

शैक्षणिक संदर्भ अंक १२४ जून-जुलै २०२०

महा इतिहास - भाग ०६

उत्क्रांती पृथ्वीची

लेखक: प्रियदर्शिनी कर्वे

महा इतिहास - भाग ०६

उत्क्रांती पृथ्वीची

लेखक: प्रियदर्शिनी कर्वे

या लेखमालिकेचा पाचवा भाग शैक्षणिक संदर्भच्या १२२ व्या अंकात (फेब्रुवारी-मार्च २०२०) प्रसिध्द झाला. त्यानंतर जीवसृष्टीच्या उत्क्रांतीला एक महत्त्वाची कलाटणी कशी मिळाली त्याबद्दल आपण पुढील लेखात विवेचन करणार होतो. पण मार्चअखेरीस भारतात कोविड १९ चा प्रादुर्भाव वाढू लागला, देशभरात लॉकडाऊन जाहीर झाला. त्यामुळे मागील अंकात (शैक्षणिक संदर्भ अंक १२३ – एप्रिल-मे २०२०) आपण थोडे विषयांतर केले आणि कोविड १९ च्या साथीकडे महा इतिहासाच्या चष्यातून पाहिले. आता आपण पुन्हा एकदा आपल्या मूळ विषयाकडे वळू या.

पाचव्या भागात आपण पाहिले की पृथ्वीवर जीवसृष्टीची उत्पत्ती होण्यासाठी किती वेगवेगळ्या गोष्टी एकत्र जुळून आल्या! पृथ्वीचे अंतराळातील स्थान, तिची भूगर्भशास्त्रीय जडणघडण, तिच्या पृष्ठभागावरील भौगोलिक घडामोडी आणि तिच्या वातावरणाचे स्वरूप या साऱ्यांचे यामध्ये योगदान आहे. महासागरांच्या तळाशी असलेल्या धगधगत्या ज्वालामुखींच्या चिमण्यांजवळ अमिनो आम्लांचे तुकडे एकत्र येऊन विषाणूसदृश प्राथमिक सजीव निर्माण झाले आणि त्यांच्या वृद्धिदंगत होण्याच्या प्रक्रियेत होणाऱ्या छोट्या छोट्या बदलांमधून प्रोकेरिओट हे पहिले एकपेशीय सजीव उत्क्रांत झाले, हा सारा इतिहास आपण पाहिला. मागच्या अंकातील लेखात जीवसृष्टीच्या उत्क्रांतीला पहिली कलाटणी देणाऱ्या अनुकीय बदलाचा थोडा उल्लेख आलेलाच आहे. तिथूनच सुरुवात करूया.

सजीवांच्या अस्तित्वाचा गाभा म्हणजे डीएनए. डीएनएद्वारे सजीव पेशी आपल्या प्रतिकृती तयार करू शकतात. पण या प्रक्रियेत अधूनमधून काही चुका घडतात. या चुका कधी मारक असतात, तर कधी तारक असतात. प्रोकेरिओट्समध्येही याच पध्दतीने बरेवाईट बदल घडत होते. अशाच एका नैसर्गिक अपघाताने झालेल्या बदलातून एकपेशीय जीवाणूंमध्ये एक कलाटणी देणारी उत्क्रांती झाली. काही जीवाणूंमध्ये सूर्यप्रकाशच थेट ऊर्जास्रोत म्हणून वापरण्याची क्षमता निर्माण झाली. प्रकाश संश्लेषण करू शकणाऱ्या या जीवाणूंना नील-हरित जीवाणू म्हणतात. हे एकपेशीय सजीव हवेतून कार्बन डायॉक्साइडचे रेणू शोषून ऑक्सिजन वायू हवेत सोडू लागले. सूर्यप्रकाश आणि कार्बन डायॉक्साइड ह्या दोन्हीच्या मुबलक आणि सहज उपलब्धतेमुळे या जीवाणूंची संख्या झपाट्याने वाढली. पण त्यांच्या प्रकाश संश्लेषणामुळे वातावरणातला कार्बन डायॉक्साइड झपाट्याने कमीही झाला व वातावरणात ऑक्सिजन वायूचे (O₂) प्रमाण वाढले. म्हणजेच आता पृथ्वीवरील सजीव सृष्टी पृथ्वीच्या इतर वैशिष्ट्यांमध्ये बदल घडवून आणू लागली.

प्रकाश संश्लेषणाची प्रक्रिया ज्या रासायनिक रेणूमुळे घडून येते, तो म्हणजे क्लोरोफिल. हा रेणू हिरव्या रंगाचा असतो, त्यामुळे हे जीवाणू निळसर हिरवे (इंग्रजीत या रंगाला सायान म्हणतात) दिसतात. त्यामुळे त्यांना नील-हरित जीवाणू (ब्ल्यू-ग्रीन बॅक्टेरिया किंवा सायानोबॅक्टेरिया) असे म्हटले जाते. साधारण ३ अब्ज वर्षांपूर्वी ही उत्क्रांती झाल्यापासून आजतागायत या जीवाणूंच्या जनुकीय रचनेमध्ये फार बदल झालेला नाही. हे जीवाणू उथळ पाण्यात गालिच्यासारख्या पसरलेल्या वसाहती बनवत असत. साधारण मीटरभर उंचीच्या या गालिच्यांना स्ट्रोमॅटोलाइट म्हणतात. स्ट्रोमॅटोलाइट ही जरी अनेक जीवाणूंनी बनलेली वसाहत असली, तरी प्रत्येक जीवाणू आपापले जीवन स्वतंत्रपणे जगत

असे, त्यांच्यामध्ये परस्पर सहयोग, माहितीची देवाणघेवाण, इ. ची क्षमता विकसित झालेली नव्हती. या गालिच्याच्या मुळाशी मृत पेशी जमा होत आणि बाकीचे जीवाणू त्यांचे भक्षण करत. या प्रक्रियेत कार्बोनेट्सचे स्फटिक तयार होऊन तिथे चुनखडीच्या दगडांचे थर बनत. गालिच्याच्या पृष्ठभागावर वाळू किंवा चिखलाचे कण जमा होत रहात. अशा प्रकारे अश्मीभूत झालेले स्ट्रोमॅटोलाइट जगात अनेक ठिकाणी सापडतात. बहामा बेटांची किनारपट्टी तसेच पश्चिम ऑस्ट्रेलियातील शार्क बे या सागरीकिनार्यावर अजूनही ही गालिचे तयार होत असलेलेही दिसतात. त्या ठिकाणी इतर प्राणी त्यांना खायला येत नाहीत, हे त्यांचे अस्तित्व टिकून रहाण्याचे कारण असावे.



डावीकडच्या चित्रात ऑस्ट्रेलियातील जिवंत स्ट्रोमॅटोलाइट, तर उजवीकडच्या चित्रात प्राचीन स्ट्रोमॅटोलाइट जीवाश्म (स्रोत – विकीपिडिया)

नील हरित जीवाणूंनी हवेमध्ये ऑक्सिजन वायू सोडायला सुरुवात केल्यावर प्रथम पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील लोहाबरोबर त्याची प्रक्रिया होऊन आयर्न ऑक्साइडयुक्त लाल पर्वतरांगा तयार झाल्या. बराचसा ऑक्सिजन महासागरांच्या पाण्यात विरघळला. साधारण १ अब्ज वर्षे ही प्रक्रिया झाल्यानंतर पाण्यातील आणि वातावरणातील ऑक्सिजनचे वाढते प्रमाण त्यांच्या आधीपासून अस्तित्वात असलेल्या प्राचीन विषाणू व जीवाणूंना घातक ठरू

लागले. यामुळे यातील काही नामशेष झाले, तर काहींनी ऑक्सिजनचा प्रादुर्भाव नसलेल्या जागा शोधून काढल्या आणि आपले अस्तित्व टिकवले.

२.५ ते १.५ अब्ज वर्षांपूर्वी सजीवांच्या उत्क्रांतीला आणखी एक वळण मिळाले - काही जीवाणूंमध्ये हवेतील ऑक्सिजनचा वापर करण्याची क्षमता म्हणजेच श्वसनाची क्षमता विकसित झाली. ही प्रकाश संश्लेषणाच्या बरोबर उलट काम करणारी प्रक्रिया आहे. यामध्ये हवेतील ऑक्सिजन वायू शोषून घेतला जातो व त्यातील ऑक्सिजन अणूंचा वापर पेशीमध्ये हायड्रोकार्बन रेणूंचे ऑक्सिडीकरण करण्यासाठी वापरला जातो. या प्रक्रियेतून पेशीला जीवनव्यवहार चालवण्यासाठी ऊर्जा मिळते आणि कार्बन डायॉक्साइड व पाणी हे कचरा म्हणून बाहेर फेकले जातात.

अशा रितीने आता दोन प्रकारचे जीवाणू मिळून एक चक्र चालवू लागले. नील-हरित जीवाणू कार्बन डायॉक्साइड खाऊन ऑक्सिजन बाहेर सोडत, तर श्वसन करणारे जीवाणू ऑक्सिजन खाऊन कार्बन डायॉक्साइड बाहेर सोडत. यामुळे पृथ्वीचे वातावरण स्थिरावण्याकडे जाऊ लागले. पण या प्रक्रियेलाही बराच कालावधी लागला. वातावरणात सुरुवातीला १ टक्का असलेले ऑक्सिजनचे प्रमाण आताच्या २०-२१ टक्क्यांपर्यंत आले, तर सुरुवातीला ९० टक्क्यांहून जास्त असलेले कार्बन डायॉक्साइडचे प्रमाण अत्यल्प (एक दशलक्ष भागांत काहीशे) इतके कमी झाले, ते साधारण ६ कोटी वर्षांपूर्वी.

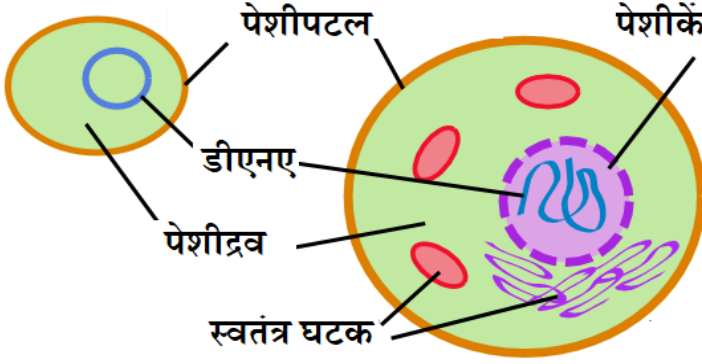
वातावरणात होत असलेल्या या बदलाचा परिणाम अर्थातच पृथ्वीवर होत असलेल्या हरितगृह परिणामावरही झाला. कार्बन डायॉक्साइड कमी होत गेल्यावर पृथ्वीवर कमी उष्णता धरून ठेवली जाऊ लागली, आणि पृथ्वी थंड होण्याच्या प्रक्रियेला हातभार लागला.

पृथ्वीच्या जन्मानंतरच्या काही काळात सूर्यप्रकाशातील अतिनील प्रारणे विनाअडथळा पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर येऊन आदळत होती. अतिनील प्रारणे सजीव पेशींसाठी हानीकारक आहेत. ही प्रारणे ऑक्सिजनचे रेणू तोडून ऑक्सिजनचे सुटे अणू तयार करतात. वातावरणातले ऑक्सिजनचे प्रमाण वाढू लागले, तशी ही प्रक्रियाही जोमाने होऊ लागली. हे सुटे अणू पृथ्वीच्या वातावरणाच्या वरच्या थरात पुन्हा एकत्र येऊन ओझोन (O₃) वायूचे रेणू तयार होऊ लागले. हे रेणू अतिनील प्रारणे अडवतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून जवळजवळ ५० किमी उंचीवर, वातावरणाच्या वरच्या स्तरामध्ये ओझोनचा एक पातळ स्तर तयार झाला, आणि अतिनील प्रारणे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर पोहचण्याचे प्रमाण खूपच कमी झाले. संशोधकांच्या मते साधारण २.५ अब्ज वर्षांपूर्वी ऑक्सिजनचे हवेतील प्रमाण वाढू लागल्यावर ओझोनची निर्मिती झपाट्याने होऊ लागली. पूर्णतः संरक्षक असे ओझोनच्या थराचे कवच साधारण ५ कोटी वर्षांपूर्वी विकसित झाले असावे.

या साऱ्या विवेचनावरून तुमच्या लक्षात आले असेलच की उत्क्रांती फक्त सजीवांची झाली नाही, तर संपूर्ण पृथ्वी हा ग्रह या साऱ्या कालखंडात उत्क्रांत होत गेला. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची संरचना, त्यावरील सजीव सृष्टी आणि पृथ्वीचे वातावरण यांचे एकमेकांशी किती जवळचे आणि तरीही गुंतागुंतीचे नाते आहे, हेही यावरून दिसून येते.

साधारण २.५ ते १.५ अब्ज वर्षांपूर्वी श्वसन करण्याची क्षमता विकसित झाल्यानंतर स्ट्रोमॅटोलाइटच्या गालिच्यांमध्ये एक नव्या प्रकारची पेशी उत्क्रांत झाली. ही पेशी प्रोक्कॅरिओटच्या तुलनेने आकाराने १००० पट मोठी होती. या पेशीला युक्कॅरिओट म्हणतात. युक्कॅरिओटची रचना प्रोक्कॅरिओटपेक्षा अधिक गुंतागुंतीची आहे. यामध्ये डीएनए एका संरक्षक

पटलाने वेढलेला असतो, याला पेशीकेंद्रक म्हणतात. या पेशीतील पेशीद्रवामध्ये (सायटोप्लाझम) प्रोटीनच्या तंतूंचे जाळे असते. यामुळे पेशीला अधिक आधार मिळतो



डावीकडे प्रोकॅरिओट तर उजवीकडे युकॅरिओटची रचना सोप्या पध्दतीने दाखवली आहे.

आणि तिच्यातील घटकांना पेशीत संचार करणे शक्य होते. या पेशीच्या अंतरंगात स्वतंत्रपणे काम करणारे आणि स्वतःचे वेगळे डीएनए असणारे दोन महत्त्वाचे घटक असतात.

एक म्हणजे श्वसनाद्वारे पेशीला ऊर्जा पुरवणारा मायटोकॉन्ड्रिया आणि दुसरा प्रकाशसंश्लेषण करणारा क्लोरोप्लास्ट. यापैकी क्लोरोप्लास्ट सर्वच युकॅरिओट्समध्ये असत नाही.

आधुनिक संशोधनातून असे दिसले आहे की, क्लोरोप्लास्ट हा मुळात प्रकाशसंश्लेषण करणारा एक स्वतंत्र जीवाणू होता, तर मायटोकॉन्ड्रिया हा श्वसन करणारा स्वतंत्र जीवाणू होता. युकॅरिओट्सची उत्क्रांती ही या दोन जीवाणूंना पेशीच्या अंतरंगात गिळंकृत करून झाली आहे. हे निसर्गात उत्क्रांतीच्या प्रक्रियेत घडलेले पहिले जनुकरोपण म्हणता येईल.

युकॅरिओट्सचे अंतरंग एखाद्या वेगवान शहरासारखे आहे. यामध्ये विविध घटक, प्रथिने, वितंचके सतत वेगवान हालचाली करतात आणि एकमेकांवर आदळत असतात. यामध्ये ते जखमी होतात, तुटतात आणि पुन्हा सांधतातही. प्रथिने सर्वात जास्त धावपळ करतात आणि वितंचक सातत्याने वेगवेगळे रेणू तयार करत, तोडत पेशीतील हजारो कार्ये पार पाडतात. या साऱ्या गतिमान क्रियाशीलतेतून सजीवांचे चैतन्यपूर्ण जगणे साकारते.

साधारण ७ ते ६ कोटी वर्षांपूर्वीपर्यंतचा इतिहास आपण आत्तापर्यंत पाहिला आहे. या काळात पृथ्वीचे वातावरण बरेचसे आज आहे तसे झालेले होते. पृथ्वीवर प्रोकॅरिओट्स हळूहळू मागे पडून युकॅरिओट्सचे साम्राज्य पसरलेले होते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाची रचना मात्र अजून आजच्या रचनेपासून बरीच लांब होती.

सुरूवातीला प्रोकॅरिओट्सप्रमाणेच युकॅरिओट्सही एकपेशीय सजीव होते, पण आता उत्क्रांतीचा एक नवा टप्पा सुरू होत होता. आता एकपेशीय युकॅरिओट्सपासून बहुपेशीय आणि वैविध्यपूर्ण जीवसृष्टी उत्क्रांत होऊ लागली. याच सुमाराला पृथ्वीच्या कार्बनचक्रात काहीतरी बिघाड झाला आणि अचानक पृथ्वीवर एक मोठे हिमयुग अवतरले. याचा परिणाम म्हणून उत्क्रांतीच्या उंबरठ्यावरच अनेक सजीव नष्ट झाले. पण याच बदलेल्या परिस्थितीमुळे तगलेल्या सजीवांच्या उत्क्रांतीला वेगवान चालनाही मिळाली. या सजीवसृष्टी समृद्ध करणाऱ्या कालखंडाबद्दल जाणून घेऊ या, पुढील भागात.

या लेखमालेसाठी संदर्भ म्हणून डेव्हिड ख्रिश्चन व सहकाऱ्यांनी लिहिलेल्या “बिग हिस्ट्री – बिट्विन नथिंग अँड एव्हरिथिंग” या पुस्तकाचा आधार घेण्यात आला आहे.

§§§

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे, संचालक, समुचित एन्व्हायरो टेक, शैक्षणिक संदर्भ संपादक गटात सहभागी.

इ-मेल : pkarve@samuchit.com

(कळीचे शब्द: नील-हरित जीवाणू, सायानोबॅक्टेरिया, स्ट्रोमॅटोलाइट, युकॅरिओट्स, प्रोकॅरिओट्स, मायटोकॉन्ड्रिया, क्लोरोप्लास्ट, प्रकाशसंश्लेषण, श्वसन, उत्क्रांती, ओझोन)