

स्वच्छ सागर, सुरक्षित सागर: स्वच्छ, सुरक्षित और समृद्ध भारत के लिए समुद्री जीवन की समझ

^aNidhi Patel, ^bShilpa Doultani, ^aRiya Desai, ^cVivek Shrivastava,

^bPrakash Koringa, ^aVaibhav Bhatt, ^aChandrashekar Mootapally, ^aSubhash Jakhesara,

^aNeelam Nathani

^aGTU-School of Applied Sciences and Technology, Gujarat Technological University,
Ahmedabad - 382424, Gujarat, India

^bDepartment of Veterinary Biotechnology, College of Veterinary Sciences and Animal
Husbandry, Kamdhenu University, Anand, Gujarat, 388110, India

^cCollege of Fisheries Science, Kamdhenu University, Rajpur (Nava), Himmatnagar, Gujarat,
383010, India

Correspondence: neelam.nathani13@gmail.com
doi.org/10.5281/ScienceWorld.22868239

Abstract

समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों के संरक्षण और नए जैविक संसाधनों की खोज से लेकर उनके सतत उपयोग तक, महासागरीय जीवन एवं जैव-विविधता की समझ भारत के आर्थिक विकास एवम पर्यावरणीय उत्तरदायित्व के बीच संतुलन स्थापित करने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है। प्राकृतिक संसाधनों का भारत की विकास यात्रा में गहरा प्रभाव रहा है। एक अरब से अधिक आबादी वाले देश में बढ़ते शहरों, उद्योगों, बंदरगाहों, ऊर्जा की जरूरतों, परिवहन व्यवस्था और खाद्य मांग ने विकास की दिशा को काफी प्रभावित किया है। औद्योगीकरण भारत की आर्थिक प्रगति का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है और इसे विकास से अलग नहीं किया जा सकता। हमारे सामने असली सवाल यह नहीं है कि विकास होना चाहिए या नहीं, बल्कि यह है कि विकास की दिशा ऐसी हो, जिसमें प्राकृतिक संसाधनों पर अनावश्यक दबाव न बढ़े। आर्थिक विकास के साथ-साथ यह भी जरूरी है कि हमारी प्राकृतिक प्रणालियाँ स्वस्थ रहें और लंबे समय तक हमारी जरूरतों को पूरा करती रहें।

भारत के तटीय क्षेत्र में यह प्रश्न विशेष रूप से महत्वपूर्ण है। भारतीय प्रायद्वीप की भौगोलिक स्थिति असाधारण है। पश्चिम में अरब सागर, पूर्व में बंगाल की खाड़ी और दक्षिण में हिंद महासागर स्थित है। इस समुद्री सीमा पर रेतीले और चट्टानी तटों से लेकर मुहाने, कीचड़ वाले मैदान, मैंग्रोव, प्रवाल भित्तियाँ, लैगून, समुद्री घास के आवास और अपतटीय एवं गहरे समुद्र के पारिस्थितिकी तंत्र तक, विविध प्रकार के वातावरण पाए जाते हैं। समुद्र जो न केवल वायुमंडल में जीवनदायी ऑक्सीजन के निर्माण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, बल्कि पूरे पर्यावरण के संतुलन में भी अपना अहम योगदान देते हैं। इसके



अतिरिक्त, समुद्र अनेक प्रकार के समुद्री जीवों के प्रजनन और विकास के प्रमुख स्थल भी हैं, जिन्हें समुद्री जीवों के प्राकृतिक प्रजनन क्षेत्र के रूप में देखा जा सकता है। हाल ही में पुनर्मूल्यांकित की गई लगभग 11,000 किलोमीटर लंबी भारत की तटरेखा, तटीय राज्यों और केंद्र शासित प्रदेशों को एक विशाल समुद्री क्षेत्र से जोड़ती है। देश के पास लगभग 24 लाख वर्ग किलोमीटर का विशिष्ट आर्थिक क्षेत्र (ईईजेड) भी है, जो भारत को समुद्री जैविक संसाधनों की असाधारण विविधता तक पहुँच प्रदान करता है। इस भौगोलिक संपदा के साथ-साथ एक बड़ी जिम्मेदारी भी आती है।

समुद्र तटों से समय-समय पर कचरा हटाना या संवेदनशील क्षेत्रों में लोगों की आवाजाही सीमित करना ही पर्याप्त नहीं है; समुद्रों को सचमुच स्वच्छ और सुरक्षित बनाने के लिए हमारी सोच और जिम्मेदारी में भी बदलाव जरूरी है। समुद्री पारिस्थितिकी को बेहतर ढंग से समझे बिना केवल सतही स्तर पर किए गए प्रयासों से हम समुद्रों की वास्तविक जरूरतों को नहीं समझ सकते। अपने समुद्रों को लंबे समय तक स्वच्छ, स्वस्थ और सुरक्षित बनाए रखने के लिए सबसे पहले यह जानना जरूरी है कि समुद्री जीवन किस प्रकार कार्य करता है और समुद्री पारिस्थितिकी किस तरह एक-दूसरे से जुड़ी हुई है। इस समझ की शुरुआत विज्ञान से होती है।

स्वच्छ पर्यावरण, स्वस्थ समुद्री जीवन

आज की समझ, कल के लिए टिकाऊ भविष्य

स्वच्छ पर्यावरण

स्वस्थ समुद्री प्रजातियों और संतुलित पारिस्थितिकी तंत्र का समर्थन करता है





ऑक्सीजन का उत्पादन करता है



जैव विविधता का समर्थन करता है



लचीला पारिस्थितिकी तंत्र

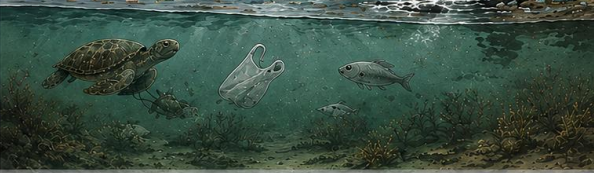


रोजगार और आजीविका को बेहतर बनाए रखता है

वैज्ञानिक आधार पर समझ और जिम्मेदार कार्य हमारे समुद्रों को स्वच्छ, सुरक्षित और उत्पादक बनाए रखते हैं।

प्रदूषित पर्यावरण

समुद्री प्रजातियों में तनाव और पारिस्थितिकी तंत्र के क्षरण का कारण बनता है





प्रदूषण और दूषित पदार्थ



जैव विविधता की हानि



पारिस्थितिकी तंत्र का क्षरण



रोजगार और आजीविका पर प्रभाव

समझ की कमी और गैर-जिम्मेदार कार्य हमारे समुद्रों और हमारे भविष्य को नुकसान पहुँचाते हैं।

VS

समुद्री जीवन को विज्ञान के माध्यम से समझना ही स्वच्छ, सुरक्षित और समृद्ध भारत की कुंजी है।

महासागर हमारे सामने दिखने वाले पानी से कहीं अधिक है।

समुद्र तट पर खड़े होकर दूर तक फैले महासागर को देखना हमें एक अंतहीन जलराशि का आभास देता है। लेकिन इस विशाल नीले विस्तार के भीतर जीवन की एक ऐसी दुनिया मौजूद है, जो बेहद जटिल और विविध है। महासागर पृथ्वी के 70 प्रतिशत से अधिक हिस्से को अपने में समेटे हुए है

और जलवायु को संतुलित रखने, समुद्री जैव-विविधता को बनाए रखने तथा दुनिया भर की अर्थव्यवस्थाओं और संस्कृतियों को सहारा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यही महासागर जीवन के लिए आवश्यक लगभग आधी ऑक्सीजन के निर्माण में योगदान देता है और वैश्विक कार्बन तथा ऊष्मा चक्रों के लिए एक विशाल प्राकृतिक भंडार का काम करता है। फिर भी, इस अथाह समुद्री संसार का एक बड़ा हिस्सा आज भी हमारी समझ से परे है। समुद्र की गहराइयों में जीवन के अनगिनत रूप, उनकी आपसी निर्भरता और उनके पीछे छिपी जैविक प्रक्रियाएं अभी भी खोज और समझ का विषय हैं। यही अनजाना समुद्री संसार विज्ञान के लिए जिज्ञासा का विषय होने के साथ-साथ भविष्य के लिए अपार संभावनाओं का क्षेत्र भी प्रस्तुत करता है।

भारत सरकार के पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के अनुसार, गहरे समुद्र का लगभग 95% हिस्सा आज भी वैज्ञानिक अन्वेषण की दृष्टि से हमारे लिए अनजाना है। भारत जैसे देश के लिए, जिसकी आबादी का एक बड़ा हिस्सा तटीय क्षेत्रों से जुड़ा हुआ है, समुद्र केवल पानी का विशाल विस्तार नहीं, बल्कि भोजन, आजीविका, ऊर्जा, खनिज, औषधियों, पर्यटन, परिवहन और व्यापार का एक महत्वपूर्ण आधार है। समुद्री जीवन की बात करें तो इसका दायरा केवल मछलियों, डॉल्फिन, मूंगों और कुछ परिचित समुद्री जीवों तक सीमित नहीं है। समुद्र की हर बूंद और उसकी हर परत में जीवन की एक अलग कहानी छिपी हुई है। समुद्री जल, समुद्र की तलछट का एक छोटा सा टुकड़ा, चट्टानी तट से चिपका हुआ एक सीप या तटीय जल में तैरती एक मछली अपने भीतर एक पूरी जैविक दुनिया को समेटे हो सकती है। इस दुनिया में सूक्ष्मजीवों से लेकर कोशिकाओं, जीन, प्रोटीन और चयापचय तक जीवन की अनेक कड़ियाँ एक-दूसरे से जुड़ी हुई हैं और अनगिनत पारिस्थितिक अंतःक्रियाओं के माध्यम से समुद्री जीवन को आकार देती हैं। समुद्र में रहने वाला प्रत्येक जीव अपने आसपास की परिस्थितियों के साथ लंबे समय से सामंजस्य स्थापित करते आये हैं। लवणता, गहरा दबाव, तापमान, प्रकाश, ऑक्सीजन, पोषक तत्व, शिकारी और विभिन्न पर्यावरणीय तनावों ने इन जीवों के जीवन को एक विशेष रूप दिया है। यही कारण है कि समुद्र को समझना केवल उसके दिखाई देने वाले जीवों को जानना नहीं, बल्कि उस सूक्ष्म और अदृश्य जीवन-जगत को समझना भी है, जो समुद्री पारिस्थितिकी की नींव तैयार करते हैं।

इन जीवों में दिखाई देने वाले ये अनुकूलन प्रकृति के अपने जैविक आविष्कार हैं, जो लाखों वर्षों के प्राकृतिक चयन और परिस्थितियों के साथ सामंजस्य का परिणाम हैं। इन्हें समझने से हमें न केवल समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों के काम करने के तरीके को जानने में मदद मिलती है, बल्कि यह भी समझने का अवसर मिलता है कि प्रकृति ने अलग-अलग परिस्थितियों में जीवन को किस तरह ढाला है। यही समझ आगे चलकर मानव जीवन से जुड़ी कई जरूरतों के समाधान खोजने में उपयोगी हो सकती है।



समुद्री जीवों में मौजूद जीन, प्रोटीन, कोशिकीय प्रक्रियाएं और अन्य जैविक गुण भविष्य की जैविक खोजों और उपयोगी संसाधनों के लिए महत्वपूर्ण आधार बन सकते हैं।

विकास और समुद्र: दोनों के बीच संतुलन ही सही रास्ता है

भारत लंबे समय से समुद्र और तटीय संसाधनों पर निर्भर रहा है और आने वाले वर्षों में यह संबंध और गहरा होने वाला है। बंदरगाहों का विस्तार, तटीय उद्योगों का विकास, शहरों और ऊर्जा अवसंरचना का विस्तार तथा समुद्री व्यापार में वृद्धि इसके प्रमुख आयाम होंगे। मत्स्य पालन और जलीय कृषि भी आजीविका और खाद्य सुरक्षा के महत्वपूर्ण आधार बने रहेंगे। वास्तव में, पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के 2026 के नीली जैव प्रौद्योगिकी पर श्वेत पत्र के अनुसार, समुद्री परिवहन मात्रा के आधार पर भारत के लगभग 95% व्यापार को संभालता है, जबकि मत्स्य पालन और जलीय कृषि समुद्री क्षेत्र में रोजगार के प्रमुख स्रोतों में शामिल हैं। ऐसे में समुद्र से जुड़ी मानवीय गतिविधियों को पूरी तरह रोकना न तो व्यावहारिक है और न ही आवश्यक। असली चुनौती यह है कि अतीत के अनुभवों से सीखते हुए आज का विकास इस तरह हो कि कल की अर्थव्यवस्था उसी स्वस्थ समुद्री और तटीय पारिस्थितिकी पर सुरक्षित रूप से निर्भर रह सके।

प्रदूषण इस परस्पर निर्भरता को सबसे स्पष्ट रूप से सामने लाता है। प्लास्टिक कचरा, औद्योगिक प्रदूषक, अनुपचारित या आंशिक रूप से उपचारित अपशिष्ट जल, कृषि अपवाह और हाइड्रोकार्बन जैसे प्रदूषक अंततः हमारे तटीय पारिस्थितिक तंत्रों को प्रभावित करते हैं। भारत सरकार की "स्वच्छ सागर, सुरक्षित सागर-स्वच्छ तट, सुरक्षित समुद्र" पहल ने भी समुद्री कचरे, विशेषकर प्लास्टिक, को समुद्री जैव विविधता, पारिस्थितिक तंत्र, मत्स्य पालन, मानव स्वास्थ्य और अर्थव्यवस्था के लिए बढ़ते खतरे के रूप में रेखांकित किया है। साथ ही, यह भी स्पष्ट किया गया है कि समुद्र में पहुँचने वाले कचरे का एक बड़ा हिस्सा भूमि आधारित गतिविधियों से आता है। इसलिए, समुद्र को स्वच्छ रखना केवल तटों की सफाई का विषय नहीं, बल्कि हमारी भूमि, शहरों और दैनिक जीवन से जुड़ी जिम्मेदारी भी है।

इसलिए, दिखाई देने वाले कचरे को साफ करना जरूरी है, लेकिन समुद्र संरक्षण की कहानी यहीं खत्म नहीं होती। दो ऐसे समुद्र तटों की कल्पना कीजिए, जो देखने में पूरी तरह स्वच्छ हों, लेकिन उनके भीतर का जीवन एक अलग कहानी कहता हो। वहाँ रहने वाले समुद्री जीव प्रदूषकों, बढ़ते तापमान, घटती ऑक्सीजन और सूक्ष्म कणों के लगातार दबाव का सामना कर रहे हो सकते हैं। ये बदलाव हमारी आँखों से दिखाई नहीं देते, लेकिन समुद्री जीव इन्हें अपनी कोशिकाओं के स्तर पर महसूस करते हैं। यही वह बिंदु है जहाँ आधुनिक समुद्री जीव विज्ञान हमें समुद्र के स्वास्थ्य को गहराई से समझने और उन छिपे बदलावों को पहचानने में मदद करता है, जो केवल सतह देखकर दिखाई नहीं देते।



समुद्री जीवन को देखने से लेकर उसे समझने तक

सदियों तक जैव विविधता को हम मुख्यतः उन्हीं विशेषताओं से समझते रहे जिन्हें आँखों से देखा और पहचाना जा सकता था—जीव का आकार, रंग, आवास, व्यवहार और शारीरिक संरचना। आधुनिक विज्ञान ने इस समझ को कहीं अधिक गहराई दी है। जीनोमिक्स किसी जीव का आनुवंशिक खाका सामने लाता है, ट्रांसक्रिप्टोमिक्स बताता है कि विशेष परिस्थितियों में कौन-से जीन सक्रिय हो रहे हैं, प्रोटीओमिक्स उन प्रोटीनों का अध्ययन करता है जो वास्तव में बन रहे हैं, जबकि मेटाबोलोमिक्स कोशिकाओं में होने वाली जैविक गतिविधियों से जुड़े छोटे अणुओं में होने वाले बदलावों को समझने में मदद करता है। ये सभी "ओमिक्स" प्रौद्योगिकियां मिलकर वैज्ञानिकों को ऐसे प्रश्न पूछने की अनुमति देती हैं जिनकी कुछ दशकों पहले कल्पना भी नहीं की जा सकती थी।

- समुद्री जीव लवणता में होने वाले बदलावों को कैसे सहन करता है?
- तापमान बढ़ने पर उसकी कोशिकाओं के भीतर क्या परिवर्तन होते हैं?
- किसी प्रदूषक के संपर्क में आने पर वह किस प्रकार प्रतिक्रिया करता है?
- कौन-से जीन उसे पर्यावरणीय तनाव से निपटने और जीवित रहने में मदद करते हैं?
- क्या वह ऐसे अणुओं का उत्पादन करता है जो सूक्ष्मजीवों की वृद्धि को रोक सकते हैं?
- क्या उसके किसी प्रोटीन का पोषण, औषधीय या औद्योगिक महत्व हो सकता है?
- क्या उसकी जैविक सामग्री किसी नए जैव-पदार्थ के विकास का आधार बन सकती है?

इस तरह के प्रश्न जैव विविधता को केवल प्रजातियों की सूची तक सीमित नहीं रखते, बल्कि उसे जैविक जानकारी के एक समृद्ध भंडार के रूप में देखने का नया दृष्टिकोण देते हैं। यही जिम्मेदार समुद्री जैव-अन्वेषण का मूल उद्देश्य है।"

जैव-अन्वेषण: प्रकृति से लेने से पहले प्रकृति से सीखना

"बायोप्रोस्पेक्टिंग" शब्द से अक्सर यह धारणा बनती है कि वैज्ञानिक प्रकृति में केवल व्यावसायिक रूप से उपयोगी संसाधनों की तलाश करते हैं। वास्तव में, जिम्मेदार जैव-अन्वेषण का दायरा इससे कहीं व्यापक है। इसकी शुरुआत जैव विविधता—जीवों, जीनों, अणुओं और जैविक प्रक्रियाओं—को समझने से होती है। इसकी शुरुआत जैविक विविधता—जीवों, जीनों, अणुओं और जैविक प्रक्रियाओं—को समझने और यह पता लगाने से होती है कि क्या इनमें से कुछ प्राकृतिक अनुकूलन अंततः उपयोगी अनुप्रयोगों की ओर ले जा सकते हैं।

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के हालिया श्वेत पत्र के अनुसार, समुद्री जैव-अन्वेषण का उद्देश्य ऐसे जीवों और उनके जैविक गुणों की खोज के लिए समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों का अध्ययन करना है, जिनमें उपयोगी



संभावनाएँ हो सकती हैं। विशेष रूप से चरम समुद्री वातावरण वैज्ञानिकों के लिए महत्वपूर्ण हैं, क्योंकि वहाँ जीवित रहने वाले जीवों ने कठोर परिस्थितियों के अनुकूल होने के लिए विशिष्ट जैविक तंत्र विकसित किए हैं। इनसे असामान्य एंजाइम, विशिष्ट चयापचयी प्रक्रियाएँ और विभिन्न जैव-सक्रिय पदार्थ प्राप्त हो सकते हैं, जिनमें भविष्य के उपयोगी अनुप्रयोगों की संभावनाएँ हैं।

किसी रोचक जीव या जैव-अणु की पहचान के बाद, जैव-खोज की प्रक्रिया उसके कार्य, गुणों और संभावित उपयोगों को समझने के लिए उसके पृथक्करण, लक्षण-निर्धारण और परीक्षण से आगे बढ़ती है। इस प्रक्रिया से फार्मास्यूटिकल्स, न्यूट्रास्यूटिकल्स, कॉस्मेटिक्स, एंजाइम, जैव-पदार्थ और अन्य उच्च-मूल्य वाले उत्पादों के विकास की संभावनाएँ सामने आ सकती हैं।

महत्वपूर्ण विचार यह है कि आर्थिक मूल्य हमेशा समुद्री जीवों की बड़ी मात्रा में कटाई से ही प्राप्त नहीं होता है। आधुनिक जैव प्रौद्योगिकी इस मॉडल को तेजी से इस प्रकार बदल सकती है: एकत्र करना → निकालना → उपभोग करना - से बदलकर: खोजना → समझना → संवर्धन करना → प्रजनन करना → नवाचार करना। सतत समुद्री जैव प्रौद्योगिकी के भविष्य के लिए यह अंतर अत्यंत महत्वपूर्ण हो सकता है।

क्या हम समुद्र से लगातार जीवन लिए बिना उसका अध्ययन कर सकते हैं?

एक आकर्षक दृष्टिकोण "समुद्री जीवों की कोशिका लाइनों" का विकास है।

प्रत्येक बहुकोशिकीय जीव असंख्य कोशिकाओं से मिलकर बना होता है। यदि किसी समुद्री जीव से प्राप्त कोशिकाओं को प्रयोगशाला की नियंत्रित परिस्थितियों में सफलतापूर्वक संवर्धित किया जा सके, तो वैज्ञानिकों के पास एक ऐसी जीवित प्रायोगिक प्रणाली उपलब्ध हो जाती है, जो उस जीव के जीव विज्ञान के अनेक महत्वपूर्ण पहलुओं को समझने में मदद कर सकती है। ऐसी कोशिका संवर्धन प्रणालियों को विकसित करना हालांकि आसान नहीं है। समुद्री जीव उन परिस्थितियों में विकसित हुए हैं, जो पारंपरिक प्रयोगशाला जीवों से काफी अलग होती हैं। उनकी कोशिकाओं को विशेष तापमान, उचित परासरणीय परिस्थितियों, पोषक तत्वों, वृद्धि कारकों तथा अन्य पर्यावरणीय संकेतों की आवश्यकता हो सकती है।

लेकिन एक बार जब विश्वसनीय और सुव्यवस्थित कोशिका रेखा स्थापित हो जाती है, तो अनुसंधान की संभावनाएँ बहुत व्यापक हो जाती हैं। उदाहरण के लिए, मछली की कोशिका रेखाओं का उपयोग शरीर क्रिया विज्ञान, रोग, प्रतिरक्षा विज्ञान, विष विज्ञान, पोषण, विषाणु विज्ञान और जैव प्रौद्योगिकी जैसे क्षेत्रों में तेजी से बढ़ रहा है। हाल के वर्षों में जलीय जीवों से विकसित कोशिका मॉडल भारी धातुओं,



स्थायी प्रदूषकों, नैनोकणों और सूक्ष्म प्लास्टिक जैसे प्रदूषकों के प्रति कोशिकीय प्रतिक्रियाओं को समझने के महत्वपूर्ण उपकरण बनकर उभरे हैं। इसका 'स्वच्छ सागर' और 'सुरक्षित सागर' की अवधारणा के लिए विशेष महत्व है। मान लीजिए वैज्ञानिक यह जानना चाहते हैं कि कोई प्रदूषक किसी समुद्री प्रजाति को किस प्रकार प्रभावित करता है। पारंपरिक तरीकों में बार-बार पूरे जीवों को एकत्र करना या प्रयोगों में उनका उपयोग करना पड़ सकता है। इसके विपरीत, एक उपयुक्त कोशिका-आधारित प्रणाली नियंत्रित प्रयोगशाला परिस्थितियों में अनेक प्रश्नों का अध्ययन संभव बना सकती है और पूरे जीवों पर प्रयोग की आवश्यकता को काफी कम कर सकती है। मछली की कोशिका रेखाओं को पर्यावरणीय प्रदूषकों की जांच, विषाक्तता के तंत्रों को समझने और प्रदूषण के जैवचिह्नों की पहचान के लिए पहले ही एक आशाजनक वैज्ञानिक उपकरण के रूप में मान्यता मिल चुकी है। इस दृष्टि से समुद्री कोशिका केवल प्रयोगशाला के फ्लास्क में बढ़ने वाली जैविक सामग्री नहीं है। यह एक जैविक सेंसर, एक प्रभावी प्रायोगिक मॉडल और एक नवीकरणीय अनुसंधान संसाधन के रूप में विकसित हो सकती है।

भारत का गहन महासागर मिशन: जिम्मेदारी के साथ अन्वेषण

महासागर के रणनीतिक महत्व को ध्यान में रखते हुए भारत सरकार ने वर्ष 2021 में पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के अंतर्गत 'डीप ओशन मिशन' (Deep Ocean Mission—DOM) को मंजूरी दी। इस मिशन की परिकल्पना गहरे समुद्र के संसाधनों की खोज, उनके सतत उपयोग के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकियों के विकास और भारत की 'ब्लू इकोनॉमी' को मजबूत करने के उद्देश्य से की गई थी। इसमें गहरे समुद्र की प्रौद्योगिकियाँ, महासागरीय जलवायु सेवाएँ, गहरे समुद्र की जैव-विविधता की खोज, खनिज सर्वेक्षण, समुद्री जीव विज्ञान और क्षमता निर्माण जैसे महत्वपूर्ण क्षेत्र शामिल हैं।

महत्वपूर्ण बात यह है कि डीप ओशन मिशन केवल समुद्र की गहराइयों तक पहुँचने का अभियान नहीं है। इसका व्यापक उद्देश्य समुद्र को बेहतर ढंग से समझना और उसकी अनदेखी संभावनाओं को वैज्ञानिक दृष्टि से सामने लाना है। हाल के परिणाम इस वैज्ञानिक अवसर की विशालता को स्पष्ट करते हैं। डीप ओशन मिशन के अंतर्गत अरब सागर और बंगाल की खाड़ी में स्थित 19 समुद्री पर्वतों पर जैव-विविधता सर्वेक्षण किए गए हैं। लगभग 1,300 गहरे समुद्री जीवों को एकत्रित कर उनका अध्ययन और वैज्ञानिक अभिलेखीकरण किया गया। चयनित जीवों का जीनोमिक विश्लेषण किया गया और लगभग 23 प्रजातियों को विज्ञान के लिए नई प्रजातियों के रूप में दर्ज किया गया। प्रत्येक नई प्रजाति केवल वर्गीकरण सूची में जुड़ा हुआ एक नाम नहीं है। वह संभावित रूप से ऐसे जीन, प्रोटीन, जैव-रासायनिक मार्ग और अनुकूलन का प्रतिनिधित्व करती है, जिनका विज्ञान ने अब तक अध्ययन नहीं किया है। यही कारण है कि अन्वेषण, संरक्षण और जैव प्रौद्योगिकी को परस्पर विरोधी उद्देश्यों के रूप में नहीं देखा जाना चाहिए। जिम्मेदारी और वैज्ञानिक दृष्टिकोण के साथ आगे बढ़ने पर ये तीनों एक-दूसरे को मजबूत कर सकते हैं।



समुद्री जीवों से लेकर जीवित कोशिकीय संसाधनों तक

इस राष्ट्रीय पहल के अंतर्गत समर्थित वैज्ञानिक अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं में से एक परियोजना “ट्रांसक्रिप्टोम-आधारित रीप्रोग्रामिंग के माध्यम से समुद्री कशेरुकी एवं अकशेरुकी जीवों से कोशिका रेखा विकास और प्रसार” पर केंद्रित है। इसका उद्देश्य दो सीप प्रजातियों—*Perna viridis* और *Perna indica*—तथा भारतीय तेल सार्डिन (*Sardinella longiceps*) से समुद्री कोशिका रेखाओं की स्थापना, अनुकूलन और लक्षण-निर्धारण करना है। इसके साथ ही, स्थिर और पुनरुत्पादनीय कोशिकीय प्रणालियों के विकास के लिए ओमिक्स-आधारित दृष्टिकोणों का उपयोग तथा इन जैविक संसाधनों से प्राप्त संभावित पोषक तत्वों और जैव-सामग्रियों की खोज भी इसका हिस्सा है

यह कार्यक्रम केवल कोशिकाओं को प्रयोगशाला में विकसित करने तक सीमित नहीं है। इसके अपेक्षित परिणामों में प्राथमिक कोशिका संवर्धन, स्थिर वृद्धि विशेषताओं वाली कोशिका रेखाओं का विकास, उनकी आकारिकी, कोशिकाजनन और जैव-रासायनिक विशेषताओं का अध्ययन, संवर्धन परिस्थितियों का अनुकूलन, मानक संचालन प्रक्रियाओं (SOPs) की तैयारी, विभिन्न चरणों में वृद्धि एवं चयापचय स्थिरता का आकलन तथा क्रायोप्रिजर्वेशन प्रोटोकॉल का विकास शामिल है।

परियोजना में कोशिकीय पुनर्प्रोग्रामिंग और प्रेरित बहुसंभाव्य स्टेम सेल (iPSC) आधारित दृष्टिकोणों की भी जांच की जाती है। इसमें कोशिकाओं की बहुसंभाव्यता, विभिन्न प्रकार की कोशिकाओं में विभेदन की क्षमता तथा पुनर्प्रोग्राम की गई और प्राथमिक कोशिकीय प्रणालियों के बीच तुलनात्मक अध्ययन शामिल हैं।

अनुसंधान प्रयोगशाला के बाहर यह बात क्यों मायने रखती है?

एक स्थिर समुद्री कोशिका रेखा की स्थापना वास्तव में एक नवीकरणीय जैविक अनुसंधान मंच तैयार करने के समान है। जैविक सामग्री की आवश्यकता होने पर बार-बार प्रकृति से नए नमूने एकत्र करने के बजाय, स्थापित कोशिकाओं को नियंत्रित परिस्थितियों में संरक्षित, अध्ययन, क्रायोप्रिजर्व और आवश्यकता के अनुसार पुनरुत्पादित किया जा सकता है।

यह सिद्धांत—कम भौतिक निष्कर्षण करते हुए अधिक सीखना—सतत जैव-खोज के साथ निकटता से जुड़ा हुआ है।

एक सेल बैंक जैव विविधता ज्ञान बैंक बन सकता है

भारत के तट पर पाए जाने वाले किसी सीप को ही उदाहरण के रूप में लें। अधिकांश लोगों के लिए वह केवल एक शंख हो सकता है। एक पारिस्थितिकीविद् के लिए वह ज्वारीय क्षेत्र के जीव समुदाय का महत्वपूर्ण हिस्सा है। एक पर्यावरण वैज्ञानिक के लिए वह जल की गुणवत्ता और प्रदूषण की स्थिति के



बारे में संकेत दे सकता है। लेकिन एक आणविक जीवविज्ञानी के लिए उसकी कोशिकाओं में उस जीव के अपने परिवेश को समझने, उसके प्रति प्रतिक्रिया करने और बदलती परिस्थितियों के अनुसार स्वयं को अनुकूलित करने की कहानी छिपी हो सकती है।

अब कल्पना कीजिए कि विभिन्न समुद्री जीवों से प्राप्त विशिष्ट कोशिकीय संसाधनों को व्यवस्थित रूप से संरक्षित किया जाए। ऐसे जैविक भंडार वैज्ञानिकों को लगातार नए समुद्री नमूनों पर निर्भर हुए बिना पर्यावरणीय तनाव, रोग, कोशिकीय शरीर क्रिया विज्ञान, आनुवंशिकी, विष विज्ञान और उपयोगी जैविक यौगिकों का अध्ययन करने में सक्षम बना सकते हैं।

यह अवधारणा भारत के लिए तेजी से महत्वपूर्ण होती जा रही है। वर्ष 2026 के समुद्री क्षेत्र से संबंधित नीति दस्तावेजों और विचारों में समुद्री कोशिका संवर्धन, जैव-संसाधन नवाचार तथा जैविक भंडार और अनुवादात्मक मंचों को भारत के समुद्री जैव प्रौद्योगिकी पारिस्थितिकी तंत्र के विकास के महत्वपूर्ण अवसरों के रूप में देखा जा रहा है। इसलिए, एक समुद्री कोशिका भंडार एक साथ दो महत्वपूर्ण उद्देश्यों की पूर्ति कर सकता है

- यह हमें जैव विविधता को समझने और उसकी रक्षा करने में मदद कर सकता है, और
- यह हमें जैव विविधता को ज्ञान और नवाचार में बदलने में मदद कर सकता है।

संरक्षण और आर्थिक विकास का संगम यहीं से शुरू होता है।

समुद्र: नए आर्थिक क्षेत्र की नींव

पीढ़ियों से समुद्र की आर्थिक महत्ता मुख्य रूप से मछली पकड़ने, शिपिंग, बंदरगाहों, नमक, पर्यटन, पेट्रोलियम और खनिज संसाधनों से जुड़ी रही है। ये क्षेत्र आज भी महत्वपूर्ण हैं, लेकिन इक्कीसवीं सदी की समुद्री अर्थव्यवस्था तेजी से ज्ञान-आधारित क्षेत्रों की ओर बढ़ रही है। इसी व्यापक सोच को 'ब्लू इकोनॉमी' या 'नीली अर्थव्यवस्था' कहा जाता है। इस बड़े परिप्रेक्ष्य में 'ब्लू बायोटेक्नोलॉजी' या 'मरीन बायोटेक्नोलॉजी' एक उभरता हुआ आर्थिक क्षेत्र है। इसका आधार केवल यह नहीं है कि समुद्र से कितना जैविक पदार्थ निकाला जा सकता है, बल्कि यह भी है कि समुद्री जीव विज्ञान से प्राप्त ज्ञान और जैविक संसाधनों का कितनी समझदारी और स्थायित्व के साथ उपयोग किया जा सकता है।

मरीन बायोटेक्नोलॉजी में समुद्री जीवों, जीन और जैव-अणुओं का उपयोग स्वास्थ्य, खाद्य, एकाकल्चर, जैव-सामग्री और पर्यावरण प्रबंधन जैसे क्षेत्रों में किया जा सकता है। इसकी संभावनाएँ अत्यंत व्यापक हैं। समुद्री सूक्ष्मजीव विशिष्ट एंजाइम प्रदान कर सकते हैं। शैवाल से पिगमेंट, न्यूट्रास्युटिकल सामग्री और कार्यात्मक यौगिक प्राप्त किए जा सकते हैं। समुद्री जीव नए जैव-सामग्रियों के विकास के लिए प्रेरणा बन सकते हैं। जैविक प्रक्रियाएँ बायोरेमेडिएशन में योगदान दे सकती हैं। समुद्री स्रोतों से



प्राप्त अणु औषधीय अनुसंधान को नई दिशा दे सकते हैं। वहीं, सेल कल्चर विष विज्ञान की जांच, रोगों के अध्ययन और जैविक उत्पादन के लिए प्रभावी मंच उपलब्ध करा सकता है।

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय समुद्री बायोएक्टिव यौगिकों, न्यूट्रास्युटिकल्स, एक्काकल्चर, जैव-सामग्रियों, पर्यावरणीय समाधान और बायोमैनुफैक्चरिंग जैसे क्षेत्रों में संभावनाओं की पहचान कर रहा है। विशेष रूप से सूक्ष्मजीवों, शैवाल अथवा इंजीनियर्ड कोशिकाओं की बायोरिएक्टर-आधारित खेती के माध्यम से मूल्यवान अणुओं का नियंत्रित और एकसमान उत्पादन संभव हो सकता है। इससे प्राकृतिक समुद्री पारिस्थितिक तंत्र पर पड़ने वाला दबाव भी कम किया जा सकता है।

यहीं से आर्थिक समीकरण बदलना शुरू होता है। किसी समुद्री जीव का वास्तविक मूल्य शायद इस बात से तय नहीं होना चाहिए कि उसे कितने टन पकड़ा या एकत्र किया जा सकता है, बल्कि इस बात से भी होना चाहिए कि हम उसकी जैविकी से कितना ज्ञान और कितना मूल्य सृजित कर सकते हैं।

- एक जीन अनुक्रम का भौतिक भार लगभग नगण्य होता है।
- किसी जैव-रासायनिक मार्ग को समझने के लिए बहुत अधिक जैव-द्रव्यमान की आवश्यकता नहीं होती।
- एक क्रायोप्रिजर्व्ड कोशिका रेखा के लिए प्रयोगशाला की एक छोटी-सी शीशी पर्याप्त हो सकती है।

फिर भी, इनमें से प्रत्येक संसाधन आगे चलकर किसी तकनीक, निदान मंच, जैव-सामग्री, न्यूट्रास्युटिकल, पर्यावरणीय निगरानी उपकरण या औद्योगिक प्रक्रिया की नींव बन सकता है। विकासशील देश के लिए संसाधनों के प्रत्यक्ष दोहन पर आधारित अर्थव्यवस्था से ज्ञान-आधारित जैव-अर्थव्यवस्था की ओर यह बदलाव विशेष रूप से महत्वपूर्ण है।

स्वच्छ सागर का मतलब वैज्ञानिक रूप से समझा गया सागर भी होना चाहिए।

‘स्वच्छ सागर’ शब्द सुनते ही हमारे मन में स्वच्छ समुद्र तटों और प्लास्टिक-मुक्त तटरेखाओं की तस्वीर उभरती है। ये प्रयास निस्संदेह आवश्यक हैं। लेकिन वैज्ञानिक दृष्टि से समुद्र की स्वच्छता का अर्थ इससे कहीं व्यापक है। समुद्र देखने में साफ हो सकता है, फिर भी उसमें घुले हुए प्रदूषक मौजूद हो सकते हैं। कोई स्वस्थ दिखाई देने वाला जीव भी भीतर से कोशिकीय तनाव का सामना कर रहा हो सकता है। किसी जीव-समुदाय की रोग प्रतिरोधक क्षमता गंभीर पारिस्थितिक क्षति दिखाई देने से बहुत पहले ही कमजोर पड़ सकती है।

आधुनिक जीव विज्ञान की सहायता से हम ऐसे कई बदलावों को उनके शुरुआती चरणों में पहचान सकते हैं। सेल-आधारित टॉक्सिकोलॉजी, आणविक जैवचिह्न, जीनोमिक्स, ट्रांसक्रिप्टोमिक्स और अन्य जैविक उपकरण हमें यह समझने में मदद कर सकते हैं कि समुद्री जीव प्रदूषकों और पर्यावरणीय



बदलावों के प्रति किस प्रकार प्रतिक्रिया करते हैं। ऐसी वैज्ञानिक जानकारी पर्यावरणीय निगरानी को अधिक प्रभावी बना सकती है और भविष्य में साक्ष्य-आधारित प्रबंधन को बेहतर दिशा दे सकती है। इस दृष्टिकोण से देखें तो 'स्वच्छ सागर' का अर्थ केवल इतना नहीं है कि समुद्र में दिखाई देने वाला कचरा न हो।

यह एक ऐसा समुद्र है जिसमें पारिस्थितिक प्रक्रियाएँ काम करती रहती हैं और समुद्री जीवन अपनी जैविक अखंडता बनाए रखता है।

सुरक्षित सागर का अर्थ केवल जल संरक्षण से कहीं अधिक होना चाहिए

इसी प्रकार, सुरक्षित सागर—एक सुरक्षित समुद्र—में कई आयाम समाहित होने चाहिए।

यह मछुआरों और तटीय समुदायों के लिए सुरक्षित होना चाहिए।

- जैव विविधता के लिए सुरक्षित।
- खाद्य उत्पादन के लिए सुरक्षित।
- अस्थिर दोहन से सुरक्षित।
- संवेदनशील पारिस्थितिक तंत्रों के लचीलेपन को बनाए रखने के लिए पर्याप्त रूप से सुरक्षित।
- और, समान रूप से महत्वपूर्ण, वैज्ञानिक रूप से इतना अच्छी तरह से समझा जाना चाहिए कि उभरते जोखिमों को अपरिवर्तनीय होने से पहले ही पहचाना जा सके।
- ज्ञान के बिना संरक्षण प्रतिक्रियात्मक हो सकता है।
- ज्ञान संरक्षण को पूर्वानुमानित बनाता है।

इसीलिए समुद्री विज्ञान में निवेश को केवल प्रयोगशालाओं, अनुसंधान पोतों, उपकरणों या वैज्ञानिकों पर होने वाले खर्च के रूप में नहीं देखा जाना चाहिए। यह देश की उस वैज्ञानिक क्षमता में निवेश है, जो उसे अपनी विशाल प्राकृतिक समुद्री संपदा के बारे में बेहतर समझ विकसित करने और अधिक विवेकपूर्ण निर्णय लेने में सक्षम बनाती है।

विकास, संरक्षण और समृद्धि एक ही महासागर में साथ-साथ चल सकते हैं।

भारत जैसे विकासशील देश के लिए पर्यावरणीय जिम्मेदारी का आर्थिक और मानवीय, दोनों पक्ष हैं। समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों को समझने और उनकी रक्षा करने के लिए अनुसंधान सुविधाओं, समुद्री अभियानों, अत्याधुनिक प्रयोगशालाओं, कुशल शोधकर्ताओं, जैविक संग्रहों, जीनोमिक संसाधनों और दीर्घकालिक निगरानी में निरंतर निवेश आवश्यक है।



साथ ही, समुद्र को केवल कच्चे माल के स्रोत के रूप में देखना भी उचित नहीं होगा। समुद्र एक जीवंत पारिस्थितिक तंत्र है, जो सूक्ष्मजीवों, पौधों, जंतुओं और तटीय समुदायों को सहारा देता है। इन समुदायों की आजीविका और संस्कृति समुद्र से गहराई से जुड़ी हुई है। इसलिए 'डीप ओशन मिशन' जैसे कार्यक्रमों में भारत का निवेश केवल नए समुद्री संसाधनों की खोज करने का प्रयास नहीं है। यह इस आवश्यकता को भी दर्शाता है कि हम समझें—समुद्र में क्या मौजूद है, ये पारिस्थितिक तंत्र कैसे कार्य करते हैं, वे कितने संवेदनशील हैं और उनके संसाधनों का सतत एवं जिम्मेदार उपयोग किस प्रकार किया जा सकता है।

पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय इस मिशन को भारत की 'ब्लू इकोनॉमी' को आगे बढ़ाते हुए हिंद महासागर के जीवित और निर्जीव संसाधनों के बारे में हमारी समझ को मजबूत करने के प्रयास के रूप में देखता है। विकास और पर्यावरणीय जिम्मेदारी के बीच यह संतुलन अत्यंत आवश्यक है। पर्यावरण की समझ के बिना आर्थिक विकास संसाधनों के क्षरण का कारण बन सकता है, जबकि पर्याप्त वैज्ञानिक जानकारी के बिना संरक्षण प्रयास भी सही दिशा में प्रभावी निर्णय लेने में कठिनाई पैदा कर सकते हैं। लेकिन जब वैज्ञानिक अनुसंधान संरक्षण और जिम्मेदार नवाचार का आधार बनता है, तब समुद्री जैव-विविधता ज्ञान, प्रौद्योगिकी, कुशल रोजगार, बौद्धिक संपदा, स्टार्ट-अप और नए उद्योगों का स्रोत बन सकती है। साथ ही, यही वैज्ञानिक समझ उन पारिस्थितिक तंत्रों की रक्षा के लिए मजबूत आधार प्रदान करती है, जो इन सभी संभावनाओं को जन्म देते हैं।

हम जिस महासागर को समझते हैं, उसी की हम रक्षा कर सकते हैं।

शायद समुद्र के साथ हमारे संबंधों में सबसे महत्वपूर्ण बदलाव हमारी सोच में होना चाहिए। हमें समुद्री जैव-विविधता को केवल ऐसी प्राकृतिक संपदा के रूप में नहीं देखना चाहिए, जिसे विकास से बचाना है। समुद्री जैव-विविधता स्वयं सतत विकास की एक महत्वपूर्ण भागीदार बन सकती है।

मैंग्रोव केवल तटीय सुरक्षा प्रदान नहीं करते, बल्कि वे एक जीवंत जैविक प्रयोगशाला भी हैं। मसल अर्थात् सीप खाद्य जाल का हिस्सा है, लेकिन उसकी कोशिकाएँ पर्यावरण के प्रति अनुकूलन और प्रतिक्रिया का एक जैविक रिकॉर्ड भी अपने भीतर संजोए रहती हैं। अत्यंत कठिन परिस्थितियों में रहने वाला कोई सूक्ष्मजीव देखने में मामूली लग सकता है, लेकिन उसके जीनोम में मौजूद कोई विशिष्ट एंजाइम भविष्य में किसी औद्योगिक चुनौती का समाधान दे सकता है। मछली एक्काकल्चर का संसाधन है, लेकिन उससे विकसित कोशिका रेखा विष विज्ञान, रोग अनुसंधान और जैव प्रौद्योगिकी के लिए एक नवीकरणीय मंच बन सकती है। और गहरे समुद्र में रहने वाला कोई जीव ऐसी अद्वितीय जैविकी का प्रतिनिधित्व कर सकता है, जिसका सामना विज्ञान ने पहले कभी न किया हो।



भारत की उभरती समुद्री जैव प्रौद्योगिकी रणनीति इसी सोच में बदलाव को पहचानती है—समुद्री संसाधनों की पहचान से लेकर अनुसंधान, प्रौद्योगिकी के वास्तविक उपयोग, पायलट स्तर पर परीक्षण, उद्यमिता और बाजार से जुड़ाव के माध्यम से मूल्य सृजन तक का सफर। और यह पूरा प्रयास पारिस्थितिक संतुलन को बनाए रखते हुए होना चाहिए। 'स्वच्छ सागर, सुरक्षित सागर' का व्यापक अर्थ यही है।

- 'स्वच्छ सागर' का अर्थ केवल ऐसा समुद्र नहीं है, जिससे हम दिखाई देने वाला कचरा हटा दें। इसका अर्थ ऐसा समुद्र है जिसकी जैविक सेहत को हम समझते हैं, मापते हैं और लगातार निगरानी में रखते हैं।
- 'सुरक्षित सागर' का अर्थ केवल ऐसा महासागर नहीं है, जहाँ मानवीय गतिविधियों पर सीमाएँ लगा दी जाएँ। इसका अर्थ ऐसा महासागर है, जहाँ वैज्ञानिक जानकारी के आधार पर विकास, संरक्षण और आजीविका—तीनों को संतुलित रूप से आगे बढ़ाया जा सके।

और एक समृद्ध भारत को आर्थिक विकास और अपने समुद्री पारिस्थितिक तंत्रों में से किसी एक को चुनने की आवश्यकता नहीं है। अन्वेषण, समुद्री जीव विज्ञान, सेल कल्चर, ओमिक्स, बायोप्रॉस्पेक्टिंग और जिम्मेदार जैव प्रौद्योगिकी के माध्यम से आज जिस जैव-विविधता की हम रक्षा कर रहे हैं, वही भविष्य की दवाओं, न्यूट्रास्यूटिक्स, जैव-सामग्रियों, पर्यावरणीय प्रौद्योगिकियों और सतत उद्योगों की नींव बन सकती है।

भारत ने वैज्ञानिक और आर्थिक संभावनाओं की खोज के लिए अंतरिक्ष की ओर देखने की अपनी क्षमता पहले ही सिद्ध कर दी है। अब अगला क्षितिज विपरीत दिशा में है—नीचे, हमारे महासागरों की गहराइयों में और वहाँ मौजूद जीवों की अद्भुत जैविकी में। जिस स्वच्छ और सुरक्षित महासागर की हम कल्पना करते हैं, वह केवल उन चीजों को साफ करने से हासिल नहीं होगा जिन्हें हम देख सकते हैं; इसके लिए उन प्रक्रियाओं और परिवर्तनों को समझना भी जरूरी है, जिन्हें हमारी आँखें नहीं देख सकतीं। और शायद 'स्वच्छ सागर, सुरक्षित सागर' का सबसे महत्वपूर्ण संदेश यही है—

सागर को जानें।

सागर की रक्षा करें।

सागर से सीखें।

और सागर के साथ आगे बढ़ें।



आभार

इस लेख के प्रारूपण एवं भाषा-संशोधन में सहायता के लिए ChatGPT (OpenAI) का उपयोग भाषा-सहायता उपकरण के रूप में किया गया। अंतिम सामग्री की समीक्षा, सत्यापन एवं उसकी पूर्ण जिम्मेदारी लेखकों की है।

संदर्भ

Ministry of Earth Sciences (MoES), Government of India. *Deep Ocean Mission (DOM).* Deep-sea technologies, exploration and conservation of deep-sea biodiversity, bioprospecting and sustainable utilization of marine bio-resources.

Press Information Bureau (PIB), Government of India. *Impact and Achievements of the Deep Ocean Mission,* Ministry of Earth Sciences, 5 August 2026. DOM तथा भारत की Blue Economy में इसके योगदान से संबंधित आधिकारिक जानकारी।

Press Information Bureau, Government of India. *Deep Ocean Mission,* 7 August 2025. Arabian Sea और Bay of Bengal में 19 seamount locations के biodiversity surveys तथा लगभग 1,300 deep-sea organisms के अध्ययन की जानकारी।

Ministry of Earth Sciences, Government of India. Deep Ocean Mission तथा sustainable utilization of ocean resources से संबंधित आधिकारिक जानकारी।

Office of the Principal Scientific Adviser, Government of India. *Dive into Discovery: India's Deep Ocean Exploration for Sustainable Futures.* Deep-ocean exploration, marine bio-resources और Blue Economy के वैज्ञानिक महत्व पर जानकारी।

MoES-supported R&D Project: *Cell Line Development and Propagation from (Deep) Marine Verte-Invertebrates through Transcriptome-Based Reprogramming.* परियोजना के स्वीकृत objectives एवं deliverables.

