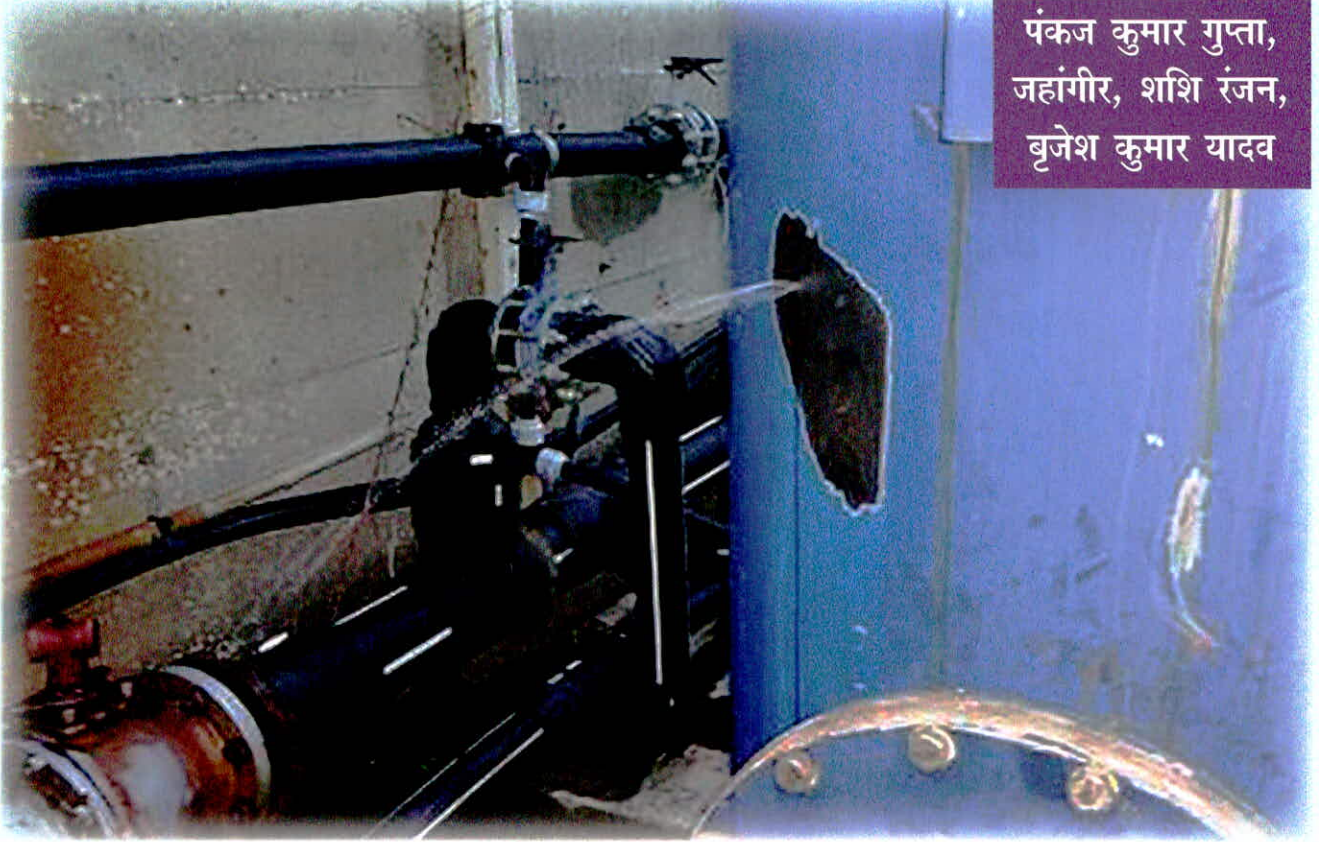


पंकज कुमार गुप्ता,
जहांगीर, शशि रंजन,
बृजेश कुमार यादव



पेट्रोकेमिकल प्रदूषित भूजल क्षेत्र के लिए जैविक उपचार

जैविक विधि से प्रदूषित मृदा और भूजल का उपचार (ट्रीटमेंट) करना पर्यावरण के लिए हितकारी सिद्ध हुआ है साथ ही साथ कम लागत से किया जा सकता है। जैविक उपचार की कई कारगर तकनीक आज उपलब्ध हैं, जिसमें से उपयुक्त उपाय को प्रदूषक की मात्रा, पर्यावरणीय परिस्थिति और क्षेत्र विशेष के आधार पर प्रयोग किया जा सकता है। जैविक उपाय की इन तकनीकों को दो मुख्य समूहों में वर्गीकृत किया गया है-इन-सीटू और एक्स-सीटू। इन-सीटू जैविक उपचार प्रदूषित क्षेत्र में की जाने वाली तकनीक होती है जबकि एक्स-सीटू प्रदूषित भूजल को जलभृत से बाहर सतह पर निकाल कर की जाने वाली उपचार तकनीक होती है। एक्स-सीटू की अपेक्षा इन-सीटू समूह के तकनीक ज्यादा अच्छी होती है।

परिचय

: हम अपने दैनिक जीवन में लगभग हर रोज पेट्रोलीयम स्टेशन को आसपास देखते हैं। इन पेट्रोलीयम स्टेशन पर भिन्न-भिन्न प्रकार के पेट्रोकेमिकल पदार्थ जैसे पेट्रोल, डीजल, केरोसिन इत्यादि उपलब्ध होते हैं। इन पेट्रोकेमिकल पदार्थों को भूमिगत टैंक में संग्रहित (स्टोर) किया जाता है। देखरेख के

अभाव, भूकंपीय कंपन, और अन्य कई कारणों से समय के साथ इन टैंकों से पेट्रोलीयम पदार्थ का रिसाव होने लगता है। जैसे ही इन पेट्रोलीयम पदार्थों का प्रवेश मिट्टी में होता है, ये एक प्रदूषक के रूप में अपनी यात्रा भूमिगत जल की ओर प्रारंभ कर देते हैं और अन्ततः भूमिगत जल के प्रदूषण के कारण बन जाते हैं। पेट्रोलीयम रिसाव के कारण होने वाली मिट्टी और भू-जल प्रदूषण एक देशव्यापी समस्या है। इस लेख पत्र का उद्देश्य उन पेट्रोलीयम पदार्थों के

कारण होने वाले मृदा-भूजल प्रदूषण और साथ ही साथ उनके भिन्न-भिन्न विसंद्रूपण (उपचार) उपायों को प्रस्तुत करना है।

पेट्रोकेमिकल प्रदूषक के मुख्य स्रोत
औद्योगिक एवं तेल शोधक कारखानों के तरल अपशिष्ट इत्यादि मुख्य स्रोत हैं। इसके अतिरिक्त घरों में प्रयोग किए जाने वाले पेंट, पॉलीमर, गैसोलीन इत्यादि अन्य स्रोत हैं। यूनाइटेड स्टेट्स जियोलॉजिकल सर्वे (यू.एस.जी.एस.) के अनुसार भूमिगत टैंक से पेट्रोलियम पदार्थ का रिसाव मुख्य एवं खतरनाक स्रोतों में से एक है। वर्षाकालीन समय में नगरपालिका ठोस और तरल अपशिष्ट से निकलने वाला गन्दा पानी भी इन प्रदूषकों का पूरक होता है।

भारतीय तटीय क्षेत्र में पेट्रोकेमिकल प्रदूषक

रासायनिक क्षेत्रों से जुड़ी बड़ी, छोटी और मध्यम वर्ग की कंपनियों को समुद्र के पास की जगह इसलिए पसंद है क्योंकि इनके वॉयलर को ठन्डा करने हेतु पानी की आवश्यकता समुद्र से पूरी की जाती है। तेल बनाने वाली कंपनियों को तो समुद्र के पास वाली जगह इसलिए आवश्यक है क्योंकि कच्चा तेल समुद्र के रास्ते से आता है। यही कारण है कि एस.पी.एम. की कंपनियों ने समुद्र में विकसित किया है। इन एंकर वाले बोया जहां पर विदेश से कच्चा तेल, गैस इत्यादि जहाजों द्वारा लाकर उतारा जाता है उसे एस.पी.एम. कहते हैं। यहां से कच्चा तेल पाइपलाइन द्वारा समुद्र तट पर बनी कंपनियों (Refineries) में

भेज कर शुद्धिकरण किया जाता है जिससे पेट्रोल, डीजल, गैस इत्यादि अलग-अलग कर प्रयोग में लाये जाते हैं। समुद्र तट पर अनेक रासायनिक कंपनियां अपना निष्कासित जल आंशिक उपचार या बिना उपचार किये सतह पर ही छोड़ देते हैं जो अन्ततोगत्वा समुद्री तटीय क्षेत्रों को प्रदूषित कर देते हैं। कई बार प्रदूषण इतना अधिक बढ़ जाता है कि समुद्री जल में ऑक्सिजन की मात्रा बहुत घट जाती है तथा यह बहुधा शून्य के बराबर हो जाती है। अतः समुद्र तट में तेल प्रदूषण एक भीषण समस्या है। समुद्र तट में जब तेल प्रदूषण होता है, तेल के घटक पेट्रोलियम हाइड्रोकार्बन की मात्रा मिट्टी-पानी में बढ़ जाती है। अब हम समझेंगे कि तेल रिसाव किन-किन कारणों से होता है या तेल प्रदूषण के स्रोत क्या हैं। तेल रिसाव के निम्न कारण हैं:-

- तेल रिसाव, तेलवाहक पाइपलाइन के फटने से होता है।
- तेल रिसाव, दो जहाजों की टक्कर से होता है।
- तेल रिसाव, तेल वाहक जहाज की दुर्घटना से होता है।
- तेल जहाज के साफ-सफाई व धोने से फैलता है।
- जहाज के इंजनों के तेल बदलने से पानी में जाता है।
- तेल, वाहनों से निकले धुएं, वर्षा के कारण सतह पर पहुंचता है।
- तेल रिसाव तेल कुओं के प्रयोग से होता है।
- तेल कंपनियों द्वारा निष्कासित

पानी जिसमें तेल की मात्रा होती है।

- भूकंपीय कंपन, और अन्य कई कारणों से समय के साथ इन टैंकों से पेट्रोलियम पदार्थ का रिसाव होने लगता है। अतः हम समझ सकते हैं कि तेल प्रदूषण पर्यावरण के लिए एक गंभीर समस्या है।

पेट्रोकेमिकल प्रदूषक के पर्यावणीय एवं मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव

भूजल, पीने योग्य पानी का सबसे बड़ा स्रोत है और मानव सभ्यता के विकास का एक महत्वपूर्ण स्तम्भ रहा है। प्रदूषित पानी के पीने से मानव को कई शारीरिक विकारों का सामना विगत समय में भी करना पड़ा है और आने वाले समय में भी करना पड़ेगा। कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय वैज्ञानिक और अनुसंधान संस्थान ने पेट्रोकेमिकल प्रदूषित पानी को स्वास्थ्य के लिए घातक प्रमाणित किया है। मुख्यतः पेट्रोकेमिकल प्रदूषित पानी से कैंसर के होने का प्रमाण मिला है। विश्व स्वास्थ्य संगठन ने पेट्रोकेमिकल को प्रदूषक घोषित कर, पेय जल में

इनकी मात्रा कितनी होनी चाहिए इसके लिए एक दिशा निर्देश दिया है। उदाहरण स्वरूप, टोल्यूनि (एक प्रकार का पेट्रोकेमिकल) की मात्रा पेय जल में 0.7 मि.ली. ग्राम प्रति लीटर से कम होनी चाहिए। पेट्रोलियम प्रदूषक का पारिस्थितिक (इकोलॉजिकल) प्रभाव भी अति घातक है। जैसे ही ये प्रदूषक मिट्टी में प्रवेश करते हैं वहां के सूक्ष्म जीवों पर गहरा आघात होता है और विषैलेपन के कारण मर जाते हैं। इस प्रकार सूक्ष्म जीवों के हनन से पर्यावरण के पोषक तत्व चक्र में धीरे-धीरे बदलाव आने लगता है और अंततः सम्पूर्ण पारिस्थितिक तंत्र नष्ट हो जाता है। पेट्रोलियम प्रदूषकों के कारण भूजल में घुले ऑक्सीजन पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है और कई शोध घुले ऑक्सीजन की कमी को प्रामाणित करते हैं। कुछ शोध पत्रों के अनुसार, पेट्रोलियम प्रदूषकों के कारण अन्य कई प्रदूषकों के संग्रहण में भी वृद्धि होने लगती है, उदाहरण स्वरूप भूजल में आर्सेनिक संग्रहण में वृद्धि इत्यादि।



पेट्रोलियम प्रदूषकों का पारिस्थितिक तंत्र पर घातक प्रभाव।

समुद्री तट पर स्थित रासायनिक कंपनियों से रिसने वाला तेल तटीय क्षेत्रों को प्रदूषित कर रहा है।



मृदा और भूजल में पेट्रोकेमिकल प्रदूषक का परिवहन एवं प्रदूषण भार तुलनात्मक घनत्व के आधार पर पेट्रोकेमिकल प्रदूषकों को दो मुख्य प्रकार में वर्गीकृत किया गया है, जिसमें पानी से कम घनत्व वाले पेट्रोकेमिकल यौगिक को हल्का गैर-जलीय तरल (लाइट नॉन एक्ज्युवस फेज लिक्विड्स) और पानी से अधिक घनत्व वाले

पेट्रोकेमिकल प्रदूषित भूजल.....

को भारी गैर-जलीय तरल (डेन्स नॉन-एक्यूवस फेज लिक्विड्स) जब पेट्रोकेमिकल प्रदूषक का उप-भूतल में रिसाव होता है, ये उपसतहीय पानी के साथ मिट्टी के माध्यम से नीचे की ओर प्रवाहित होने लगते हैं। उपसतह के आंशिक रूप से गीला होने के कारण मिट्टी के छिद्रों में हवा होती है और ये छिद्र एक दूसरे से जुड़े भी होते हैं। एक दूसरे से जुड़े छिद्रों से हवा, जल और प्रदूषकों का परिवहन उपसतह में एक जगह से दूसरी जगह होने लगता है। इसके प्रवाह के साथ, इन प्रदूषकों का घुले प्रदूषक के रूप में, वाष्प के रूप में और मृदा अवशोषण के रूप में पृथक्कीकरण भी आरंभ हो जाता है। वाष्पित पेट्रोकेमिकल प्रदूषक का घनत्व वायु के घनत्व से कम होता है और इसीलिए प्रदूषित वायु ऊपर के ओर आने लगती है जिससे घरों के अंदर प्रवेश करने की आशंका रहती है। प्रदूषकों का कुछ हिस्सा मिट्टी के छिद्रों में फंस जाता है और ये लंबे समय तक एक विशेष स्रोत का काम करते हैं। मिट्टी के छिद्रों में फंसे इन प्रदूषकों का उपचार अति जटिल होता है और इसमें अत्यधिक लागत खर्च करनी होती है। जब ये प्रदूषक भूजल सतह पर पहुंचते हैं, तो पानी से कम घनत्व वाले पेट्रोकेमिकल भूजल सतह पर तैरने लगते हैं जबकि पानी से अधिक घनत्व वाले निरन्तर नीचे की ओर परिवहन करते रहते हैं, जब तक कि कोई अभेद्य सतह नहीं मिलता है। चित्र 1 में पेट्रोकेमिकल प्रदूषक के परिवहन की रूप रेखा प्रस्तुत की गयी है। भूजल सतह पर तैरते हुये पेट्रोकेमिकल प्रदूषक भूजल में घुलने लगता है और बहाव के साथ दूर-दूर तक फैल जाता है और भूजल के विशाल भाग को प्रदूषित कर देता है। एक शोध पत्र के अनुसार यदि भूजल प्रवाह तेज हो तो अभिवहन एवं प्रसार के कारण अधिक क्षेत्र प्रदूषित हो जाता है जिसकी कम गहराई वाले जलभृत (एक्यूफर) में उम्मीद की जाती है। साथ ही साथ भूजल सतह के अस्थिरता के कारण इन प्रदूषकों का परिवहन अधिक गहराई तक होता है। अतः शुद्ध पेयजल की

पूर्ति हेतु इन प्रदूषकों का सही उपचार अति आवश्यक है।

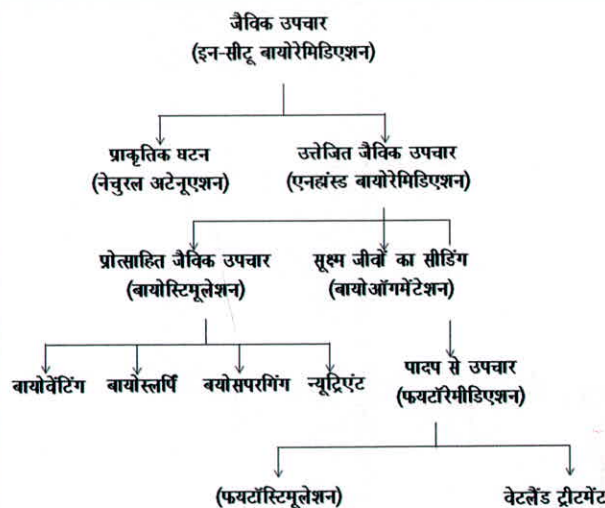
पेट्रोकेमिकल प्रदूषित मृदा और भूजल का जैविक उपचार (बायोरेमिडिएशन) जैविक विधि से प्रदूषित मृदा और भूजल का उपचार (ट्रीटमेंट) करना पर्यावरण के लिए हितकारी सिद्ध हुआ है साथ ही साथ कम लागत से किया जा सकता है। जैविक उपचार की कई कारगर तकनीक आज उपलब्ध हैं, जिसमें से उपयुक्त उपाय को प्रदूषक की मात्रा, पर्यावरणीय परिस्थिति और क्षेत्र विशेष के आधार पर प्रयोग किया जा सकता है। जैविक उपाय की इन तकनीकों को दो मुख्य समूहों में वर्गीकृत किया गया है-इन-सीटू और एक्स-सीटू। इन-सीटू जैविक उपचार प्रदूषित क्षेत्र में की जाने वाली तकनीक होती है जबकि एक्स-सीटू प्रदूषित भूजल को जलभृत से बाहर

सतह पर निकाल कर की जाने वाली उपचार तकनीक होती है। एक्स-सीटू के अपेक्षा इन-सीटू समूह की तकनीक ज्यादा अच्छी होती है क्योंकि एक्स-सीटू तकनीक में अधिकतर खर्च पानी पम्प करने में हो जाता है और पुनः भूजल रिचार्ज करना मुश्किल होता है। अतः उपयुक्त तकनीक का चयन, जिससे पूर्ण रूप से प्रदूषक का नाश हो जाये, पर्यावरण पर भी कम प्रभाव पड़े और कम लागत में कार्य हो जाये एक सफल परियोजना के लिए अति आवश्यक है। नीचे दिखाए गए चित्र में पेट्रोकेमिकल प्रदूषकों का सही उपचार के लिए उपयोग किये जाने वाले इन-सीटू तकनीकों को प्रस्तुत किया गया है।

प्राकृतिक घटन (नेचुरल अटेनुएशन) ई.पी.ए. के अनुसार “नेचुरल अटेनुएशन” एक प्रकार की भौतिक,



पेट्रोकेमिकल प्रदूषित मृदा और भूजल का जैविक उपचार



रासायनिक एवं जैविक क्रिया है जिसमें मृदा-भूजल के प्रदूषक के विघेलापन, गतिशीलता, आयतन और एकाग्रता का घटन बिना किसी मानवीय हस्तक्षेप के होता है। पर कई शोध पत्रों ने इसे एक धीमी प्रक्रिया बताया है, खासकर जब प्रदूषक का रिसाव लगातार और अधिक मात्रा में हो। अधिकतर इस प्रक्रिया का अच्छा प्रभाव सरल हाइड्रोकार्बन प्रदूषक के घटन में देखा गया है। कम तापमान वाले और सूखे क्षेत्र के लिए उत्तम उपाय नहीं है क्योंकि सूक्ष्म जीव इन क्षेत्रों में अधिक सक्रिय नहीं होते अतः इन क्षेत्रों के लिए अन्य उपायों पर विचार करना चाहिए।

प्रोत्साहित जैविक उपचार
(बायोस्टिम्यूलेशन)

बायोस्टिम्यूलेशन महत्वपूर्ण तकनीकों में से एक है, जिसमें प्रदूषित क्षेत्रों में उपस्थित सूक्ष्म जीवों को उनके लिए अनुकूल वातावरण तैयार करना होता है ताकि सूक्ष्म जीवों के विकास से प्रदूषकों का अधिकतम घटन हो सके। पर्यावरण के संशोधन के लिए

बायोस्टिम्यूलेशन हेतु पर्यावरण के संशोधन के लिए महत्वपूर्ण घटक



मुख्यतः उपसतह में ऑक्सीजन की आपूर्ति की जाती है और साथ ही साथ सूक्ष्म जीवों को पोषक तत्वों की उचित पूर्ति की जाती है। पेट्रोकेमिकल प्रदूषण के उपचार के लिए “बायोस्टिम्यूलेशन” प्रभावी उपायों में से एक है क्योंकि यह देखा गया है कि मृदा में सामान्यतः पेट्रोकेमिकल घटन हेतु क्रियाशील सूक्ष्म जीव पाये जाते हैं। सफल क्रियान्वयन हेतु, अनुकूलित वातावरण को स्थापित करना एक महत्वपूर्ण चुनौती है, क्योंकि वातावरण

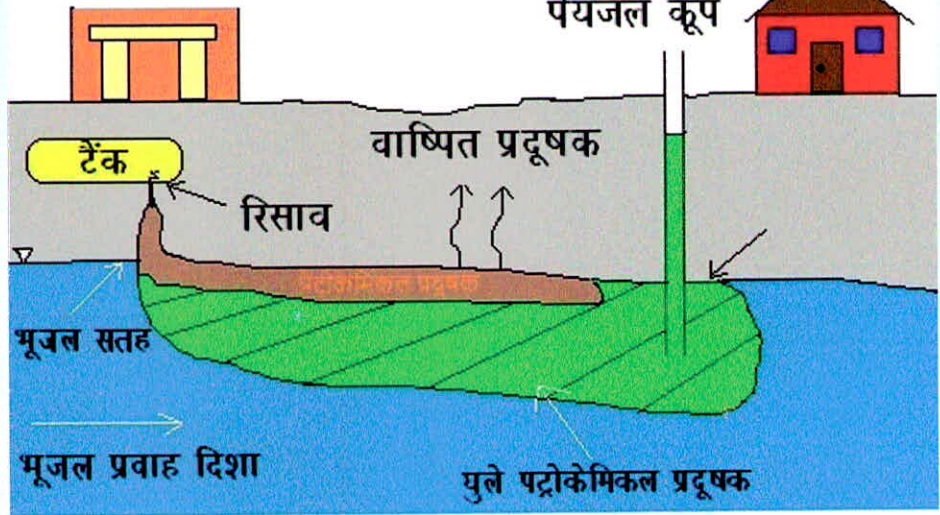
अधिक और लगातार प्रदूषण के कारण उपसतह के सूक्ष्म जीवों की संख्या में कमी आ जाती है, अतः पूर्ण रूप से प्रदूषक के निवारण हेतु अतिरिक्त सूक्ष्म जीवों का अन्तःक्षेप किया जाता है, इस तकनीक को सूक्ष्म जीवों का सीडिंग (बायोऑगमेंटेशन) कहते हैं। पेट्रोकेमिकल प्रदूषण के उपचार के लिए “बायोऑगमेंटेशन” एक कारगर तकनीक सिद्ध हुई है। कुछ शोध पत्रों के अनुसार, 80-90% पेट्रोकेमिकल प्रदूषकों का निराकरण इस विधि से किया जा सकता है। अधिक प्रदूषित क्षेत्र में बायोऑगमेंटेशन के साथ-साथ बायोस्टिमुलेशन का प्रयोग प्रदूषकों के पूर्ण नाश के लिए महत्वपूर्ण है।

के सभी घटकों जैसे तापमान, आर्द्रता, नमी इत्यादि में उतार-चढ़ाव समय के साथ होते रहता है। उदाहरण स्वरूप, मृदा-भूजल में पेट्रोकेमिकल प्रदूषण के उपचार के लिए 25 से 30°C अनुकूलित तापमान और 80-100% अनुकूलित नमी होनी चाहिए। [1]

सूक्ष्म जीवों का सीडिंग (बायोऑगमेंटेशन)

अधिक और लगातार प्रदूषण के कारण उपसतह के सूक्ष्म जीवों की संख्या में कमी आ जाती है, अतः पूर्ण रूप से प्रदूषक के निवारण हेतु अतिरिक्त सूक्ष्म जीवों को अन्तःक्षेप किया जाता है, इस तकनीक को सूक्ष्म जीवों का सीडिंग (बायोऑगमेंटेशन) कहते हैं। पेट्रोकेमिकल प्रदूषण के उपचार के लिए “बायोऑगमेंटेशन” एक कारगर तकनीक सिद्ध हुई है। कुछ शोध पत्रों के अनुसार, 80-90% पेट्रोकेमिकल प्रदूषकों का निराकरण इस विधि से किया जा सकता है। अधिक प्रदूषित क्षेत्र में बायोऑगमेंटेशन के साथ-साथ बायोस्टिमुलेशन का प्रयोग प्रदूषकों के

पेट्रोलियम स्टेशन



चित्र 1 : भूमिगत टैंक में संग्रहित पेट्रोकेमिकल के रिसाव से होने वाला मृदा-भूजल प्रदूषण

पूर्ण नाश के लिए महत्वपूर्ण है। [2] पादप से उपचार (फायटोरिमीडिएशन)

पेड़ पौधों के क्रियात्मक गुणों का प्रयोग कर प्रदूषकों का उपचार करने की विधि को फायटोरिमीडिएशन कहते हैं, जिसमें फायटोस्टिमुलेशन और वेटलैंड ट्रीटमेंट मुख्य हैं। पेड़ पौधों के जड़ों से ऑक्सीजन का प्रवाह उपसतह में होता है जिससे उपसतह में ऑक्सीजन की मात्रा बरकरार रहती है। साथ ही साथ जड़ों से निकलने वाले एंजाइम और सड़े हुये जड़ न्यूट्रिएंट के तरह काम करते हैं। वेटलैंड ट्रीटमेंट, एक संयुक्त विधि है, जिसमें गंदे पानी जो कि पूरी तरह से न्यूट्रिएंट युक्त होता है, का प्रयोग वेटलैंड में लगाए गए पेड़-पौधों को विकसित करने के लिए किया जाता है। फायटोरिमीडिएशन की मुख्य विशेषता यह है कि इस प्रक्रिया में सूक्ष्म जीवों का विकास अधिक तीव्रता से होता है क्योंकि ये पेड़ पौधों की जड़ों से संलग्न रहते हैं। फायटोरिमीडिएशन का प्रयोग कम प्रभावित क्षेत्र के लिए अत्यधिक प्रभावशाली होता है, अधिक प्रदूषित क्षेत्र में इसके साथ-साथ बायोऑगमेंटेशन और बायोस्टिमुलेशन भी किया जाता है।

सारांश

पेट्रोकेमिकल पदार्थ को भूमिगत टैंक

में संग्रहित (स्टोर) किया जाता है। देखरेख के अभाव, भूकंपीय कंपन, और अन्य कई कारणों से समय के साथ इन टैंकों से पेट्रोलियम पदार्थ का रिसाव होने लगता है। जब पेट्रोकेमिकल प्रदूषक का उप-भूतल में रिसाव होता है, ये उपसतहिय पानी के साथ मिट्टी के माध्यम से नीचे की ओर प्रवाहित होने लगते हैं, ये एक प्रदूषक के रूप में अपनी यात्रा भूमिगत जल के ओर प्रारंभ कर देते हैं और अन्ततः भूमिगत जल के प्रदूषण के कारण बन जाते हैं। पेट्रोलियम रिसाव के कारण होने वाली मिट्टी और भूजल प्रदूषण एक देशव्यापी समस्या है। अतः शुद्ध पेयजल की पूर्ति हेतु इन प्रदूषकों का सही उपचार अति आवश्यक है। जैविक विधि से प्रदूषित मृदा और भूजल का उपचार (ट्रीटमेंट) करना पर्यावरण के लिए हितकारी सिद्ध हुआ है साथ ही साथ कम लागत में किया जा सकता है। बायोस्टिमुलेशन महत्वपूर्ण तकनीकों में से एक है, जिसमें प्रदूषित क्षेत्रों में उपस्थित सूक्ष्म जीवों को उनके लिए अनुकूल वातावरण तैयार करना होता है ताकि सूक्ष्म जीवों के विकास से प्रदूषकों का अधिकतम घटन हो सके। पूर्ण रूप से प्रदूषक के निवारण हेतु अतिरिक्त सूक्ष्म जीवों को अन्तःक्षेप किया जाता है, इस तकनीक को सूक्ष्म जीवों का सीडिंग (बायोऑगमेंटेशन)

कहते हैं। पेट्रोकेमिकल प्रदूषण के उपचार के लिए “बायोऑगमेंटेशन” एक कारगर तकनीक सिद्ध हुई है। फायटोरिमीडिएशन का प्रयोग कम प्रभावित क्षेत्र के लिए अत्यधिक प्रभावशाली होता है, अधिक प्रदूषित क्षेत्र में इसके साथ-साथ बायोऑगमेंटेशन और बायोस्टिमुलेशन भी किया जाता है।

सन्दर्भ

1. वृजेश कुमार यादव एंड एस. माजिद हसनजादेह (2011) “एन ओवर व्यू ऑफ बायो डिग्रेडेशन ऑफ एल.एन.ए.पी.एल. इन कोस्टल (सेमी)-एरिड एनवायरनमेंट” वाटर एयर सॉइल पोल्लुशन, पेज 220:225-239.
2. पंकज कुमार गुप्ता एंड वृजेश कुमार यादव (2017) “बायो रेमेडिएशन ऑफ नॉन एकोयूएस फेज लिक्विड्स पॉल्यूटेड सॉइल वाटर रिसॉर्सेज” एनवायरनमेंटल पोल्यूटेड्स एंड बायो रेमेडिएशन एप्रोचेज, फर्स्ट एडिशन, चैप्टर 08, पेज 233-248.

संपर्क करें:

पंकज कुमार गुप्ता, जहांगीर, शशि रंजन, वृजेश कुमार यादव जलविज्ञान विभाग, आई.आई.टी रुड़की मो.न. 9760910741 ईमेल: pankajkumarpsc@gmail.com