ISSN: 0972 - 2351

# मत्स्यगंधा

## 2005

मात्स्यिकी और पर्यावरण

केंद्रीय समुद्री मात्स्यिकी अनुसंधान संस्थान
(भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद)
कोचीन 682 018

# कार्बन के असीमित संचय से सागरीय पर्यावरण और जीवन को संभाव्य आघात

**रीता जयशंकर**
केंद्रीय समुद्री मात्स्यिकी अनुसंधान संस्थान, कोचीन, केरल

लंबे अरसे से लेकर कार्बन हमारी अभिरुचि का विषय है। इसका एक कारण यह है कि हम सब (दुनिया के सभी पेड-पौधे और जीवजात) कार्बन से बना हुआ है (हमारे सूखे भार का 50%). दूसरा कारण यह है कि मानवीय गतिविधियों के लिए वातावरण में कार्बन डाइओक्साइड ($Co_2$) जैसे प्रमुख ग्रीन हाउस गैस की बढ़ती होती है जिससे भौम तापमान बढ़ जाता है, समुद्री स्तर ऊँचा होता है और मौसम में भी परिवर्तन होता है। उन्नीसवीं सदी के मध्य में औद्योगिक संग्राम शुरू होने से वातावरण में कार्बन डाइओक्साइड की सांद्रता 30% बढ़ गया है और समाज में उचित ढ़ंग का परिवर्तन न लाया गया तो यह सांद्रता बढ़ती रहेगी।

**वातावरण में कार्बन गतिशीलता**

ऊर्जा के लिए जीवाश्मी ईंधन (कोयला, तेल और प्राकृतिक गैस) के ज़्यादातर उपयोग से वातावरण के कार्बन डाइओक्साइड की सांद्रता में वृद्धि होती है और इनकी क्रमागत वृद्धि होती रहेगी। पिछले 150 वर्षों में कार्बन की 25% की वृद्धि जंगल साफ करने और खाद्योत्पादन के लिए मिट्टी के उपयोग से हुई है। जैव कार्बन, जो अवसाद में कोयला, प्राकृतिक गैस और तेल के रूप में सैकडों वर्षों से पहले छिपा हुआ है, इसे मानवीय गतिविधियों के लिए उपयुक्त किया जाता है। इस दर्मियान वातावरण में कार्बन डाइओक्साइड जैसे ग्रीन हाउस गैस की वृद्धि हो रही है। इस प्रकार जीवाश्म ईंधन से रूपांतरित ऊर्जा बिजली, ताप और औद्योगिक ऊर्जा के रूप में हमारे बीच पहुँच जाता है।

भौमोपरितल में सशक्त तरंग दैर्घ्य का विकिरण खींचकर रखने के कारण वातावरण में वर्धित होने वाले कार्बन डाइओक्साइड पर ध्यान देना शुरू किया गया है। औद्योगिक विकास के पहले तरंग दैर्घ्य का अधिकांश विकिरण $CO_2$ से होता था और बाकी विकिरण मीथेन, नाइट्रस ओक्साइड और क्लोरो फ्लूरोकार्बन जैसे अन्य गैस से भी। भूमि के वातावरण को अधिकाधिक रूप से खींचकर रखने से कई संघात होते हैं जो कई जटिल फीडबैक कार्यों पर आश्रित है। फिर भी वैज्ञानिकों की राय यह है कि तरंग दैर्घ्य के अधिकाधिक खिंचाव से भौम-तापमान और भी अधिक हो जाएगा। अतः मूमि के मौसम परिवर्तन में मानव की अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका है।

वातावरण में कार्बन डाइओक्साइड की कोई प्रतिक्रिया नहीं होने की वजह से, दीर्घ काल तक यह ऐसा ही रहता है। लेकिन मानवोद्भिद् $CO_2$ जो ज़िंक का काम करता है, का सिंह भाग भौम-मंडल (पौधे और मृदा) और महासागर द्वारा लिया जाता है इसलिए $CO_2$ की वृद्धि दर बहुत कम है। कार्बन का प्राथमिक रूप बाइकार्बोनेट है और महासागरों को कार्बन का भौगोलिक संचय स्थान माना जाता है। लगभग 40,000 Gt कार्बन अजैव और जैव अवस्था में मौजूद है। वातावरण में 750 Gt कार्बन है। मिट्टी में उपस्थित कार्बन को छोडकर भौम-मंडल में 610 Gt कार्बन की उपस्थिति आकलित की गई है।

पत्रव्यवहार : डॉ. (श्रीमती) रीता जयशंकर, वरिष्ठ वैज्ञानिक,
केंद्रीय समुद्री मात्स्यिकी अनुसंधान संस्थान,
पी.बी. सं. 1603, कोचीन - 682 018, केरल

साधारणतया वातावरण, महासागर और भौम भागों में कार्बन का बडे पैमाने में विनिमय होता रहता है और यह विनिमय वातावरण के कार्बन की सांद्रता में उल्लेखनीय परिवर्तन नहीं बनता है और पूर्व औद्योगिक परिवेश में यह कार्बन संतुलित अवस्था में रहता था। जीवाश्मी ईंधन के ज्वलन, वन नशीकरण और भूमि में विभिन्न उपयोगों की वजह से वातावरण में कार्बन की मात्रा में अधिकाधिक बढ़ती होती है और इस के फलस्वरूप भौगोलिक कार्बन संचय स्थान में असंतुलन की स्थिति पैदा हुई है। इस मानवोद्भिद कार्बन डाइओक्साइड का कुछ भाग भौम मंडल में नियत होता है और इसका अधिक भाग धीमी संतुलन प्रक्रिया से महासागरों में विलीन होता है। वर्तमान में इस प्रक्रिया से प्रतिवर्ष 2 Gt कार्बन नियतन होता है जो सामान्यताः वर्तमान मानवोद्भिद कार्बन विकिरण दर से बहुत कम है।

**मानवोद्भिद कार्बन**

भौगोलिक स्तर में कार्बन के दोनों प्रमुख संभरण स्थानों का संबंधित स्थान स्थापित करने में वैज्ञानिक लोगों ने प्रगति प्राप्त की है और यह व्यक्त हो जाता है कि गायब होने वाले कार्बन इन दोनों संभरण स्थानों में समान रूप से पहुँचता है। फिर भी वैज्ञानिक लोग इन दोनों संभरण स्थानों के भौगोलिक वितरण और प्रक्रियाओं पर विवाद जारी करते रहते हैं। इन संभरण स्थानों के भविष्य का स्वभाव हमारे अनुमानों के परे अत्यंत विचारणीय हो जाएगा। अतः मानवोद्भिद $CO_2$ के भविष्य के संघातों पर पूर्वानुमान और शमन करने के लिए उनके स्वभावों पर अच्छी तरह समझना आवश्यक है। भविष्य के स्वभाव का पूर्वानुमान करने के लिए अतीत का स्वभाव जानना महत्वपूर्ण बात है।

मानवोद्भिद $CO_2$ को स्वीकार करने के लिए महासागरों की क्षमता प्राथमिक रूप से $CO_2$ का विलयन स्वभाव और समुद्र जल की रासायनिक उभय प्रतिरोधन क्षमता की प्रक्रिया है। अगर अब वातावरण में अनुकूल आकार में रूपाइत $CO_2$ छिडाव (पल्स) जोड दिया जाए तो इस का लगभग 85% महासागर में विलीन हो जाएगा। लेकिन समुद्रांतर भाग और उपरितल के बीच लंबायमान विनिमय मंद होने के कारण इस प्रक्रिया के लिए 1000 वर्षों से अधिक समय लग जाता है।

नमूना अनुरूपताएं यह सुझाव देती हैं कि अन्टार्टिक (35 $^oS$ दक्षिण) के चारों ओर के दक्षिण महा सागर में मानवोद्भिद कार्बन का आधा भाग मौजूद है। इस के अतिरिक्त कुल कार्बन आगिरण का छह भाग उष्णकटिबंधीय भाग (13 $^oS$ से 13$^oN$) में होता है। ये दोनों भाग सबसे बडे ऊपरिभाग के क्षेत्र हैं जहाँ उत्स्रवण (उष्णकटिबंधीय और दक्षिण महा सागर में) और गहरे लंबायमान विनिमय (दक्षिण महा सागर) में से गहरे समुद्र का अप्रदूषित पानी ऊपरितल तक आता है और इस पानी में $CO_2$ को आगिरण करने की क्षमता भी है।

**कार्बन स्ववियोजन**

जंगल जैसे कार्बन संभरण स्थानों में मानवोद्भिद कार्बन डाइओक्साइड सहित सभी प्रकार के कार्बन को संचय करने की रीति को कार्बन स्ववियोजन कहते हैं। कार्बन को उत्सर्जन के समय ही भूमिगत संभरण स्थानों में संचय किया जा सकता है (भूवैज्ञानिक स्ववियोजन), गहरे समुद्र में अंतःक्षेपण किया जा सकता है (महासागर स्ववियोजन) या पत्थर जैसे खर पदार्थों के रूप में परिवर्तित किया जा सकता है। वातावरणीय कार्बन डाइओक्साइड का स्तर पूर्व औद्योगिक स्तर के 280 प्रति दशलक्ष भाग से अब 375 प्रति दशलक्ष भाग तक बढ़ गया है। कार्बन का संभरण करने के द्वारा वातावरण में कार्बन को मुक्त करने की प्रक्रिया का संतुलन किया जा सकता है। इस वजह से ग्रीन हाउस प्रभाव कम करके पृथ्वी के टिकाऊपन जारी रखने का सुनिश्चयन भी किया जा सकता है। कार्बन का स्ववियोजन तीन प्रकार संभव हो सकता है। भौम स्ववियोजन, भू-तत्व स्ववियोजन और महासमुद्रीय स्ववियोजन। भौमिक आवास व्यवस्था में कार्बन स्ववियोजन दो प्रकार होता है : वातावरण से

$CO_2$ निकाल देना या भौमिक आवास व्यवस्था से वातावरण में $CO_2$ का उत्स्रवण रोकना। भौमिक जैव मंडल में प्रतिवर्ष लगभग 2 अरब मेट्रिक टन कार्बन का स्ववियोजन होता रहता है। वन भूमि में अधिकाधिक वृक्षों का रोपण करके भौमिक वियोजन में सुधार लाया जा सकता है। इस दिशा में कृषि भूमि, रेगिस्तान और निम्न भूमि, गड्डे जैसे गीली भूमि और दलदल भूमि के उचित प्रकार के उपयोग करने के लिए अनुसंधान कार्य हो रहे हैं। अवक्षय हुए तेल और गैस संभरण स्थानों, उच्च जैविक घटकों से युक्त छिलका या परत का रूपायन और भूमिगत लवण रूपायन से कार्बन डाइओक्साइड का स्ववियोजन भू-तत्व में होता है। वर्ष 1996 से लेकर स्टाटोइल द्वारा प्रतिवर्ष एक दशलक्ष टन पुनः प्राप्त $CO_2$ को उत्सिरा रेत, जो उत्तर समुद्र में पाए जाने वाला लवणीय रूपायन है, के रूप में संग्रहित किया गया है। स्ववियोजित $CO_2$ की मात्रा कोयला-आग से प्रचालित पावर प्लान्ट की ऊर्जा के समान होती है।

महासागरीय कार्बन स्ववियोजन का $CO_2$ महा समुद्री पानी में विलीन होता है और महासागर प्राकृतिक प्रक्रियाओं द्वारा $CO_2$ को शोषित करता है और वातावरण में छोड भी देता है। व्यापक रूप से ऐसा माना जाता है कि महासागर संभावित रूप से वातावरण के अधिकांश $CO_2$ को शोषित करता है। फिर भी महासागर का कार्बन स्वविलयन बहुत धीमी प्रक्रिया है। प्राथमिक उत्पादन के लिए खुला सागर को उर्वर बनाया जाता है ताकि ज़्यादा कार्बन उसमें नियत होता है और संभावित रूप से महासागरीय अवसादों में मिल जाता है।

**नीति और नियम प्रणाली**

अंतर्राष्ट्रीय विधि कन्वेन्शन के मुताबिक $CO_2$ को महा सागर में छोड देने की व्याख्या को वर्तमान में बहुत कम विचार और सहमति मिली है। ऊर्जा उत्पादन तथा अन्य औद्योगिक गतिविधियों से निकले हुए $CO_2$ को औद्योगिक विसर्ज्य का निर्वचन दिया जाता है। समुद्री संस्तर के नीचे समुद्री जहासों, प्लाटफोर्म्स और अन्य मानवजन्य घरातलों से $CO_2$ को समुद्र में छोड देना समुद्र के नियम पर लंदन कन्वेन्शन और युनाइटड नेशन्स कन्वेन्शन और कुछ क्षेत्रीय कन्वेन्शन के अंदर आने वाले अंतर्राष्ट्रीय नियम का उल्लंखन है। हाल ही में समुद्री पर्यावरण सुरक्षा के वैज्ञानिक पहलुओं पर कार्यरत विशेषज्ञों का युनाइटड नेशन्स ग्रूप द्वारा इस तरह की प्रक्रियाओं की अवैद्यता पर प्रकाश डाला गया है जिस के द्वारा ऐसी प्रक्रियाओं पर अनुवर्ती कार्य उठाने से पहले अंतर्राष्ट्रीय नियमों में परिवर्तन लाना अनिवार्य है।

**प्लवक कार्बन का विनिमय**

समुद्र जल की हर एक बूँद में पादपप्लवक नामक हज़ारों प्लवमान सूक्ष्म पादप मौजूद है। ये एककोशिका जीव जो - डायटम और अन्य शैवाल सहित है - भौमोपरितल के तीन चौथायी भाग में रहते हैं और इनके प्रकाश संश्लेषण जैवभार में 600 अरब मेट्रिक टन कार्बन का एक प्रतिशत है। लेकिन छोटे होने पर भी ये इस ग्रह के महत्वपूर्ण प्राकृतिक चक्र में प्रमुख भूमिका निभाने का कार्य निभाते रहते हैं। यह तर्कसंगत बात है कि समुद्री पादपप्लवक आनुषंगिक रूप से मौसम पर प्रभाव डालते हैं। हाल ही में कुछ अनुसंधानकारों ने महासागर के इन सूक्ष्म निवासियों की, वातावरण के ग्रीनहाउस गैस कार्बन डाइओक्साइड ($CO_2$) को शोषित करके गहरे समुद्र में संभरण करने की प्रक्रिया की सराहना की है। नए उपग्रह अन्वेषणों और व्यापक महासमुद्र वैज्ञानिक अनुसंधान परियोजनाएं यह व्यक्त करते है कि भौम तापमान में परिवर्तन, महासमुद्र के परिचलन और पोषण की उपलब्धता में इन संवेदनशील जीवों की भागीदारी है।

महासागर के ऊपरितल के पोषण की कमी से होने वाली पादपप्लवकों की वार्षिक घटती अब अंतरिक्ष से दृश्यमान है। पादपप्लवकों के पर्णहरित में हरित के अंश की खोज करते हुए नाशनल ओशियानिक एंड अटमोस्फेरिक एडमिनिस्ट्रेशन के मार्गरिटा कोन्कराइट और नासा के गोड्डार्ड स्पेस फ्लाइट सेन्टर के वाट्सन ग्रेग को यह व्यक्त हो गया कि वर्ष 1980 के

दशक के प्रारंभ से लेकर पादपप्लवकों में 6 प्रतिशत की घटती हुई है। यह भी मालूम पडा कि उपग्रह द्वारा खींचे जाने वाले फोटो चित्रों में ये पादपप्लवक दिखाई नहीं पडते हैं। कोन्कराइट और ग्रेग यह भी मान लेते हैं कि न केवल पादपप्लवकों की घटती हुई है, बल्कि तिमि, कोड, पेन्विन, सील, साल्मन और समुद्री पक्षियों के साथ-साथ भौगोलिक मात्स्यिकी में भी घटती हुई है।

पादपप्लवक समुद्रोपरितल में रहने पर भी अगर इनकी जीवसंख्या में कुछ टक्कर हुआ है तो इसका प्रभाव समुद्र तल तक पहुँचता है। अब वैज्ञानिकों का यह विश्वास है कि भूमि के जैव जीवन की विविधता का अधिक भाग समुद्र की अदीप्त गहराई में है जहाँ लगभग 10 मिलियन जीव जातियाँ रह सकती हैं। भौम-तापमान से महा समुद्रीय स्तर विन्यास में बढ़ावा होने की वजह से ओक्सिजन से संपुष्ट जल और जैव पदार्थ (मृत और सड़े हुए प्लवक) समुद्र तल तक पहुँचने में असमर्थ होते हैं।

**समुद्र जल का अम्लीकरण**

भौगोलिक तापमान में हुई वृद्धि मानव जनता के जीवाश्म-ईंधन उपयोग से दुनिया के महा सागरों में परिवर्तन होने का कारण सिर्फ नहीं है। विसर्जनियों और जहाज़ की चिमनी से होने वाले उत्स्रवण महासमुद्र के रासायनिक स्वभाव में परिवर्तन करता हैं और समुद्र जल में कार्बन डाइओक्साइड की मात्रा बढ़ाता है। एक नए अंतर्राष्ट्रीय अध्ययन में एन ओ ए ए के वैज्ञानिकों ने विश्व के हज़ारों विभिन्न स्थानों में समुद्र जल के नमूने का परीक्षण किया और समझा कि समुद्र ने पिछली दो सदियों के दौरान मानवोद्भिद 244 अरब मेट्रिक टन $CO_2$ को शोषित किया है। $CO_2$ का यह उच्चतम स्तर महासमुद्रों को और भी अधिक अम्लीय बना देगा। महा समुद्र वैज्ञानिकों की चिंता का विषय है कि वातावरण के $CO_2$ का स्तर औद्योगिक संग्राम के प्रारंभ काल के 280 प्रति मिलियन भाग से वर्ष 2050 से पहले 560 प्रति मिलियन भाग तक बढ जाने पर साभाव्य आघात कैसा रोका जायेगा।

इस अम्लीय जल में शुक्ति, समुद्री अर्चिन जैसे कवच मछलियों का कवच काल्शियम कार्बोनेट से कड़ा होना बहुत मुशकिल है। इस तरह अम्लजल से प्रभावित समुद्र जीव जैसे प्रवाल पॉलिप जो प्रवाल भित्ति बनाते हैं और कवचयुक्त प्लवक जातियाँ छोटे और मृदु कवच वाले हो जाएंगे। प्रवाल भित्तियाँ जो पृथ्वी का समृद्ध आवास तंत्र है, पर भौम-तापमान के कारण नाशोन्मुख हो चुकी है, आगे महा समुद्र के अम्लीकरण से इस संपदा पर दुगुना प्रहार पड जाएगा। मृदु कवची प्लवक जातियों की घटती का संघात खाद्य श्रृंखला पर पडकर बडे जीवों को भी प्रभावित किया जाएगा।

**खाद्य शृंखला पर आघात**

पानी में तैरने वाला टीरोपोड नामक चूने के कवच वाला छोटा शंबुक समुद्र में क्रिल से लेकर भीमाकार तिमि तक के विभिन्न जीवों का आहार है। इस के अतिरिक्त टीरोपोड उत्तर पसफिक साल्मन के किशोरों, बांगडों, हेरिंग और कॉड जैसे मछलियों का भी मुख्य खाद्य स्रोत है। वैज्ञानिकों का यह विश्वास है कि समुद्री अम्लीकरण बढ़ते समय टीरोपोड का कवच दुर्बल होता है और कवच के बिना इसको जीना मुशकिल पडता है। इससे हमारे महासमुद्रों की जैव विविधता में उल्लेखनीय परिवर्तन होता है। आगे आवास तंत्र पर होनेवाले संघातों को पहचानने के लिए और भी अनुसंधान करना आवश्यक है। शंबुक के समान समुद्री अर्चिन, तारा मीन, महा चिंगट और शुक्ति, सीपी, शंबु, स्कालोप जैसे कवच वाले द्विकपाटी भी इस रीति से खतरे में पडने की संभावना होने वाले जीव हैं। यह एक संदेह का विषय है कि मछली सहित समुद्र के कई जीव pH की कमी से असिडोसिस या शरीर द्रव में कार्बनिक अम्ल होने की प्रक्रिया से पीडित हो जाएंगे। असिडोसिस से प्रतिरक्षा प्रतिक्रिया और उपापचय कम होता है और पुनरुत्पादकीय और श्वसन व्यवस्था

में भी कठिनाई होती है। प्रवाल तथा अन्य आवासीय संघातों के साथ असिडोसिस से मत्स्यन व पर्यटन पर आश्रित अर्थ व्यवस्था और इससे जुडे हुए समुदाय को भी दुविधा होने की संभावना है। इस तरह संघात में पड गया एक क्षेत्र है उत्तर पसफिक महा समुद्र जिसमें अलास्का और रूस के बीच का बेरिंग समुद्र सम्मिलित है। इस क्षेत्र की जलवायु और आवास व्यवस्था में पिछले 50 वर्षों के दौरान परिवर्तन हुआ है। 20 वीं सदी में शीत और बर्फी उत्तरद्रुवीय आवास व्यवस्था अब गरम और उप-उत्तरद्रुवीय में परिवर्तित हो गया है। महासमुद्र के इस प्रकार के परिवर्तन से यू.एस. के कुल मछली और कवच मछली अवतरण का आधा भाग होने वाला यह क्षेत्र तुरंत ही संघात में पडने की संभावना है।

**दक्षिण महासमुद्र में अन्टार्टिक क्रिल का योगदान**

हाल ही में किए गए अनुसंधान से यह व्यक्त हो गया है कि अन्टार्टिक क्रिल, जो दक्षिण महा समुद्र की खाद्य श्रृंखला की प्रमुख कड़ी है, भौम ऊपरितल से कार्बन का आगिरण करके समुद्रांदर भाग में परिवर्तन करते हैं। ब्रिटीश अन्टार्टिक सर्वेक्षण (BAS) और हल्ल विश्वविद्यालय के स्कार्बरो सेन्टर ऑफ कोस्टल स्टडीस के अध्ययन के दौरान यह मालूम पडा कि अन्टार्टिक क्रिल दिन की अपेक्षा रात को कई बार समुद्र के ऊपरितल से गहरे समुद्र की ओर छलांग मारते हैं। इस प्रक्रिया में वे विसर्ज्यों के रूप में गहरे समुद्र में अधिक कार्बन डाइओक्साइड छोड देते हैं। बी ए एस के डॉ. जेरन्ट टार्लिंग ने यह बताया कि लंबे अरसे से हमें ज्ञात हुआ कि क्रिल तिमियों, पेन्विन और सीलों का मुख्य खाद्य स्रोत हैं और इन से बच जाने की इनकी कुशलता पर जानकारी नहीं है, बल्कि पर्यावरण के लिए यह अत्यंत जरूरी है। गहरे समुद्र तक छलांग मारते वक्त अधिक मात्रा में कार्बन को भी परिवहन करते है, यह वर्ष में 35 मिलियन मोटोर कारों द्वारा छोड देने के समतुल्य है और इस से इन छोटे जीवों की प्रधानता पर मालूम पड़ता है। दिन में क्रिल समुद्र तल के प्लवकों को खाते हैं और रात को वे परभक्षियों से बचने के लिए समुद्र तल तक जाते हैं। इनके इस स्वभाव से भौम उपरितल से कार्बन को निकाल देने में इनका योगदान व्यक्त होता है।

**भविष्य के आघात**

विश्व का 71 प्रतिशत महासागरों से आवृत होने पर भी कुछ लोगों ने तटीय क्षेत्रों से दूर 100 फीट की गहराई तक अन्वेषण करने का साहस किया है। यह अत्यंत अनदेखा और दुर्लभ जानकारी है कि महाद्वीपीय उपतटों में मिलियन टन मीथेन हाइड्रेट हिमशीतित अवस्था में मौजूद है। अगर जीवाश्म-ईंधन के उत्स्रवण से महासागर का तापन होकर इस मीथेन जो $CO_2$ से 20 गुना शक्तिशाली तापन का गैस है - पिधल जाएं तो अत्यंत विपत्तिपूर्ण मौसम परिवर्तन होने की संभावना है। लगभग 250 मिलियन वर्षों पहले पर्मियन उन्मूलन में मीथेन हाइड्रेट के इस तरह के 'डकार' ('burp') से पृथ्वी के जीवन के 90 प्रतिशत का विनाश हुआ था।

**मुख्य शब्द/Keywords.**

जीवाश्म इंधन - fossil fuel
तरंग दैर्घ्य - wave length
मानवोद्भिद - anthropogenic
कार्बन स्वावियोजन - carbon sequestration
भौम स्वावियोजन - terrestrial sequestration
भूतत्व स्वावियोजन - geological sequestration
उत्सिरा रेत - utsira sand (उत्तर समुद्र में पाए जानेवाला लवणीय रूपान्तरण)
पादपप्लवक - phytoplankton
महासागरीय परिचलन - ocean circulation
पर्णहरित - chlorophyll
एन ओ ए ए - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
टीरोपोड - pteropod (a small snail with a calcium carbonate shell)
बी.एस.एस. - British Antarctic Survey (BAS)