चतुर्थ राष्ट्रीय जल संगोष्ठी

2011

जल संसाधनों के प्रबंधन में नवीनतम तकनीकों का प्रयोग

16–17 दिसम्बर, 2011

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
जलविज्ञान भवन
रूडकी–247667 (उत्तराखंड)

जल की शुद्वीकरण में आधुनिक प्रौद्योगिकी की प्रांसगिकता

प्रो. हिमांशु जोशी

जल संसाधन विकास एवं प्रबन्धन विभाग, भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, रूड़की

सारांश

यह सर्वविदित और अकाट्य सत्य है कि हवा के बाद पानी ही मनुष्य की सर्वाधिक महत्वपूर्ण आश्यकता है। हमारे देश में पानी की समस्या बाकी विकासशील देशों की तुलना में ज्यादा नाजुक है। जल प्रदूषण के पीछे औद्योगिकीकरण का हाथ तो है ही, साथ ही बढ़ती जनसंख्या भी जिम्मेदार है।

पिछले कुछ दशकों में जनसंख्या और आद्योगिक गतिविधियों का तेजी से विकास अधिक से अधिक Contamiaut की पहचान और ह्रासमान जल संसाधनों की उपलब्धता के कारण पांरिपरिक जल और अपशिष्ट जल उपचार प्रकियाओं का उपयोग काफी चुनौतीपूर्ण हो गया ह।

कुछ उभरते उपचार प्रौद्योगिकियॉ जैसे : झिल्ली निस्पंदन, नैनोटेक्नोलॉजी नैनो बुलबुल, सार्वजनिक स्वास्थ्य और पर्यावरण के बेहतर संरक्षण के लिए महान विकल्प प्रदान करने का वादा देते हैं। इस लेख में पानी और अपशिष्ट जल उपचार के क्षेत्र में उभरती प्रौद्योगिकियो पर मुख्य ध्यान केन्द्रित किया गया है। इस पत्र से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि बढती ज्ञान और विनिर्माण उपयोग के क्षेत्र में प्रगति के साथ इन प्रौद्योगिकियों का आवेदन एक अभूतपूर्व पैमाने पर बढ जाएगा।

परिचय

परम्परागत जल और अपशिष्ट जल उपचार प्रकियाओं का प्रयोग लम्बे समय से सार्वजनिक स्वास्थ्य और प्यांवरण में विद्यामान कई चिंताजनक रायायनिक और माइकोबियल हटाने से किया गया है। हांलाकि, विभिन्न प्रकार की चुनौतियों के कारण पिछले दो दशकों से इन प्रकियाओं का प्रभाव काफी सीमित बन गया है। इन चुनौतियों में सबसे महत्वपूर्ण और आवश्यक है जैसे : पोषक तत्व (नाइट्रोजन, फासफोरस) और सिंथेटिक कार्बनिक योगिकों को हटाना क्योंकि इनका सार्वजनिक स्वास्थ्य और पर्यावरण पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। उक्त परिप्रेक्ष्य में तीन आधुनिक प्रौद्योगिकियॉ समसामयिक प्रतीत होती है। इनका वर्णन निम्न पंक्तियों में किया गया है।

झिल्ली निस्पंदन (Nembraw Filration)

यह एक ऐसी प्रकिया है जिसमें दूषित जल को अर्धपारगम्य झिल्ली से पार कराया जाता है। इस प्रकिया में जल में उपस्थित अधिक सान्द्रता वाले विलेय तो झिल्ली के एक तरफ रह जाते हैं तथा शुद्ध जल झिल्ली को पार कर जाता है।
झिल्ली, सामग्री की एक पतली सतह होती है जिस पर जब बल लगाया जाता है तो वह पदार्थ को जल से अलग करने में सक्षम होती है।

झिल्ली सिस्टम विशेष अनुप्रयोगों में जैसे पानी उपचार, समुद्री पानी और खारे पानी के अलवणीकरण में 30 से अधिक वर्षो से बड़े पैमाने पर इस्तमाल किया जा रहा है। तकनीकी प्रगति और लागत में कटौती के साथ, झिल्ली सिस्टम एकल कदम प्रकिया द्वारा Nano Saline पानी को decontaminate करने मे सक्षम है।

झिल्ली निस्सपंदन प्रकिया में संस्पेडिड सॉलिड, बड़े माइकोआरग्रनिज्म धूलकण इत्यादि जल से अलग किए जाते हैं। झिल्ली का प्रयोग दूषित जल और अपशिष्ट जल को साफ करने तथा पुनः उपयोग के लिए प्रौद्योगिकी क्षेत्र में भी किया जा रहा है।

अधिक विशेष रुप से, झिल्ली निस्पंदन कार्य का Permeating प्रजातियों के आकार की सीमा , ड्राइविंग कार्यरत बलों, रासायनिक संरचना तथा झिल्ली की रचना और निर्माण के आधार पर आगे वर्गीकृत किया जा सकता है। महत्वपूर्ण प्रकार कमशः हैं :–

1. माइको फिल्ट्रेशन (MF)
2. अल्ट्रा फिल्ट्रेशन (UF)
3. नैनो फिल्ट्रेशन (NF)
4. रिवर्स फिल्ट्रेशन (RO)

माइको फिल्ट्रेशन (MF)

यह माइको फिल्टर 0.04 से 1.0 माइको मीटर साइज के कणों तथा माइकोब्स को जल से अलग करता है तथा यह कर्टरिज के रुप में उपलब्ध है। इन कार्टरिज की आकृति ट्यूबलर, डिक्स प्लेट स्पायरल तथा खोखले फाइबर के रुप में होती है।

अल्ट्रा फिल्ट्रेशन (UF)

इनमें 0.05 से 0.10 माइको साइज के उच्च परमाणु भार वाले योगिकों, कोलोइंड्स, पायरोक्सिन, माइकोआरेनिज्म तथा संस्पेडंड सालिड्स को दूर किया जाता है। अल्ट्रफिल्टर मेम्ब्रेन के रुप में होते हैं। इन फिल्टरों को भी ट्यूबलर डिस्क प्लेट स्पायरल तथा खोखले फाइवर के रुप में स्थापित किया जाता है।

नैनो फिल्ट्रेशन (NF)

नैनो फिल्टर के छिद्र का साइज 0.6–5 नैनो मीटर होता है। इससे मल्टीवबेलेट (डनसजपअंसपनज प्वदे), सूक्ष्मजीव, संसपेडिड सालिडस को जल से दूर किया जाता है। नैनो फिल्ट्रेशन में डवदंअंसपनज पवदे को जल से अलग नही किया जा सकता।

रिवर्स फिल्ट्रेशन (RO)

यह कफी लोकप्रिय प्रकिया है। इस प्रकिया में जल को अपारगम्य झिल्ली द्वारा पार करवाया जाता है। इसके द्वारा जल में उपस्थित लगभग सभी अकार्बनिक आयनों, गंवलापन, वैकट्रिया, मॉलिड्स आयन सभी को जल में अलग किया जा सकता है।

झिल्ली का प्रयोग पानी को पीने याग्य बनाने के लिए विभिन्न स्तर पर किया जाता है। भूजल की गुणवत्ता अलग–अलग जगहों पर विपरीत होती है। उस के आधार पर ही झिल्ली का चयन किया जाता है।

जहॉ भूजल में TDS 500 से अधिक हो, और बाकी अशुद्धियॉ जल की गुणवत्ता मानक से अधिक हो वहॉ उस जल को पहले शुद्ध करके पीने योग्य बनाया जाता है। घरेलू स्तर पर वाटर प्यूरिफायर का प्रयोग किया जाता है। जिसमें RO का इस्तमाल होता है।

आजकल प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में भी झिल्ली का काफी प्रयोग किया जा रहा है। विभिन्न प्रकार के उद्योगों जैसे : कपड़ा, डेयरी, दवा इत्यादि में बकार पानी को कारगर बनाने के लिए अपशिष्ट जल उपचार संयत्र लगाये जाते हैं जिनमें झिल्ली तकनीक का प्रयोग अंतिम चरण पर किया जा रहा है। झिल्ली द्वारा उपपारित पानी का प्रयोग उद्योगों में फिर से किया जा सकता है। इससे पानी की खपत भी कम हो जाती है। तथा भूजल रिक्तीकरण की समस्या भी दूर की जा सकती है। वाणिज्यिक झिल्ली एक विस्तृत रेंज के रोमकूप आकार के रुप में उपलब्ध है। झिल्ली निस्पंदन प्रौद्योगिकी विभिन्न प्रकार के Vontaninant को प्रभावी ढंग से हटाती है। झिल्ली निस्पंदन का उपयोग निम्न तंत्रों में किया जा सकता है :

ठोस तरल जुदाई कार्बनिक तथा अकार्बनिक को जल से हटाने में ठोस तरल अलगीकरण (eparation)

– जल स्त्रोंतो की एक विस्तृत श्रंख्ला पर प्रयोगशाला और पूर्व पैमाने दोनों पर झिल्ली प्रकियाओं द्वारा ठोस तरल जुदाई के लिए लगातार सफलता का प्रदर्शन किया गया है। इसमें MF तथा UF काफी विशेष महत्वपूर्ण है क्योंकि ये बहुत कम दबाव भिन्नता पर कार्यरत है।
जल उपचार में, एक बढती संख्या में झिल्ली प्रकियाओं का उपयोग Turbniality हटाने तथा क्लोरीन प्रतिरोधी रोगजनकों को समाप्त करने में किया जाता है।

– प्रयोगशाला अनुसंधान तथा Pilot Field Test पूर्ण दोनों पैमानों पर लगातार यह दर्शाया गया है कि ये झिल्ली निस्पंदन प्रकियाएं दूषित जल से Giardia Spp. और Cryptosporodium Spp. को 6 लाग इकाई से भी ज्यादा हटाने की क्षमता रखता है, बशर्ते झिल्ली अखण्डता को बनाए रखा जाए। (Ventreqque etal 1997 & Yoo eal 1995)

– (Kilega etal 1991) किलेगा एट आल (1991) की जॉच अनुसार पता चला कि प्राथमिक मलजल प्रवाह का HF प्रकिया द्वारा उपचार से निलम्बित ठोस तथा Turbidity को कम से कम Imgle और INTU कमशः तक कम किया जा सकता है। इसके अलावा, जैविक आक्सीजन मांग (BOD), तेल को भी काफी मात्रा में हटा दिया गया। इसका मुख्य फायदा यह था कि झिल्ली निस्पंदन अक्सर बेहतर गुणवत्ता अपशिष्ट का उत्पादन करता है जो पुनः उपयोग के लिए उपयुक्त हो सकता है।

जैविक हटाने में

रोमकूप आकार में अंतर होने के कारण अलग–अलग झिल्ली प्रकिया कार्बनिक योगिकों को हटाने में काफी असमानता दर्शाती है।

सामान्यतः MF और UF सतह के पानी के उपचार के भंग कार्बनिक योगिकों को हटाने में प्रभावी नही है। यह केवल <15% हटाने की दक्षता रखते हैं। इसके विपरीत NF तथा RO प्राकृतिक कार्बनिक पदार्थ सहित कई योगिकों, कीटनाशकों, क्ठचे को हटाने में बहुत प्रभावी रहे थे। झिल्ली निस्पंदन प्रकियाओं का प्रयोग विभिन्न प्रकार के भंग कार्बनिक योगिकों को नगर निगम और औद्योगिक अपशिष्ट पानी से निकालने में किया जाता है।

रिपोटड अनुप्रयोगों मे शामिल है

कपड़ा प्रसंस्करण अपशिष्ट से कार्बनिक रंजक का अलग करना, तेल क्षेत्र ठतपदमे और पेट्रोलियम प्रसंस्करण संयत्र से तेल की एकाग्रता बढाना, भूजल से कीटनाशकों को दूर करने में, और स्ंदकपिसस स्मंबींजम उपचार में।

अकार्बनिक **Contaminant** हटाने में

पानी के उपचार में छथ और त्व द्वारा अकार्बनिक ब्वदजंउपदंदज हटाने में सबसे ज्यादा उपयोगी है। एक सर्वेक्षण से पता चलता है कि 1889 में दुनिया भर में लगभग $3.8x10^6$ m^3/d क्षमता के 4000 से भी अधिक संयुक्त disaliting भूमि आधारित त्व संयत्र थे। (AWWA Membrane Technology Research Committee 1992)

इसमें केवल 95 m^3/d से अधिक क्षमता वाले संयत्र शामिल है। इसके अलावा, हाल ही में एक जॉच के अनुसार NF और RO पानी से कठोरता, नाइट्रेट और भारी धातु हटाने में सक्षम है। (Rauten bach & Grochi 1990 waypa.etal 1997).

झिल्ली निस्पंदन सिस्टम का चयन

झिल्ली प्रकियाओं के सफल उपयोग झिल्ली सामग्री के उचित चयन पर निर्भर करता है। आदर्श रुप में, एक झिल्ली में निम्न गुण : उच्च प्रवाह, उच्च ब्वदजंउपदंज त्मरमबजपवद, अच्छा रासायनिक प्रतिरोध और कम लागत, होने चाहिए। नए झिल्ली सामग्री विकसित करने के लिए व्यापक अनुसंधान किये गये हैं। (Wiesner & Chellam 1999). एक झिल्ली चयन में सबसे महत्वपूर्ण गुण Poei size तथा आणविक out

Cutoff (MWC) है, जिससे अधिकतम आणविक भार के ैवसनजम को खारिज कर दिया जाता है। तालिकाः 1 में झिल्ली निस्पंदन प्रकियाओं की मुख्य विशेषताओं को संरक्षित किया गया है।

नैनो टेक्नोलॉजी

जल शोधन के क्षेत्र में प्राद्योगिकी जल प्रदूषण, और कीटाणुओं को हटाने मे एक कुशल सम्भावना प्रदान करती है। सुरक्षित पीने के पानी के लिए जल शोधन के क्षेत्र में इस तकनीकी के उपयोग की त्मेमंतबी अग्रिम रुप से चल रही है। इस तकनीक में, जानबूझकर (deliberately) matter और matrial के आकार में हेर फेर करने उसे 100 nm से कम में लाया जाता है। उच्च Surface area/nan rateo के नैनो कणों के सोखने की क्षमता में वृद्धि करता है। नैनो उंजमतपंसे के उच्च सतह क्षेत्र (सतह/मात्रा अनुपात) की वजह से पानी के उपचार में इस्तेमाल अन्य तकनीकों की तुलना में अच्छे परिणाम सामने आए हैं । यह सुझाव दिया है कि भविष्य में इसका प्रयोग बड़े पैमाने पर जल शोधन क्षेत्र में किया जा सकता है। जल शोधन के क्षेत्र में नैनों प्रौद्योगिकी जल प्रदूषण करती है। छंदवउंजमतपंसे उपशिष्ट विषाक्त धातु आयनों, कार्बनिक अकार्बनिक विलेय और सूक्ष्म जीवों द्वारा दूषित भूजल, और सतही जल के उपचार के लिए बहुत अच्छी क्षमता प्रदान करते है। इनकी अद्वितीय गतिविधियों के कारण कई नये Nanomaterials के विकास एवं कियाशीलता पर बहुत कार्य किया जा रहा है। आज नैनो कणों का इस्तमाल रायायनिक और जैविक पदार्थों का पता लगाने और हटाने मे किया जा रहा है। (Reg) Nanomeaterials के Large विशाल उच्च सतह क्षेत्र की वजह से ये अन्य तकनीक की तुलना में पानी के उपचार में अच्छा परिणाम प्रकट करते है।

भूजल उपचार

छंदव प्राद्योगिकी दूषित भूजल के उपचार के लिए भी प्रभावी है। भूजल प्रदूषण न केवल भारत जैसे विकासशील देशों के लिए बल्कि दुनिया के अधिकांश विकसित देशों के लिए भी एक बडी समस्या बनती जा रही है। शोधकर्ताओं के अनुसार रिएक्टिव नैनोकण भूजल Remidiation में काफी उपयोगी हुए हैं और वातावरण से कीटनाशक और Herbicides हटाने में भी उपयोगी सिद्ध हो सकते है। थ्म नैनोकण पर्यावरण Contaminants के त्मउमकपंजपवद और किस्म परिवर्तन में काफी प्रभावी है। नैनो कणों के छोटै आकार और अभिनव सतह के कारण भूजल के शुद्धीकरण में इनका उपयोग किया जा रहा है। नैनो (ZVI) Zero ralent ion, bimetallic नैनोकण मिट्टी और भूजल दोनों के Remediation मे सहायक हैं र्दटप पानी के वर्तमान कार्बनिक, अकार्बनिक दोष का आक्सीकरण द्वारा कम करता है। Fe (आयरन) तथ्य 2 और 3 में आक्सीकरण द्वारा परिवर्तित हो जाता है। चित्र :1 में नैनो ZVI द्वारा भूजल के शुद्धीकरण को दर्शाया गया है। जल मे विद्यामान कडनियम (Cd) निकिल (Ni) जिंक (Zn) आदि धातु आयनों को कम हानिकारक थ्वतउ में बदलने की क्षमता रखता है। मेग्नेटाइट नैनोकणों के प्रयोग से दूषित भूजल से रंग कुल जैविक कार्बन और कुल भंग ठोस की मात्रा मे उल्लेखनीय गिरावट के परिणाम सामने आये हैं। (Red)

क्लोरिन युक्त योगिकों का **Removal**

नैनों कणों का उपयोग करके जैविक भ्ंसवहमदंजमक योगिक का पर्यावरण से हटाना, अभिनव प्रौद्योगिकियों में से एक है। शोधकर्ताओं के अनुसार सिल्वर और गोल्ड के नैनोकणों द्वारा हैलोकार्बन, जो दूषित जल में विद्यामान होत हैं, उनका विनाश किया जा सकता है। सोने व चॉदी के नैनो कणों का प्रयोग जल में विद्यामान भिन्न प्रकार के कीटनाशकों का पता लगाने में भी किया जाता है। कई शोधकर्ताओं ने क्लोरीन युक्त योगिकों के इलाज के लिए नैनोकण सश्लेषित किए है/ Pd नैनो कणों का Chloroethene को डीग्रेड (degrade) करने में Fe माअको कणों में अधिक सक्षम पाया गया है।

क्लोरीन युक्त कार्बन योगिकों जैसे ब्मस 4 का उपयोग व्यापक रुप से Extracting agent के रुप में, सिंथेटिक प्लास्टिक के लिए मध्यवर्ती के रुप में और Hebicides में होता है। ये योगिक अनुचित भण्डारण तथा spill के माध्यम से मिट्टी और लोहा लेपित पारगम्य प्रतिकियाशील बाधाएं इन क्लोरीनयुक्त योगिकों के Reductive उन्मूलन के लिए एक प्रमुख विधि साबित हुई है।

इसका कोई शक नही है कि नैनो Technology बेहतर है। लेकिन आज इन Nanomaterials के पर्यावरण भाग्य, परिवहन तथा विषाक्तता के बारे में ज्ञान अभी भी प्रारम्भिक अवस्था में है।

बुलबुलों (माइक्रो व नैनों) का प्रयोग

माइक्रो बुलबुले माइक्रो प्रजातियों के एक नया वर्ग है जिसका हाल ही में शोध किया गया है। माइक्रो बुलबुलों का पानी की सतह के नीचे फट जाने की क्षमता इन्हे मैक्रो बुलबुले से अलग कराती है। इन छोटे बुलबुलों की यह विशेषता विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नये माइक्रो और नैनो बुलबुलों का आकार (व्यास) 10–15 म्यू तथा ढ20 म्यू कमशः होता है।

माइक्रो बुलबुलों का आकार धीर–धीरे ठहराव और आंतरिक गैसों के विघटन के कारण कम होता जाता है तथा इस प्रकार उनका पतन हो जाता है। जबकि नैनो बुलबुले जैसे होते है उसी आकार में रहते हैं। और एक बार मे नही फटते। नैनो बुलबुलों के interface (इण्टरफेस) पर हार्डहाईड्रोजन बॉड षामिल होता है। जो बर्फ तथा गैस हाईड्रेटस मे होता है। चित्र : 1 में मैक्रो माइक्रो तथा नैनो बुलबुला को दर्शाया गया है। काफी लम्बे समय से Thermoaly namic consideration की वजह से छठव के स्थिर इकाई के रुप में इनके अस्तित्व पर काफी बहस की गई है। उदाहरण के लिए : छठे के गठन के साथ System की कुल मुक्त उर्जा में वृद्धि होनी चाहिए। तथापि छठे ने अन्दर उच्च Laplace दबाव ही उनमे Solutern मे जल्दी घुलने का कारण है। (Ljunggren&erikssontift) पिछले कुछ वर्शो मं छठे–डठे की उच्च प्रतिकियाष्शील कण उत्पन्न करने की क्षमता के कारण पानी के उपचार के लिए इनके सम्भावित आवेदन पर अधिक से अधिक घ्यान दिया गया है।

जैविक प्रदूषकों की गिरावट

डठे का गठन, विकास और पतन अक्सर Cntation के रुप में संदर्भित किया जाता है। Hydrodynamic Cavitatio के माध्यम से उत्पन्न माइक्रो बुलबुल को विभिन्न कार्बनिक योगिको की मात्रा में गिरावट एवं कम करने के लिए नियोजित किया गया है, जैसे alachlor (Wany & Zhany 2009).

गतिशील प्रोत्साहन के अभाव में तथा मजबूत अम्लीय strony aeijic condition में अजोन (O_3) MBs Polyvinyl alcohol को O_C “krksaZ के तहत हटाने में सक्षम है। (Takahashi etal 2007).

–एक जॉच के अनुसार UV irradiation में छठे surfactianla और Non surfactaut की गिरावट में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

–डठे रासायनिक प्रतिकिया को उत्प्ररित करते हैं तथा (detoxification) डीटोक्सीफीकेशन की दक्षता को बढ़ाते हैं जिससे पानी की रासायनिक उपचार की दक्षता में सुधार आता है।

–शोध के अनुसार पता चला है कि डठे न केवल पानी तथा अपशिश्ट जल के उपचार के लिए बल्कि fd.ou (Fermentlatn) तथा मानव अपशिष्ट उपचार के लिए भी प्रयोग किये जा सकते हैं।

– हवा तथा N2 गैस के बुलबुले एरोबिक तथा एनोरोबिक सूक्ष्म जीवों की गतिविधियों को बढाते है।

Water disinfecter पानी के कीटाणुशोधन

पानी के कीटाणुशोधन में माइक्रो तथा छठे अपनी प्रभावी जनित हुए हैं।

डठे द्वारा उच्च प्रतिकियाष्शील कण उत्पन्न करने की क्षमता तथा अस्थित पतन पानी के कीटाणुशोधक में काफी मददगार है। मेमब्रेन निस्पंदन के प्रदूषण को दूर करने में भी डठे काफी सहायक हैं। ये प्रोटीन को मेमब्रेन eh (surface) सतह पर सोखने से रोकते हैं इस प्रकार मेमब्रेन के सतह प्रदूषण को रोकने में सहायक सिद्ध है।

राष्ट्रीय जलविज्ञान संस्थान
जलविज्ञान भवन
रूड़की–247 667 (उत्तराखंड)

दूरभाष : 01332–272106
फैक्स : 01332–272123
ई–मेल : nihmail@nih.ernet.in
वेब : www.nih.ernet.in