একক 15 ❐ প্র-উদ্ভিদবিদ্যার ভূমিকা, জীবাশ্মের প্রকারভেদ, অশ্মীভবন প্রক্রিয়া, ভূতত্ত্বীয় কাল

গঠন

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

15.2 জীবাস্মের সংজ্ঞা

15.2.1 জীবাশ্ম-চর্চার সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

অনুশীলনী **15.1**

15.3 জীবাশ্মের প্রকারভেদ

15.3.1 ফসিল সৃষ্টিতে বিভিন্ন প্রকার সংরক্ষণ

অনুশীলনী **15.2**

15.3.2 জৈব-রাসায়নিক ফসিল

15.3.3 সূচক-জীবাশ্ম

15.4 অশ্মীভবন প্রক্রিয়া

15.5 ভূতাত্ত্বিক কালবিভাগ

15.6 সারাংশ

15.7 প্রান্তিক প্রশ্নাবলি

15.8 উত্তরমালা

15.1 প্রস্তাবনা ও উদ্দেশ্য

আমাদের গ্রহে যে প্রাণ আছে, মানুষ বাস করে, তার মূলে উদ্ভিদজগৎ। সবুজ উদ্ভিদ ও তার অনুষঙ্গ—সালোকসংশ্লেষজনিত আণবিক অক্সিজেনের সৃষ্টি—সম্ভব করে তোলে বহুকোষীয় জীবের বৈচিত্র ও স্থলভূমিতে প্রাণের আবির্ভাব। একদিকে মুক্ত আণবিক অক্সিজেনের দরুণ সবাত শ্বসন জীবজগতে প্রতিষ্ঠিত হয়। অপরদিকে এই অক্সিজেন ধীরে ধীরে ওজোন স্তর সৃষ্টি করে। বায়ুমণ্ডল গড়ে তোলে, বিপজ্জনক মহাজাগতিক রশ্মি এবং অতিবেগুনী রশ্মি প্রতিহত করে। পৃথিবী সৃষ্টির প্রায় একশ কোটি বছর অতিক্রান্ত হওয়ার পর প্রথম থেকে প্রাণের লক্ষণ আমরা পাথরের বুকে টের পাই, তা একপ্রকার অক্সিজেন সৃষ্টিকারী নীলাভ-সবুজ শৈবাল (সায়ানোব্যাকটিরিয়া)। এদের *স্ট্রোমাটোলাটিস* (stromatolites) বলা হয়। এদের বয়স প্রায় তিনশ পঞ্চাশ কোটি বছর (3.5 billion years)[1]। এইভাবে জৈব বিবর্তনের মাধ্যমে, বহু কোটি বছর ধরে তিল

1. 3500 million years বা 3500 mya (million years ago) বা 3500 Ma (mega annum, 1 Ma = 10^6 years) রূপে চিহ্নিত করা হয়। ফসিল মূলত পাওয়া যায় পাললিক শিলায় এবং পৃথিবীর প্রাচীনতম পাললিক শিলার বয়স 3800 Ma.

তিল করে প্রাচীন পৃথিবীর জল ও স্থলভাগ বহু বিচিত্র জীবসম্প্রদায়ের লীলাক্ষেত্র হয়ে ওঠে। এটি কোনো অলীক কল্পনা নয়। পাথরের গাত্রে খোদাই হয়ে রয়েছে এর পদচিহ্ন। যাদের আমরা *জীবাশ্ম* বা ফসিল (fossil) বলি।

বিভিন্ন জীবের ফসিল নিয়ে অনুসন্ধান ও গবেষণার মাধ্যমে, প্রকৃতি বিজ্ঞানের যে শাখা গড়ে ওঠে তাকে *পুরাজীববিদ্যা* বা *প্র-জীববিদ্যা* (palaeoutology) আখ্যা দেওয়া হয়। এই শাখার অন্যতম উপবিভাগ হল *প্র-উদ্ভিদ বিদ্যা* (Palaeohotany)। যার প্রধান লক্ষ্য হল, সহস্র কোটি বছর ধরে বিবিধ উদ্ভিদ এবং উদ্ভিদসম জীবের গঠন, অঙ্গসংস্থান, ব্যাপ্তি এবং জাতিজনিগত পরিবর্তনের গতিপ্রকৃতি পুঙ্খানুপুঙ্খভাবে অধ্যায়ন এবং নথিভুক্ত করা। স্মরণ রাখতে হবে যে জীবাশ্ম, জৈব-বিবর্তনের প্রত্যক্ষ প্রমাণ।

এটি বিজ্ঞানের এমন এক শাখা যা বিভিন্ন শাখার জ্ঞানভাণ্ডার থেকে সূত্র নিয়ে লুপ্ত উদ্ভিদসম্প্রদায়ের চালচিত্র গঠন করেছে। ভুগোল, ভূবিদ্যা, জলবায়ুবিদ্যা, বাস্তব্যবিদ্যা, জৈব-ভৌগোলিকবিদ্যা, পরাগবিদ্যা এই সকল শাখাই প্র-উদ্ভিদবিদ্যাকে সমৃদ্ধ করেছে। একই সঙ্গে প্র-উদ্ভিদবিদেরা উল্লিখিত শাখার প্রভূত খুঁটিনাটি আপাত অসঙ্গতি পুরণ করতে সক্ষম হন। এবং এর আর্থিক মূল্যও অপরিসিম ঃ কয়লা, খনিজ তেল অন্বেষণ, অনেকটাই প্র-উদ্ভিদবিদ্যার জ্ঞানভাণ্ডারের ওপর নির্ভরশীল।

এই এককে ফসিলের সংজ্ঞা, বৈচিত্র, তাদের সৃষ্টির কাহিনী, ভূতত্ত্বীয়কাল জুড়ে নানা মাপের বিচিত্র সব ফসিলের আবির্ভাব ও প্রস্থান, আবার কখনও বা অকাল প্রয়ান, ইত্যাকার ঘটনা, স্বল্প পরিসরে উপস্থিত করা হল।

15.2 জীবাশ্মের সংজ্ঞা

ফসিল বা জীবাশ্মের আক্ষরিক অর্থ হল, যা মাটি খুঁড়ে পাওয়া যায় (ল্যাটিন *'fodere'* = to dig)। বিজ্ঞানী আর্নল্ড (Arnold 1947) জীবাশ্মের একটি পূর্ণাঙ্গ সংজ্ঞা দেন। তিনি বলেন যে জীবাশ্ম পূর্বতন জীব (উদ্ভিদ বা প্রাণীর) চিহ্ন, যা অতীত ভূতাত্ত্বীক যুগের ওপরকার অবক্ষেপের মধ্যে প্রোথিত কিংবা তার মধ্য থেকে খুঁড়ে বের করা হয়েছে (... are the relics of some former living things—plants or animals—embedded in or dug out of the superficial deposits in past geological periods). শফ্ (Schopf 1975)-এর মতে জীবাশ্ম এমন কোনো নমুনা যা পুরাতন হোলোসিন বা তার পূর্বেকার প্রাণের অস্তিত্বের ভৌত প্রমাণ উপস্থিত করে (...any specimen that demonstrates physical evidence of accurice of ancient life (i.e. Holocene or Older). স্টুয়ার্ট (Steward 1983) বলেন সে প্রাগৈতিহাসিক জীবের অস্তিত্বের যে কোনো প্রমাণকেই জীবাশ্ম বলা যায় (...any evidence of prehistoric life).

প্রদত্ত সংজ্ঞাগুলি থেকে ফসিল কাকে বলে সে সম্বন্ধে একটি ধারণা হল ; বিভিন্ন প্রকার ফলিস যখন আলোচনা করব, আপনার ধারণা আরও পরিপূর্ণ হবে।

ইতিমধ্যে, জীবাশ্ম চর্চার বর্ণময় ইতিহাস নিয়ে দু-চার কথা বলে নিই।

15.2.1 জীবাশ্ম-চর্চার সংক্ষিপ্ত ইতিহাস

জীবাশ্ম সম্বন্ধে অনেকেই জানতেন প্রাচীনকাল থেকে। তথাপি তাদের বিজ্ঞানভিত্তিক চর্চার সূত্রপাত হয় ইয়োরোপে, অষ্টাদশ শতাব্দির শেষ দিকে। যার মূলে ছিলেন ব্রিটেনের উইলিয়াম স্মিথ (William Smith 1769-1839) এবং ফ্রান্সের কুভিয়ে (Georges Baron Cuvier 1769-1832)। স্মিথ সর্বপ্রথম শিলাস্তরের তারতম্য বিচার করতে জীবাশ্মের প্রয়োগ করেন। একই স্তর ভূসমান্তরালরূপে বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত হলেও জীবাশ্ম সমাহার তাতে মোটামুটি অপরিবর্তিতই থাকে।

ফরাসি বিজ্ঞানী আলেকজানদার ব্রনিয়ার (Alexandre Brongniart, 1770-1847) এবং তাঁর পুত্র অ্যাডলভ থেয়োডোর ব্রনিয়ার (Adolphe-Théodore Brongniart, 1801-1876)কে প্র-উদ্ভিদবিদ্যার প্রধান স্থপতি রূপে গণ্য করা হয়। এই পিতা-পুত্র জুঁটি প্যারিসের পার্শ্ববর্তী ক্রিটেশিয়াস (Cretaceous) উদ্ভিদ জীবাশ্ম স্তরের ওপর অনুসন্ধান চালান। তাঁরা দেখাতে সমর্থ হন সে সময়ের সঙ্গে সঙ্গে উদ্ভিদ গঠনের পরিবর্তন হয়। তখনও ডারউইনের বিবর্তনবাদ জনসমক্ষে আসেনি। তা স্মর্তব্য। উপরন্তু, তাঁরা উদ্ভিদ জীবাশ্মের এক শ্রেণীবিন্যাস প্রস্তাব করেন। অ্যাডলফ ব্রনিয়ার একই সঙ্গে উদ্ভিদ জীবাশ্মের তিনটি প্রধান পালন স্তর (horizon) শনাক্ত করেন ঃ *কার্বনিফেরাস,* যা ফার্ন-জাতীয় উদ্ভিদের স্বর্ণযুগ ; *মেসোজয়িক,* যখন জিমনোস্পার্মের প্রাধান্য ছিল এবং *টারশিয়ারি,* যা ছিল অ্যানজিয়স্পার্মের পরিব্যাপ্তির যুগ। তাঁর আরেকটি উল্লেখযোগ্য অবদান (1828) গন্ডোয়ানাখ্যাত বিশিষ্ট ফসিল *গ্লসপটেরিসের* (Glossopteris) (চিত্র 1 ক, খ) আবিস্কার এবং নামকরণ। এসকল কারণে অ্যাডলফ ব্রনিয়ারকে *'প্র-উদ্ভিদবিদ্যার জনক'* বলা হয়।

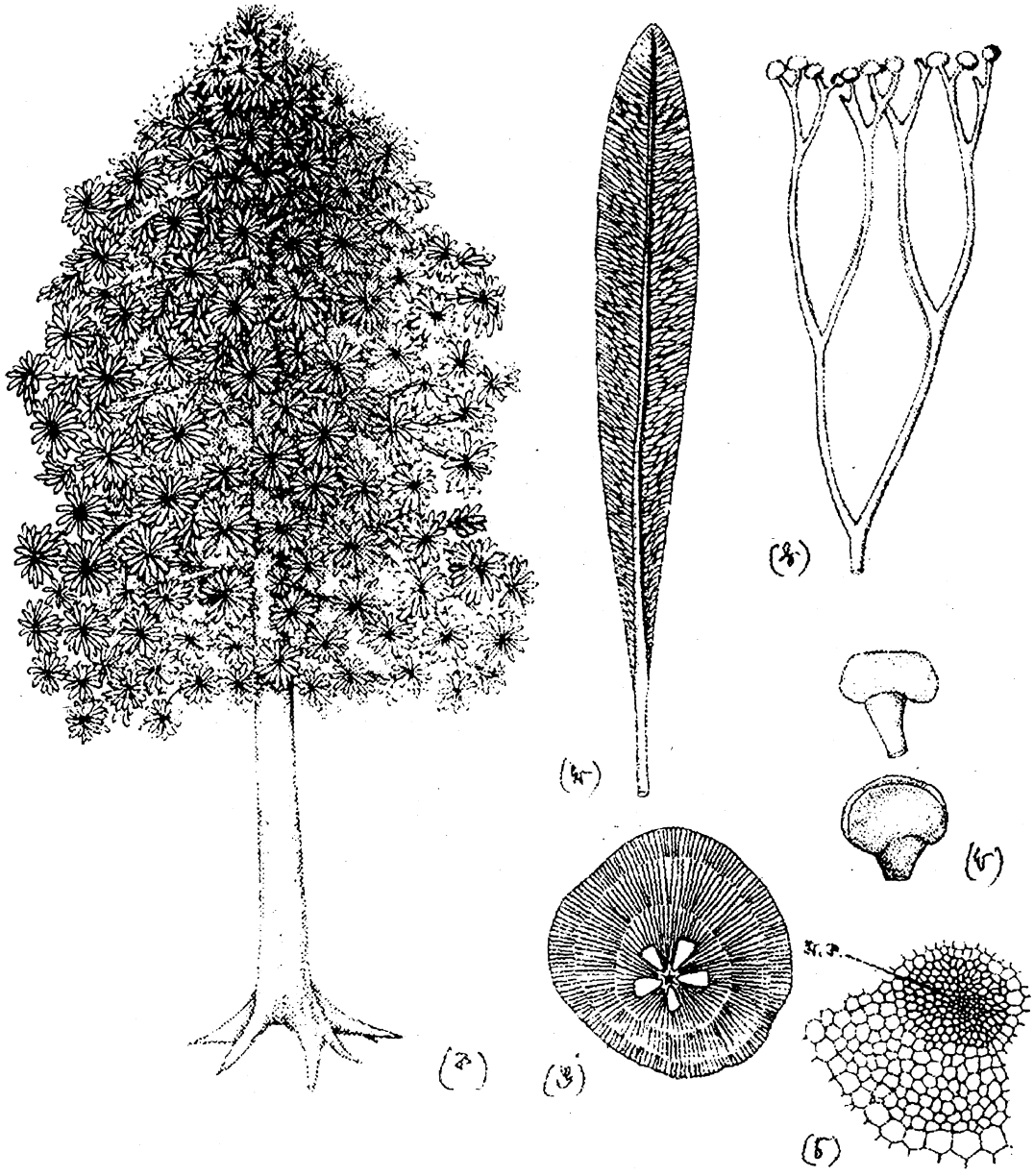
উদ্ভিদ জীবাশ্ম অধিকাংশ সময় খণ্ডিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ফলে, তাদের ক্ষেত্রে দ্বিপদ নামকরণ (finomial) সমস্যার সৃষ্টি করে। আমরা জানি যে জীবিত উদ্ভিদের বৈধ নামকরণের সূত্রপাত লিনিয়ামের *Species Plantarum*-এর প্রকাশকাল, 1753 থেকে ধার্য হয়। কিন্তু ফসিল উদ্ভিদের ক্ষেত্রে স্টার্নবার্গ রচিত গ্রন্থের (Sternberg 1820, *Flora der Vorwalt Versuch)* প্রকাশকাল থেকে অগ্রাধিকারের নিয়ম (rule of priority) অনুসারে বৈধ নামকরণের শুরু।

ভারতবর্ষে, কয়লা-সমৃদ্ধ গণ্ডোয়না ভূস্তরের উপর অনুসন্ধানকে কেন্দ্র করে প্র-উদ্ভিদবিদ্যার প্রসার ঘটে। এ-প্রসঙ্গে অটোকার ফাইস্টমানটেলের (Ottokar Feistmantel) নাম করতেই হয়। ভারতের গণ্ডোয়না উদ্ভিদকূলের ওপর তাঁর অসামান্য অবদানের জন্য তাকে *'ভারত প্র-উদ্ভিদবিদ্যার জনক'* আখ্যা দেওয়া হয়। অবশ্য ভারতীয় প্র-উদ্ভিদবিদ্যার মূল অগ্রগতি এবং পৃথিবী জুড়ে তার স্বীকৃতি আদায় করা অধ্যাপক বিরবল সাহনির (Birbal Sahni) কৃতিত্ব। তিনি *Williamsonia Sewardiana* নামক ফসিলের পূণর্গঠন করেন এবং লক্ষ্ণৌ-এ বিশ্ববিখ্যাত প্র-উদ্ভিদবিদ্যা গবেষণাগার স্থাপন করেন।

অনুশীলনী 15.1

ক) পৃথিবীর বুকে প্রাচীনতম ফসিল কোন্‌টি ? কতো বছর আগে তাদের পাওয়া যায় ?

খ) কাদের (i) প্র-উদ্ভিদবিদ্যার জনক এবং (ii) 'ভারতীয় প্র-উদ্ভিদবিদ্যার জনক' বলা হয়।



চিত্র 1

(ক) পুনর্গঠিত *Glossopteris* উদ্ভিদ (উচ্চতা চার ফুট) ; (খ) *Glossopteris*-এর পত্র ; (গ) নিম্ন ডিভোনিয়ান (Lower Devonian) যুগের *Cooksonia;* (ঘ) বৃক্কাকার প্রান্তীয় রেণুস্থলী (*Cooksonia Caledomica);* (ঙ) *Vertebraria* মূলের প্রস্থচ্ছেদ (উচ্চ পারমিয়ান—সিলিকাযুক্ত, খনিজপৃক্ত নমুনা) ; (চ) *Aglaophyton major,* বায়ব অক্ষের প্রস্থচ্ছেদে কলার বিভেদন পরিস্ফূট ; স.ক.—সংবহন কলা।

15.3 জীবাশ্মের প্রকারভেদ

উদ্ভিদ জীবাশ্ম নানা প্রকারের হয়। *আকৃতিগতভাবে* যদি তারা বড় এবং খালি চোখে দৃশ্যমান হয়, তাদের *মেগাফসিল* (megafossil) বলি—যেমন *গ্লসপটেরিস* (Glassopteris) একটি পত্রের মেগাফসিল, *স্টিগমেরিয়া* (Stigmaria) একটি রাইজোফোর (rhizophore) মেগাফসিল। খুবই ক্ষুদ্র (অনধিক 20 cm) যা কেবল অনুবীক্ষণ যন্ত্রের মাধ্যমে নিরীক্ষণ করা যায়। এমন ফসিল নমুনাকে অনুজীবাশ্ম বা *মাইক্রোফসিল* (microfossil) বলি, যেমন—রেণু (spores), পরাগ (pollen), কিউটিকল (cuticle) প্রভৃতি।

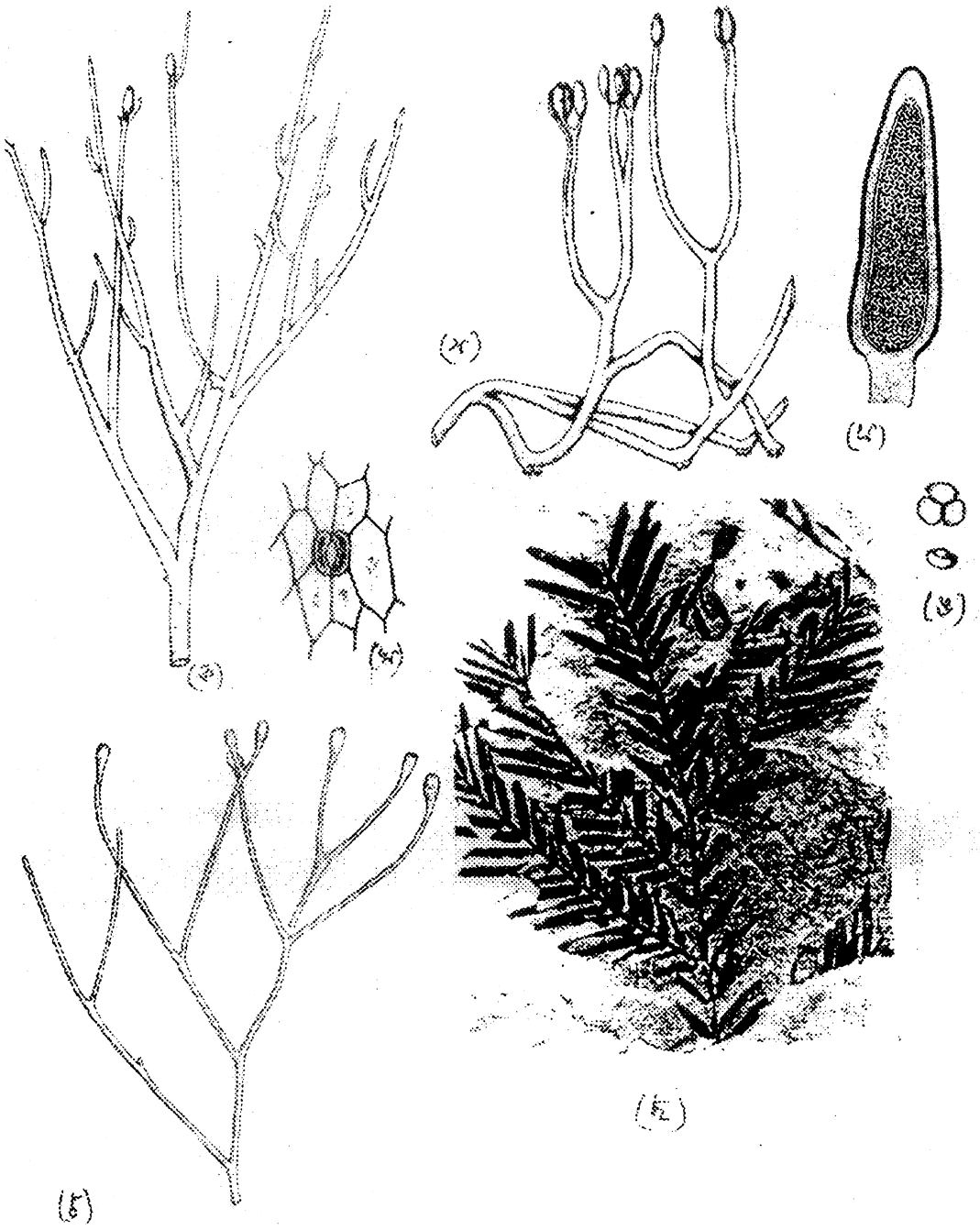
15.3.1 ফসিল সৃষ্টিতে বিভিন্ন প্রকার সংরক্ষণ

উদ্ভিদ অংশের শিলাকরণ এবং পাললিক স্তর অভ্যন্তরে তাদের সংরক্ষণ একাধিক ভাবে সম্পন্ন হতে পারে। জেমস শফ (James M. Schopf, 1975) প্রধানত *চারপ্রকার* সংরক্ষণের কথা উল্লেখ করেছেন। যা আমরা সংক্ষেপে আলোচনা করছি। জীবাশ্মের যে প্রকারভেদ দেখি, তা *মূলত সংরক্ষণ পদ্ধতির ওপর নির্ভরশীল।* এই চারপ্রকার সংরক্ষণ পদ্ধতি হল : (ক) কোষীয় খনিজীকরণ (cellular permineralisation), (খ) অঙ্গারিভূত সংক্রমন (coalified compression), (গ) অনুকৃত সংরক্ষণ (authigenic preservation) এবং (ঘ) ড্যুরিপারটিক সংরক্ষণ (duripartic preservation)।

(ক) **কোষিয় খনিজীকরণ (Cellular permineralisation) :** পূর্বে পেট্রিফ্যাকশন (petrifaction), পেট্রিফায়েড বা শিলীভূত ফসিল (petrified fassil) রূপে পরিচিত। এটি এমন এক জীবাশ্ম যেখানে উদ্ভিদের ভেতরকার কোষীয় গঠন (cellular structure) প্রায়শই উৎকৃষ্টরূপে সংরক্ষিত হয়। বলা বাহুল্য, যে এই ধরণের জীবাশ্ম, উদ্ভিদ অন্তর্গঠন পর্যবেক্ষণের জন্য উৎকৃষ্ট। এমন জীবাশ্ম থেকে প্রাথমিক এবং গৌণ কোষ প্রাচীরের বিভিন্ন স্তর, ট্র্যাকিড প্রাচীরের কূপ-পর্দা (pit-membrane) প্রভৃতি অত্যন্ত সুন্দরভাবে দেখা গেছে। এমনকি, Calamites-এর (*Equisetum*-এর পূর্বসূরী এক ফসিল টেরিডোফাইট) কাণ্ড-শীর্ষস্থ পঞ্চমুখী ভাজক কোষ এবং তার থেকে সৃষ্ট কোষেরও সংরক্ষণ পরিলক্ষিত হয়েছে। প্রাক্-ক্যামব্রিয়ান (Pre-Cambrian) যুগের গানফ্লিন্ট চার্ট স্তর (Gunflint chert) এবং ডিভোনিয়ান যুগের রাইনি চার্ট (Rhynie chert) স্তরের ফসিল (চিত্র 2) এখানকার রাজমহল পাহাড়ে প্রাপ্ত Pentoxylon-এর কাণ্ড, প্রভৃতি খনিজপৃক্ত (permineralised) ফসিল নমুনার উদাহরণ।

এই প্রকার ফসিল সৃষ্টির সম্ভবত সূচনা হয় কোষঅভ্যন্তরে এবং অন্তঃকোষীয় জলে দ্রবীভূত খনিজ লবন প্রবেশ করে—বিশেষ করে সিলিকেট, ক্যালসিয়াম কার্বোনেট, আয়রন সালফাইড (পাইরাইট/মার্কাসাইট), হাইড্রোটেড আয়রণ অক্সাইড (লিমোনাইট)। কোষের ভেতরকার কার্বন, কার্বোজাইলিক অ্যাসিড, হিউমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন সালফাইট প্রভৃতি দ্রাব্য পদার্থগুলিকে বিজারণের দ্বারা অধঃক্ষেপিত করে। দেহকোষের ভেতরে এবং তাদের অবকাশে এরা জমাট বেঁধে ক্রমশ একটি শক্ত মজবুত কাঠামো সৃষ্টি করে এবং প্রায়শই কোষীয় গঠন অবিকৃত রাখতে সমর্থ হয়। সর্বোৎকৃষ্ট ফসিল নমুনা পাই যখন ক্রিপ্টোক্রিস্টালাইন এবং কোলায়ডিয় সিলিকা খনিজীকরণ সম্পন্ন করে।

কয়লাগোলক বা **কোল-বল** (coal ball) একপ্রকার চূর্ণময় খনিজপৃক্ত নমুনা (calcified permineralised specimen) যাদের সাহায্যে ইয়রোপ ও উত্তর আমেরিকার কার্বনিফেরাস (N 235-290 Ma) এবং চিনের



চিত্র 2 :

(ক) *Rhymia gwynne-vaughanü* পুনর্গঠিত এবং তার (খ) পত্ররন্ধ্র ও রক্ষীকোষ, (গ) *Aglaophyton major* পুনর্গঠিত, (ঘ) তার প্রান্তীয় ইউস্পোরাঙ্জিয়া (terminal eusporangia)—বর্ধিত এবং (ঙ) তার স্পোর বা রেণু, টেট্রাড অবস্থায় / অঙ্গারীভূত সংক্রমনের (coalified compression) নমুনা : (চ) *Steyanotheca striata*-উচ্চ সিলুরিয়ান যুগ এবং (ছ) Metasequoia occidentalis—উচ্চ ক্রিটেসিয়াস যুগের আগ্নেয়শেল পাথরে পিষ্ট জীবাশ্ম।

পার্মিয়ান (N 290 Ma) যুগের কয়লা-সৃষ্টিকারি উদ্ভিদের অন্তর্গঠন সম্বন্ধে, অনেক কিছু জানতে পারি। গণ্ডোয়ানার কয়লাখনিতে অবশ্য কয়লা-গোলক দেখা যায় না। আসলে, কোল-বল একপ্রকার খনিজপৃক্ত পিষ্ট-কয়লা (coalified compression) :

(খ) **অঙ্গারীভূত সংক্রমন (Coalified compression)** :

নিমজ্জিত উদ্ভিদের কোষ অভ্যন্তরে দ্রবীভূত লবন যদি ভালোভাবে প্রবেশ না করতে পারে তাহলে ভূস্তর ও জলের চাপে কোষগুলি চুপসে যায়, ভেতরকার গ্যাস, জলীয় বাষ্প এবং অন্যান্য পদার্থ বাইরে বেরিয়ে আসে এবং অবশেষটুকু পরিবর্তিত ও শক্ত হয়ে একটি কয়লা-সদৃশ অবক্ষেপ (coaly deposit) সৃষ্টি করে। পললের শিলাকরণ (littification of sediments) সম্পূর্ণ হলে, (স্তরীভূত শিলা ফাটালে) তার মধ্যে দেখা যায় একদিকে *অঙ্গারীভূত পিষ্ট জীবাশ্ম* (Compression) এবং অপরদিকে তার *প্রতিকৃতি* (impression)। তাই এদের *কমপ্রেশন-ইমপ্রেশন* (compression-impression) ফসিল রূপেও অভিহিত করা হয়। সাধারনত কয়লাস্তরের ওপরে শেল (shale) পাথরের আচ্ছাদনে এরূপ জীবাশ্ম দেখা যায়। অধিকাংশ পত্র-জীবাশ্ম (leaf fossils) এই প্রকার। সাইবেরিয়ার ক্যামব্রিয়ান যুগের *Aldanophyton* (Kryshtofovich 1953) এবং নিম্ন ডিভোনিয়ান যুগের প্রথম স্থলজ উদ্ভিদ *Cooksomia* (Edwards 1970) অঙ্গারীভূত সংক্রমন জীবাশ্মের উদাহরণ।

(গ) **অথিজেনিক সংরক্ষণ (Authigenic preservation)**

অতীতে *ছাঁচ বা কাস্ট* (cast) জীবাশ্ম রূপে অধিক পরিচিত, এটি যেন একপ্রকার সিমেন্টের বর্ম (cementation)। বিজ্ঞানীরা মনে করেন যে পতিত উদ্ভিদ অংশে যখন পচন ধরে তখন তার বাইরে তড়িতাধান সৃষ্টি হয় যা কোলয়ডিয় (colloida) এবং অন্য ক্ষুদ্র আয়নিত। বিপরীত আধানের পালন কণা আকর্ষণ করে। এইভাবে সাধারণত লৌহ এবং কার্বোনেটযুক্ত খনিজ পদার্থ উদ্ভিদ অংশের চারপাশে জমতে থাকে এবং ক্রমাগত শক্ত হয়। অল্প কিছু ব্যতিক্রম ছাড়া। ভেতরকার অংশও লুপ্ত হয়। অভ্যন্তরীন অংশের স্থান নেয় বাইরে আবৃত্তকারী পললসমূহ। শিলাকরণ সম্পূর্ণ হলে, উদ্ভিদের বাইরের তলের একটি বিশ্বস্ত প্রতিলিপি খোদাই হয়ে যায় প্রস্তরের ছাঁচে (উদাহরণ—Lepidodendron বল্কলের ছাঁচ বা mould of bark fragement) এবং ভেতরকার অংশে সৃষ্টি হয় একটি ঢালাই হওয়া মন্ড (উদা— Calamite কাণ্ডের মজ্জার ঢালাইকৃত অংশ বা pith cast) [চিত্র 3]

(ঘ) **ড্যুরিপার্টিক সংরক্ষণ (Dwripartic preservation) :** এটি শক্ত বা কঠিন অংশের সংরক্ষণজাত সৃষ্ট জীবাশ্মের নমুনা। আপনারা জানেন যে বহু শৈবাল তাদের কোষ প্রাচীরের বাইরে সিলিকা বা চুনাপাথরের এক আবরণী তৈরি করে যার প্রাকৃতিক ক্ষয় হয় না। তাই মায়ানোফাইস্টা হতে প্রাপ্ত স্ট্রোমাটোলাইট (stromatolite) 350 কোটি বছর ধরে প্রায় অবিকৃত রয়ে গিয়ে পৃথিবীর বুকে প্রথম প্রাণের নির্দশন হয়ে রয়েছে। অনেক সামুদ্রিক এবং প্রবাল-গঠনকারী সবুজ বা লাল অলগি (Coralline green and red algae), অনুরূপ কঠিন বর্ম সৃষ্টি করে। ডায়াটমদের (Diatoms) দেহও সংরক্ষিত হয় তাদের দেহের চারপাশে সিলিকার খোলক থাকে বলে। উদ্ভিদের কিউটিকল (cuticle) রেণু এবং পরাগের শক্ত কোষ প্রাচীর প্রভৃতি, ড্যুরিপার্টিক সংরক্ষণের অন্যতর নিদর্শন।

অনুশীলনী 15.2

ক) আপনার মতে, কোন্ প্রকার ফসিলে উদ্ভিদের আভ্যন্তরীন কোষ সংগঠন সর্বোৎকৃষ্টভাবে সংরক্ষিত হয়? কেন?

খ) কয়লা গোলক বা কোল বল (coal ball) কী? কোন্ যুগের শিলাস্তরে সাধারণত পাওয়া যায়? এদের উপস্থিতির যে কোনো তাৎপর্য উল্লেখ করুন।

15.3.2 জৈব-রাসায়নিক ফসিল

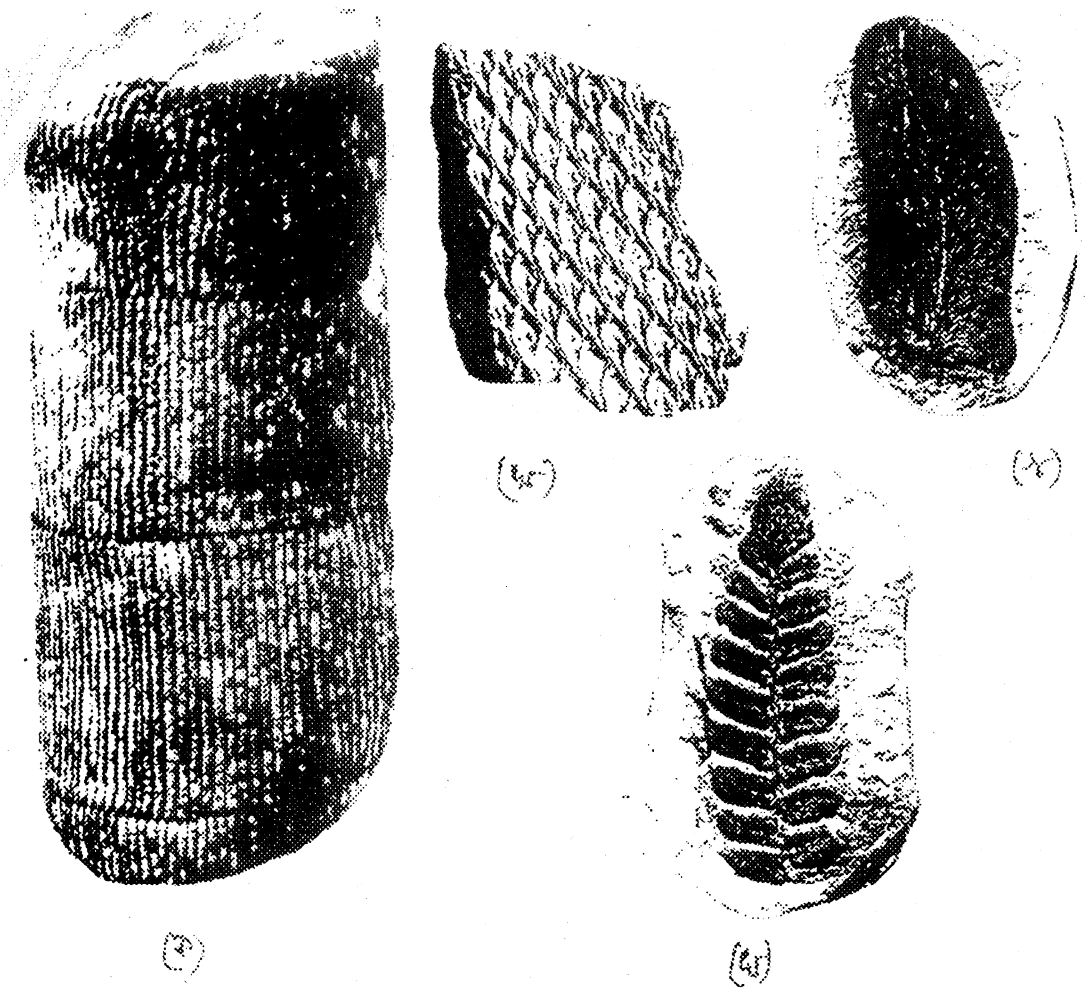
কেবল উদ্ভিদ দেহের অংশ নয়, জীবের নানাবিধ ম্যাক্রোমলিকিউলস (macromolecules) বা পলিমারস (polymers) ও আমরা শিলাস্তরে ফসিল রূপেই পাই। যেহেতু এরা জৈব-প্রক্রিয়ার সৃষ্টি হয়, তাই এদের ফসিল আখ্যা দেওয়ার কোনো অসুবিধা নেই। স্বাভাবিকভাবেই এদের আমরা *জৈব রাসায়নিক ফসিল* (biochemical fossil) বলি। যেমন আসল পত্র জীবাশ্ম থেকে ফ্ল্যাভোনয়েডস (flavonoids), ক্লোরোফিল, অ্যারোমাটিক অ্যাসিডস (aromatic acids), স্টেরয়েডস (steroids), সেলুলোজ, লিগনিন এবং কিউটিন সদৃশ পদার্থ, এমনকি (aromatic acids), স্পোরোপোলেনিনের (sporopollenin) পর্যন্ত হদিশ পাওয়া গেছে (Nicklas & Giannasi, 1977; Nicklas & Brown, 1981; Nicklas, 1981)। সম্পূর্ণ অবিকৃত। এমনকি সবুজ থেকে যাওয়া ফসিলপত্র থেকে Goldenbert এবং অন্যান্যরা (1990, 1999) DNA পর্যন্ত নিষ্কাশন করতে সমর্থ হন।

অ্যাম্বার (amber) একটি অতি চমৎকার এবং চিত্তাকর্ষক সংরক্ষণ মাধ্যম। টারসিয়ারি এবং পরবর্তী যুগের কিছু সরল বর্গীয় এবং শিম্ব গোত্রীয় উদ্ভিদ রজন (resin) নিঃসৃত করে। এটি নানান্ শর্করা, অম্ল, অ্যালকোহল এবং এস্ট্রার (ester)-এর জটিল সংমিশ্রণ যা শুকিয়ে গিয়ে মূল্যবান পাথর তৈরি করে। অতএব এটি জৈব-রাসায়নিক ফসিল। শুকনোর সময়ে কোনো কোনো পত্র, রেণু, ফুল, কীট-পতঙ্গ নিঃসৃত রজনের সংস্পর্শে এলে, তা গায়ে লেগে যায়। এবং অতি দ্রুত, রজনের শর্করা কোষ-কলার রস শুষে নিয়ে তাদের অবিকৃত ভাবে সংরক্ষণ করে। এইভাবে ফসিল রজনের মধ্যে আরেকটি ফসিল তৈরি হয়। তাই এদের *ফসিলের মধ্যে ফসিল বলা হয়*। অ্যাম্বার থেকে টার্সিয়ারি (tertiary) যুগের পতঙ্গ এবং যে ফুলের তারা পরাগমিলন ঘটাতো, উভয়ই জানতে পারি। এক অবলুপ্ত উদ্ভিদের (13 কোটি বছর পূর্বেকার সালুক সন্ধান মেলে অ্যাম্বারের মধ্যে। নাম *Hymenaca protera* যার মধ্যে থেকে প্রাচীন DNA পর্যন্ত নিষ্কাষন করতে সক্ষম হই (Poinar 1994).

স্পোরোপোলেনিন (sporopollenin) : রেণু ও পরাগের প্রাচীর গাত্রে থাকে এবং এদের সকল প্রকার ক্ষয়ের হাত থেকে রক্ষা করে। এটি ফেনলিক পদার্থের (ফ্যাট অ্যাসিড ও সিন্নামিক অ্যাসিড) একটি জটিল পলিমার।

15.3.3 সূচক-জীবাশ্ম

এক ধরণের জীবাশ্ম আছে যারা খুব অল্প সময় (ধরুন, দশ লক্ষ বছরের কম) পৃথিবীর বুকে বিরাজ করেছে। এদের সহজেই চেনা যায়, পৃথিবী বিভিন্ন জায়গায় বিস্তৃত লাভ করেছিল, বিবিধ পালন পরিমণ্ডলে (sedimentary



চিত্র 3 :

(ক) Calamite কান্ডের মজ্জার ঢালাই কৃত অংশ বা Pith cast; (খ) Lepidodendron-এ বল্কলের ছাঁচ (mould of bark fragment); (গ, ঘ) কার্ফনিফেরাস (Carfoniferous) যুগের অথিজেনিক সংরক্ষণ (seed fern)।

environment) বাস করতো এবং অল্পকাল পর অবলুপ্ত হয়ে যায়। এদের *সূচক-জীবাশ্ম* (index fossil) বলি। কোনো এক জায়গায় যদি তাদের বয়স নির্ধারণ করতে পারি তাহলে অপর এক জায়গায় তাদের উপস্থিতি, সেখানকার ভূস্তরের বয়স যে পূর্বেকার মতো তা প্রায় নিশ্চিতরূপে বলতে পারি। যথা— *Glossopteris* পত্র মেগাফসিল (চিত্র 1খ) গণ্ডোয়ানা (পূর্ব বা Early Permain) যুগের পালনস্তর ইঙ্গিত করে ; *Archaeopteris* একটি Late Devomain যুগের মেগাফসিল। অতএব, সূচক-জীবাশ্মের মাধ্যমে ভূস্তরবিন্যাসের বয়স নির্ধারণ (biostratigraphy) এবং অনুরূপ আরেক পালনস্তরের সঙ্গে তাঁর পারম্পর্য বা সহগতি পরীক্ষা করা যায়। অবশ্য, এই কাজে মেগাফসিল অপেক্ষা মাইক্রোফসিল (যেমন—রেণু, পরাগ) বেশি ব্যবহৃত হয়।

15.4 অশ্মীভবন প্রক্রিয়া

জীবাশ্ম সম্বন্ধে এতো কিছু জানবার পর *অশ্মীভবন* (fossilization) বা ফসিল সৃষ্টি ঠিক কীভাবে হয়, তা নিশ্চয় আপনাদের জানতে ইচ্ছে করছে। আসুন, এ-বিষয়ে সংক্ষেপে আলোচনা করা যাক।

পৃথিবীতে প্রথম প্রাণের সৃষ্টির পর থেকেই জীবদেহের নানা অঙ্গ মাটির তলায় চাপা পড়ছে ; ক্রমাগত তারা প্রস্তরীভূত হয়ে আমাদের কাছে জীবাশ্মরূপে প্রতীয়মান হচ্ছে। আবহমান কাল ধরে এই প্রক্রিয়া চলে আসছে, সম্ভবত 380 কোটি বছর পূর্বেকার প্রথম পাললিক শিলাস্তর সৃষ্টির পর থেকে / (আগ্নেয়শিলা এবং রূপান্তরিত শিলায় ফসিল থাকলে, ঐ শিলা সৃষ্টিকালে যে প্রবল তাপ এবং চাপের উদ্ভব হয়, তাতে কোনো জীবাশ্মের পক্ষে অক্ষত এবং অবিকৃত থাকা সম্ভব নয়। অতএব, একথা জানবেন, জীবাশ্ম কার্যত *পাললিক শিলাতেই কেবল পাওয়া যায়)*। মাটিতে চাপা পড়বার সময় উদ্ভিদ বা তার অংশ একই স্থানে থাকতে পারে (*স্থানিক* বা *autochthonous)*, যা ইউরোপিয় কয়লা-সৃষ্টিকারী অরণ্যের ক্ষেত্রে ঘটেছিল। আবার কখনো, বিচ্ছিন্ন হওয়ার পর পত্র, কাণ্ড, ফুল, রেণু, পরাগ প্রভৃতি জলস্রোত ও বাতাসের দ্বারা স্থানান্তরিত হয়ে অপর স্থানে চাপা পড়তে পারে (*অস্থানিক* বা allochthonous)। যা ভারতীয় গণ্ডোয়ানার কয়লা সৃষ্টিকারী বনরাজীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

উদ্ভিদাংশের স্থানান্তর এবং পালনস্তরে নিমজ্জিত হওয়ার সময় যে সকল ভৌত এবং অন্যান্য শক্তির মোকাবিলা করতে হয়, তাদের বৈজ্ঞানিক পরীক্ষা-নিরীক্ষাকে *স্ট্যফোনসি* (taphonomy) বলে।

স্থানান্তরের সময় উদ্ভিদ অংশ নানান প্রাকৃতিক কারণে (সামুদ্রিক জলোচ্ছ্বাস, জোয়ার-ভাঁটা ইত্যাদি) ভেঙ্গে, ছিঁড়ে ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারে। অন্তিমকালে, যেখানে উদ্ভিদের অংশ অবক্ষেপিত হবে, সেখানেও নানাবিধ, রাসায়নিক পরিবর্তন (*ডায়াজেনেসিস,* Diagenesis) ঘটতে থাকে। শিলাকরণের (lithification) পর অবশেষে জীবাশ্ম সৃষ্টি হয়।

অশ্মীভবন প্রক্রিয়ার এটি সংক্ষিপ্ত রূপরেখা নীচে দেওয়া হল :

(ক) উদ্ভিদাংশ। তা স্থানিক হোক বা অস্থানিকই হোক, একবার শান্ত জলে এসে পড়লে নিমজ্জিত হয়, এবং তলদেশে প্রায় অনুভূমিকভাবে শায়িত হয়। পত্র তলদেশে পড়লে তাদের উত্তল (convex) দিকে সাধারণত ওপরের দিকে থাকে। নিমজ্জিত হওয়ার সময় বিস্তর মাটি, পলি একইসঙ্গে নীচে জমা হয়, উদ্ভিদ অংশকে ঢেকে ফেলে এবং তাদের ওপর সৃষ্ট প্রবল চাপের ফলে উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশ চ্যাপটা হয়ে যায়।

(খ) ভেতরকার পাতলা কোষ-প্রাচীর যুক্ত প্যারেনকাইমা কোষ সর্বপ্রথম ভেঙে পড়ে। তারপর অপেক্ষাকৃত পুরু এবং শক্ত প্রাচীর বিশিষ্ট কলা চ্যাপটা হতে থাকে এবং অবশেষে একটি ক্ষীণ, কয়লা-সদৃশ স্তর পড়ে থাকে। পলিমাটির চাপে কোষ কলার বাতাবকাশ অবলুপ্ত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে ভেতরকার জলীয় এবং জৈব পদার্থ, মিথেন, হিউমিক অ্যাসিড প্রভৃতি নির্গত হয়। পলিস্তরের গভীরতা এবং তার প্রকৃতির ওপর জীবাশ্মের উৎকর্ষ নির্ভরশীল। নুড়িপাথর মিশ্রিত পলিস্তরে অঙ্গাহানির সম্ভাবনা থাকে।

(গ) এবংবিধ ভৌতের প্রক্রিয়ার সঙ্গে রাসায়নিক পরিবর্তন (ডায়াজেনেসিস) সমান তালে চলতে থাকে। কোষের ফাঁকফোকড়ে খনিজ পদার্থ জমাট বেঁধে একটি শক্ত, মজবুত কাঠামো তৈরি করে যা দেহকোষের ওপর ক্রমবর্দ্ধমান চাপ প্রতিহত করতে সাহায্য করে। কখনো কখনো কোষের সেলুলোজ ও লিগনিন অঙ্গারীভূত হয়। শর্করা হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয় এবং কেরোজেন (kerogen) নামক অদ্রাব্য পর্দাথ সৃষ্টি হয়।

গভীর নিঃস্তরঙ্গ জল, অম্লতা, অক্সিজেনের অভাব, মিহি পলি, উদ্ভিদ অঙ্গ শক্ত, প্রতিরোধকারী অংশের আধিক্য, এবম্বিধ অবস্থায় অশ্মীভবন সুচাড়ু রূপে সম্পন্ন হয়।

15.5 ভূতাত্ত্বিক কাল বিভাগ

পৃথিবী সৃষ্টির পর থেকে আজ পর্যন্ত 4600 মিলিয়ন বছর (বা 460 কোটি বছর) সময় কালকে আমরা ক্রমবিভক্ত করে থাকি *মহাযুগ* (Eon), *অধিযুগ* (Era), যুগ (period) এবং *উপযুগ* (Epoch) নামক উপবিভাগে। এই ক্রমবিভাজন করা হয় ফসিলের ওপর ভিত্তি করে। এই বিষয়টি *জৈবস্তর* বা bio-stratigraphy'র অন্তর্গত। অধিযুগের মধ্যে *তিনটি* প্রধান সীমারেখা (era foundaries) রয়েছে। তাদের একটি (543 Ma) নির্ধারিত হয় বহুকোষীয় প্রাণীর দ্রুত বিস্তারকে কেন্দ্র করে (Precambrian—Palaeozaic boundary)—যা cambrian explosion নামে অভিহিত। প্যালিয়জোয়িক এবং মেসোজয়িকের মধ্যেকার সীমারেখার (Palaeozoic-Mesoxoic boundary) ভিত্তি 96% সামুদ্রিক প্রাণীর গণ বিলুপ্তি (mass extinction)। যার সময়কাল Ca. 248 Ma পূর্বে। মেসোজয়িক এবং সিনোজয়িকের সীমারেখা (Masozoic-Cenozoic boundary) টানা হয় Ca. 65 Ma পূর্বে। যে সময় সকল ডাইনোসর (dinosaur) এবং 75% সামুদ্রিক অমেরুদণ্ডি প্রাণীর অবলুপ্তি ঘটে। প্রাণী জীবাশ্মের পরিবর্তে যদি উদ্ভিদ জীবাশ্মের ভিত্তিতে ভূসময়কালের বিভাজন করা হতো তাহলে এক ভিন্ন ক্রমবিভাজন পরিলক্ষিত হতো (Traverse 1988)।

সাম্প্রতিককালের প্রচলিত একটি ভূতাত্ত্বিক কালবিভাজন নীচে দেওয়া হল (সারণি 1)।

সারণি 1. আন্তর্জাতিক ভূতত্ত্বীয় কাল বিভাগ (International Geological Timescale)

মহাযুগ EON	অধিযুগ ERA		যুগ PERIOD	উপযুক্ত EPOCH	মিলিয়ন বছর পূর্বে million year ago (mya or Ma)
ফ্যানেরোজোয়িক PHANEROZOIC	সিনোজোয়িক CENOZOIC	কোয়াটার্নারি Quaternary	নিয়োজিন Neogene	হোলোসিন Holocene	
				প্লায়স্টোসিন Pleiostocene	→ 1.8
		টার্সিয়ারি Tertiary		প্লায়োসিন Pliocene	→ 5.3
				মায়োসিন Miocene	→ 23.8
			প্যালিয়জিন Palaeogene	অলিগোসিন Oligocene	→ 33.7
				ইয়োসিন Eocene	→ 54.8
				প্যালিয়সিন Palaeocene	→ 65
	মেসোজোয়িক MESOZOIC		ক্রিটেশাস Cretaceous	নব Late	
				পুরা earby	→ 144
			জুরাসিক Jurassic	নব Late	
				মধ্য middle	
				পুরা early	→ 206
			ট্রায়াসিক Triassic	নব Late	
				মধ্য middle	
				পুরা early	→ 248
	প্যালিয়োজোয়িক PALAEOZOIC		পারমিয়ান Permian	নব late	
				পুরা early	→ 290
			কার্বনিফেরাস Carboniferous	নব late	
				পুরা early	→ 354
			ডেভোনিয়ান Devonian	নব late	
				মধ্য middle	
				পুরা early	→ 417
			সিলুরিয়ান Silurian	নব late	
				পুরা early	→ 443
			অর্ডোভিসিয়ান Ordovician	নব late	
				পুরা early	→ 490
			কেমব্রিয়ান Cambrian	নব late	
				মধ্য middle	
				পুরা early	→ 570
প্রাকক্যামব্রিয়ান PRECAMBRIAN	প্রোটেরোজোয়িক PROTEROZOIC				→ 2500
	আর্কিয়ান ARCHAEAN				→ 3950
	হ্যাডিয়ান HADEAN				→ 4600

15.6 সারাংশ

পৃথিবী সৃষ্টির প্রায় একশ কোটি বছর পর প্রথম প্রাণ সৃষ্টির সময় থেকে আজ পর্যন্ত নানাবিধ জীবের আবির্ভাব ও ব্যাপ্তি ঘটেছে এবং কোনো সময় বিলুপ্ত হয়ে গেছে। বহুবিচিত্র সকল জীবের উদ্ভব, ক্রমবিবর্তন, প্রসার, অজ্ঞাসংস্থান প্রভৃতি সম্বন্ধে আমাদের সকল জ্ঞানের উৎস হল পাথরের অলিন্দে খোদাই থাকা তাদের নঃস্বর প্রাণের পদচিহ্ন—যাদের জীবাশ্ম (fassil) আখ্যা দেওয়া হয়। এদের অনুসন্ধান, পরীক্ষা-নিরীক্ষা সংক্রান্ত যাবতীয় বৈজ্ঞানিক কার্যকলাপ অর্ন্তভুক্ত *পুরাজীববিদ্যা* (paleontology) নামক বৈজ্ঞানিক শাখায়। এই শাখার অন্যতম উপবিভাগ হল *প্র-উদ্ভিদবিদ্যা* (Paleobotany)।

জীবের ন্যায় জীবাশ্মও নানান প্রকারের হয়। কখনও তারা অতি ক্ষুদ্র রেণু, পরাগ, প্রভৃতি (অণুজীবাশ্ম বা microfossils)। আবার কখনও বড় হয় (মেগাফসিল, megafassil)। জীবাশ্মের প্রকারভেদ বহুলাংশেই তাদের সংরক্ষণের ওপর নির্ভরশীল। মূলত, *চারপ্রকার* সংরক্ষণ পদ্ধতি (Schopf 1975) দ্বারা ফসিলের প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করা যায় : *কোষীয় খনিজীকরণ, অঙ্গারিভূত সংনমন, অনুকৃত সংরক্ষণ* এবং *ড্যুরিপারটিক সংরক্ষণ।* এছাড়া নানাবিধ *জৈব-রাসায়নিক ফসিল* নমুনা গবেষণার নিত্যনতুন দিকের উন্মোচন করে চলেছে।

প্র-উদ্ভিদবিদ্যা কেবল জাতিজনিগত ইতিহাস সংক্রান্ত সমস্যার সালুকসন্ধান দেয় না। এই শাখাটির (discipline) ব্যবহারিক উপযোগিতাও অপরিসীম। তেল, কয়লা জাতীয় জ্বালানির সন্ধান। পুরাজলবায়ুবিদ্যা সংক্রান্ত গবেষণায় সহায়তা, পুরাবাস্তব্যবিদ্যার কাঠামো, ভূস্তরবিন্যাসজাত অনুসন্ধানের অন্যতম সূত্র। এমন অনেক কাজে প্র-উদ্ভিদবিদ্যার অবদান অপরিহার্য।

জীবাশ্ম মূলত পাললিক শিলাতেই পাওয়া যায়। অগভীর শান্ত জল বিশেষ করে যদি তা আম্লিক এবং অক্সিজেন ঘাটতি সম্পন্ন হয়, অশ্মীভবনের (fossilization) পক্ষে অনুকুল। অশ্মীভবনের উৎকর্ষ বহুলাংশে ট্যাফোনমিক ক্রিয়া এবং ডায়াজেনেটিক পরিবর্তনের ওপর নির্ভরশীল। উদ্ভিদের শক্ত, ঘাত-প্রতিরোধকারি অঙ্গের উপস্থিতি, পালল পরিমণ্ডলে মিহি পলির আধিক্য, প্রভৃতি অবস্থা অশ্মীভবনের সহায়ক।

পৃথবীর সৃষ্টি থেকে আজ পর্যন্ত ভূতত্ত্বিয় সময়ের ক্রমবিভাজন করা হয়েছে। এই উপবিভাগুলি হল *মহাযুগ* (Eon), *অধিযুগ* (Era), যুগ (Period), *উপযুগ* (Epoch) ইত্যাদি।

15.7 প্রান্তিক প্রশ্নাবলী

1. **সংক্ষেপে উত্তর দিন ঃ**
   - ক) বীরবল সাহনির প্রধান *দুটি* অবদান উল্লেখ করুন।
   - খ) অ্যাম্বার (Amber) কে কেন 'ফসিলের মধ্যে ফসিল' বলা যায় ?
   - গ) সূচক-জীবাশ্ম (index fossil) কাকে বলে ? কীভাবে এদের মাধ্যমে ভূস্তরে জৈবিক সহগতি (biological correlation) পর্যবেক্ষণ করা যায় ?
   - ঘ) অনুজীবাশ্ম (microfossils) কাদের বলে ? একটি উদাহরণ দিন।

ঙ) স্পোরোপোলেনিন (sporapollenin)-এর রাসায়নিক প্রকৃতি কী ? এই পদার্থের তাৎপর্য নির্দেশ করুন।

চ) স্থানিক (autochthonous) এবং অস্থানিক (allochthonous) সংরক্ষণ বলতে কী বোঝায় ?

ছ) ট্যাফোনমি (tafhnomy) কথাটির অর্থ কী ?

জ) ডায়াজেনেটিক পরিবর্তন (diagenetic change) কাকে বলে ?

ঝ) মজ্জার কাস্ট (pith cast) কীভাবে সৃষ্টি হয় ? একটি উদাহরণ দিন।

ঞ) অশ্মীভবনের (fossilization) উৎকর্ষবিচারে প্রধান শর্তগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করুন।

15.8 উত্তরমালা

অনুশীলনী 15.1 : (ক) স্ট্রোমাটোলাইটস, 3500 Ma; (খ) (i) অ্যাডলফ ব্রনিয়ার (Adolophe Brongniart; (ii) ও. ফাইস্টমান্টেল (O Feistmantel)

অনুশীলনী 15.2 : (ক) *দ্রঃ* 15.3.1, ক ; (খ) *দ্রঃ* 15.3.1, ক

প্রান্তিক প্রশ্নাবলী : (ক) *Williamsonia Sewardiana* নামক ফসিলের পুনর্নির্মাণ ; লক্ষ্ণৌ-এর পৃথিবীবিখ্যাত প্র-উদ্ভিদবিদ্যা গবেষণাগার স্থাপন। (এই গবেষণাগারের website-এ আরও অনেক তথ্য পাবেন)। (খ)*দ্রঃ* 15.3.2; (গ) *দ্রঃ* 15.3.3 (ঘ) *দ্রঃ* 15.3; (ঙ) *দ্রঃ* 15.3.2 ও প্রান্তলিপি ; (চ), (ছ) এবং (জ) *দ্রঃ* 15.4 (ঝ) *দ্রঃ* 15.3.1, ক ; (ঞ) *দ্রঃ* 15.4।