बंगाल की खाड़ी की गहराई में वायरसों का अनदेखा संसार: कुसैट-एनआईओ का पहला 'वायरोम' सर्वेक्षण

विज्ञान और पर्यावरण – आंतरिक (मुख्य परीक्षा: सामान्य अध्ययन-III) | समाचार संदर्भ: 23 अक्टूबर 2026 (टाइम्स ऑफ इंडिया) | डेटासेट: 6 अक्टूबर 2026 (जेनोडो) | प्रकाशित: 24 अक्टूबर 2026

खबरों में क्यों

समुद्र के तल पर जमा तलछट (सेडिमेंट) धरती के सबसे बड़े सूक्ष्मजीव-आवासों में से एक है, और वैज्ञानिकों का मानना है कि यहीं वायरसों की सबसे बड़ी अनजान विविधता दबी है। इसी अनजान दुनिया की ओर भारतीय शोधकर्ताओं ने पहला ठोस कदम बढ़ाया है। कोचीन विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (कुसैट) और राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान (एनआईओ) के शोधकर्ताओं ने बंगाल की खाड़ी की गहर-समुद्री तलछट का पहला 'वायरोम' (किसी पर्यावरण के सभी वायरसों का सम्मिलित आनुवंशिक चित्र) तैयार किया है। 3,747 मीटर गहराई से लिए नमूने की आनुवंशिक-अनुक्रमण (सीक्वेंसिंग) की गई, और प्रारंभिक विश्लेषण का एक मुख्य निष्कर्ष यह है कि लगभग 70 प्रतिशत वायरल अनुक्रम मौजूदा संदर्भ-डेटाबेस से मेल नहीं खाते – यानी वे संभवत: अज्ञात वायरस या वायरल वंशों के संकेत हैं। नमूने का कच्चा डेटा 6 अक्टूबर 2026 को खुले भंडार जेनोडो पर साझा किया गया, और खबर 23 अक्टूबर 2026 को प्रकाशित हुई।

काम कैसे किया गया?

वायरसों को पर्यावरणीय नमूनों से सीधे पढ़ना आसान नहीं है – इनका कोई सार्वभौमिक संरक्षित जीन नहीं होता, जिनके यजमान अक्सर प्रयोगशाला में उगाए ही नहीं जा सकते, और न्यूक्लिक अम्ल की मात्रा बहुत कम होती है। इसीलिए शोधकर्ताओं ने मेटाजीनोमिक्स का सहारा लिया: तलछट से वायरल कणों को समृद्ध कर, न्यूक्लिक अम्ल निकालकर नेक्स्ट-जेनरेशन सीक्वेंसिंग (इलुमिना नेक्स्टसेक 2000, 2×150 बेस-जोड़ी रीड) की और फिर जैव-सूचना विज्ञान के उपकरणों से अनुक्रमों को ज्ञात वायरस-डेटाबेस से मिलाया। इसी टीम ने सतही और गहरी तलछट के वायरोम की तुलना 2026 के ओशन साइंसेज मीटिंग में भी प्रस्तुत की है। जेनोडो पर जमा डेटासेट कच्चा वायरल मेटाजीनोम डेटा है (CC-BY लाइसेंस), जिसे दुनिया की कोई भी प्रयोगशाला दोबारा विश्लेषित कर सकती है।

वायरस समुद्र में क्यों मायने रखते हैं?

वायरस महासागरों की सबसे बड़ी जैविक इकाई हैं और सूक्ष्मजीवों की मृत्यु का प्रमुख कारण। 'वायरल शंट' नामक प्रक्रिया में वायरस अपने यजमान कोशिकाओं को फोड़कर उनका कार्बन और पोषक तत्व घुले रूप में छोड़ देते हैं – इससे पोषक-चक्र और कार्बन-पंप पर सीधा असर पड़ता है। कई वायरस 'सहायक चयापचय जीन' (एएमजी) भी ले जाते हैं, जो संक्रमण के दौरान यजमान की चयापचय-प्रक्रिया बदल डालते हैं। इसलिए गहरे समुद्र के वायरसों को जाने बिना समुद्री कार्बन-चक्र का पूरा गणित अधूरा रहता है। तलछट में वायरल विविधता जल-स्तंभ से कहीं अधिक मिलती है – बेंथिक पारिस्थितिकी तंत्र को धरती के सबसे बड़े वायरल भंडारों में गिना जाता है।

पहले क्या-क्या पता चला था?

यही टीम (मेनन टी अथिरा और स्वप्ना पी एंटनी, कुसैट) पहले केरल तट की तटीय तलछट का वायरोम प्रकाशित कर चुकी है (जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 2025): लगभग 40 वायरल परिवार मिले, जिनमें नववर्णित शिटोवायरिडे परिवार और विब्रियोफेज प्रमुख थे; एक पूर्ण विब्रियोफेज जीनोम भी सीक्वेंस हुआ। एनआईओटी ने 2022 में बंगाल की खाड़ी की गहरी तलछट के सूक्ष्मजीव (बैक्टीरिया) का मेटाजीनोम प्रकाशित किया – प्रोटियोबैक्टीरिया का प्रभुत्व और जैव-उपचार (बायोरेमेडिएशन) से जुड़े जीन मिले। जल-स्तंभ के वायरसों पर 2023 का अध्ययन प्रोकैरियोटिक वायरस और दानव वायरस (मेगावायरिसीट्स) दिखा चुका है। वैश्विक स्तर पर दक्षिण-पश्चिमी हिंद महासागर की तलछट में हजारों नई वायरल आबादियाँ मिलीं, और 2023 के वैश्विक विश्लेषण में गहर-समुद्री डीएनए वायरसों की संख्या

3.47 लाख से अधिक पाई गई – जिनमें अधिकांश अवर्गीकृत थे। यानी बंगाल की खाड़ी में वायरस-विज्ञान का मानचित्र लगभग खाली था, और यह काम उसी खालीपन को भरने की शुरुआत है।

भारत के लिए क्या महत्व?

तीन बातें उल्लेखनीय हैं। पहली, डीप ओशन मिशन (गहर समुद्र अभियान) के लक्ष्यों से अनुरूपता: पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय का यह केंद्रीय क्षेत्र कार्यक्रम 2021 में 4,077 करोड़ रुपये की लागत से पाँच वर्ष (2021-26) के लिए स्वीकृत हुआ, जिसके अंतर्गत 'समुद्रयान' परियोजना में तीन व्यक्तियों को 6,000 मीटर गहराई तक भेजने (मत्स्य 6000) का लक्ष्य है। ऐसा आधारभूत मानचित्रण इस अभियान के 'डीप-सी बायोडायवर्सिटी' घटक के अनुरूप है – हालांकि इस अध्ययन का मिशन से औपचारिक संबंध सार्वजनिक रूप से पुष्ट नहीं है। दूसरी, जैव-खोज (बायोप्रॉस्पेक्टिंग): अज्ञात वायरस और उनके एंजाइम औद्योगिक, औषधीय और जैव-प्रौद्योगिकी अनुप्रयोगों के भंडार हो सकते हैं – फेज-थेरेपी में विब्रियोफेज जैसे उदाहरण इसी टीम के तटीय अध्ययन में भी उभरे थे। तीसरी, जलवायु-विज्ञान: बंगाल की खाड़ी विश्व की सबसे बड़ी खाड़ी है; यहाँ के कार्बन-चक्र को समझे बिना क्षेत्रीय जलवायु-मॉडल अधूरे रहेंगे।

सीमाएँ और सावधानियाँ

कई बातें ईमानदारी से कहनी जरूरी हैं। पहली, यह काम अभी सहकर्मी-समीक्षित (पीयर-रिव्यूड) शोधपत्र के रूप में प्रकाशित नहीं हुआ – उपलब्ध सामग्री कच्चा डेटासेट, सम्मेलन-सार (2026 ओशन साइंसेज मीटिंग) और समाचार-रिपोर्ट है; अंतिम निष्कर्ष प्रकाशित पेपर आने पर बदल सकते हैं। दूसरी, '70 प्रतिशत अनुक्रम अवर्गीकृत' का अर्थ यह नहीं कि 70 प्रतिशत नए वायरस मिल गए – यह संदर्भ-डेटाबेस की कमी भी दर्शाता है; मेटाजीनोमिक्स में ज्ञात अनुक्रमों से ही मेल खाया जा सकता है, इसलिए अनजान वायरसों का हिस्सा हमेशा अधिक दिखता है। तीसरी, साझा डेटासेट एक ही स्थल-गहराई (3,747 मीटर) का है – पूरी खाड़ी के लिए सामान्यीकरण नहीं किया जा सकता। चौथी, आधारित-फिल्ट्रेशन विधियाँ दानव वायरसों को छोड़ सकती हैं, और रीड-लंबाई/सीक्वेंसिंग-गहरता विविधता-अनुमान को प्रभावित करती है – ये विधि-जन्य पूर्वाग्रह प्रत्येक वायरोम अध्ययन पर लागू होते हैं। पाँचवीं, समाचार-रिपोर्ट में उद्धृत आँकड़े प्रारंभिक विश्लेषण के हैं; प्रकाशित पेपर में सटीक संख्याएँ और विधि-विवरण मिलेंगे।

वायरोमिक्स: एक नई विधि-क्षेत्र का उदय

पिछले दो दशकों में मेटाजीनोमिक्स ने वायरस-विज्ञान बदल दिया। पहले केवल वही वायरस पहचाने जा सकते थे जिनके यजमान प्रयोगशाला में उगाए जा सकें; अब पर्यावरणीय नमूने से सीधे अनुक्रम पढ़कर लाखों वायरल समुदायों का पता लगता है। लेकिन इस विधि की अपनी कीमत है: वायरल कणों को बैक्टीरिया से अलग करने की प्रक्रिया, फिल्टर का आकार, और संदर्भ-डेटाबेस की पूर्णता – तीनों परिणाम बदलते हैं। इसीलिए अंतर्राष्ट्रीय समुदाय 'अनसर्टेन वायरल ऑपरेशनल टैक्सोनॉमिक यूनिट' (वीओटीयू) जैसे मानकों पर काम करता है, ताकि अलग अध्ययनों की तुलना संभव हो। भारत में इस क्षेत्र की शुरुआत हाल ही में हुई है – आर्कटिक वायरोम की पायलट परियोजना से लेकर केरल तट और अब बंगाल की खाड़ी की गहराई तक। हर नया डेटासेट वैश्विक संदर्भ-डेटाबेस को भी समृद्ध करता है, जिससे अगले अध्ययन का 'अवर्गीकृत' हिस्सा घटता है।

आगे की राह

अगले कदम स्पष्ट हैं: पीयर-रिव्यूड पेपर का प्रकाशन, अधिक गहराइयों और स्थलों से नमूने, वायरसों का पृथक्करण और यजमान-संबंध का प्रत्यक्ष प्रमाण, और एएमजी-आधारित कार्बन-चक्र मॉडलिंग। डीप ओशन मिशन के अंतर्गत डेटा-साझाकरण ढाँचा (जैसे सी-डैक-एनआईओटी समुद्री जैवविविधता डेटा-परियोजना) इन डेटासेट को राष्ट्रीय संसाधन बना सकता है। तटीय और गहरी तलछट के वायरोम की तुलना भी बताएगी कि नदी-वाहित स्थलीय प्रभाव गहरे समुद्र तक पहुँचता है या नहीं।

तिथियों का क्रम

केरल-तट तटीय वायरोम अध्ययन 2025 (जेईएसएस); कच्चा डेटासेट जेनोडो पर 6 अक्टूबर 2026; समाचार-कवरेज 23 अक्टूबर 2026; सम्मेलन-प्रस्तुति 2026 ओशन साइंसेज मीटिंग। ध्यान रहे: डेटासेट-तिथि और समाचार-तिथि अलग हैं, और अभी पेपर-प्रकाशन की तिथि नहीं आई है।

पाठक के लिए संदर्भ-बिंदु

तीन बातें याद रखें। पहली, वायरस केवल बीमारी नहीं हैं – समुद्र में वे पोषक-चक्र और सूक्ष्मजीव-संतुलन के नियामक हैं; 'वायरल शंट' और 'एएमजी' दो परीक्षा-योग्य शब्द हैं। दूसरी, 'डेटाबेस से मेल न खाना' संभावित नई विविधता का संकेत है, पक्का प्रमाण नहीं – वर्गीकरण संदर्भ-सीमा पर निर्भर है। तीसरी, कच्चे डेटा की खुली साझाकरण (जेनोडो, CC-BY) स्वयं एक प्रक्रिया-उपलब्धि है – यह पारदर्शी विज्ञान और डीप ओशन मिशन के डेटा-लोकतंत्रीकरण की दिशा में कदम है।

मुख्य परीक्षा अभ्यास प्रश्न

गहर-समुद्री वायरोम अध्ययन समुद्री पारिस्थितिकी और कार्बन-चक्र की समझ के लिए क्यों आवश्यक है? भारत के डीप ओशन मिशन के संदर्भ में ऐसे अनुसंधान के वैज्ञानिक, आर्थिक और रणनीतिक महत्व का मूल्यांकन कीजिए। (250 शब्द, 15 अंक)

उत्तर की रूपरेखा:

भूमिका में: बताएँ कि समुद्र-तल की तलछट सूक्ष्मजीवों के सबसे बड़े आवासों में है और वायरस महासागरों की सबसे बड़ी जैविक इकाई तथा सूक्ष्मजीवों की मृत्यु का प्रमुख कारण हैं। फिर कुसैट और एनआईओ के बंगाल की खाड़ी की 3,747 मीटर गहराई की तलछट के पहले वायरोम का संदर्भ दें: लगभग 70 प्रतिशत वायरल अनुक्रम मौजूदा संदर्भ-डेटाबेस से मेल नहीं खाते, कच्चा डेटा 6 अक्टूबर 2026 को जेनोडो पर साझा हुआ, और खबर 23 अक्टूबर 2026 की है। शुरू में ही लिखें कि यह काम अभी सहकर्मी-समीक्षित शोधपत्र के रूप में प्रकाशित नहीं है।

मुख्य भाग में: पहले भाग में वैज्ञानिक महत्व समझाएँ: वायरल शंट में वायरस यजमान कोशिकाएँ फोड़कर कार्बन और पोषक तत्व घुले रूप में छोड़ते हैं, और सहायक चयापचय जीन (एएमजी) यजमान की चयापचय-प्रक्रिया बदलते हैं, इसलिए गहरे समुद्र के वायरसों को जाने बिना कार्बन-चक्र का गणित अधूरा है; बंगाल की खाड़ी का वायरस-मानचित्र लगभग खाली था। दूसरे भाग में डीप ओशन मिशन का संदर्भ रखें (पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय, 2021 में 4,077 करोड़ रुपये, पाँच वर्ष), और साथ में लिखें कि इस अध्ययन का मिशन से औपचारिक संबंध सार्वजनिक रूप से पुष्ट नहीं है। तीसरे भाग में तीन पक्ष रखें: वैज्ञानिक (कार्बन-चक्र, क्षेत्रीय जलवायु-मॉडल), आर्थिक (जैव-खोज: अज्ञात वायरस और उनके एंजाइम औद्योगिक, औषधीय और जैव-प्रौद्योगिकी उपयोगों के भंडार हो सकते हैं, फेज-थेरेपी उदाहरण), और रणनीतिक (खुला CC-BY डेटा, डेटा-साझाकरण से राष्ट्रीय संसाधन); रणनीतिक पक्ष में पोस्ट में जो नहीं है, वह अपनी ओर से न जोड़ें। चौथे भाग में सीमाएँ लिखें: 70 प्रतिशत अवर्गीकृत का अर्थ 70 प्रतिशत नए वायरस नहीं, यह संदर्भ-डेटाबेस की कमी भी दर्शाता है; डेटासेट एक ही स्थल-गहराई का है, पूरी खाड़ी के लिए सामान्यीकरण नहीं; विधि-जन्य पूर्वाग्रह (फिल्ट्रेशन, रीड-लंबाई, संदर्भ-डेटाबेस) लागू होते हैं; आँकड़े प्रारंभिक विश्लेषण के हैं और प्रकाशित पेपर में बदल सकते हैं।

निष्कर्ष में: निष्कर्ष में लिखें कि यह अध्ययन गहर-समुद्री वायरस-विज्ञान की शुरुआत है और डेटाबेस मेल न खाना संभावित नई विविधता का संकेत है, पक्का प्रमाण नहीं। आगे की राह बताएँ: पीयर-रिव्यूड पेपर, अधिक गहराइयों और स्थलों से नमूने, यजमान-संबंध का प्रत्यक्ष प्रमाण, एएमजी-आधारित कार्बन-चक्र मॉडलिंग और डीप ओशन मिशन के अंतर्गत डेटा-साझाकरण ढाँचा।

स्रोत

1. मूल डेटासेट: अथिरा, अनीसा, अनूप, सिंह, कुरियन, चैतन्य, एंटनी, “Exploring Viral Diversity and Functions in the Deep-Sea Sediments of the Bay of Bengal: A First Viromic Account”, जेनोडो (कच्चा वायरल मेटाजीनोम डेटा), 6 अक्टूबर 2026
2. टाइम्स ऑफ इंडिया: “Cusat researchers identify unexplored viral diversity in Bay of Bengal deep-sea sediments”, 23 अक्टूबर 2026
3. सम्मेलन-सार: “Contrasting Viromes of Surface and Deep Marine Sediments of the Bay of Bengal: Insights from Virome Sequencing”, 2026 ओशन साइंसेज मीटिंग (एजीयू)
4. पूर्ववर्ती अध्ययन: मेनन टी अथिरा व स्वप्ना पी एंटनी, “Unveiling the viral diversity in coastal sediments: Metagenomic insights along the Kerala coast”, जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस 134:188, 2025
5. पूर्ववर्ती अध्ययन: मारिमुथु आदि (एनआईओटी), “Deep-sea sediment metagenome from Bay of Bengal…”, जीनोमिक्स 114(6), नवंबर 2022
6. प्रेस सूचना ब्यूरो: डीप ओशन मिशन – 4,077 करोड़ रुपये, 2021-26 (10 अगस्त 2021) और समुद्रयान/मत्स्य 6000 विवरण (2023)

अक्सर पूछे जाने वाले प्रश्न (FAQ)

संक्षिप्त उत्तर: वायरसों को पर्यावरणीय नमूनों से सीधे पढ़ना आसान नहीं है – इनका कोई सार्वभौमिक संरक्षित जीन नहीं होता, जिनके यजमान अक्सर प्रयोगशाला में उगाए ही नहीं जा सकते, और न्यूक्लिक अम्ल की मात्रा बहुत कम होती है। इसीलिए शोधकर्ताओं ने मेटाजीनोमिक्स का सहारा लिया: तलछट से वायरल कणों को समृद्ध कर, न्यूक्लिक अम्ल निकालकर नेक्स्ट-जेनरेशन सीक्वेंसिंग (इलुमिना नेक्स्टसेक 2000, 2×150 बेस-जोड़ी रीड) की और फिर जैव-सूचना विज्ञान के उपकरणों से अनुक्रमों को ज्ञात वायरस-डेटाबेस से मिलाया।

प्रश्न: गहर-समुद्री वायरसों के अध्ययन में मेटाजीनोमिक्स क्यों उपयोगी है?

वायरसों को पर्यावरणीय नमूनों से सीधे पढ़ना आसान नहीं है – इनका कोई सार्वभौमिक संरक्षित जीन नहीं होता, जिनके यजमान अक्सर प्रयोगशाला में उगाए ही नहीं जा सकते, और न्यूक्लिक अम्ल की मात्रा बहुत कम होती है। इसीलिए शोधकर्ताओं ने मेटाजीनोमिक्स का सहारा लिया: तलछट से वायरल कणों को समृद्ध कर, न्यूक्लिक अम्ल निकालकर नेक्स्ट-जेनरेशन सीक्वेंसिंग (इलुमिना नेक्स्टसेक 2000, 2×150 बेस-जोड़ी रीड) की और फिर जैव-सूचना विज्ञान के उपकरणों से अनुक्रमों को ज्ञात वायरस-डेटाबेस से मिलाया।

प्रश्न: वायरल शंट क्या है?

वायरस महासागरों की सबसे बड़ी जैविक इकाई हैं और सूक्ष्मजीवों की मृत्यु का प्रमुख कारण। ‘वायरल शंट’ नामक प्रक्रिया में वायरस अपने यजमान कोशिकाओं को फोड़कर उनका कार्बन और पोषक तत्व घुले रूप में छोड़ देते हैं – इससे पोषक-चक्र और कार्बन-पंप पर सीधा असर पड़ता है।

प्रश्न: इसी टीम ने तटीय तलछट के अध्ययन में पहले क्या पाया था?

यही टीम (मेनन टी अथिरा और स्वप्ना पी एंटनी, कुसैट) पहले केरल तट की तटीय तलछट का वायरोम प्रकाशित कर चुकी है (जर्नल ऑफ अर्थ सिस्टम साइंस, 2025): लगभग 40 वायरल परिवार मिले, जिनमें नववर्णित शिटोवायरिडे परिवार और विब्रियोफेज प्रमुख थे; एक

पूर्ण विब्रियोफेज जीनोम भी सीक्वेंस हुआ। एनआईओटी ने 2022 में बंगाल की खाड़ी की गहरी तलछट के सूक्ष्मजीव (बैक्टीरिया) का मेटाजीनोम प्रकाशित किया – प्रोटियोबैक्टीरिया का प्रभुत्व और जैव-उपचार (बायोरेमेडिएशन) से जुड़े जीन मिले।