

# नाभिकीय तकनीकों का जलविज्ञानीय शोध कार्यों में योगदान

डा० भीष्म कुमार

वैज्ञानिक -एफ,

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की

भारत की स्वतंत्रता के लगभग 57 वर्ष पूरे हो चुके हैं और इन वर्षों में हमने विज्ञान के क्षेत्र में अनेकों विकास कार्यों को देखा है। जहाँ हमने एक तरफ अंतरिक्ष की ऊंचाइयों को छूआ है, वहीं दूसरी ओर नाभिकीय उर्जा शक्ति के अनन्य प्रयोगों द्वारा हमने परमाणु शक्ति के शान्तिपूर्ण उपयोग की दिशा में कई कीर्तिमान स्थापित किए हैं। परमाणु शक्ति का विद्युत उत्पादन से लेकर चिकित्सा, अनुसंधान, कृषि, खाद्य पदार्थ संरक्षण आदि में हमने ख्याति अर्जित की है।

परमाणु शक्ति (एटामिक पावर) के उपयोगों में सबसे बड़ी बाधा नाभिकीय विखण्डन के नियन्त्रण की है। इसके अतिरिक्त और अनेकों चुनौतियाँ भी हैं, जैसे- शोध कार्यों हेतु आर्थिक अनुदान, नाभिकीय परियोजनाओं के निर्माण अवधि में आधुनिक तकनीकों के प्रयोग द्वारा समय से पूर्ण किया जाना, स्वदेशीकरण, तथा अनुसंधान आदि से संबंधित कार्य। कुछ अन्य ज्वलंत समस्याओं में प्रमुख रूप से अनुसंधान एवं विकास कार्यों से मानव संसाधन को जोड़ने की तथा इस तकनीक में भय रहित विश्वास पैदा करने, गुणवत्ता आश्वासन, संरक्षा, नाभिकीय अपशिष्ट निष्पादन, अग्नि सुरक्षा तथा उपकरणों से रिसाव, विकिरण से सुरक्षा तथा पर्यावरण संरक्षण आदि से जुड़ी हैं, जिन पर बल दिया जाना आवश्यक है।

जहाँ तक जलविज्ञान के क्षेत्र में नाभिकीय तकनीक (न्यूक्लियर टेक्नीक) के प्रयोग का प्रश्न है, तो हम यहाँ स्पष्ट करना चाहेंगे कि यह नया है, परन्तु इसका भविष्य बहुत ही उज्ज्वल है। इस क्षेत्र में नये-नये शोधों की अपार संभावनाएं हैं।

विगत कुछ वर्षों में जलविज्ञान के क्षेत्र में जो कार्य हुए हैं उनमें प्रमुख रूप से मृदा-जल (स्वाइल मोआश्चर) की मात्रा एवं गति का आंकलन, अंतःस्यंदन, विभिन्न स्रोतों से प्राप्त जल का आयु निर्धारण, झरनों एवं झीलों के परंपरागत स्रोतों का सर्वेक्षण, चयन एवं निर्धारण के साथ-साथ रिसाव आदि हैं। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की द्वारा नाभिकीय तकनीक का प्रयोग जलविज्ञानीय अनुसंधान हेतु एक नयी दिशा है तथा यहां की प्रयोगशाला को विश्वस्तरीय विश्वसनीयता की प्रयोगशाला के रूप में नया कीर्तिमान हासिल हुआ है। इस संस्थान द्वारा झीलों तथा जलाशयों पर किये गए अवसाद संभरण गति मापन तथा जल-स्रोतों के चयन तथा काल निर्धारण के कार्यों से इसे देश में नई पहचान मिली है।

सामान्यतया जलविज्ञानीय शोध कार्यों हेतु जब हम नाभिकीय तकनीक की बात करते हैं तो हमारा आशय विभिन्न प्रकार के नाभिकीय समस्थानिकों एवम् संबंधित तरीकों से होता है जिनका इन शोध कार्यों हेतु अधिकाधिक उपयोग किया जाता है-अस्तु

- 1-पर्यावरणीय स्थायी समस्थानिकों के प्रयोग द्वारा अध्ययन
- 2-पर्यावरणीय रेडियो सक्रिय आइसोटोपों (समस्थानिकों) के प्रयोग द्वारा अध्ययन
- 3-कृत्रिम रेडियो समस्थानिकों के प्रयोग द्वारा अध्ययन
- 4-मुहरबंद (सील्ड) नाभिकीय स्रोतों द्वारा अध्ययन
- 5-ट्रेसर तकनीक द्वारा अध्ययन

## (1) पर्यावरणीय स्थायी समस्थानिकों के प्रयोग द्वारा अध्ययन

इस तकनीक के प्रयोग में हम विशेष रूप से हाईड्रोजन के एक समस्थानिक 'ड्यूटेरियम (हाईड्रोजन-2)' तथा आक्सीजन के समस्थानिक 'आक्सीजन-18' के अनुपातिक परिवर्तन के आधार पर जलविज्ञानीय चक्र के अनेक निवेश प्राचालों की जानकारी प्राप्त करते हैं। इस तकनीक का प्रयोग करके हमारे देश में अनेकों अध्ययन, जिनमें जलीय पिण्डों के चारित्रिक अभिलक्षण, इनके पारस्परिक गठजोड़, झीलों तथा जलाशयों का जलसंतुलन, रिचार्ज क्षेत्रों की पहचान, एवं रिसाव आदि किए जा रहे हैं। भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र (बी.ए.आर.सी.) द्वारा तमिलनाडु के कावेरी नदी डेल्टाई क्षेत्र में अनेकों स्तरीय एक्यूफ़र तंत्र के पारस्परिक सहसंबंधों का पता लगाया गया है। राजस्थान में भू-तल की गहराई में जाकर रिचार्ज तथा पश्चिमी बंगाल के मिदनापुर में लवणीकरण अध्ययन किया गया। राष्ट्रीय भू-भौतिकी अनुसंधान संस्थान (एन.जी.आर.आई.) ने D:H तथा  $^{18}\text{O}:$  $^{16}\text{O}$  द्वारा आंध्र प्रदेश में मन्नार नदी बेसिन में एकीकृत भू-जलविज्ञानीय अध्ययन तथा तमिलनाडु के वेदावती नदी बेसिन एवं केरल तथा पांडिचेरी में भी रिचार्ज जोन की पहचान, निर्धारण तथा सीमांकन का सराहनीय कार्य किया गया है। इसके अतिरिक्त भौतिकीय प्रयोगशाला, सुरक्षा प्रयोगशाला, जोधपुर, नाभिकीय प्रयोगशाला (न्युकलीयर रिसर्च लैबोरेटरी), नई-दिल्ली ने क्रमशः गरम झरनों, पर्वतीय हिम-क्षेत्रों तथा राजस्थान व दिल्ली परिक्षेत्र में भू-जल उदगम स्रोत, रिचार्ज आदि से संबंधित कार्य किए हैं। राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा भी D और  $^{18}\text{O}$  नामक स्थाई समस्थानिकों का प्रयोग करके नैनीताल झील, झरनों एवं जलाशयों के पारस्परिक अंतःप्रवाह, सहसंबंध तथा भू-गर्भ जलीय-प्रवाह में अनेकों उल्लेखनीय कार्य किए हैं। अभी हाल में संस्थान ने हिमालय पर्वतीय

क्षेत्र में ऊर्चाई के कारण पड़ने वाले प्रभाव के अध्ययन के साथ-2 गंगा नदी के लगभग 216 किमी तटबंधों से सटे क्षेत्रों में भू-गर्भ तथा सतही जल के पारस्परिक आदान-प्रदान के अध्ययन द्वारा महत्वपूर्ण जानकारी हासिल की है, जिसका उपयोग इस क्षेत्र के जल-संतुलन अध्ययन में बहुत ही महत्वपूर्ण है। इस प्रकार के अनुसंधान की सुविधा देश के कुछ चुनिंदा संस्थानों - भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, मुम्बई; राष्ट्रीय भू-भौतिकी अनुसंधान, संस्थान, हैदराबाद तथा भौतिकीय अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद में उपलब्ध है तथा शीघ्र ही यह सुविधा राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान में उपलब्ध हो जायेगी।

## (2) पर्यावरणीय रेडियो सक्रिय आइसोटोपों (समस्थानिकों) के प्रयोग द्वारा अध्ययन

पृथ्वी के वातावरण में हाईड्रोजन, आक्सीजन, कार्बन-डाई-आक्साइड आदि अनेक गैस प्राकृतिक रूप से विद्यमान होती हैं तथा सूर्य से उत्सर्जित ब्रह्मांडीय विकिरण के प्रभाव से इन गैसों के तत्वों के अनेक समस्थानिकों के सृजन की प्रक्रिया सामान्य रूप से अनवरत चलती रहती है। शोध कार्यों की दृष्टि से हाईड्रोजन एवं कार्बन के समस्थानिक क्रमशः (ट्रिटियम  $^3\text{H}$ ) एवं कार्बन ( $^{14}\text{C}$ ) बहुत ही महत्वपूर्ण हैं तथा ये रेडियो सक्रिय होते हैं, जिनसे आवेशित परमाणु कण तथा एक्स अथवा गामा किरणों के रूप में अनवरत विकिरण उत्सर्जित होते रहते हैं तथा इनकी इस नैसर्गिक सक्रियता के मापन से प्रकृति के अनेक रहस्यों से पर्दा उठाने में सहायता मिलती है। विशेष बात यह है कि वातावरण में ऐसे समस्थानिकों का निर्माण परमाणु परीक्षणों द्वारा भी संभव होता है और निश्चित स्थल और समय पर मापन द्वारा उत्पन्न विकिरण की मात्रा आंकलन एवं निर्धारण से जीव-जन्तुओं पर पड़ने वाले प्रभावों का ज्ञान प्राप्त होता है। हमारे देश में इस प्रकार के नैसर्गिक प्राप्त रेडियो विकिरण का प्रयोग अनेकों संगठनों जैसे -

भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र (बी ए आर सी) द्वारा राजस्थान तथा कर्नाटक में भू-जल कालनिर्धारण हेतु; भौतिकीय अनुसंधान प्रयोगशाला (पी आर एल) एवं टाटा इंस्टीट्यूट आफ़ फ़ंडामेंटल रिसर्च (टी आई एफ़ आर) द्वारा गुजरात तथा महाराष्ट्र में जल के काल-क्रम बद्धता निर्धारण हेतु किया गया, जिसमें ट्रीटियम और कार्बन समस्थानिकों के अतिरिक्त  $^{32}\text{S}$  का भी प्रयोग किया गया। भौतिकीय अनुसंधान प्रयोगशाला, ने हाल में हाईड्रोजन के एक अन्य समस्थानिक 'ड्यूटेरियम' के प्रयोग द्वारा भू-गर्भ और सतही जल के पारस्परिक अंतर्भेदन, तथा झीलों, गरम पानी के झरनों तथा हिमविज्ञान के क्षेत्र में सराहनीय कार्य किया है। विगत कुछ वर्षों से राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा भी इस दिशा में कुछ उल्लेखनीय कार्य किए हैं, जिनमें भाभर क्षेत्र के रिचार्ज जोन का निर्धारण तथा नैनीताल झील के झरनों तथा झील के बीच अन्तःप्रवाह, जलीय गतिकी, वाष्पन मापन हेतु ड्यूटेरियम और आक्सीजन समस्थानिकों का प्रयोग किया एवं अगले कुछ वर्षों हेतु अनेकों शोध कार्य प्रस्तावित हैं, जिनमें भू-गर्भ, सतही तथा हिमालयी हिम क्षेत्र के शोध कार्य शामिल हैं। इस प्रकार के अनुसंधान की सुविधा देश के कुछ चुनिंदा संस्थानों - भाभा परमाणु अनुसंधान केन्द्र, मुम्बई; भौतिकीय अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद; तथा राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान, रुड़की में उपलब्ध है।

### (3) कृत्रिम रेडियो समस्थानिकों के प्रयोग द्वारा अध्ययन

आमतौर पर रेडियो सक्रिय समस्थानिकों का सृजन नाभिकीय प्रयोगशालाओं में प्रयोगों अथवा परमाणु-भट्टियों में नियंत्रित नाभिकीय विखण्डन के दौरान होता है इस प्रकार के रेडियो समस्थानिकों में  $^3\text{H}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{86}\text{Br}$ ,  $^{89}\text{Rb}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , Ra/Be तथा Am/Be का प्रयोग विभिन्न जलविज्ञानीय अनुसंधानों हेतु प्रमुखता से किया जाता है।

### (4) मुहरबंद (सील्ड) नाभिकीय स्रोतों के प्रयोग द्वारा अध्ययन

इस प्रकार की तकनीक में खासकर मृदा-जल के संवहन गति तथा भू-जल रिचार्ज, मृदा घनत्व तथा संघनन मापन का कार्य मृदा-जल संलेखी (स्वाएल म्वाइश्चर प्रोब) - गामा-किरण ट्रांशमिशन संलेखी, गामा किरण स्कैटरिंग संलेखी (प्रोब्स) द्वारा किया जाता है। इन तकनीकों का प्रयोग हमारे देश में सबसे पहले पूना विश्वविद्यालय में किया गया। इसके बाद रुड़की विश्वविद्यालय तथा अब राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान द्वारा पश्चिमी उत्तर-प्रदेश के तराई तथा भाभर क्षेत्र अध्ययन में किया गया। केन्द्रीय जल-शक्ति अनुसंधान स्टेशन, पूना द्वारा बाधों के मृदा घनत्व तथा जल-रिसाव का बड़े पैमाने पर प्रयोग किया। इसके अतिरिक्त इस तकनीक का हिमाच्छादित पर्वतीय क्षेत्र में प्रयोग करके हिमाच्छादन की मोटाई तथा जल तुल्यांकन ज्ञात करने में किया जाता है।

### (5) ट्रेसर तकनीक द्वारा अध्ययन

भारत में यह तकनीक बहुत ही लोकप्रिय रही है। इस तकनीक द्वारा अनेकों जलविज्ञानीय अध्ययन किये जाते हैं- जैसे मृदा-जल की गतिशीलता, भू-जल का रिचार्ज, नहरों तथा जलाशयों द्वारा रिसाव/अंतःस्राव, पर्वतीय सरिताओं का प्रवाह-वेग, जलीय पिंडों का पारस्परिक संबंध, तलछट अभिगमन, झीलों और गरम झरनों की गतिकी, भू-गर्भ लवणता, प्रदूषण, मृदा क्षरण, तथा जलाशयों में गाद भरण आदि का अध्ययन समय-2 पर अनेक संस्थानों द्वारा किया गया है। इस तकनीक में  $^3\text{H}$ ,  $^{46}\text{Sc}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{82}\text{Br}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{198}\text{Au}$  आदि समस्थानिकों का प्रयोग प्रमुखता से किया जाता है। उत्तर-प्रदेश का भू-जल विभाग, एन जी आर आई, पी आर एल, बी ए आर सी, एन आर एल, -यू पी आई आर आई तथा एन

आई एच आदि ने 'ट्रीटियम' का उत्तर-प्रदेश के अतिरिक्त आंध्र-प्रदेश, गुजरात, राजस्थान, महाराष्ट्र तथा पंजाब के अनेकों भू-भागों में अनेकों अध्ययन हेतु प्रयोग किया। इसमें मुख्य बात यह है कि इस प्रकार का अध्ययन आज भी कर्नाटक, हरियाणा, दिल्ली, उत्तर-प्रदेश, आंध्र-प्रदेश, महाराष्ट्र तथा पंजाब के एक बड़े भू-भाग में मृदा-जल की गतिशीलता और रिचार्ज आदि अध्ययन हेतु क्रियान्वित है। ब्रोमीन-82 का प्रयोग बी ए आर सी, उत्तर-प्रदेश, आई आर आई, तथा एन आई एच द्वारा उत्तर-प्रदेश, गुजरात, महाराष्ट्र तथा सिक्किम आदि राज्यों की पर्वतीय नदियों की प्रवाह गति के अध्ययन हेतु किया जा चुका है। हलांकि नमक, पोटैशियम आयोडाइड तथा कुछ रंजकों का भी इस प्रकार के वैकल्पिक अध्ययनों हेतु प्रयोग किया जाता है। बी ए आर सी द्वारा भारतीय समुद्र तटीय भू-भागों में अनेकों अध्ययन किये गये हैं। इस दिशा में पी आर एल तथा आई आई टी, कानपुर ने भी देश के विभिन्न भू-भागों में हिम तथा हिमनद अध्ययन के साथ अंटार्कटिक के हिमाच्छादित क्षेत्र में महत्वपूर्ण ऐतिहासिक कार्य किये हैं।

### नाभिकीय तकनीक का भविष्य

हाईड्रोजन-2 (ड्युटेरियम) तथा आक्सीजन-18 का प्रयोग करके भाभर क्षेत्र तथा जल से ग्रसित उन क्षेत्रों में जहां एक्यूफ़र के प्रस्तरों के बारे में पूरी जानकारी उपलब्ध नहीं है, इस प्रकार के अध्ययन की बहुत अच्छी संभावनाएं हैं, जिससे उन इलाकों में जल संतुलन की वास्तविक स्थिति की जानकारी करके भविष्य हेतु निर्बाध जलापूर्ति सुनिश्चित की जा सकती है। भारत की एक बहुत बड़ी आबादी झीलों के किनारे बसती है और इन बस्तियों का भविष्य सुनिश्चित किया जा सके तथा इन्हें बहुआयामी उपयोग हेतु अनवरत जलापूर्ति की जा सके। यह आवश्यक है कि इन नाभिकीय तकनीकों का प्रयोग करके समस्त

उपयोगी झीलों और जलाशयों पर क्रमिक तथा गहराई से अध्ययन किया जाए। समस्थानिकों के प्रयोग द्वारा निर्मित हिमनदों का जल तुल्यांक ज्ञात करने में काफ़ी महत्वपूर्ण भूमिका है। इसके अतिरिक्त उत्तर-प्रदेश, पंजाब, हरियाणा, तथा उत्तरी-राजस्थान के बहुतेरे इलाके जहाँ लवणीयता की समस्याएं बढ़ती जा रही हैं, में गहराई के एक्यूफ़र में नाभिकीय विधि द्वारा लवणीय जल की आयु निर्धारण बाद के होने वाले परिवर्तनों पर नजर रखना आसान होगा और लवणीयता के फ़ैलाव को रोकने में मदद मिल सकती है। इसी प्रकार के और अध्ययन समुद्र तटीय क्षेत्रों में संभावित हैं। शहरीकरण के बढ़ते प्रभाव के कारण अपशिष्ट डंपिंग से गहराई के एक्यूफ़रों के मलीन अथवा दूषित होने की संभावनाओं की समय रहते तलाश की जा सकती है। बंदरगाहों, बड़े जलाशयों आदि में गाद भरण गति आंकलन से समय रहते उपचार करके इन्हें दीर्घ समय तक बचाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त बढ़ती हुई आबादी एवं ग्रामीण अंचलों से शहरों की ओर पलायन ने शहरों के विस्तार में तेजी ला दी है। भू-जल का रिचार्ज पर्याप्त मात्रा में न होने से उथले भू-जलाशय रिक्त होते जा रहे हैं तथा हमें अपनी भू-जल की आवश्यकता को पूरा करने के लिए अधिक से अधिक गहरे भू-जलाशयों पर निर्भर होना पड़ रहा है, जबकि हम गहरे जलाशयों के रिचार्ज क्षेत्र इत्यादि के बारे में कोई जानकारी नहीं रखते हैं, जो गहरे जलाशयों को लम्बे समय तक बनाए रखने के लिए अत्यधिक आवश्यक है। नाभिकीय तकनीकों के प्रयोग से यह जानकारी आसानी से प्राप्त की जा सकती है।

नाभिकीय तकनीकों की जलविज्ञान अध्ययनों में उपयोगिता को ध्यान में रखकर इनका अधिक से अधिक उपयोग करने के लिए अब बहुत से राष्ट्रीय स्तर के विभागों ने मिलकर एक देशव्यापी योजना तैयार की है, जिसके अंतर्गत वर्षा-जल, नदियों तथा भू-जल इत्यादि के नमूने

देश के विभिन्न स्थानों से एकत्रित करके इनमें पर्यावरणीय समस्थानिकों की मात्रा का मापन कर एक डाटाबेस बनाया जाएगा। इस डाटाबेस से विभिन्न प्रकार की अति-उपयोगी जलविज्ञानीय जानकारी प्राप्त होने के साथ-2 अन्य विशिष्ट

जलविज्ञानीय अध्ययनों को शुरू करने में भी मदद मिलेगी। आवश्यकता इस बात की है कि राष्ट्रीय स्तर पर अधिक से अधिक परियोजनाएं तैयार कर आज की ज्वलंत जलविज्ञानीय समस्याओं के समाधान की दिशा में आवश्यक कदम उठाए जाएं।