खण्ड-11, अंक-1, वर्ष-2023, मु0प्र0 75-82
D.O.I.: https://doi.org/10.22445/avsp.v11i1.11
SJIF (2023) : 8.124

Palaeo-depositional Environment of the Rewa Group of rocks of Vindhyan Supergroup in light of Microbial Induced Sedimentary Structures (MISS)

Hemant Kumar, Ajay Shanker Pandey and Joyesh Bagchi
Geological Survey of India, Northern Region, Lucknow-226 024, U.P., India
hemant.kumar@gsi.gov.in

Received: 31-08-2023, Accepted: 25-10-2023

Abstract- In India, Vindhyan supergroup of rocks is one of the thickest polycyclic sedimentary sequence of limestone, sandstone, siltstone and shale, which was deposited during the Neo-Proterozoic age. The Rewa group exposed at Sohagi Ghat and Duari areas having a polycyclic succession of sandstone, siltstone and shale are suitable locales for such microbial-induced sedimentary structures-MISS, an indicator of microbial colonization at the time of deposition. These are the records of their growth, destruction, decay, and diagenesis, which inter alia include sand cracks, mat chips, remnant gas domes, pyrite patches and iron laminae. The presence of preserved microbial mats in the Rewa group sediments reflects the simultaneous depletion of carbon-dioxide and increase in oxygen due to life processes. After photosynthesis began, it led to changes in the environment of archaic life forms. Plankton, blue-green algae and photo-synthetic bacteria decompose atmospheric carbon dioxide and reduce it to produce atmospheric oxygen. These associated structures are strong indicators of the slow sedimentation in transgressive, tide-influenced, shallow marine, supratidal conditions are being comprehensively evaluated and interpreted in this study.

Keywords- Vindhyan, Sedimentary Structures, Microbial mat, Rewa Group, Sandstone

सूक्ष्मजीवी जनित अवसादी संरचनाओं के आलोक में विंध्य महासमूह के रीवा समूह का पुरा–निक्षेपण इतिहास

हेमंत कुमार, अजय शंकर पांडे और जोयेश बागची
भारतीय भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण, उत्तरी क्षेत्र, लखनऊ–226 024, उ0प्र0, भारत
hemant.kumar@gsi.gov.in

सार– भारत में विंध्यन महासमूह के अवसादी निक्षेप, चूना पत्थर, बलुआ पत्थर, सिल्टस्टोन और शेल का बहुचक्रीय अनुक्रम दर्शाया है जो कि नव प्रोटेरोजोइक काल खंड में जमा होने की बाद भी आंशिक रूप से ही विकृत एवं अकायांतरित है। मध्य प्रदेश के रीवा जिले में स्थित सोहागी घाट क्षेत्र में रीवा समूह की चट्टानों को पन्ना शेल, निचला रीवा बलुआ पत्थर, झिरी शेल और ऊपरी रीवा बलुआ पत्थर संरचनाओं में वर्गीकृत किया गया है। क्षेत्र में महीन बलुआ पत्थर एवं शेल चट्टानों में सूक्ष्मजीवीय उत्पन्नित अवसादी संरचनाएं प्रचुरता में पायी जाती, जो जमाव के समय सूक्ष्मजीवों की उत्पत्ति एवं निवास के लिए अत्यंत अनुकूलता का एक संकेतक है। साथ ही यह सूक्ष्मजीवीय उत्पन्नित अवसादी संरचनाएं, उनकी वृद्धि, विनाश, क्षय और डायजेनेसिस के अभिलेख हैं, जिनमें रेत की दरारें, मैट चिप्स, अवशेष गैस गुंबद, पाइराइट धब्बे और लौह युक्त परतीय संरचनाए सम्मिलित हैं। इन संरक्षित माइक्रोबियल मैट की उपस्थिति, जीवन प्रक्रिया के कारण कार्बन–डाई–ऑक्साइड की एक साथ कमी और ऑक्सीजन में वृद्धि को दर्शाती है। प्रकाश संश्लेषण शुरू होने के बाद, इससे पूरा जीवन रूपों के पर्यावरण में बदलाव आया। प्लवक, नीले–हरे शैवाल और फोटो–संश्लेषक बैक्टीरिया वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड को नष्ट करते हुए और वायुमंडलीय ऑक्सीजन का उत्पादन करने के लिए कम हो गए। ये सभी संबद्ध संरचनाएं अतिक्रमणकारी, ज्वार–प्रभावित, उथले समुद्री, सुपरटाइडल स्थितियों में धीमी अवसादन के मुख्य संकेतक हैं। इसका व्यापक मूल्यांकन और व्याख्या द्वारा पूरा वायुमंडल, जलवायु, तलछटी आवरण और जीवन की उत्पत्ति के साथ–साथ समय और स्थान में इन अवसादी चट्टानों की उपयोगिता प्रदर्शित करता है।

बीज शब्द– विंध्य, अवसादी संरचनाएं, माइक्रोबियल मैट, रीवा समूह, बलुआ पत्थर

शोध समीक्षा

1. **परिचय–** भूवैज्ञानिक अभिलेखों के अनुसार सूक्ष्मजीवी जनित अवसादी संरचनाएं जैसे माइक्रोबियल मैट, इत्यादि का संरक्षण बहुकोशिकीय जटिल जीवन रूपों की उपस्थिति पर निर्भर करता है। प्रोटेरोज़ोइक काल को यूकेरियोटिक जीवों से रहित माना जाता है, जिसमें तलछटी चट्टानों में माइक्रोबियल मैट की प्रचुरता के अनुकूल पाया गया है।[7,19,20] वर्तमान अध्ययन में विंध्यन महा समूह की रीवा संरचना के निचले और ऊपरी रीवा बलुआ पत्थर संरचनाओं, से संभावित सूक्ष्मजीव प्रेरित तलछटी संरचनाओं (एमआईएसएस), माइक्रोबियल मैट, इत्यादि का वर्णन किया गया है। इन संरचनाओं की पहचान[15] में उल्लिखित सूक्ष्मजीव प्रेरित तलछटी संरचनाओं की बायोजेनेसिटी के छह मानदंडों पर आधारित है। इन चट्टानों में पाए जाने वाली सूक्ष्मजीव प्रेरित तलछटी संरचनाओं के रूप में अनुरेखण (ट्रेस) जीवाश्म तलछटी प्रक्रियाओं, हाइड्रोलिक ऊर्जा और पुरा–पर्यावरणीय परिस्थितियों[7,16] के बारे में महत्वपूर्ण जानकारी प्रदान कर सकते हैं।

2. **क्षेत्र का भूविज्ञान–** विंध्यन महासमूह की सोन–घाटी में स्थित चट्टानें मुख्य रूप से पुरा–प्रोटेरोज़ोइक काल के महाकौशल समूह और बुन्देलखंड ग्रेनाइट समिष्ठ (बी जी सी) के ऊपर अवसादित है[4]। जिसे मुख्यतः चार समूहों (क) सेमरी, (ख) कैमूर, (ग) रीवा, और (घ) भांडेर में विभाजित किया गया है।[1] सबसे निचला सेमरी समूह मामूली सिलिकिक्लास्टिक तलछट के साथ एक बड़े पैमाने पर मुख्य रूप से चूना पत्थर की चट्टानों वाला समूह है। इस के ऊपर स्थित ऊपरी कैमूर समूह मुख्यतः एरेनेसियस अनुक्रम, बलुआ पत्थर की चट्टानों से निर्मित है। कैमूर समूह के धंधरौल क्वार्टजाइट के उपर स्थित रीवा समूह में बहुचक्रीय एरेनेसियस–आर्गिलासियस अनुक्रम, जिसमें सबसे नीचे (अ) पन्ना शैल, (आ) निचला रीवा बलुआ पत्थर, (इ) झिरी शैल और सबसे ऊपर (ई) ऊपरी रीवा बलुआ पत्थर संरचनाओं में विभाजित है। (**तालिका–1**)

तालिका–1

सोहागी घाट क्षेत्र, रीवा जनपद, मध्य प्रदेश में रीवा समूह का संस्तरीय (स्ट्रैटिग्राफिक) वितरण

समूह	संरचना/फार्मेशन	चट्टानों का प्रकार
भांडेर	सिमरावल शेल	बैंगनी, के साथ हल्के हरे रंग की, कैल्साइट की लेमिना (1 से 3 मिमी मोटी) और हल्के गुलाबी, हल्के हरे और पीले अर्गिलेशियस चूना पत्थर के इंटरबेड के साथ पतली परतदार कैलकेरियस शेल
रीवा	ऊपरी रीवा बलुआ पत्थर ≡ गोविंदगढ़ संरचना	हल्का गुलाबी, स्टील ग्रे, और सफेद, मोटे दाने वाला, मोटी परत वाला, विशाल, कठोर और कॉम्पैक्ट बलुआ पत्थर, संरचनाओं के साथ जमाव के ज्वारीय वातावरण
	झिरी शेल	पर्पल, मैरून से चॉकलेट ब्राउन, पतले लेमिनेटेड सिल्टस्टोन और शेल के साथ किरकिरी बलुआ पत्थर की परत और क्लैस्टिक रेत डाइक की उपस्थिति
	निचला रीवा बलुआ पत्थर ≡ आसन संरचना	महीन दाने वाले बलुआ पत्थर और सिल्टस्टोन, शेल के साथ विनम्र क्रॉस–बेड और जटिल लेमिनेशन के साथ
	पन्ना ≡ कोकाह शेल	बैंगनी, खाकी हरा, जैतून हरा, काला हरा और बैंगनी रंग का स्टील ग्रे, पतला लेमिनेटेड, स्प्लिंटरी शैल महीन से मध्यम दाने वाला बलुआ पत्थर
कैमूर	धंधरौल बलुआ पत्थर	हल्का गुलाबी, गंदा सफेद, और गंदा पीला, हल्का हरा, मध्यम से महीन दाने वाला, बलुआ पत्थर और ऑर्थो–क्वार्टजाइट

3. **सूक्ष्मजीवी जनित अवसादी संरचनाएं (एमआईएसएस)–** सूक्ष्मजीवी उत्पन्नित अवसादी संरचनाएं (एमआईएसएस) मुख्यतः माइक्रोबियल निवास स्थान के रूप में पायी जाने वाली प्राथमिक संरचनाएं हैं जो सिलिक्लास्टिक तलछट के भीतर संरक्षित नाजुक जीवन रूप की उपस्थिति को दर्शाती हैं[17]। ये संरचनाएं सिलिकिक्लास्टिक–प्रभुत्व वाले वातावरण में माइक्रोबियल मैट के विकास, चयापचय, विनाश और क्षय के दौरान विकसित होती हैं।[18] ये माइक्रोबियल मैट, या बायोफिल्म, विविध प्राकृतिक वातावरणों में सिलिकिक्लास्टिक सब्सट्रेट्स को घेरते हैं।[8,14] माइक्रोबियल मैट, या बायोफिल्म्स के साथ–साथ तरंगों और धाराओं के प्रभाव पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है, इस प्रकार एमआईएसएस उनके गठन के लिए पूरा –पर्यावरणीय परिस्थितियों के पुनर्निर्माण के लिए एक मुख्य प्रॉक्सी अर्थात परोक्षी है। इस प्रकार से सूक्ष्मजीवी बाइंडिंग (सूक्ष्मजीवों द्वारा सूक्ष्म कपड़े की स्थापना) और बायोफिल्म की वृद्धि तलछटी और हाइड्रोलिक निष्क्रियता की अवधि के दौरान होती है। विभिन्न माइक्रोबियल मैट एक औसत गतिशील पैटर्न के अनुरूप एक क्षेत्र में बढ़ते हैं।[3] सोहागी घाट क्षेत्र के तलछटी अनुक्रम में गठित एमआईएसएस के विभिन्न प्रकार पाए गए है और प्रत्येक प्रकार एक विशिष्ट निक्षेपण प्रणाली दर्शाता है। इस क्षेत्र

में वर्णित एमआईएसएस में जैविक गतिविधियों से संबंधित अन्य जटिल संरचनाओं के अलावा, मैट विकास, चयापचय, भौतिक विनाश, क्षय और डायजेनेसिस के दौरान विकसित संरचनाएं भी शामिल हैं।[20]

4. **मैट विकास संरचनाएँ–** बायोजेनिक गतिविधियों के सहयोग से क्लास्टिक तलछटों के बंधन, फंसने और घूमने से पतली बायोफिल्म का निर्माण होता है जिसमें परस्पर जुड़े हुए रेत के कण और माइक्रोबियल फिलामेंट्स शामिल होते हैं[6]। इन स्थिर तलछट परतों को बहु–निर्देशित तरंग चिह्नों और पलिम्प्सेस्ट तरंगों के साथ–साथ लचीले गोलाकार रेत के टुकड़ों (**फोटो–1अ**) के रूप में संरक्षित होते है। मुख्य रूप से फिलामेंटस साइनोबैक्टीरिया (लिंगब्या एस पी) निचले सुपरटाइडल क्षेत्र में छोटे पैमाने के वर्तमान तरंग शिखरों के साथ बढ़ते है। अवशेष गैस गुंबदों की पहचान गोविंदगढ़ संरचना के महीन दाने वाले बलुआ पत्थर में की गई थी, जहां वे विशेष रूप से लोहे के धब्बों से चिन्हित होते हैं। यह गुंबद, मिट्टी की परत के छिलकों के साथ 1–2 सेमी चौड़े और लिंगब्या एस पी द्वारा उत्पादित जालीदार विकास पैटर्न और गुच्छों को दर्शाते हैं। इसे गैस गुंबद या गैस निकास संरचना भी कहा जाता है (**फोटो–1ब**)। इसका निर्माण निचले सुपरटाइडल तालाबों के सूखे हिस्से में बंधित, सल्फाइड युक्त पानी से गतिशील साइनोबैक्टीरिया के निकलने के परिणामस्वरूप होता है। माइक्रोबियल गतिविधि और बायोमास के स्थानीयकृत अभिवृद्धि के लिए रिपल क्रेस्ट पसंदीदा स्थल हैं, जहां कोकॉइडल सायनोबैक्टीरिया की माइक्रोबियल गतिविधि लंबे समय तक अवशिष्ट पानी के एक पतले आवरण के नीचे होती रहती थी। सुपराटाइडल तालाब के किनारे हाथी की त्वचा की बनावट के समान संरचना को विकसित करने वाले गोलाकार से षटभुजाकार पैटर्न में व्यवस्थित प्रकाश संश्लेषक गैस बुलबुले के स्थान हैं (**फोटो–1स**)। इन बुलबुलों के किनारे पहले अतिवृद्धि या आंतरिक वृद्धि के स्थल रहे होंगे। अत्यधिक विकसित लहरों के शिखरों के साथ, प्रारंभिक दरारें अधिक उन्नत शुष्कन और पतली माइक्रोबियल मैट के सिकुड़न से प्रेरित होती हैं। यह सुपराटाइडल ज़ोन में बढ़ते भूजल और प्रेरित माइक्रोबियल गतिविधि के स्थलों का प्रतिनिधित्व करता है। ये सभी मैट ग्रोथ संरचनाएं सुपरटाइडल ज़ोन की विशेषताएं हैं। बाढ़ और तूफ़ान के कारण तलछट के प्रवाह और प्रक्रियाओं में बाधा उत्पन्न होती है। इस प्रकार बनी धाराएँ, हवाएँ, गैस का बनना, या रुक–रुक कर शुष्कन होने से माइक्रोबियल मैट के विकास और दबाने में रुकावट आती है। लहरदार–क्रिंकली परत (**फोटो–1द**) समानांतर लैमिनाई से विशिष्ट रूप से भिन्न होती हैं जो भौतिक अवसादन प्रक्रियाओं के दौरान निलंबन के जमने से मैट–बाउंड मडस्टोन सतहों पर बनती हैं। माइक्रोबियल मैट सतह की समान वृद्धि हवा के प्रवाह को बाधित करती है और ली–साइड पर रेत को उड़ा देती है जिसके परिणामस्वरूप लिटोरल–सुप्रा–लिटोरल डिपोजिशनल सेटअप में उलटी फ्लूट कास्ट संरचनाएं बनती है।

मैट विकास संरचनाएँः

फोटो–1अः पलिम्प्सेस्ट

फोटो–1ब : गैस गुंबद या गैस निकास संरचना

फोटो–1स: गैस बुलबुले से बनी हाथी के त्वचा के समान संरचना	**फोटो–1द**:लहरदार–क्रिंकली परत संरचना

5.**मैट–विनाशकारी संरचनाएँ**–सूक्ष्मजैविक रूप से बंधे तलछटों के नष्ट होने से तलछटी विशेषताओं की एक विस्तृत श्रृंखला उत्पन्न होती है और इसे निचला रीवा बलुआ पत्थर आसन संरचना के सिल्टस्टोन में देखा जाता है[13]। धाराओं, हवाओं, गैस के विकास या रुक–रुक कर सूखने की क्रिया के कारण होने वाली गड़बड़ी, सूक्ष्मजैविक रूप से बंधी सतही रेत की परतों में सिकुड़न, गुंबद और टूटने का कारण बनती है[12]। मैट–बाउंड रेत/गाद परतों में व्यवधान की तीव्रता के आधार पर, एंटीफ़ॉर्मल संरचनाएं बनती हैं जिन्हें पेटीज़ या अधिक जटिल साइनस पेटी कटक कहा जाता है (**फोटो–2 अ एवं ब**)। चूँकि क्लैस्टिक परतें अनाज–समर्थित होती हैं और सूखने पर सिकुड़ नहीं सकती हैं, इसलिए यह माना जाता है कि सूखने पर सिकुड़न वह घटना है जब मिट्टी के साथ गाद सूक्ष्म जलीय परिस्थितियों में माइक्रोबियल फिलामेंट्स और बाह्य कोशिकीय बहुलक पदार्थ के मैट्रिक्स से समृद्ध होती है। परिणामी रेत दरार पैटर्न अपूर्ण नेटवर्क से लेकर बहुभुज पैटर्न तक होते हैं, और स्पिंडल के आकार की दरारों के जटिल रूप से अधिरोपित सेट भी बना सकते हैं। जो स्वयं रेत से भर सकता है। निचले रीवा बलुआ पत्थर की चट्टानों में प्रचुर बहुभुज, रैखिक और अण्डाकार संरचनाएँ शुष्कन या सिन्एरेसिस दरारें भी है। इन सिकुड़न दरारों को भरने वाली ये अण्डाकार, धुरी के आकार की और ओवरलैपिंग संरचनाएं शैवाल मैट के सूखने से बनी हैं। गाढ़ी चटाई की परतों के शुष्कन और विघटन एवं दबाने के परिणाम स्वरूप कुछ समय के बाद इनमें लहरदार अथवा गोलाकार रेत की दरारें बनती हैं, जिन्हें मंचूरियोफाइकस कहा जाता है (**फोटो–2 स**)। अवसाद युक्त माइक्रोबियल मैट के सूखने और सिकुड़ने से त्रि–विकिरणीय अथवा बहु विकिरणीय दरारें पैदा होती हैं (**फोटो–2 द**) जो आगे चलकर सूख जाती हैं और मैट चिप्स के रूप में लुढ़क जाती हैं (**फोटो–2जी**)। माइक्रोबियल मैट का निचला हिस्सा पानी की क्रिया से नष्ट हो जाता है, जो बाद में रेत से भर जाता है, जिसके परिणामस्वरूप एक और छद्म जीवाश्म बनता है जिसे अरिस्टोफाइकस कहा जाता है (**फोटो–2एच**)।

मैट–विनाशकारी संरचनाएँ	
फोटो–2 अ: पेटीज़ संरचना	**फोटो–2 ब**: जटिल साइनस पेटी कटक संरचना

फोटो–2 सः मंचूरियोफाइकस संरचना

फोटो–2 द : गैस गुंबद के साथ त्रि–विकिरणीय दरारें

फोटो–2 ईः बहु विकिरणीय दरारें और मैट चिप्स

फोटो–2 एफः छद्म जीवाश्म अरिस्टोफाइकस

6. **मैट–क्षय और चय अपचय संरचनाएँ–** प्रकाश संश्लेषण या क्षय प्रक्रियाएं जलमग्न मैट में गैस उत्पन्न करती हैं, जो टूटने का कारण बनती हैं, और मैट के टुकड़े अलग हो जाते हैं जो फिर सतह पर तैर सकते हैं। क्षेत्र में माइक्रोबियल मैट क्षय का संकेत अवशेष गैस गुंबदों, पाइराइट पैच और लौह लैमिनाई (**फोटो –3 अ और ब**) से मिलता है। नष्ट हुए और बाकी बचे मैट के सड़ने और नीचे की तलछट के साथ अवशोषित होकर नई मैट को भी खराब कर देते हैं। इस प्रकार बनी जटिल आंतरिक लेमिनेशन (**फोटो–3स**) हैं, और कुंडों की खड़ी ढलान और 'किन्नीया' शैली की तरंगों (**फोटो–3 द**) से जुड़े सपाट शीर्ष, एक चटाई के नीचे गैस के फंसने से जुड़े हैं।

मैट–क्षय और चय अपचय संरचनाएँ

फोटो–3 अः पाइराइट पैच और लौह युक्त परतें

फोटो–3 बः अवशेष गैस गुंबद, पाइराइट पैच और लौह युक्त परतें

फोटो–3 स: कुंडलित परतें	**फोटो–3 द**: 'किन्नीया' शैली की तरंगें

7. **जटिल संरचनाएँ–** सूक्ष्मजीवी जनित माइक्रोबियल मैट के विकास विनाश, क्षय और चय–अपचय से संबंधित अवसादी संरचना का संयुक्त रूप से पाया जाना काफी सामान्य घटना है, जोकि एक साथ संरक्षित होकर जटिल संरचना का निर्माण करती है[9,11]। झुर्रियाँ संरचनाएँ, शुष्कन और क्षय का प्रमुख रूप हैं जो अपतटीय संक्रमण और मिश्रित ज्वारीय फ्लैटों, जहाँ हाइड्रोडायनामिक ऊर्जा कम रहती है, के हेटेरो–लिथिक संस्तर दर्शाती हैं। झुर्रीदार संरचनाएं सिल्टस्टोन से ढकी महीन दाने वाली बलुआ पत्थर की परत की सतह पर अच्छी तरह से संरक्षित होती हैं, जो 0.02–0.2 मिमी (गाद से बारीक दाने वाली रेत) की सीमा में तलछटी दानों के आकार की पुष्टि करती है और इसकी साइनोबैक्टीरियल गतिविधि के संकेतक के रूप में व्याख्या की जाती है (हैगडॉर्न और बोत्जेर,1997)।

झुर्रीदार संरचनाएं प्रचुर मात्रा में अण्डाकार, लम्बी और दोनों ओर से अर्धचंद्राकार उभारों (**फोटो–4 अ**) की विशेषता होती हैं जो एक सकारात्मक एपिरिलीफ (टाइप–1) में संरक्षित होती हैं और ईंट–लाल रंग की होती हैं। कुछ झुर्रीदार संरचनाएँ अपेक्षाकृत छोटी, घुमावदार, छिटपुट रूप से द्विभाजित, और सपाट–शीर्ष लहरदार (**फोटो–4 ब**) तरंग रूपों (टाइप –2) की विशेषता होती हैं और समानांतर, गोल–तल वाले अवसादों द्वारा अलग होती हैं। क्षेत्र में उजागर तलछटी अनुक्रम क्रॉस–लेमिनेशन और जटिल संस्तर के साथ विशाल, महीन दाने वाले बलुआ पत्थरों के पतले से मोटे बिस्तरों का एक विकल्प दिखाता है। कई बलुआ पत्थर लेंटिकुलर हैं और उनमें अंतर्निहित सिल्टस्टोन और मडस्टोन के रिप अप टुकड़े हैं (**फोटो–4 स**)। बलुआ पत्थर की सतहों पर वर्तमान लहर के निशान दिखाई देते हैं, जबकि सिल्टस्टोन में गहरी–गहरी शुष्कन दरारें आम हैं। हस्तक्षेप तरंगें जिन्हें सीढ़ी–पीठ तरंगों के रूप में भी जाना जाता है (**फोटो–4 द**) असामान्य तलछटी संरचनाएं हैं। बायो–लैमिनेट द्वारा प्राप्त ताकत के साथ तलछट की सतहें उच्च कोणों पर प्रतिच्छेद करने वाले तरंग शिखरों के दो सेटों को पकड़ सकती हैं। यह उथले–समुद्री परिस्थितियों में अपने रिज शिखरों के लंबवत चलने वाली दो क्रमिक वर्तमान दिशाओं के अस्तित्व को इंगित करता है।

जटिल संरचनाएँ:	
फोटो–4 अ: दोनों ओर से अर्धचंद्राकार रिपल संरचना	**फोटो–4 ब**: द्विभाजित, और सपाट–शीर्ष लहरदार संरचना

फोटो–4 स: सिल्टस्टोन और मडस्टोन के रिप अप टुकड़े	**फोटो–4 द**: सीढ़ी–पीठ रिपल संरचना

8. **विचार–विमर्श एवं निष्कर्ष–** माइक्रोबियल मैट उथले समुद्री वातावरण में विकसित, क्षय और नष्ट हो गए, जहां उन्होंने अवसादन पैटर्न को प्रभावित किया। सोहागी घाट क्षेत्र से वर्णित संरचनाएं, रीवा समूह की चट्टानों के जमाव के दौरान माइक्रोबियल उपनिवेशण के लिए पर्याप्त साक्ष्य प्रदान करती हैं। अध्ययन क्षेत्र में सूक्ष्मजीवी उत्पन्नित अवसादी संरचनाएं (एमआईएसएस) के बड़े आकार और प्रचुरता जैसे माइक्रोबियल रोल–अप, कटाव वाले पॉकेट और अवशेष, और माइक्रोबियल फोल्ड ओवर भौतिक गतिशीलता से बनते हैं। रीवा समूह की तलछटों में संरक्षित माइक्रोबियल मैट की उपस्थिति जीवन प्रक्रिया के कारण कार्बन–डाई–ऑक्साइड की एक साथ कमी और ऑक्सीजन में वृद्धि को दर्शाती है। प्रकाश संश्लेषण शुरू होने के बाद, इससे पूरा जीवन रूपों के पर्यावरण में बदलाव आया। प्लवक, नीले–हरे शैवाल और फोटो–संश्लेषक बैक्टीरिया वायुमंडलीय कार्बन डाइऑक्साइड को नष्ट करते हुए और वायुमंडलीय ऑक्सीजन का उत्पादन करने के लिए कम हो गए। वायुमंडल में विशेष रूप से क्षोभमंडल में आणविक ऑक्सीजन की प्रचुरता ने इस ग्रह पर जीवन को पनपने की अनुमति दी।

References

1. Bose, P. K., Sarkar, S., Chakrabarty, S. and Banerjee, S.(2001) Overview of the Meso- to Neoproterozoic evolution of the Vindhyan Basin, central India. Sedimentary Geology, pp. 141-142, pp. 395-419.
2. Bose, S. and Chafetz, H. (2012) Morphology and distribution of MISS: a comparison between modern siliciclastic and carbonate settings N. Noffke, H. Chafetz (Eds.), Microbial Mats in Siliciclastic Systems Through Time, SEPM Special Publication No. 101, Elsevier, pp. 3-14.
3. Callefo, F., Fresia Ricardi-Branco, F., Cataldo, R.A., and Noffke, N. (2021) Microbially Induced Sedimentary Structures (MISS), Editor(s): David Alderton, Scott A. Elias, Encyclopedia of Geology (Second Edition), Academic Press, pp. 545-554.
4. Chakraborty, C. (1996) Sedimentary records of erg development over a braidplain; Proterozoic Dhandraul Sandstone, Vindhyan Supergroup, Son Valley. Memoir Geological Society of India, vol. 36, pp. 77-99.
5. Crawford, A. R. and Compston, W. (1970) The age of the Vindhyan system of Peninsular India, Quarterly Journal of the Geological Society of London, vol. 125, no. 499, pp. 351-370.
6. Dornbos, S.Q., Noffke, N. and Hagadorn, J.W. (2007) Mat-decay Features, J. Schieber, P.K. Bose, P.G. Eriksson, S. Banerjee, S. Sarkar, W. Altermann, O. Catuneanu (Eds.), Atlas of Microbial Mat Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record, Atlases in Geoscience 2, Elsevier, pp. 106-110,
7. Eriksson, P.G. , Schieber, J., Bouougri, E., Gerdes, G., Porada,H., Banerjee, S., Bose, P.K. and

Sarkar, S.(2007) Classification of structures left by microbial mats in their host sediments, Elsevier, pp. 39-52.
8. Gerdes, G. (2007) Structures left by modern microbial mats in their host sediments, J. Schieber, P.K. Bose, P.G. Eriksson, S. Banerjee, S. Sarkar, W. Altermann, O. Catuneanu, (Eds.), Atlas of Microbial Mat Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record, Atlases in Geoscience 2, Elsevier (2007), pp. 5-38.
9. Hagadorn, J.W. and Bottjer, D.J. (1997) Wrinkle structures: microbially mediated sedimentary structures in silicilastic settings at the Proterozoic-Phanerozoic transition, Geology, vol. 25, pp. 1047-1050
10. Hagadorn, J.W. and Bottjer, D.J., (1997) Wrinkle structures: microbially mediated sedimentary structures common in subtidal siliciclastic settings at the Proterozoic-Phanerozoic transition, Geology, vol. 25, 1997, pp. 1047-1050.
11. Hui Dai, Lida Xing, Daniel Marty, Jianping Zhang, W. Scott Persons, Haiqian Hu, Fengping Wang (2015) Microbially-induced sedimentary wrinkle structures and possible impact of microbial mats for the enhanced preservation of dinosaur tracks from the Lower Cretaceous Jiaguan Formation near Qijiang (Chongqing, China), Cretaceous Research, vol. 53, pp. 98-109.
12. Long, D.G.F. (2004) The tectonostratigraphic evolution of the Huronian basement and subsequent basin fill: geological constraints on impact models of the Sudbury event, Precambrian Res., vol. 129, pp. 203-223.
13. Maisano, L., Bautista,C.S., Diana G. Cuadrado, María Cintia Piccolo, L. Ariel Raniolo, Eduardo A. Gómez (2022) Microbially induced sedimentary structures (MISS) generated by episodic storm surges in a temperate coast, Marine Geology, vol. 448.
14. Noffke N. and H. Chafetz (2012) (Eds.) Microbial Mats in Siliciclastic Systems Through Time, SEPM Special Publication No. 101, Elsevier, pp. 1.
15. Noffke, N. (2009) The criteria for the biogenicity of microbially induced sedimentary structures (MISS) in Archean and younger, sandy deposits, Earth Sci. Rev., vol. 96, pp. 173-180.
16. Noffke, N. (2010) Geobiology: Microbial Mats in Sandy Deposits from the Archean Era to Today, Springer, p. 194.
17. Noffke, N., Beukes, D., Bower, R., Hazen, M. and Swift, D.J.P. (2008) An actualistic perspective into Archean worlds – (cyano-)bacterially induced sedimentary structures in the siliciclastic Nhlazatse Section, 2.9 Ga Pongola Supergroup, South Africa. Geobiol., vol. 6, pp. 5-20.
18. Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T. and Krumbein, W.E. (1996) Microbially induced sedimentary structures – examples from modern sediments of silicilastic tidal flats, Zentralblatt fur Geologie und Paläontologie, vol. 1, pp. 307-316.
19. Srivastava, A.P. and Rajagopalan, G. (1986) F.T. dating of Precambrian deposits Vindhyan Group at Chitrakut, Banda district, (U.P. – M.P.). In: K. K. Sharma (Ed.) Nuclear Tracts, pp. 41 – 52.
20. Schieber, J., Bose, P.K., Eriksson, P.G., Banerjee, S., Sarkar, S., Altermann, W. and Catuneanu, O., (Eds.), (2007) Atlas of Microbial Mat Features Preserved within the Siliciclastic Rock Record, Atlases in Geoscience 2, Elsevier, pp. 39-52.