पुरा पर्यावरणीय समस्याओं के समाधान में फोरामिनिफेरा की उपयोगिता

राजीव निगम एवं संजय सिंह राना

राष्ट्रीय समुद्र विज्ञान संस्थान
दोना पौला, गोवा – 403004

'पर्यावरण' शब्द के महत्व का ज्ञान इस बात से विदित होता है कि पिछले 2 दशकों में अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक समुदाय ने 'अंतर्राष्ट्रीय भूमंडल जीवमंडल कार्यक्रम (International Geosphere Biosphere Programme – 16 BP) जैसी परियोजनाओं को जन्म दिया। इसके साथ ही अनेक विश्वविद्यालयों ने पर्यावरण विज्ञान' विषय पर स्नातक एवं स्नातकोत्तर डिग्री कार्यक्रम भी आरम्भ किए। इतना ही नहीं, संयुक्त राज्य अमरीका तथा भारत सरकार ने अलग से 'पर्यावरण मंत्रालय' भी स्थापित किए। इसके अतिरिक्त विज्ञान की अनेक विधाओं ने भी अपने–अपने तौर पर 'पर्यावरण परिवर्तन' विषय पर अपने–अपने शोध कार्यक्रम तैयार किए हैं। सम्पूर्ण विश्व में आए इस बदलाव के पीछे 'पर्यावरण प्रदूषण' के गम्भीर परिणामों की आशंका है।

मानव की असीम भोगों की अभिलाषा तथा विश्व की निरंतर बढ़ती जा रही जनसंख्या ने अनेक प्रकार के प्रदूषणों को जन्म दिया है। आज स्थिति यह है कि प्रदूषण धरती की सीमाओं को लांघकर वातावरण में जा पहुँचा है। औद्योगिकीकरण के कुप्रभावों के कारण वातावरण में ग्रीन हाउस गैसों (कार्बन डाइ ऑक्साइड, कार्बन मोनो ऑक्साइड, क्लोरोफ्लोरो कार्बन, नाइट्रस ऑक्साइड इत्यादि) की मात्रा निरंतर बढ़ती जा रही है। इसके कुप्रभाव के रूप में विश्व का औसत तापमान बढ़ रहा है। इस बढ़ते तापमान के कारण अनेक विकराल समस्याएं जन्म ले रही हैं, जैसे समुद्रतल का बढ़ना, मानसूनी वर्षा की प्रवृत्ति एवं मात्रा में

परिवर्तन, समुद्री तूफानों की आवृति तथा तीव्रता में वृद्धि इत्यादि। भारत तीन ओर से समुद्र से घिरा हुआ है तथा भारत की तटरेखा लगभग 7000 किलोमीटर लम्बी है, इसलिये इन समस्याओं से उसके प्रभावित होने की आशंका भी अधिक है।

आगामी समस्याओं का सामना तभी अच्छी तरह से किया जा सकता है जब हम समय रहते उनका सही पूर्वानुमान लगा सकें। पूर्वानुमान लगाने के लिये हमें विगत (कुछ हजार वर्ष) में हुये पुराजलवायु परिवर्तनों का ज्ञान होना आवश्यक है। समुद्री तलछट के अध्ययन द्वारा पूर्वकाल में हुये जलवायु परिवर्तनों का पता लगाया जा सकता है। इस प्रकार के अध्ययनों में सबसे अधिक सहायता 'फोरामिनिफेरा' नामक सूक्ष्म जीवाश्म से मिलती है। सुविधा की दृष्टि से पर्यावरण सम्बंधी समस्याओं के निराकरण में फोरामिनिफेरा की भूमिका को 2 भागों में विभाजित किया जा सकता है। इस लेख में पिछले कुछ हजार वर्षों में आये जलवायु परिवर्तनों को 'पुराजलवायु निर्धारण एवं फोरामिनिफेरा' तथा आधुनिक प्रदूषण सम्बंधी अध्ययनों को 'समुद्री प्रदूषण' के आंकलन में 'फोरामिनिफेरा' शीर्षकों के अन्तर्गत प्रस्तुत किया गया है।

फोरामिनिफेरा क्या है ?

सूक्ष्म जीवाश्म 'फोरामिनिफेरा' के विभिन्न उपयोगों की चर्चा से पूर्व संक्षेप में यह जानना आवश्यक है कि यह है क्या? यह एक कोशकीय सूक्ष्म जीव है जो समुद्र में तटरेखा से आरंभ होकर लगभग 3 से 4 हजार मीटर की गहराई तक प्रचुरता से पाये जाते हैं। साधारणतया इनका आकार एक मिलीमीटर से छोटा होता है। मुख्य रूप से इनका कवच (टेस्ट) कैलशियम कार्बोनेट से बना होता है। समुद्र के पानी में तल से लगभग 200 मीटर की गहराई तक रहने वाले इन जीवों को 'प्लवक (Planktonic) फोरामिनिफेरा' तथा समुद्र तल (Bottom) में रहने वालों को 'नितलस्थ (Benthic) फोरामिनिफेरा' कहा जाता है। इनकी

हजारों प्रजातियाँ हैं तथा उदाहरण के तौर पर इन्हें चित्र संख्या 1 में दर्शाया गया है। जिस समय ये जीव जीवित अवस्था में होते हैं उस समय वातावरण में आये छोटे से छोटे परिवर्तनों से प्रभावित हो जाते हैं। तदनुसार इनकी प्रजातियाँ बदल जाती हैं। इस गुण के कारण इन्हें प्रदूषण के मापक के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। मृत्यु के बाद दोनों, प्लवक तथा नितलस्थ फोरामिनिफेरा के कवच तली पर अवसाद के रूप में वर्ष दर वर्ष जमा होते रहते हैं और इनका उपयोग 'पुरा जलवायु' का पता लगाने में किया जाता है।

पुरा जलवायु निर्धारण एवं फोरामिनिफेरा

यह जानने के लिये कि आगामी समय में समुद्र तल, मानसूनी वर्षा एवं समुद्री तूफानों की आवृत्ति इत्यादि पर विश्वस्तर पर सम्भावित तापमान वृद्धि (Global Warming) का अंतिम रूप से क्या प्रभाव होगा, हमें यह जानना अति आवश्यक है कि प्राकृतिक रूप से पिछले कुछ हजार वर्षों में जलवायु में क्या–क्या परिवर्तन आये हैं। यह जानने के बाद ही भविष्य का सही–सही आंकलन सम्भव है। इन परिवर्तनों का 100–200 वर्ष से अधिक का कोई लिखित इतिहास उपलब्ध नहीं हैं। इस स्थिति में हमें अप्रत्यक्ष रूप से इन परिवर्तनों का संकेत देने वाले विषयों का अध्ययन करने की आवश्यकता है। हमारे देश में इन विषयों पर हो रहे शोध की कुछ जानकारियाँ यहाँ दी जा रही हैं।

समुद्री अवसादों में विद्यमान फोरामिनिफेरा द्वारा समुद्र तल परिवर्तनों का अध्ययन:

पिछले कुछ हजार वर्षों (होलोसीन काल) के दौरान पुरा समुद्रतल के परिवर्तनों के बारे में जानकारी हासिल करने हेतु समुद्री अवसाद (विशेषतया अरब सागर) में फोरामिनिफेरा का उपयोग किया गया है। अलग–अलग स्थिति में अलग–अलग युक्तियों का उपयोग किया जाता

है। उदाहरणस्वरूप (1) जब समुद्र तल आज की तुलना में ऊपर था, उसके प्रमाण धरती पर (तटीय क्षेत्र) मिलने चाहिए तथा (2) जब समुद्र तल आज की तुलना में नीचे था, उसके प्रमाण समुद्री तलछट में समुद्र की गहराई में (पानी के नीचे) मिलने चाहिए। गोवा में जुआरी नदी के तटों पर पाई जाने वाली 'आस्टर शेल सतह' (चित्र 2) तथा खम्भात की खाड़ी (कैम्बे) के क्षेत्र में स्थित 'लोथल डॉकयार्ड' (चित्र 3) के अवसाद में पाये जाने वाले फोरामिनिफेरा के अध्ययन समुद्र तल के आज की तुलना में पूर्व काल (4000–6000 वर्ष पूर्व) में ऊपर होने की सम्भावनाओं की ओर संकेत करते हैं। इसी प्रकार समुद्र तल के अवसादों में विद्यमान फोरामिनिफेरा की प्रजातियाँ आज से लगभग 15000 वर्ष पूर्व समुद्र तल के आज की तुलना में नीचे होने (~100 मीटर) का प्रमाण देती हैं। इसके अतिरिक्त पुराने फोरामिनिफेरा के कवच पर टेट्राक्लित स्क्यूमोसा रेनीफारमिस (बर्नाकल की एक प्रजाति) (चित्र 4) के जमाव से पुरातटरेखा के पता लगाने की नई विधि का भी विकास किया गया है। इसी प्रकार अरब सागर के अवसादों में पाई जाने वाली एक प्रजाति आरब्यूलीना यूनीवर्सा के आकृति परिवर्तनों (औसत व्यास) से लगभग 8000, 5500 तथा 2200 वर्ष पूर्व तापमान तथा सांद्रता में आये बदलाव का पता चलता है जो समुद्र के घटने–बढ़ने का सूचक है। इसके अतिरिक्त अरब सागर से लिये गये 126 तलछट नमूनों की सहायता से एक आंकिक मॉडल की रचना की गयी है जिसमें प्लवक फोरामिनिफेरा की सहायता से बढ़ते घटते समुद्र तल का पुनः निर्माण सम्भव है।

अब तक की प्राप्त जानकारियों के आधार पर, अरब सागर क्षेत्र में, पिछले लगभग 15000 वर्षों में आये परिवर्तनों को चित्र 5 में दर्शाया गया है। इस जानकारी से पृथ्वी विज्ञान मंत्रालय के अनुसंधान संस्थान 'NIOT' द्वारा खम्भात की खाड़ी में भारत ही नहीं बल्कि विश्व की ज्ञात नागरिक सभ्यता (लगभग 9500 वर्ष पूर्व) के नगर की खोज की प्रामाणिकता भी सिद्ध होती है।

समुद्री अवसादों में विद्यमान फोरामिनिफेरा द्वारा पुरा मानसूनी वर्षा का निर्धारण:– किसी भी देश एवं क्षेत्र के नागरिक, मुख्यतया अपना रहन सहन, खान–पान एवं संस्कृति वहाँ पर उपलब्ध जल की मात्रा के अनुसार निर्धारित करते हैं। वर्षा जलवायु का एक प्रमुख घटक है। वर्षा में आये परिवर्तन कई सभ्यताओं के विकास तथा विनाश के कारण बने हैं। भारत जैसे उष्णकटिबन्धीय देश में वर्षा देश की अर्थव्यवस्था को कृषि द्वारा निर्धारित करती है। अच्छी वर्षा देश की खुशहाली के लिये आवश्यक है। परन्तु औसत से अधिक या कम वर्षा प्रायः बाढ़ या अकाल के रूप में जन धन की अतुलनीय क्षति करती है। इस प्रकार की प्राकृतिक आपदाओं से सुरक्षा हेतु भविष्य में होने वाले वर्षा के परिवर्तनों का पूर्वानुमान अति आवश्यक है। ऐसे अनुमान तभी सम्भव हैं जब अतीत में वर्षा के बारे में सही–सही ज्ञान हो।

पुरा मानसून के इतिहास के पुनः निर्माण हेतु अभी तक जलवायु परिवर्तन का अध्ययन गहरे समुद्र से लिये गये तलछट क्रोड (कोर) में विद्यमान फोरामिनिफेरा द्वारा होता रहा है। परन्तु पिछले कुछ वर्षों में उच्चविभेदन पुरा मानसून के पुनः निर्माण के लिये मात्र कुछ हजार वर्ष के परिवर्तनों के अध्ययन पर जोर दिया गया है जिसके लिये कम गहरे समुद्र के तलछट अधिक उपयोगी हैं। इस आवश्यकता को ध्यान में रखते हुये भारत के पश्चिमी तट से काली नदी के मुहाने पर 22 मीटर गहरे जल से लिये गए कोर से लगभग 5000 वर्षों के पुरा मानसून परिवर्तनों का पता लगाया गया है।

संक्षेप में इस अध्ययन के उद्देश्य के लिये नदी द्वारा समुद्र में लाए गए मीठे जल की मात्रा को वर्षा का संकेतक माना गया है। तटीय क्षेत्रों में विशेषकर नदी मुहाने के आसपास जल की सान्द्रता में कमी मुख्यतः नदी द्वारा समुद्र में बहाकर लाए गए पानी की मात्रा के कारण होती है, (चित्र 6)। सान्द्रता के परिप्रेक्ष्य में पुरा मानसून के संकेतक 'फोरामिनिफेरा' की सर्वमान्य विधियों जैसे प्लवक फोरामिनिफेरा और

नितलस्थ फोरामिनिफेरा के कोणीय संरचना के समूह का उपयोग किया गया है। प्लवक फोरामिनिफेरा समुद्र के जल में सामान्य सान्द्रता में बहुतायत से पाये जाते हैं। सामान्य से कम सान्द्रता वाले जल में इनकी मात्रा नगण्य होती है। यही स्थिति नितलस्थ फोरामिनिफेरा के कोणीय असमित (asymi asymetrical) समूह की है।

चित्र 7 में यह दर्शाया गया है कि किस प्रकार लगभग 5000 वर्षों (रेडियो कार्बन विधि) में फोरामिनिफेरा के विभिन्न समूहों के संख्या परिवतनों से पुरामानसून का निर्धारण किया गया है। यह निष्कर्ष निकाला गया है कि लगभग 3500 वर्ष पूर्व वर्षा ज्यादा होती थी तथा ~2000 पूर्व अत्यंत सूखे की अवस्था थी। इसी प्रकार एक अन्य कोर (कारवार के निकटवर्ती क्षेत्र से) के अध्ययन से यह ज्ञात हुआ है कि वर्षा के परिणाम में एक 77 वर्ष की आवृत्ति भी होती है (चित्र 8)। यह आवृत्ति सूर्य के व्यास में आये परिवर्तनों (ग्लैस बर्ग साइकिल) द्वारा संचालित होती है। इस आवृत्ति को जब पिछली शताब्दी में हुई वर्षा के आंकड़ों के साथ देखा जाये तो यह भविष्य में दशकीय स्तर पर धनात्मक संकेत देती है।

समुद्री अवसादों में विद्यमान फोरामिनिफेरा द्वारा पुरा सुनामी/ पुरा समुद्री तूफानों का निर्धारण:

समुद्री तूफानों तथा सुनामी लहरों द्वारा भारत के पूर्वी समुद्र तट पर विगत में हुई विनाश की घटनाएं सभी भारतीयों के लिये चिंता का विषय हैं। इस संदर्भ में भूतकाल में हुई ऐसी घटनाओं का अध्ययन आवश्यक हो जाता है। यदि ऐसी घटनाओं का इतिहास पुनः निर्मित किया जा सके तो उससे भविष्य के संकेत मिल सकते हैं।

कच्छ के निकटवर्ती क्षेत्र की समुद्री तलछट में प्राप्त फोरामिनिफेरा द्वारा एक ऐसी विधि का विकास किया गया है (चित्र 9)। इस अध्ययन में गहरे समुद्र में पाये जाने वाले फोरामिनिफेरा, उथले समुद्र में पाये गये हैं। 'कोर' के इस भाग में पाये जाने वाले तलछट का औसत आकार अत्यंत सूक्ष्म है तथा उल्टी दिशा में (पुराने तलछट ऊपर तथा नवीन तलछट नीचे) जमा

हुये हैं। ऐसा लगभग 8000 वर्ष पूर्व हुआ है। यह अप्रत्याशित स्थिति उस समय आये समुद्री तूफान या पुरा सुनामी द्वारा ही निर्मित हो सकती है। यदि इस विधि का प्रयोग पूर्वी तट पर स्थित चिल्का झील या पुलीकाट झील के तलछट पर किया जाये तो इन परिस्थितियों का पूरा इतिहास पुनः निर्मित किया जा सकता है। इस विषय में शोधकार्य अभी शैशव अवस्था में ही है और भविष्य में इस पर अत्यंत ध्यान देने की गहन आवश्यकता है।

समुद्री प्रदूषण एवं फोरामिनिफेरा

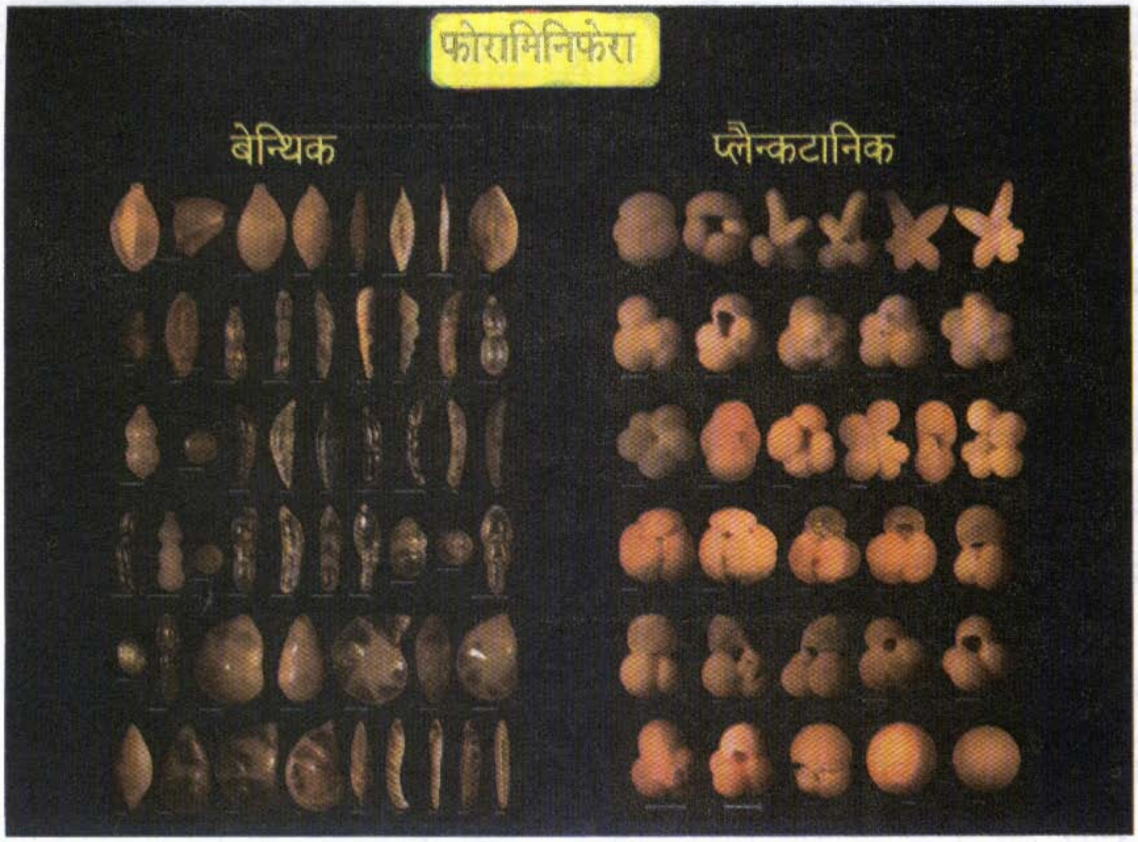
समुद्र तट पर बसे नगरों तथा औद्योगिक इकाइयों द्वारा उत्सर्जित मल एवं रसायनयुक्त जल द्वारा निकटवर्ती समुद्र में प्रदूषण की समस्या उत्पन्न हो जाती है। चूंकि इसी क्षेत्र से मुख्यतः मछली मिलती है और उनकी संख्या प्रदूषण से प्रभावित हो सकती है इसलिये अत्यन्त सावधानी की आवश्यकता है।

• विवाद की स्थिति में यह पता लगाना आवश्यक हो जाता है कि 'प्रदूषण' हो रहा है अथवा नहीं? साथ ही यदि प्रदूषण हो रहा है तो उसका पता आरम्भिक काल में ही लगा लिया जाना चाहिये वरना उसके सुधार का काल निकल चुका होता है। इस कार्य हेतु भी फोरामिनिफेरा का उपयोग किया जा सकता है। यदि प्रदूषण हो रहा है तो वहाँ पाये जाने वाले फोरामिनिफेरा के कवच का आकार प्रभावित होता है और ज्यादातर स्थिति में वह टेढ़े मेढ़े हो जाते हैं (चित्र 10)। यदि प्रदूषण हद से ज्यादा बढ़ गया हो तो वहाँ पर केवल मृत फोरामिनिफेरा के कवच ही मिलते हैं तथा जीवित फोरामिनिफेरा नहीं मिलते।

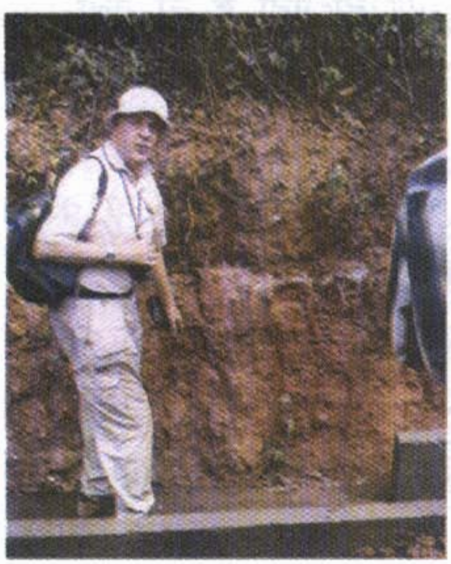
एक बार यह निश्चित हो गया कि 'प्रदूषण' है तब उसको रोकने के उपाय किये जाते हैं (चित्र 11) जिसमें प्रदूषित जल को पाइप लाइन के जरिये गहरे समुद्र में ऐसे स्थान पर छोड़ा जाता है जहाँ जल धारायें उसे गहराई पर ले जाती हैं। सान्द्रता कम हो जाने पर उसके विपरीत प्रभाव अधिक नहीं होते हैं।

निष्कर्ष के रूप में यह कहा जा सकता है कि फोरामिनिफेरा का

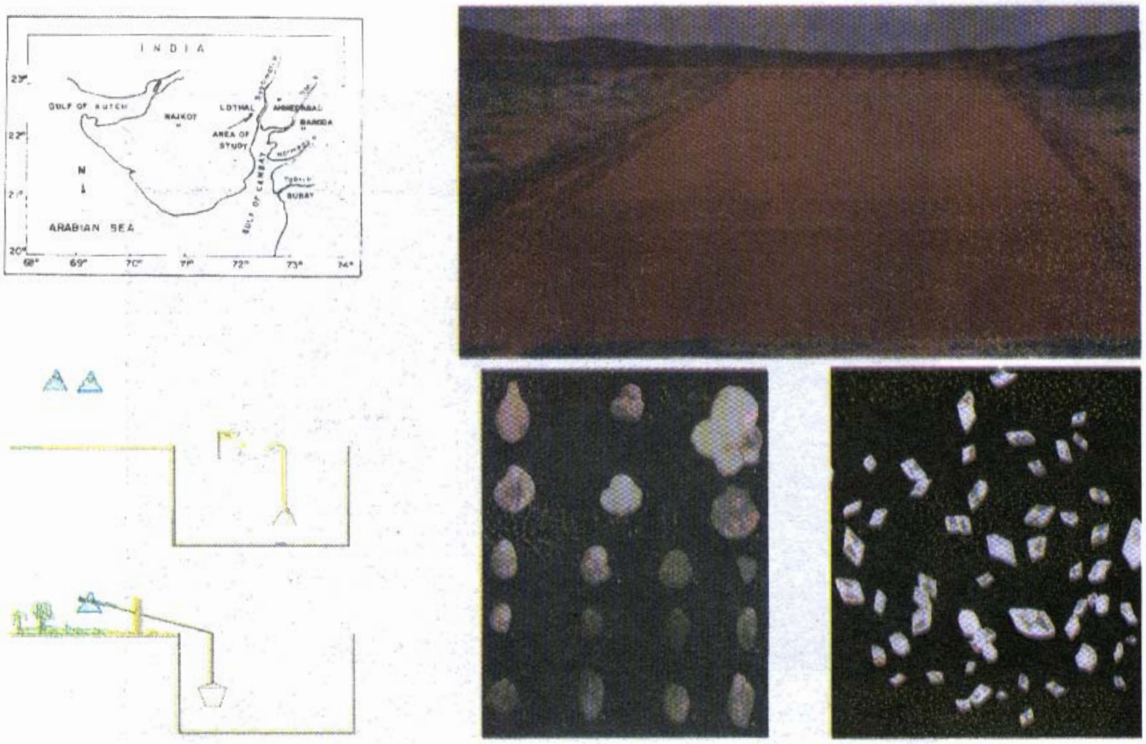
पुराजलवायु परिवर्तनों में तो अत्यधिक उपयोग है ही, इसके साथ–साथ समुद्री प्रदूषण एवं पुरातात्विक अध्ययनों में भी इनका उपयोग साबित हो चुका है।



चित्र 1: नितलस्थ एवं प्लवक फोरामिनिफेरा

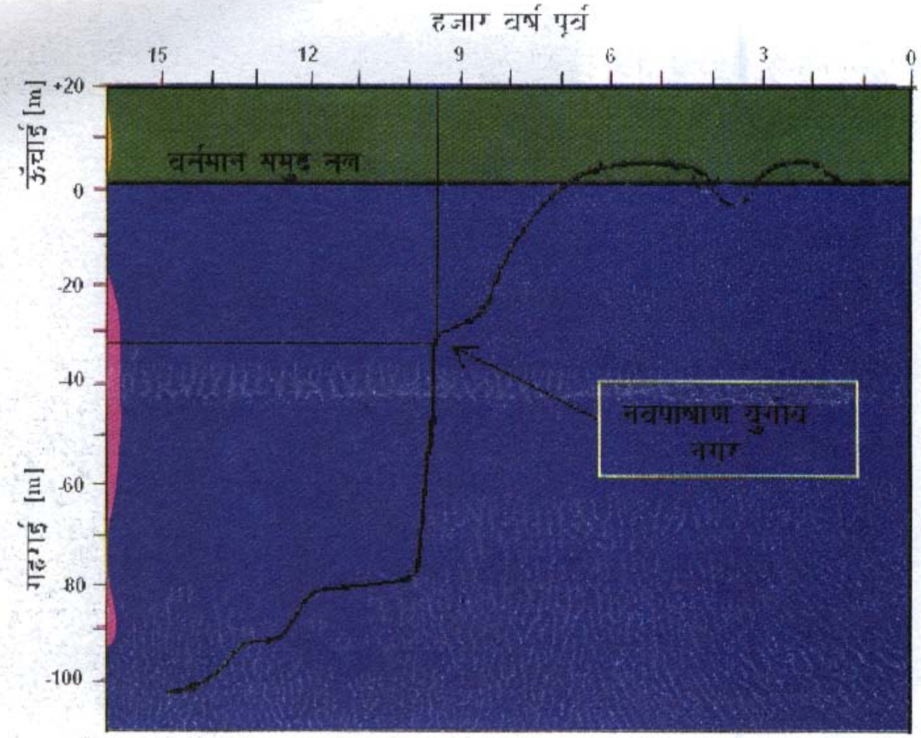


चित्र 2 आज की तुलना में पूर्व काल में समुद्र तल–स्तर ऊपर होने के प्रमाण
(अ) गोवा में सड़क के किनारे जीवाश्म स्तर
(ब) गोवा में पुराने समुद्र तल पर कटाव द्वारा चट्टानों की स्थिति

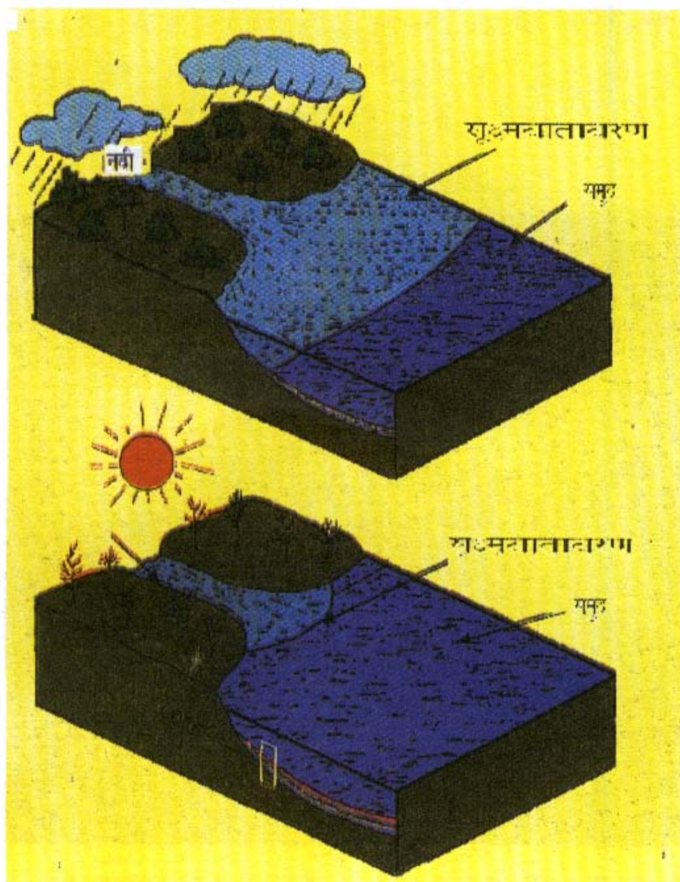


चित्र 3: फोरामिनिफेरा का समुद्री पुरातत्व में तथा समुद्र तल अध्ययन में उपयोग: अहमदाबाद के निकट लोथल नामक स्थान। (अ) पुराने टैकनुमा स्थान, (स) विवाद दर्शाता है कि यह डाकयार्ड था या सिंचाई का तालाब, (द एवं य) टैंक में फोरामिनिफेरा तथा जिप्सम की उपस्थिति इसे डाकयार्ड साबित करती है तथा यह भी संकेत करती है कि लगभग 4500 वर्ष पूर्व समुद्र तल आज की तुलना में ऊपर था।

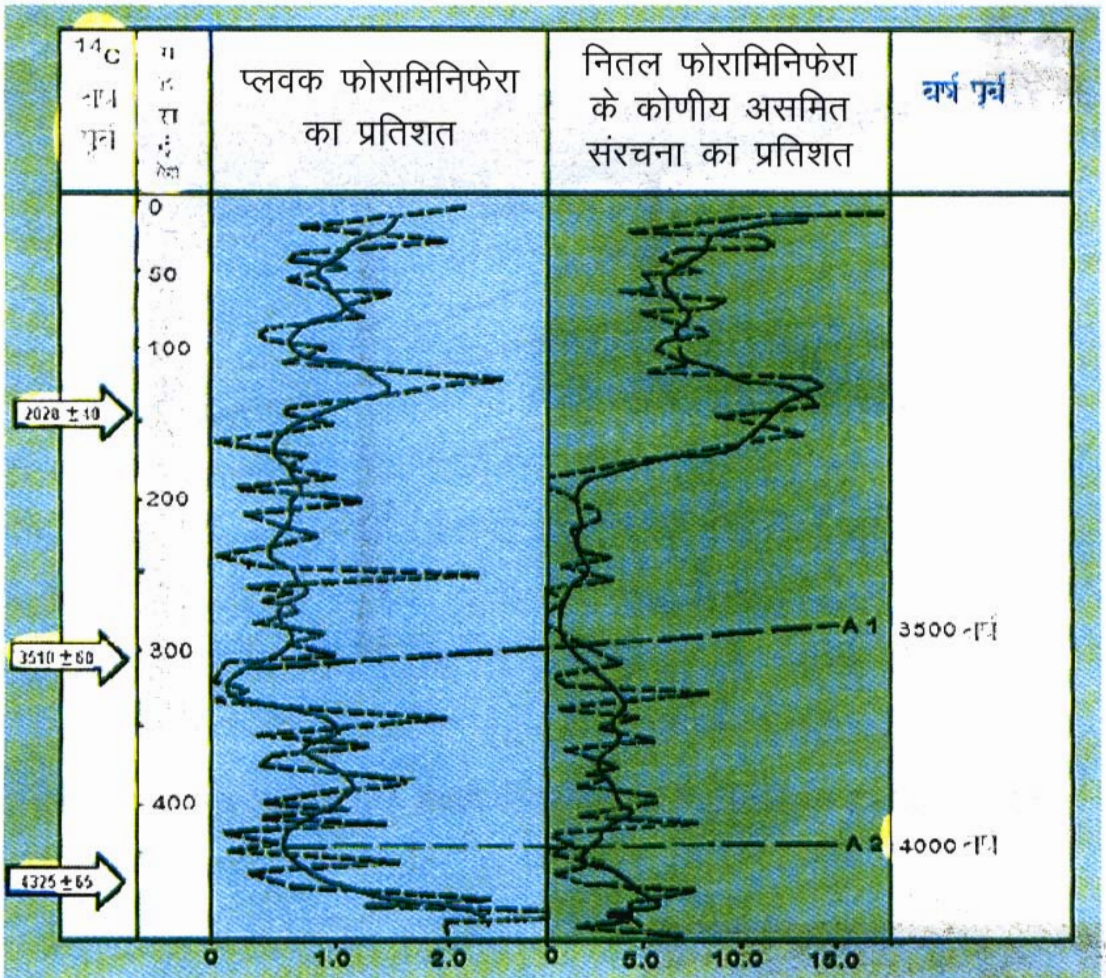
चित्र 4: फोरामिनिफेरा पर बार्नकल का जमाव पुरा तटरेखा दिखाता है जब समुद्र तल आज की तुलना में नीचे था।



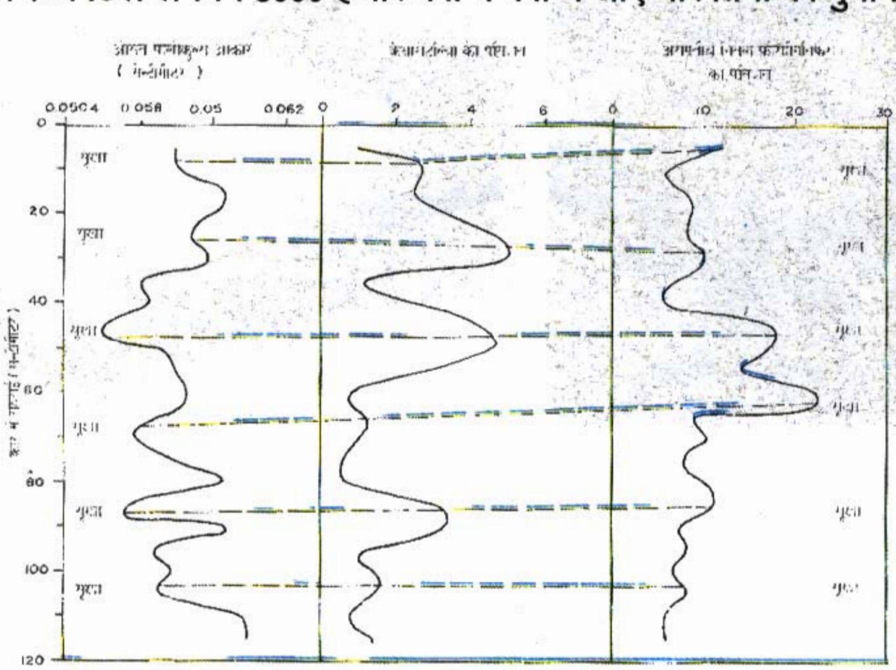
चित्र 5: पिछले 15 हजार वर्षों में समुद्र तल में परिवर्तनों का इतिहास



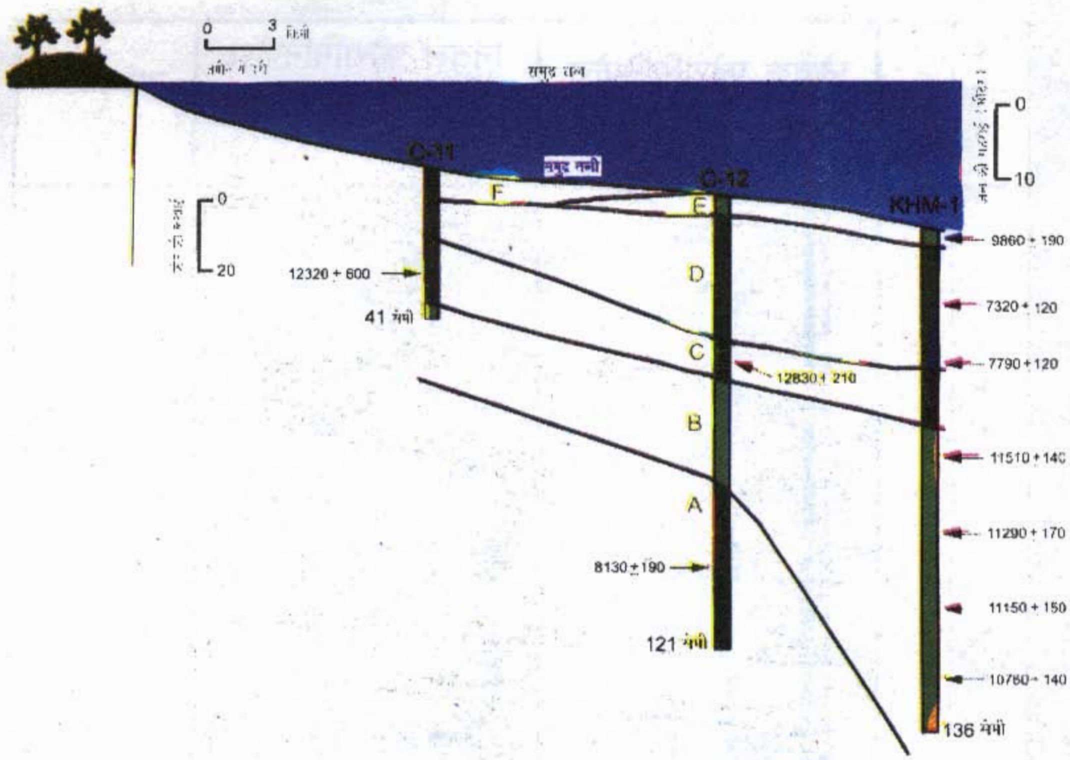
चित्र 6: तटीय क्षेत्र के तलछटों द्वारा पुरा जलवायु (वर्षा) परिवर्तनों के निर्धारण की रूपरेखा।



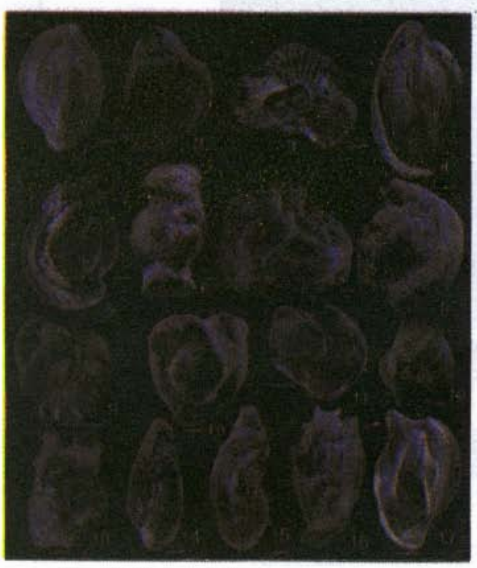
चित्र 7: पिछले लगभग 5000 हजार वर्षों में वर्षा में आए परिवर्तनों का पुनर्निर्माण



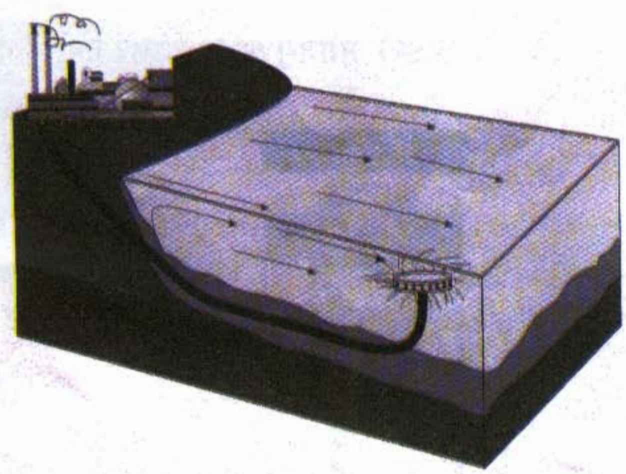
चित्र 8: मानसून वर्षा में 77 वर्ष की आवृत्ति का आंकलन



चित्र 9: कच्छ के समुद्री क्षेत्र में लगभग 8000 हजार वर्ष पूर्व आई सुनामी के संकेत



चित्र 10: समुद्री प्रदूषण से प्रभावित फोरामिनिफेरा (सामान्य संरचना से अलग)



चित्र 11: प्रदूषण रोकने हेतु तलछट पर बिछाई गयी पाइप लाइन तथा डिफ्यूजर