

पृथ्वी की उत्पत्ति एक अध्ययन

डॉ. चन्द्र प्रकाश वर्मा

असिस्टेन्ट प्रोफेसर भूगोल,

हुकुम सिंह बोरा राजकीय स्नात्कोत्तर महाविद्यालय, सोमेश्वर,

अल्मोड़ा, उत्तराखण्ड, भारत।

सारांश— वैज्ञानिक लंबे समय से पृथ्वी की उत्पत्ति के विषय में खोज करने में लगे हैं और इस विषय में विभिन्न वैज्ञानिकों ने अनेक परिकल्पनाएँ प्रस्तुत की हैं। इनमें सर्वप्रथम लोकप्रिय मत एक जर्मन दार्शनिक इमैनुएल कांट (Immanuel Kant) ने दिया और 1796 ईस्वी में गणित्यज्ञ लाप्लेस (Laplace) ने उनके मत में संशोधन करके एक परिकल्पना प्रस्तुत की जो निहारिका परिकल्पना (Nebular hypothesis) के नाम से विख्यात हुई। इस परिकल्पना के अनुसार ग्रहों का निर्माण धीमी गति से धूमते हुए धुएं के गुबारों से हुआ है हुआ है, जो देखने में बादलों की तरह प्रतीत होते थे। उस समय सूर्य के निर्माण का अभी प्रारंभिक चरण था। उसके बाद 1900 ई. में चौंबर्लैन और मॉल्टन (CJamberlain and Moulton) ने बताया की जब ब्रह्मांड में एक तारा धूमता हुआ सूर्य के नजदीक से गुजरा तो तारे के गुरुत्वाकर्षण के कारण सूर्य की सतह से सिगार के आकार का कुछ पदार्थ निकल कर अलग हो गया और यह पदार्थ सूर्य के चारों तरफ धूमने लगा और यही धीरे-धीरे संघनित होकर ग्रहों के रूप में बदल गया। इस सिद्धांत का सर जेम्स जीस और सर हैरोल्ड जेफरी ने भी समर्थन किया। बाद में कुछ वैज्ञानिकों का तर्क था कि सूर्य के साथ एक और भी कोई साथी तारा था और इस तर्क को द्वैत सिद्धांत (Binary theories) के नाम से जाना जाता है। सन 1950 में रूस के वैज्ञानिक ऑटो शिमोव व जर्मनी के कार्ल वाईजास्कर (Carl Weizsäcker) ने निहारिका परिकल्पना में कुछ संशोधन किए। उनके मत के अनुसार सूर्य एक सौर निहारिका से धिरा हुआ था जो मुख्य रूप से हाइड्रोजन, हीलियम और धूल के कणों से बनी हुई थी। इन धूल के कणों से टकराने के कारण एक चपटी तश्तरी के आकार नुमा बादल का निर्माण हुआ और बाद में इसी में अभिवृद्धि के फल स्वरूप ग्रहों का निर्माण हुआ।

मुख्य शब्द:— निहारिका, आदि सूर्य, रेडियोधर्मी, ज्वलामुखी आदि।

पृथ्वी के निर्माण के विषय में वैज्ञानिकों का मानना है की जब धूल से भरे कड़ों का गुबार सूर्य के चारों तरफ चक्कर लगा रहा था तब उसके अंदर स्थित पदार्थ गुरुत्व बल के कारण संहत हो रहा था, और इस प्रक्रिया के दौरान अत्यधिक ऊष्मा उत्पन्न हुई और जिससे पृथ्वी के अंदर के समस्त पदार्थ पिघलकर तरल रूप में परिवर्तित हो गए।

माना जाता है कि पृथ्वी, अन्य ग्रहों के साथ, 4.5 अरब साल पहले सूर्य के निर्माण से बचे धूल और गैसों के एक ठोस बादल के रूप में पैदा हुई थी। शायद 500 मिलियन वर्षों के लिए, पृथ्वी का आंतरिक भाग ठोस और अपेक्षाकृत ठंडा रहा, शायद 2,000 थे सर्वोत्तम उपलब्ध साक्षयों के अनुसार मुख्य अवयव लोहा और सिलिकेट थे, जिनमें अन्य तत्वों की थोड़ी मात्रा थी, उनमें से कुछ रेडियोधर्मी थे। जैसे—जैसे लाखों साल बीतते गए, रेडियोधर्मी क्षय से निकलने वाली ऊर्जा, ज्यादातर यूरेनियम, थोरियम और पोटेशियम ने धीरे—धीरे पृथ्वी को गर्म कर दिया, जिससे इसके कुछ घटक पिघल गए। लोहा सिलिकेट्स से पहले पिघल गया, और भारी होने के कारण केंद्र की ओर बैठ गया। इसने वहां पाए जाने वाले सिलिकेट्स को मजबूत कर दिया। कई वर्षों के बाद, लोहा लगभग 4,000 मील गहरे केंद्र में पहुँच गया, और जमा होना शुरू हो गया। उस समय कोई भी आंखें उस उथल—पुथल को देखने के लिए नहीं थीं जो पृथ्वी पर हुई होगी, सतह पर विशाल ढेर और बड़बड़ाहट, ज्वालामुखियों का विस्फोट, और सृष्टि में सब कुछ कवर करते हुए लावा बह रहा था। अंत में, केंद्र में लोहा कोर के रूप में जमा हुआ। इसके चारों ओर, पृथ्वी के ठंडा होने पर ठोस चट्टान की एक पतली लेकिन काफी स्थिर परत बन गई। क्रस्ट में अवसाद प्राकृतिक बेसिन थे जिसमें पानी, ज्वालामुखियों और दरारों के माध्यम से ग्रह के आंतरिक भाग से उठकर, महासागरों का निर्माण करने के लिए एकत्र किया जाता था। धीरे—धीरे, पृथ्वी ने अपना वर्तमान स्वरूप प्राप्त कर लिया।

पृथ्वी की उत्पत्ति और विकास

पृथ्वी की उत्पत्ति और प्रकृति के बारे में प्रश्न लंबे समय से मानव विचार और वैज्ञानिक प्रयास में उलझे हुए हैं। ग्रह के इतिहास और प्रक्रियाओं को समझने से भूकंप और ज्वालामुखियों जैसी आपदाओं की भविष्यवाणी करने, पृथ्वी के संसाधनों का प्रबंधन करने और जलवायु और भूगर्भिक प्रक्रियाओं में बदलाव की आशंका करने की क्षमता में सुधार हो सकता है।

पृथ्वी अत्यन्त सक्रिय स्थान है। भूकंप में प्लेट की सीमाएँ टुट जाती हैं, जिससे ज्वालामुखी के रूप में पिघले हुए लावा के फव्वारे उगलते हैं, और पर्वत श्रृंखलाएं और समुद्र तल लगातार बनते और नष्ट होते हैं। पृथ्वी वैज्ञानिक लंबे समय से इस सक्रिय ग्रह के इतिहास को समझने और भविष्य की भविष्यवाणी करने के लिए प्रयत्नशील हैं। पिछले चार दशकों में, पृथ्वी वैज्ञानिकों ने पृथ्वी के कामकाज को समझने में काफी प्रगति की है। वैज्ञानिकों के पास यह समझने के लिए लगातार सुधार करने वाले उपकरण हैं कि कैसे पृथ्वी की आंतरिक प्रक्रियाएं ग्रह की सतह को आकार देती हैं, कैसे अरबों वर्षों में जीवन को बनाए रखा जा सकता है, और कैसे भूवैज्ञानिक, जैविक, वायुमंडलीय और समुद्री प्रक्रियाएं जलवायु और जलवायु परिवर्तन उत्पन्न करने के लिए परस्पर क्रिया करती हैं।

अमेरिकी ऊर्जा विभाग, राष्ट्रीय वैमानिकी और अंतरिक्ष प्रशासन, राष्ट्रीय विज्ञान फाउंडेशन और अमेरिकी भूवैज्ञानिक सर्वेक्षण के अनुरोध पर, राष्ट्रीय अनुसंधान परिषद ने पृथ्वी विज्ञान में भव्य प्रश्नों का प्रस्ताव और अन्वेषण करने के लिए

एक समिति गठित की। यह रिपोर्ट, जो पृथ्वी विज्ञान समुदाय से मांगी गई समिति के विचार-विमर्श और इनपुट का परिणाम है, आज दस “बड़ी तस्वीर” पृथ्वी विज्ञान के मुद्दों का वर्णन करती है। इन बुनियादी सवालों के जवाब से हम जिस ग्रह पर रहते हैं उसकी समझ और हमारे पर्यावरण के प्रबंधन के लिए रणनीतियों में गहराई से सुधार हो सकता है।

पृथ्वी और अन्य ग्रहों का निर्माण— सौर मंडल मूल रूप से विभिन्न प्रकार के ग्रहों के एक समूह से बना है—जैसे चंद्रमा, मंगल, बृहस्पति, शनि, यूरेनस और नेपच्यून से लेकर अन्य चहानी आंतरिक ग्रह आदि। सदियों से पृथ्वी, उसके पड़ोसी ग्रहों और उल्कापिंडों के अध्ययन ने सौर मंडल के जन्म के मॉडल के विकास को सक्षम बनाया है। तो जी से शक्तिशाली दूरबीनों से खगोलीय टिप्पणियों ने इन मॉडलों में एक नया आयाम जोड़ा है, जैसा कि अंतरिक्ष यान के माध्यम से क्षुद्रग्रहों, धूमकेतुओं और अन्य ग्रहों के अध्ययन के साथ—साथ स्टारडस्ट और उल्कापिंडों के भू-रासायनिक अध्ययन हैं।

हालांकि आम तौर पर यह माना जाता है कि सूर्य और अन्य सभी ग्रह एक ही नेबुलर बादल से उत्तप्त हुए हैं, इस बारे में बहुत कम जानकारी है कि पृथ्वी ने अपनी विशेष रासायनिक संरचना कैसे प्राप्त की, या अन्य ग्रह पृथ्वी से और एक दूसरे से इतने अलग क्यों हो गए। उदाहरण के लिए, पृथ्वी ने, हर दूसरे ग्रह के विपरीत, अद्वितीय गुणों को बरकरार रखा है—जैसे कि पानी की उपस्थिति—जो इसे जीवन का समर्थन करने की अनुमति देती है?

पृथ्वी पर पानी की उत्पत्ति— कार्बन (C), हाइड्रोजन (H), ऑक्सीजन (O), और नाइट्रोजन (N) जैसे जैव-तत्वों के बाद के माध्यमिक अभिवृद्धि के साथ, पृथ्वी 4.56 लं पर वायुमंडल और महासागर घटकों के बिना, एक शुष्क ग्रह के रूप में पैदा हुई थी, जो 4-37e 4-20 लं पर चरम पर था। पृथ्वी के इस दो-चरणीय गठन मॉडल को हम जैव-तत्व मॉडल (ABEL Model) कहते हैं, इसके आगमन और जैव-तत्वों (जल घटक) के आगमन की घटना को ABEL बमबारी के रूप में संदर्भित करते हैं। यह स्पष्ट है कि ठोस पृथ्वी की उत्पत्ति ऑक्सीजन के समस्थानिक संरचना और अन्य समस्थानिकों में समानता के आधार पर एंस्टैटाइट कोंड्राइट जैसी सूखी सामग्री से हुई है। दूसरी ओर, पृथ्वी का पानी मुख्य रूप से हाइड्रोजन समस्थानिक अनुपात पर आधारित कार्बनयुक्त कोंड्राइट सामग्री से प्राप्त होता है। ठोस पृथ्वी और पानी के बीच इस पहेली को समझाने के लिए एबीईएल मॉडल को जानना आवश्यक है, साथ ही ऑक्सीकरण करने वाले जैव-तत्वों के द्वितीयक अभिवृद्धि, जो एक अत्यधिक रिडकिटव ग्रह पर जीवन को उभरने के लिए मेटावोलिस्म शुरू करने के लिए एक अग्रदूत बन गया। यदि एबीईएल बमबारी न होती तो पृथ्वी पर जीवन का उदय कभी नहीं होता। इसलिए, एबीईएल बमबारी इस ग्रह के रहने योग्य ग्रह के रूप में विकसित होने की सबसे महत्वपूर्ण घटनाओं में से एक है। एबीईएल बॉम्बार्डमेंट के कालक्रम को लेट हैवी बॉम्बार्डमेंट और लेट विनियर मॉडल के नाम से सूचित किया जाता है। माना जाता है कि एबीईएल बमबारी 4-37e4-20 Ga के दौरान हुई थी।

प्राचीन काल से, लोगों ने माना है कि पानी पृथ्वी के आंतरिक भाग से आता है, इस अवलोकन के आधार पर कि ज्वालामुखियों से निकलने वाले मैग्मा में एक जल घटक होता है। इसमें कोई संदेह नहीं है कि जल घटक की उत्पत्ति

पृथ्वी के आधुनिक आंतरिक भाग से होती है, जो एक महासागर जैसे तरल पानी के बजाय मेंटल में हाइड्रोस खनिजों के रूप में होती है। इस तरह के अवलोकन या अनुभवजन्य नियम के आधार पर, लोगों ने आम तौर पर माना है कि जल घटक मूल रूप से पृथ्वी के आंतरिक भाग में संग्रहीत किया गया है, और समय के साथ महासागरों के रूप में पृथ्वी की सतह पर जमा होने के लिए बाहर निकला है।

प्लेट टैक्टोनिक्स के प्रस्ताव के बाद से (उदाहरण के लिए, ले पिचॉन, 1968, मॉर्गन, 1968, मैकेंजी, 1969) और एक अधिक हाल ही में प्रकट गतिशील संपूर्ण पृथ्वी प्रणाली जिसमें सुपरप्लास और ठोस पृथ्वी के महाद्वीपों के तीन—परत मॉडल शामिल हैं (जैसे मारुयामा और अन्य), 2007, कवाई एट अल, 2009), यह स्पष्ट हो गया है कि पानी का घटक पृथ्वी के आंतरिक भाग से आया है, जब तक कि लगभग 1-0 Ga एक अपवेलिंग मेंटल द्वारा डीकंप्रेसन पिघलने का प्रभुत्व है (मारुयामा एट अल, 2014), जबकि सरफेस जल गहराई तक गहरे मेंटल में 660 किमी. तक, हाइड्रस खनिजों के रूप में ले जाया गया (मारुयामा, 1994, मारुयामा और लिउ, 2005)। हालांकि, जल घटक का मूल स्रोत अज्ञात बना हुआ है।

ग्रह—निर्माण सिद्धांत पर विशेष ध्यान देने वाले विज्ञान समुदाय में, यह अस्पष्ट रूप से माना गया है कि पृथ्वी के निर्माण की शुरुआत से ही पृथ्वी पर वातावरण और महासागर था। ग्रह निर्माण सिद्धांत के क्लासिक मॉडल सफ्रोनोव (1969, 1972) और हयाशी एट अल द्वारा प्रदान किए गए थे, (1985), बाद वाला तथाकथित क्योटो मॉडल है। इन मॉडलों के बाद एन—बॉडी सिमुलेशन (जैसे कोकुबो और इडा, 1995, इडा एट अल, 2001) पर ध्यान केंद्रित करने वाले एक विशेष प्रयोजन कंप्यूटर द्वारा संख्यात्मक गणना के आधार पर अध्ययन किया गया। हाल ही में ग्रैंड टैक मॉडल (वाल्श एट अल, 2011) प्रस्तावित किया गया था, जो बृहस्पति को क्षुद्रग्रहों या बर्फीले ग्रहों को वितरित करने और फिर चट्टानी ग्रहों के गठन के बाद धरती को अपनी वर्तमान स्थिति में लौटने के लिए बृहस्पति से बहुत दूर की ओर पलायन करने की व्याख्या करता है। इस मॉडल के बाद, ओब्रायन एट अल। (2014) ने सुझाव दिया कि इस प्रक्रिया के माध्यम से पानी को पृथ्वी पर स्थानांतरित किया गया था। हालांकि, ये नए मॉडल भौतिक विज्ञान से दिए गए सबूतों के अनुरूप नहीं हैं, जैसे कि वर्तमान क्षुद्रग्रह बेल्ट और सौर मंडल (डीमेओ एंड कैरी, 2014) में रासायनिक जोनिंग देखा गया है।

दूसरी ओर, एस्ट्रोलिथोलॉजी का खगोल विज्ञान के क्षेत्र में एक शोध विषय के रूप में एक लंबा इतिहास रहा है, क्योंकि उरे (1952), एंडर्स (1964), और रिंगवुड (1959, 1966) जैसे अग्रणी लोगों ने काम किया है। इस तरह का शोध चॉंड्रल के अस्तित्व के आधार पर उल्कापिंडों के वर्गीकरण से शुरू हुआ (जैसे उरे और क्रेग, 1953)। मूल रूप से, उल्कापिंड एक “समूह” है जो एक गैर—संतुलन प्रक्रिया के तहत सौर निहारिका से घनीभूतों के एकत्रीकरण को दर्शाता है, जिसमें कैल्शियम—एल्यूमीनियम—समृद्ध समावेशन (सीएआई) और 1000 °C से अधिक तापमान पर बनने वाले चॉंड्रोल्स और बहुत नीचे गठित मैट्रिक्स खनिज शामिल हैं। चॉंड्रोल्स के साथ मिश्रित इस तरह के उल्कापिंड सामग्री को चॉंड्राइट के रूप में वर्गीकृत किया जाता है, जो आँकसीकृत चॉंड्राइट और शुष्क (रिडविटव) चॉंड्राइट के रूप में उप—वर्गीकृत होता है।

सबसे अधिक रिडविटव एक एनस्टैटाइट चॉंड्राइट है, जबकि सबसे अधिक ऑक्सीकृत एक सीआई चॉंड्राइट है। क्षुद्रग्रह बेल्ट को आंतरिक भाग (मुख्य रूप से रिडविटव एनस्टैटाइट चॉंड्राइट) और एक बाहरी भाग (पानी से भरपूर कार्बोनेसियस चॉंड्राइट) में विभाजित किया गया है, जो सूर्य से दूरी के कार्य के रूप में उल्कापिंड के मैट्रिक्स के तापमान को इंगित करता है। दूसरे शब्दों में, सूर्य से जितनी दूर दूरी होती है, चॉंड्राइट्स उतने ही अधिक हाइड्रेटेड होते जाते हैं। इसके आधार पर, शोधकर्ताओं ने सुझाव दिया कि पृथ्वी की अभिवृद्धि अस्थिर तत्वों के बिना अत्यधिक कम सामग्री के साथ शुरू हुई, बाद के चरण में वाष्पशील में समृद्ध ऑक्सीकृत तत्वों के साथ (रिंगवुड, 1977, 1979, रिंगवुड और केसन, 1977, वान्के, 1981, वांके और ड्रेबस, 1988), जो तथाकथित लेट विनियर मॉडल से विकसित हुआ था, जिसे पहली बार एंडर्स (1968) द्वारा प्रस्तावित किया गया था।

रिंगवुड और वान्के द्वारा मुख्य रूप से तैयार किए गए अमानवीय अभिवृद्धि मॉडल ने लेट विनियर मॉडल को मजबूत किया जो सीआई चॉंड्रिटिक पृथ्वी की संरचना जैसे कि साइडरोफाइल तत्वों के संबंध में पृथ्वी की गठन प्रक्रिया की व्याख्या नहीं कर सका। हाल ही में, अल्बारेडे (2009) ने एम और एच कालक्रमों के आधार पर कालानुक्रमिक डेटा प्रदान किया, यह सुझाव देते हुए कि देर से लिबास घटना टी-टौरी चरण के बाद 100 ± 50 Ma पर हुई।

निरंतर तकनीकी प्रगति के साथ, राष्ट्रीय वैमानिकी और अंतरिक्ष प्रशासन (NASA) द्वारा सौर वायुमंडल के लिए उत्पत्ति मिशन और मलबे के लिए गहरे प्रभाव जैसे अंतरिक्ष यान का उपयोग करके सौर हवा, धूमकेतु, या अन्य सामग्रियों के कणों के नमूनों को पकड़ने के लिए मिशन उपलब्ध हो गए। इन मिशनों द्वारा ब्रह्मांड से वास्तविक नमूने लाए जिनका विश्लेषण किया गया है। उदाहरणों में हैली धूमकेतु (बाल्सिगर एट अल, 1995, एबरहार्ट एट अल, 1995), हयाकुटेक (बॉकेली-मोरवन एट अल, 1998), हेल-बोप (मीयर एट अल, 1998), और गैराड (बॉकेली) के नमूने शामिल हैं। मोरवन एट अल, 2012। दूसरी ओर, लौटे नमूनों से हाइड्रोजन आइसोटोप के डी/एच अनुपात के विश्लेषण से संकेत मिलता है कि पृथ्वी का पानी, क्षुद्रग्रह बेल्ट से उल्कापिंडों से उत्पन्न होता है (एबरहार्ट एट अल, 1995) य गीस और ग्लोएकलर, 1998, लेक्यूयर एट अल, 1998, रॉबर्ट, 2001), ऑक्सीजन समस्थानिक रचनाओं का खंडन करते हैं जो दिखाती हैं कि पृथ्वी को एंस्टैटाइट चॉंड्राइट से बनाया गया है। इसलिए, पृथ्वी की गठन प्रक्रिया अब तक अज्ञात और विवादास्पद रही है।

जीवन की शुरुआत— द ओरिजिन ऑफ स्पीशीज में, चार्ल्स डार्विन (1859) ने परिकल्पना की कि नई प्रजातियाँ मौजूदा प्रजातियों के संशोधन से उत्पन्न होती हैं। लेकिन कहीं न कहीं, जीवन वृक्ष निर्जीव पूर्वजों से उत्तनन्न हुआ है। जीवन पहली बार कब, कहाँ और किस रूप में प्रकट हुआ? जीवन की उत्पत्ति विज्ञान के सबसे पेचीदा, कठिन और स्थायी प्रश्नों में से एक है। वैज्ञानिकों ने प्रयोगशाला में चिंगारी और गैसों से जीवन बनाने के लिए कड़ी मेहनत की है ताकि यह रोशन किया जा सके कि पृथ्वी की प्रारंभिक परिस्थितियों में जीवन पहली बार कैसे बना। लेकिन यहां तक कि उन शुरुआती

स्थितियों को भी कम करना एक मायावी लक्ष्य बना हुआ है। जीवन की उत्पत्ति किन पदार्थों से हुई है? क्या जीवन, एक “गर्म छोटे तालाब” में उत्पन्न हुआ, शायद एक ज्वारीय पूल बार—बार सूख गया और ताजा हो गया? या हो सकता है कि जीवन हाइड्रोथर्मल वेंट के बीच निहित हो? क्या जीवन की उत्पत्ति पृथ्वी से परे भी हो सकती है?

इसके अतिरिक्त, पृष्ठभूमि में छिपी महत्वपूर्ण अवधारणा हैबिटेबल ट्रिनिटी (दोहम और मारुयामा, 2015) है। पृथ्वी पर जीवन के उद्भव के लिए, इसमें कोई संदेह नहीं है कि पृथ्वी में पानी होना चाहिए, लेकिन पानी की उपस्थिति का मतलब जीवन का जन्म नहीं है, जैसा कि 1950 के दशक से लंबे समय से देखा जाता रहा है (जैसे, स्ट्रॉबॉल्ड, 1953, हुआंग, 1959, 1960, डोले, 1964, श्कलोवस्की और सागन, 1966, कास्टिंग एट अल, 1993), जीवन के निर्माण खंडों (एमिनो एसिड, प्रोटीन, और किसी भी अन्य कार्बनिक यौगिकों) को संश्लेषित करने के लिए, पानी के घटक के अलावा वायुमंडलीय और भूमि द्रव्यमान घटकों का होना आवश्यक है। साथ ही, इन तीन घटकों (वायुमंडल, महासागर और भूभाग), सूर्य द्वारा संचालित हाइड्रोलॉजिकल साइकिलिंग के माध्यम से, अधिक जटिल कार्बनिक यौगिकों का उत्पादन करने के लिए रासायनिक प्रतिक्रियाओं के कई चरणों को जारी रखने की आवश्यकता है। यह जीवन के जन्म तक पहुंचने का मार्ग है। यहां, हम इस बात पर जोर देते हैं कि प्रारंभिक महासागरीय द्रव्यमान बहुत सीमित होना चाहिए ताकि समुद्र के ऊपर जीवन के लिए स्रोत पोषक तत्व के रूप में प्रकट हो सके और प्लेट टेक्टोनिक्स (मारुयामा एट अल, 2013) शुरू हो सके। हैबिटेबल ट्रिनिटी की अवधारणा ब्रह्मांड में जीवन की खोज के लिए सबसे महत्वपूर्ण सूचकांक होगी, जो रहने योग्य क्षेत्र की अवधारणा का स्थान लेगी।

पृथ्वी का आंतरिक भाग— जैसे—जैसे ग्रह उम्र के अनुसार ढंडे होते जाते हैं, उनकी आंतरिक और सतही प्रक्रियाएं धीरे—धीरे बदलती हैं। पृथ्वी के आंतरिक भाग के भीतर परिवर्तनों की अभिव्यक्ति— जैसे कि पहाड़ों और ज्वालामुखियों का विकास— का पृथ्वी की सतह और वायुमंडल की प्रकृति पर बहुत अधिक प्रभाव पड़ता है।

वैज्ञानिकों को पता है कि पृथ्वी के मेंटल (कोर और क्रस्ट के बीच की मोटी परत), जो अत्यधिक दबाव और बहुत अधिक तापमान में है, का अधिकांश भाग एक चिपचिपे तरल की तरह व्यवहार करता है। हालांकि, यह विशाल इंटीरियर प्रत्यक्ष अध्ययन के लिए काफी हद तक पहुंच योग्य नहीं है। एक सदी से भी अधिक समय से, सतह पर किए गए भूकंपीय तरंग, भू—चुंबकीय और गुरुत्वाकर्षण माप पृथ्वी की आंतरिक संरचना की समझ में सुधार कर रहे हैं। निरंतर प्रगति के बावजूद, वैज्ञानिक केवल पृथ्वी के कोर, चुंबकीय क्षेत्र, मेंटल और सतह के बीच संबंधों का पता लगाने और यह जांच करने के लिए शुरू कर रहे हैं कि पृथ्वी अन्य ग्रहों से अलग क्यों है, या भविष्य में यह कैसे बदल सकता है।

पृथ्वी की त्रिज्या 6.370 किलोमीटर है और पृथ्वी की संरचना और आंतरिक परिस्थितियों के कारण यह संभव नहीं है कि कोई पृथ्वी के केंद्र में पहुंचकर उसका निरीक्षण कर सकें और वहां से कोई नमूना प्राप्त कर सकें। परंतु फिर भी पृथ्वी की चट्टानों आदि से प्राप्त जानकारी के आधार पर पृथ्वी की संरचना का अध्यन किया जाता है। दक्षिण अफ्रीका में सोने की

खान की गहराई लगभग 3 से 4 किलो मीटर गहरी है और उससे अधिक गहराई तक जा पाना संभव नहीं है क्योंकि वहां से नीचे तापमान बहुत अधिक होता है। पृथ्वी की जानकारी के लिए वैज्ञानिक 2 योजनाओं पर काम कर रहे हैं यह है गहरे समुद्र में प्रवेधन परियोजना (deep ocean drilling project) व समन्वित महासागरीय प्रवेधन परियोजना (integrated ocean drilling project). आज तक सबसे गहरा ड्रिल आर्कटिक महासागर में कोला क्षेत्र में 12 किलोमीटर की गहराई तक किया गया है। जिसके द्वारा पृथ्वी की आंतरिक संरचना से संबंधित असाधारण जानकारी प्राप्त हुई है। ज्वालामुखी विस्फोट में पृथ्वी के धरातल से लावा निकलता है जिससे पृथ्वी की आंतरिक संरचना की जानकारी हासिल होती है।

जिस प्रकार खनन की प्रक्रिया से हमें ज्ञात होता है कि जैसे—जैसे हम पृथ्वी के धरातल में गहराई पर बढ़ते हैं तापमान एवं दबाव में वृद्धि होती जाती है। इनके साथ गहराई में बढ़ने से पृथ्वी के पदार्थों का घनत्व बढ़ता जाता है। इसके अलावा उल्का पिंडों के अध्ययन से भी पृथ्वी की आंतरिक जानकारी प्राप्त होती है जबकि उल्का पिंड पृथ्वी के आंतरिक भाग से प्राप्त नहीं होते। जबकि उल्का पिंडों की संरचना, पृथ्वी की संरचना से मिलती जुलती है और यह वैसे ही ठोस पदार्थों के बने हैं जिससे पृथ्वी बनी हैं अतः उल्का पिंड पृथ्वी के अध्ययन का एक महत्वपूर्ण स्रोत है। इसी प्रकार पृथ्वी के प्रत्येक क्षेत्र में गुरुत्वाकर्षण बल एक समान नहीं है। गुरुत्वाकर्षण बल पृथ्वी के ध्रुव और भूमध्य रेखा पर सबसे कम होता है जबकि पृथ्वी के केंद्र के पास सबसे अधिक होता है। गुरुत्व का मान पदार्थ के सम्मान के अनुसार भी बदलता है। पृथ्वी के भीतर पदार्थों का असमान वितरण भी इस भिन्नता को प्रभावित करता है। इस भिन्नता को गुरुत्व विसंगति (gravity anomaly) कहा जाता है।

कभी—कभी पृथ्वी की शैल में विपरीत दिशा में गति होती है, जिससे ऊर्जा उत्पन्न होती है और जिसकी वजह से भूकंपीय तरंगे उत्पन्न होती हैं और जिससे भूकंप आता है। वह स्थान जहां से ऊर्जा निकलती है भूकंप का उद्गम केंद्र, थ्यबनेद्ध कहलाता है और इसे अवकेंद्र (Hypocenter) भी कहा जाता है। ऊर्जा तरंगे अलग—अलग दिशाओं में चलती हुई पृथ्वी की सतह तक पहुंचती हैं, और भूतल पर वह बिंदु जो उद्गम केंद्र के समीप होता है अधिकेंद्र (Epicentre) कहलाता है। अधिकेंद्र उद्गम स्थल के ठीक ऊपर 90 डिग्री के कोण पर होता है। सभी भूकंप स्थलमंडल, स्पजीवेचीमतमद्व में ही आते हैं। पृथ्वी की सतह से 200 किलोमीटर तक की गहराई वाले भाग को लिथोस्फीयर या स्थलमंडल कहते हैं।

भूपर्फटी (Crust)

यह ठोस पृथ्वी का सबसे भारी भाग है। यह बहुत भंगुर (brittle) होता है। इस भाग की मोटाई महाद्वीपों महासागरों के नीचे अलग—अलग है। महासागरों में इसकी मोटाई महाद्वीपों की तुलना में कम होती है। महासागरों के नीचे इसकी औसतन मोटाई लगभग 5 किलोमीटर है जबकि महाद्वीपों के नीचे इसकी औसतन मोटाई लगभग 30 किलोमीटर तक है। पर्वतीय

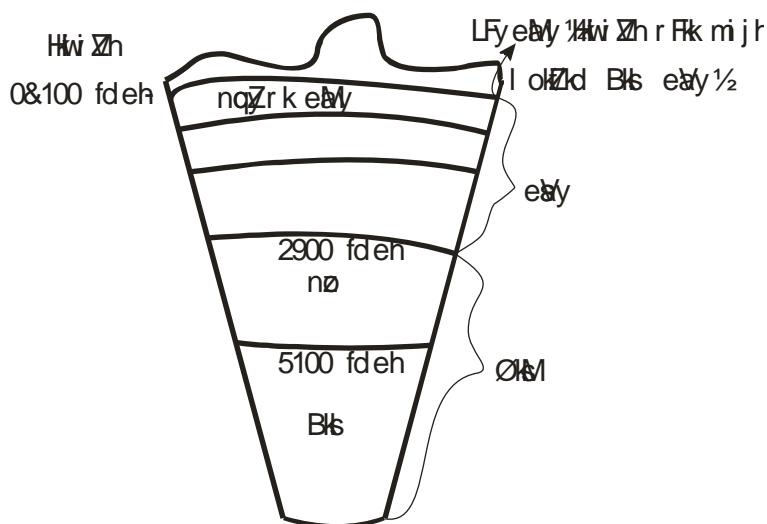
संख्याओं के क्षेत्र में यह मोटाई और भी अधिक है जैसे हिमालय पर्वत श्रेणियों के नीचे इस क्षेत्र की मोटाई लगभग 70 किलोमीटर है।

मैंटल (Mantle)

भूपर्फटी के नीचे का भाग मैंटल कहलाता है। यह मोह असांतत्य (discontinuity) से आरंभ होकर 2900 किलोमीटर की गहराई तक पाया जाता है। मैंटल का ऊपरी भाग दुर्बलता मंडल (Asthenosphere) कहलाता है। यह लगभग 400 किलोमीटर तक फैला रहता है। ज्वालामुखी विस्फोट के दौरान जो लावा पृथ्वी पर पहुंचता है उसका मुख्य स्रोत यही है। भूपर्फटी एवं मैंटल का ऊपरी भाग मिलकर स्थलमंडल (Lithosphere) कहलाता है जिस की मोटाई 10 से 200 किलोमीटर के मध्य पाई जाती है।

क्रोड ; ब्वतमद्ध

क्रोड व मैंटल की सीमा 2900 किलोमीटर की गहराई पर है। बाहरी क्रोड तरल अवस्था में है जबकि आंतरिक क्रोड ठोस अवस्था में है। क्रोड भारी पदार्थों मुख्यतः छपबासम, आयरन का बना होता है जिसे निफे परत के नाम से भी जाना जाता है।



चित्र: पृथ्वी के आंतरिक भाग

लगभग 40 साल पहले भूविज्ञान के लिए एक केंद्रीय प्रतिमान बनने के बाद से सापेक्ष गति में कठोर प्लेटों ने कई सफलता अंतर्दृष्टि प्रदान की है। टेक्टोनिक प्लेटों की गति और उनकी सीमाओं पर परस्पर क्रिया को अब भूकंप, ज्वालामुखी विस्फोट, पहाड़ों के निर्माण और पृथ्वी की सतह पर महाद्वीपों के धीमे बहाव के पीछे एक प्रेरक शक्ति के रूप में जाना जाता है।

निष्कर्ष

हम सात अन्य ग्रहों के साथ सौर मंडल में एक ग्रह पर रहते हैं और अब तक हजारों एक्सोप्लैनेट की खोज कर चुके हैं। लेकिन पृथ्वी जैसे ग्रह कैसे बनते हैं यह अभी भी एक बड़ी बहस का विषय बना हुआ है। वर्तमान में, ग्रहों के निर्माण पर दो प्रमुख सिद्धांत हैं। वैज्ञानिक हमारे सौर मंडल के अंदर और बाहर ग्रहों का अध्ययन जारी रखते हैं ताकि यह बेहतर ढंग से समझ सकें कि इनमें से कौन सा सिद्धांत सबसे सटीक वर्णन करता है कि सौर मंडल और उसके ग्रह कैसे बने।

पहला और सबसे व्यापक रूप से स्वीकृत सिद्धांत कोर अभिवृद्धि मॉडल है, जो पृथ्वी जैसे स्थलीय ग्रहों के गठन की व्याख्या करने के लिए अच्छी तरह से काम करता है, लेकिन विशाल ग्रहों के लिए पूरी तरह से नहीं बताता है। दूसरा सिद्धांत, जिसे डिस्क अस्थिरता विधि कहा जाता है, बड़े ग्रहों के निर्माण के लिए जिम्मेदार हो सकता है। ये दो प्रमुख सिद्धांत कंकड़ अभिवृद्धि सिद्धांत से जुड़े हुए हैं जो अतिरिक्त रूप से यह समझाने में मदद करता है कि विभिन्न वस्तुएं कैसे बन सकती हैं। कोर अभिवृद्धि मॉडल के अनुसार, हमारे सौर मंडल के सौर नीहारिका की संरचना की अवधारणा, गैस और धूल के बादल जिससे पृथ्वी, सूर्य और हमारे सौर मंडल के अन्य ग्रहों का निर्माण हुआ। लगभग 4.6 अरब साल पहले, हमारा सौर मंडल धूल और गैस का एक बादल था जिसे सौर नीहारिका के रूप में जाना जाता था। गुरुत्वाकर्षण ने इसको अपने आप में ढहा दिया क्योंकि इसने धूमना शुरू कर दिया, पदार्थ को संघनित कर दिया और नीहारिका के केंद्र में सूर्य का निर्माण किया। सूर्य के बनने के साथ ही शेष सामग्री ऊपर चढ़ने लगी। गुरुत्वाकर्षण के बल से बंधे हुए छोटे-छोटे कण एक साथ बड़े कणों में बदल गए। सौर हवा, सूर्य के ऊपरी वायुमंडल से निकलने वाले आवेशित कणों की एक निरंतर धारा, हाइड्रोजन और हीलियम जैसे हल्के तत्वों को बहा ले जाती है। इसने भारी, चट्टानी सामग्री को पीछे छोड़ दिया जिसने पृथ्वी जैसे छोटे स्थलीय संसार का निर्माण किया। और सूर्य से दूर, सौर हवा का हल्के तत्वों पर कम प्रभाव पड़ा जिसने इन तत्वों को गैस दिग्गजों में संयोजित करने की अनुमति दी। इस प्रक्रिया ने हमारे सौर मंडल के क्षुद्रग्रहों, धूमकेतुओं, ग्रहों और चंद्रमाओं का निर्माण किया।

पृथ्वी का चट्टानी कोर सबसे पहले बनता है, जिसमें भारी तत्व आपस में टकराते और बंधते हैं। घने पदार्थ प्रोटोप्लैनेट के केंद्र में डूब गए जबकि हल्के पदार्थ ने क्रस्ट का निर्माण किया। माना जाता है कि इस समय के आसपास पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के बनने की संभावना है। अपने विकास की शुरुआत में, पृथ्वी को एक बड़े पिंड के प्रभाव का सामना करना पड़ा जिसने युवा ग्रह के मैटल के टुकड़ों को अंतरिक्ष में पहुंचा दिया। गुरुत्वाकर्षण ने इनमें से कई टुकड़ों को एक साथ खींचकर चंद्रमा का निर्माण किया, जिसने इसके निर्माता के चारों ओर परिक्रमा की। पृथ्वी की पपड़ी के नीचे मैटल का प्रवाह प्लेट टेक्टोनिक्स का कारण बनता है, ग्रह की सतह पर चट्टान की बड़ी प्लेटों की गति। टकराव और घर्षण ने पहाड़ों और ज्वालामुखियों को जन्म दिया, जिससे गैसें निकलने लगीं।

जब पृथ्वी पहली बार बनी थी तो उसमें बमुशिकल कोई वायुमंडल था। जैसे ही ग्रह ठंडा होने लगा और गुरुत्वाकर्षण ने पृथ्वी के ज्वालामुखियों से गैसों को पकड़ना शुरू कर दिया, इसका वातावरण बनना शुरू हो गया। जबकि आंतरिक सौर मंडल से गुजरने वाले धूमकेतु और क्षुद्रग्रहों की आबादी आज विरल है, जब ग्रह और सूर्य युवा थे तब वे अधिक प्रचुर मात्र में थे। इन ब्रह्मांडीय पिंडों के बीच टकराव की संभावना पृथ्वी की सतह पर अधिकांश पानी जमा कर देती है।

हमारा ग्रह गोल्डीलॉक्स जोन के रूप में जाना जाता है, जो एक तारे के आस-पास का एक क्षेत्र है जो किसी ग्रह की सतह पर तरल पानी के अस्तित्व के लिए पर्याप्त है, जिसमें पानी न तो जमता है और न ही वाष्पित होता है। कई वैज्ञानिक सोचते हैं कि इस क्षेत्र में होने और तरल पानी की उपस्थिति जीवन के अस्तित्व में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है। प्रारंभिक पृथ्वी-चंद्रमा प्रणाली की एक कलात्मक अवधारणा जो बड़े प्रभावों के साथ बमबारी के बाद पृथ्वी की सतह को दिखाती है, जिससे सतह पर मैग्मा बाहर निकलता है, हालांकि कुछ तरल पानी बरकरार रखा गया था।

डिस्क अस्थिरता मॉडल के अनुसार, जबकि कोर अभिवृद्धि मॉडल स्थलीय ग्रहों के लिए काम करता है, गैस दिग्गजों को हल्के गैसों के महत्वपूर्ण द्रव्यमान को पकड़ने के लिए तेजी से विकसित होने की आवश्यकता होगी। लेकिन उस मॉडल के साथ सिमुलेशन इस तेजी से गठन के लिए जिम्मेदार नहीं हैं। उन सिमुलेशन में, प्रक्रिया में कई मिलियन वर्ष लगते हैं, जो कि प्रारंभिक सौर मंडल में उपलब्ध प्रकाश गैसों की तुलना में अधिक लंबा है।

एक नए सिद्धांत के अनुसार, सौर मंडल के अस्तित्व में डिस्क अस्थिरता, धूल और गैस के झुरमुट एक साथ बंध जाते हैं। समय के साथ, ये झुरमुट धीरे-धीरे एक विशाल ग्रह में जमा हो सकते हैं। ये ग्रह उन ग्रहों की तुलना में तेजी से बन सकते हैं जो मूल अभिवृद्धि स्पष्टीकरण के भीतर बनते हैं, कभी-कभी एक हजार वर्षों में भी, जो उन्हें तेजी से गायब होने वाली हल्की गैसों को फंसाने की अनुमति देता है। ये ग्रह जल्दी से एक कक्षा-स्थिर द्रव्यमान तक पहुँच जाते हैं जो उन्हें सूर्य की ओर जाने से रोकता है।

कुछ साल पहले, 2012 में, स्वीडन में लुंड विश्वविद्यालय के शोधकर्ता मिचेल लैम्ब्रेक्ट्स और एंडर्स जोहानसन ने प्रस्तावित किया था कि छोटे कंकड़, तेजी से विशाल ग्रहों के निर्माण की कुंजी रखते हैं। “उन्होंने दिखाया कि इस गठन प्रक्रिया से बचे हुए कंकड़, जिन्हें पहले महत्वहीन माना जाता था, वास्तव में ग्रह बनाने की समस्या का एक बड़ा समाधान हो सकता है, ” लेविसन।

संदर्भ

1. Abe, Y., 1995. Earth evolution of the terrestrial planets. *Journal of Physics of the Earth* 43, 515e532.
2. Abe, Y., Matsui, T., 1986. Early evolution of the Earth: accretion, atmosphere formation, and thermal history. *Journal of Geophysical Research* 91, E291eE302.

3. Birck, J.L., Rotaru, M., Allègre, C.J., 1999. *53Mn-53Cr evolution of the early solar system*. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 63, 4111e4117.
4. Carr, M.H., Wänke, H., 1992. Earth and Mars: water inventories as clues to accretional histories. *Icarus* 98, 61e71.
5. Cartigny, P., Boyd, S., Harris, J., Javoy, M., 1997. Nitrogen isotopes in peridotitic diamonds from Fuxian, China: the mantle signature. *Terra Nova* 9, 175e179.
6. Clayton, R.N., 2003. Oxygen Isotopes in Meteorites, *Treatise on Geochemistry*. Elsevier, pp. 129e142.
7. Kawai, K., Tsuchiya, T., Tsuchiya, J., Maruyama, S., 2009. Lost primordial continents.
8. Kokubo, E., Ida, S., 1995. Orbital evolution of protoplanets embedded in a swarm of planetesimals. *Icarus* 114, 247e257.
9. Smoliar, M.I., Walker, R.J., Morgan, J.W., 1996. Re-Os ages of group IIA, IIIA, IVA, and IVB iron meteorites. *Science* 271, 1099e1102.
10. Snyder, G.A., Taylor, L.A., Liu, Y., Schmitt, R.A., 1992. Petrogenesis of the western highlands of the moon - evidence from a diverse group of whitlockite-rich rocks from the Fra Mauro formation. *Proceedings of Lunar and Planetary Science* 22, 399e416.
11. Zahnle, K.J., Kasting, J.F., Pollack, J.B., 1988. Evolution of a steam atmosphere during earth's accretion. *Icarus* 74, 62e97.
12. Zhang, J., Dauphas, N., Davis, A.M., Leya, I., Fedkin, A., 2012. The proto-Earth as a significant source of lunar material. *Nature Geoscience* 5, 251e255.