

नाभिकीय प्रदूषण: चुनौतियां और चिंताएँ

डॉ. कृष्ण कुमार मिश्र तथा शिल्पा चंद्राकर

विज्ञान तथा तकनीकी के इस युग में मानव को जहां कुछ वरदान मिले हैं वहीं कुछ अभिशाप भी मिले हैं। प्रदूषण उसी में से एक अभिशाप है जिसका जन्म विज्ञान की तरक्की के साथ हुआ है। आज हवा, पानी, मिट्टी, से लेकर खानपान की विविध वस्तुएं तक प्रदूषण की चपेट में आ चुकी हैं। नाभिकीय प्रदूषण उच्चऊर्जा कणों या रेडियोधर्मी पदार्थों का उत्सर्जन है जिससे हवा, पानी या भूमि पर मानव या प्राकृतिक जीवजन्तु प्रभावित हो सकते हैं। रेडियोधर्मी कचरा आमतौर पर नाभिकीय प्रक्रियाओं जैसे नाभिकीय विखंडन से पैदा होता है। इसमें रेडियोधर्मी कणों का लगभग 15 से 20 % हमारे वायुमंडल के स्ट्रेटोस्फीयर में प्रवेश कर जाता है।



नाभिकीय परीक्षण का दृश्य

परमाणु कचरे की रेडियोधर्मिता समय के साथ कम होती जाती है। इसका मतलब है कि कचरे को जीवधारियों की पहुंच से दूर रखा जाए जब तक कि वह सुरक्षित न हो जाए। यह समयावधि कुछ दिनों से लेकर चंद्र महीनों तक, या फिर कुछ मामलों में बरसों तक हो सकती है। यह कचरे के रेडियोधर्मी प्रकृति पर निर्भर करता है। विस्फोट के कण या विस्फोट के प्रभाव का पेड़-पौधों की पत्तियों और ऊतकों पर दुष्प्रभाव होता है। ये पत्तियाँ चरने वाले पशुओं और इन पर निर्भर रहने वाले जीवों के लिए खतरनाक होती हैं। इनमें रेडियोधर्मी आयोडीन खाद्य-श्रृंखला के जरिए मानव शरीर में प्रवेश कर जाती है। इससे इंसान में थायराइड का कैंसर हो सकता है। "नाभिकीय अवपात" का लंबी अवधि तक वातावरण में रह जाना जीव-जन्तुओं के लिए खतरनाक होता है। नाभिकीय विस्फोट एक अनियंत्रित श्रृंखला अभिक्रिया का नतीजा होता है। इसके फलस्वरूप काफी मात्रा में न्यूट्रॉन अभिवाह उत्पन्न होता है। इस तरह के विस्फोट में रेडियोधर्मी उत्पाद शामिल हैं मसलन अप्रयुक्त विस्फोटक U-235, एवं Pu-239, तथा विस्फोट से प्राप्त विखंडित उपोत्पाद जैसे स्ट्रॉशियम-90, आयोडीन-131 और सीज़ियम-137।

विस्फोट बल और तापमान में अचानक वृद्धि इन रेडियोधर्मी पदार्थों को गैसों में परिवर्तित कर देता है और अधिक या कम कणों के रूप में वातावरण में बहुत ऊंचाई तक चले जाते हैं। विखंडन बम की तुलना में संलयन बम के मामले में ये कण कहीं ज्यादा ऊंचाई तक चले जाते हैं। इसका तात्कालिक परिणाम विस्फोट-स्थल पर एक प्राथमिक वातावरणीय प्रदूषण के रूप में होता है। तथा इसका द्वितीयक प्रभाव "नाभिकीय अवपात" के रूप में होता है। इन रेडियोधर्मी पदार्थों का प्रभाव वर्षों तक वायुमंडल में बना रहता है।

यूरेनियम खनन

यूरेनियम अयस्क के साथ जुड़े रेडियोधर्मिता के कारण किसी सामान्य अयस्क की तुलना में यूरेनियम के खनन के लिए विशेष प्रबंधन की आवश्यकता होती है। खुली कटौती खनन पद्धति से काफी मात्रा में क्षीणन शैल और उपरिभार अपशिष्ट प्राप्त होते हैं। ऐसा झारखंड के सिंहभूम जिले के नरवा पहाड़ नामक खदान में देखने को मिलता है। ये अपशिष्ट प्रायः गड्ढे के पास रख दिए जाते हैं। उसी जगह से थोड़ा हटकर जादुगुडा की यूरेनियम खाने हैं जहां खनन की अलग प्रक्रिया अपनायी जाती है। यहां यूरेनियम के अयस्क गहराई में मिलते हैं। अतः वहां कुएं की तरह से खुदायी की जाती है तथा अलग-अलग गहराइयों से क्षतिज दिशा में खुदाई करते हैं। इस खदान में चट्टानों से अयस्क निकालने के बाद उन्हें उपचारित करके वापस सुरंगों में भर दिया जाता है। हालांकि यूरेनियम खनिज हमेशा रेडियम तथा रोडॉन जैसे रेडियोधर्मी तत्वों के खनिजों से संयुक्त होते हैं। ये वास्तव में लाखों वर्षों तक यूरेनियम की रेडियोधर्मी क्षय से उत्पन्न होते हैं। अवशेष मिलिंग आपरेशन से प्राप्त ठोस अपशिष्ट उत्पाद हैं। इसमें सबसे ज्यादा मूल अयस्क शामिल होते हैं और इनमें रेडियोधर्मिता सबसे अधिक होते हैं। ये विशेष रूप से रेडियम होते हैं जो मूल अयस्क में मौजूद होते हैं।



यूरेनियम खनन

रेडियोधर्मिता का मानव जीवन पर प्रभाव

एक सीमा के बाद रेडियोधर्मिता के उद्भासन से जीवों पर बुरा प्रभाव पड़ता है। यह प्रभाव विकिरण की भेदन क्षमता व परमाणु स्रोत की अवस्थिति पर निर्भर करता है। अधिक भेदन क्षमता वाली गामा विकिरण अन्य के मुकाबले बहुत नुकसानदायक होती हैं। बीटा विकिरण शरीर के अंदरूनी अंगों पर अधिक प्रभाव डालते हैं जबकि अल्फा विकिरण त्वचा द्वारा रोक लिये जाते हैं। रेडियोधर्मी प्रदूषण पृथ्वी की सतह तथा उसके समस्त परिवेश को प्रभावित करता है जो इस प्रकार हैं।

1. परमाणु विस्फोटों एवं दुर्घटनाओं से जल, वायु एवं भूमि का प्रदूषण
2. रेडियोधर्मी प्रभाव से प्राणियों के जीन एवं गुणसूत्रों पर प्रभाव, जिनके अनुवांशिक प्रभाव से विकलांगता एवं अपंगता हो जाती है।
3. इसके प्रभाव क्षेत्र में आने पर कैंसर जैसी घातक बीमारी हो सकती है। इससे त्वचा, खून की गुणवत्ता, हड्डियों में मौजूद मज्जा, सिर के बालों का झड़ना, शरीर में रक्त की कमी जैसी बीमारियां हो सकती हैं।
4. रेडियोधर्मी प्रदूषण के कारण गर्भ में पल रहे शिशु की मौत तक हो सकती है।
5. रेडियोधर्मी प्रदूषण पेड़ पौधों, जीव जन्तुओं, खाद्य सामग्री आदि को प्रभावित करते हैं।



रेडियोधर्मिता का मानव जीवन पर प्रभाव

6. रेडियोधर्मी पदार्थ रेडियोधर्मी स्रोतों के खनन के दौरान पर्यावरण में प्रवेश करते हैं। रेडियोधर्मिता पेड़ पौधों एवं भोजन के द्वारा अन्य जीवों तक पहुंच कर खाद्यश्रृंखला का हिस्सा बनती है। ये जल के स्रोतों तथा वायुमंडल में भी आसानी से प्रवेश कर जाते हैं।

रेडियोधर्मिता का जलीय जीवन पर प्रभाव

पानी की गुणवत्ता में जैविक, रासायनिक, या प्राकृतिक परिवर्तन जो कि सजीवों पर हानिकारक प्रभाव डालता है या पानी को वांछित उपयोग के अनुपयुक्त बनाता है, जल प्रदूषण कहलाता है। रासायनिक जल प्रदूषण का एक प्रकार रेडियोसक्रिय कचरा है। इसमें उदाहरण के तौर पर आयोडीन के रेडियोसक्रिय समस्थानिक, रेडॉन, यूरेनियम, सीज़ियम, और थोरियम शामिल हैं। इन रसायनों का परमाणु ऊर्जा संयंत्रों से यूरेनियम और अन्य अयस्कों के प्रक्रम, परमाणु हथियारों के उत्पादन, और प्राकृतिक स्रोतों के माध्यम से जलीय पारिस्थितिकी प्रणालियों में प्रवेश होता है। पीने के पानी जैसे माध्यमों के द्वारा मानव शरीर पर आनुवंशिक परिवर्तन, गर्भपात, जन्म-दोष, और कुछ तरह के कैंसर के रूप में रेडियोधर्मी कचरे के हानिकारक प्रभाव पड़ते हैं।

परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में शीतलक के रूप में पानी का उपयोग तापीय प्रदूषण का एक आम कारण है। जब शीतलक के रूप में इस्तेमाल पानी उच्च तापमान पर प्राकृतिक वातावरण में उत्सर्जित किया जाता है तो तापमान में परिवर्तन ऑक्सीजन की आपूर्ति कम कर देता है जो पारिस्थितिकी तंत्र की संरचना को प्रभावित करता है। जब मरम्मत या अन्य कारणों से बिजली संयंत्र को खोला या बंद किया जाता है तो पानी के तापमान में अचानक परिवर्तन से मछलियां तथा दूसरे जलीय जीव मर जाते हैं। इसे 'तापीय आघात' कहा जाता है।



रेडियोधर्मिता का जलीय जीवन पर प्रभाव

रेडियोधर्मिता का मिट्टी पर प्रभाव

जब मिट्टी रेडियोधर्मी पदार्थ से दूषित होती है तो यह प्रदूषण उस पर उगने वाले पौधों में स्थानांतरित हो जाता है। यह पौधों के डीएनए के आनुवंशिक उत्परिवर्तन तथा उनके सामान्य कामकाज को प्रभावित करता है। इससे कुछ पौधे मर जाते हैं जबकि दूसरे अविकसित बीज उत्पन्न कर सकते हैं। जब इस दूषित पौधे का कोई भी भाग जैसे कि फल इत्यादि कोई मनुष्य ग्रहण करता है तो यह गंभीर



रेडियोधर्मिता का मिट्टी पर प्रभाव

स्वास्थ्य संबंधी जोखिम का कारण बनता है। परमाणु हथियारों से उत्सर्जित रेडियोधर्मिता पर्यावरण के लिए सबसे अधिक हानिकारक मानी जाती है। यह वातावरण में बरसों बरस तक मौजूद रहती है। इस प्रकार यह कई पीढ़ियों को प्रभावित करती है। इस प्रकार हम देखते हैं कि रेडियोधर्मी प्रदूषण का पूरे पारिस्थितिकी तंत्र पर एक विनाशकारी प्रभाव पड़ता है।

रेडियोधर्मिता का वायुमंडलीय प्रभाव

वायुमंडल पर रेडियोधर्मिता का प्रभाव परमाणु ईंधन चक्र और परमाणु दुर्घटनाओं के परिणामस्वरूप होता है। दुनिया को परमाणु आपदा का एहसास पहली बार वर्ष 1945 में ही हो गया था जब अमेरिका ने हिरोशिमा और नागाशाकी जैसे जापान के दो बड़े शहरों पर क्रमशः 6 तथा 9 अगस्त को द्वितीय विश्वयुद्ध के दौरान परमाणु बम गिराए थे। इस तबाही में तकरीबन 2 लाख लोग तुरन्त मारे गए थे तथा पूरा शहर नष्ट हो गया। इससे झुलसे तथा घायल लोग जीवन पर्यन्त इस पीड़ा को झेलने के लिए विवश थे। उनके बाद की पीढ़ियों को भी इसका दुष्प्रभाव झेलना पड़ रहा है।



श्री माइल आईलैण्ड में स्थित नाभिकीय संयंत्र में हुई दुर्घटना

वर्ष 1979 में अमेरिका के श्री माइल आईलैण्ड में स्थित नाभिकीय संयंत्र में हुई दुर्घटना तथा चेरनोबिल (यूक्रेन), जो उस समय सोवियत रूस का हिस्सा था, के परमाणु विद्युत संयंत्र में वर्ष 1986 में हुई दुर्घटनाओं में वायुमंडल में रेडियोधर्मी विकिरण का अत्यधिक प्रभाव देखा गया था, जिसके प्रभाव अभी भी शेष हैं। परमाणु दुर्घटनाओं से सजीवों के अलावा निर्जीव पदार्थों को भी विपरीत प्रभाव देखने में आया है। चेरनोबिल दुर्घटना के बाद कम्प्यूटरों में वायरस फैल गये थे। भारत में भी लगभग 10 हजार कम्प्यूटर प्रभावित हुए थे जबकि दक्षिणी कोरिया एवं तुर्की जैसे देशों ने लगभग 3 लाख कम्प्यूटरों के खराब होने की जानकारी दी थी।

विगत 1 मार्च 2011 को जापान के सुनामी एवं भूकंप प्रभावित फुकुशिमा परमाणु ऊर्जा संयंत्र के रिएक्टर में लगी आग एवं उससे हो रहे विकिरण के खतरे के बाद परमाणु दुर्घटना का स्तर 7 तक पहुंच गया है जो परमाणु दुर्घटनाओं का सबसे ज्यादा खतरनाक स्तर है। यह पूरे विश्व के लिये खतरा बना हुआ है। इससे दुनिया भर में परमाणु संयंत्रों को लेकर चिंता हो गयी है। भारत में भी कई संस्थाओं ने परमाणु बिजलीघरों की सुरक्षा पर प्रश्न उठाने शुरू कर दिए हैं।



फुकुशिमा परमाणु ऊर्जा संयंत्र में हुई दुर्घटना

परमाणु कचरे के निपटान

रेडियोधर्मी कचरा वह कचरा है जिसमें रेडियोधर्मी पदार्थ मौजूद हो। परमाणु ऊर्जा उत्पादन के विभिन्न चरणों के दौरान उत्पादित अपशिष्ट पदार्थ को सामूहिक रूप से परमाणु कचरे के रूप में जाना जाता है। आम तौर पर रेडियोधर्मी कचरे, परमाणु बिजली उत्पादन और परमाणु विखंडन या परमाणु प्रौद्योगिकी के अन्य



परमाणु कचरा

अनुप्रयोगों जैसे अनुसंधान और दवा के उत्पाद होते हैं। रेडियोधर्मी कचरे, जीवन और पर्यावरण के लिए खतरनाक हैं। यदि इन रेडियोधर्मी कचरों को कचरे के डिब्बे में फेंक दिया जाता है तो ये परमाणु विकिरण उत्पन्न कर सकते हैं जो मनुष्यों और पशुओं के जीवन के लिए खतरा होगा। यदि ये नदियों या समुद्रों में फेंक दिया जाता है तो इससे पानी दूषित हो सकता है और जलीय जीवों को क्षति पहुंच सकती है। रेडियोधर्मिता के प्रकार और मात्रा के अनुसार परमाणु अपशिष्ट को आम तौर पर दो श्रेणियों में विभक्त किया जाता है। अ) निम्न-स्तर परमाणु कचरा, और ब) उच्च-स्तर परमाणु कचरा।

अ) निम्न-स्तर परमाणु कचरा-

परमाणु उद्योग, दूषित वस्तुओं के रूप में निम्न-स्तरीय रेडियोधर्मी कचरे का भी भारी मात्रा में उत्पादन करता है, जैसे कपड़ा, हस्त-उपकरण, जल शुद्धक रेजिन, और (चालू होने पर) वे सामग्रियां जिनसे रिएक्टर खुद बना है। निम्न-स्तर परमाणु कचरा आमतौर पर अत्यधिक रेडियोधर्मी परमाणु रिएक्टरों के लिए प्रयुक्त सामग्री (अर्थात् ठंडा पानी के पाइप और विकिरण सूट) और चिकित्सा प्रक्रियाओं से जुड़े रेडियोधर्मी उपचार या एक्स-रे से प्राप्त अपशिष्ट पदार्थ होते हैं। अपेक्षाकृत निम्न स्तर कचरे निपटान के लिए आसान हैं।

ब) उच्च-स्तर परमाणु कचरा

यह आम तौर पर एक परमाणु रिएक्टर या परमाणु हथियार के कोर से प्राप्त सामग्री होते हैं। इस कचरे में यूरेनियम, प्लूटोनियम और अन्य अत्यधिक रेडियोधर्मी तत्व जो विखंडन के दौरान प्राप्त होते हैं, शामिल होते हैं। इन उच्च-स्तर अपशिष्ट पदार्थों में अधिकांश रेडियो समस्थानिक बड़ी मात्रा में विकिरण उत्सर्जित करते हैं और इनकी अर्धायु बहुत लंबी (कुछ की 1 लाख साल से भी ज्यादा) होती है और इन्हें रेडियोधर्मिता के सुरक्षित स्तर पर पहुंचने के लिए लंबी समयावधि की आवश्यकता होती है। इन्हें विशेष स्टील के कंटेनरों में रखकर गहरे समुद्र में डाल देते हैं। इन कंटेनरों का जीवन 1000 वर्ष होता है। चूंकि उच्च-स्तर परमाणु कचरे में अत्यधिक रेडियोधर्मी विखंडन उत्पाद और दीर्घजीवी भारी तत्व हैं इसलिए यह काफी मात्रा में ऊष्मा पैदा करता है जिससे निपटने के लिए परिवहन के दौरान इसे ठंडा रखने और विशेष परिरक्षण की आवश्यकता होती है। इस तरह देखा जाए तो नाभिकीय प्रदूषण की वाजिब चिंताएं हैं तथा इसका प्रबन्धन किसी देश के लिए बहुत चुनौतीपूर्ण कार्य होता है।



उच्च स्तर परमाणु कचरे

पता:

होमी भाभा विज्ञान शिक्षा केन्द्र
टाटा मूलभूत अनुसंधान संस्थान
मानखुर्द, मुंबई-400088