मोटाई गारा हिमनद के 250 मीटर वृत्तीय क्षेत्र से जेमू हिमनद के मध्य क्षेत्र में 200 मीटर तक की विविधता को दर्शाता है । सामान्यतया हिमालयन हिमनद 5 मी. से 10 मी. तक प्रतिवर्ष पीछे खिसकते हैं जबकि कुछ अन्य हिमनद 20 मी. से 30 मी. तक प्रतिवर्ष पीछे खिसकते हैं । अधिकतर हिमनद गलन अवसाद आवरित हिमनदों में होता है जो पहले हिमनदों में ज्यादा ताप ग्रहण को दर्शाता है । जो कोल डस्ट स्प्रे परीक्षण से सिद्ध हो चुका है । हिमनद का अतिशीतल भाग हिमनद के मध्य में होता है । हिमालयन हिमनदों के व्यवहार को ठीक प्रकार से समझने के लिए अभी और अधिक अध्ययन और आंकड़ों की आवश्यकता है ।

****