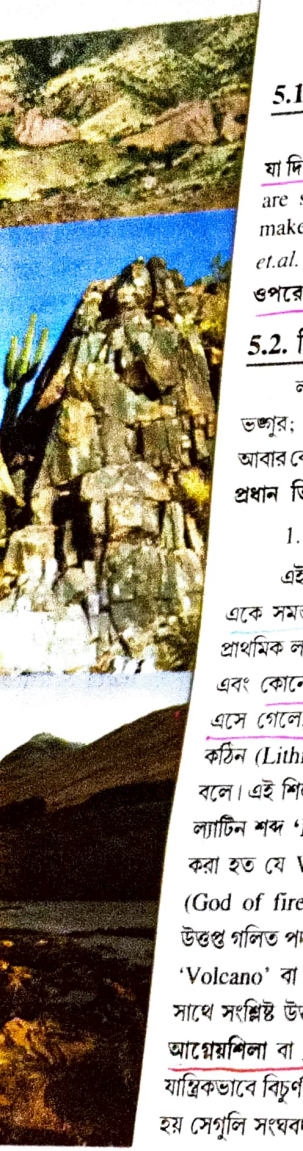
5

CHAPTER

শিলা
(Rocks)



5.1. ভূমিকা :

এক বা একাধিক খনিজের সমন্বয়ে গঠিত, দৃঢ় সংবদ্ধ বস্তুরাজি, যা দিয়ে ভূ-ত্বক (Crust) গঠিত, তাদের একত্রে শিলা বলে। (Rocks are single mineral or mixture of several minerals that make up an essential part of the earth's crust'' — Bishop, *et.al.* 1972)। আবার **শিলা বিচূর্ণ বা বিয়োজিত হয়ে ভূ-পৃষ্ঠের ওপরে যে অসংবদ্ধ নরম আবরণ তৈরি করে তাকে মৃত্তিকা বলে।**

5.2. শিলার শ্রেণিবিভাগ :

লক্ষ্য করলে দেখা যায় সমস্ত শিলা একরকম নয়, কোনোটি ভঙ্গুর; কোনোটি দৃঢ়, শক্ত, ক্ষয়প্রতিরোধী; কোনটি স্তরে স্তরে বিন্যস্ত আবার কোনোটি স্থূল (Massive)। উৎপত্তির পদ্ধতি অনুসারে শিলাকে **প্রধান তিনটি** ভাগে ভাগ করা যায় :

1. **আগ্নেয়শিলা**, 2. **পাললিক শিলা** এবং 3. **রূপান্তরিত শিলা**।

এই তিন প্রকার শিলার মধ্যে **আগ্নেয় শিলা প্রাচীনতম** এবং একে সমস্ত **শিলার জনক** বলা হয়। সমস্ত আদি শিলা তার সৃষ্টির প্রাথমিক লগ্নে তরল অবস্থায় ছিল। এই তরল পদার্থকে **ম্যাগমা** বলে এবং কোনোভাবে এই ম্যাগমা পৃথিবী পৃষ্ঠের ওপরে বা কাছাকাছি এসে গেলে, তাকে **লাভা** বলে। এই তরল আদি পদার্থ শীতল ও কঠিন (Lithification) হলে তাকে **আগ্নেয়শিলা** (Igneous rock) বলে। এই শিলা পৃথিবীর উপরিভাগে অথবা অভ্যন্তরভাগে সৃষ্টি হয়। ল্যাটিন শব্দ **'Igneus' কথার অর্থ আগুন** বা **fire**। অতীতে বিশ্বাস করা হত যে Vulcan (Vul'kan) হলেন রোমের আগুনের দেবতা (God of fire) এবং তিনি আগ্নেয়গিরির মধ্য দিয়ে তার রাজ্যের উত্তপ্ত গলিত পদার্থ পৃথিবী পৃষ্ঠের দিকে চালিত করছেন এবং এইভাবে 'Volcano' বা আগ্নেয়গিরির সৃষ্টি। আগ্নেয়গিরির আগুনের (Fire) সাথে সংশ্লিষ্ট উত্তপ্ত গলিত পদার্থ থেকে এই শিলার সৃষ্টি তাই একে **আগ্নেয়শিলা** বা Igneous rock বলে। আগ্নেয় ও রূপান্তরিত শিলা যান্ত্রিকভাবে বিচূর্ণ বা রাসায়নিকভাবে বিয়োজিত হলে যে পলল তৈরি হয় সেগুলি সংঘবদ্ধ হয়ে তৈরি হয় **পাললিক শিলা** (Sedimentary

rock)। আবার ভূ-পৃষ্ঠ থেকে সাধারণত 10-16 কিমি নীচে উত্তাপ ও চাপের প্রভাবে আগ্নেয়, পাললিক অথবা অন্য কোনো রূপান্তরিত শিলা পরিবর্তিত হয়ে **রূপান্তরিত শিলায়** (Metamorphic Rocks) পরিণত হয়। পৃথিবীপৃষ্ঠে এক শিলা থেকে অন্য শিলার রূপান্তরের চক্রাকার অবিরাম প্রক্রিয়াকে **শিলাচক্র** (Rock Cycle) বলে। এ সম্পর্কে এই অধ্যায়ের শেষে বিষদ আলোচনা করা হয়েছে।

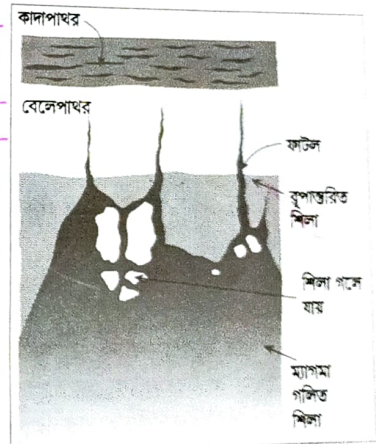
ভূ-তত্ত্ব বা ভূমিরূপ সম্পর্কে আলোচনার জন্য শিলার সমন্বয় ও প্রকৃতি সম্পর্কে সম্যক জ্ঞান লাভ প্রয়োজন। এ বিষয়ে এই অধ্যায়ের শেষে আলোচনা করা হয়েছে।

5.2.1. আগ্নেয় শিলা :

পৃথিবী সৃষ্টির আদি লগ্ন থেকে আগ্নেয় শিলার সৃষ্টি হয়েছে। পৃথিবী পৃষ্ঠের মোট শিলার প্রায় 95 ভাগই আগ্নেয় শিলায় গঠিত। বেশিরভাগ আগ্নেয় শিলা ভূ-পৃষ্ঠের নীচে লুক্কায়িত অবস্থায়, টাকুরূপ অবস্থান করে। এখনো হাওয়াই দ্বীপ ও অন্যত্র আগ্নেয়গিরিতে আগ্নেয়শিলা তৈরির কাজ চলেছে।

পৃথিবীর অভ্যন্তরের (ম্যান্টলের ওপর অংশ) গলিত ও উত্তপ্ত পদার্থ (ম্যাগমা) ওপরদিকে উঠে ভূ-পৃষ্ঠের ওপরে বা পৃথিবীর অভ্যন্তরে ধীরে ধীরে শীতল ও কঠিন হয়ে যে শিলা তৈরি করে তাকে আগ্নেয়শিলা বলে। ম্যাগমা স্রোত পৃথিবীর উপরিভাগে পৌঁছলে তাকে লাভা বলে।

➡ **ম্যাগমার সৃষ্টি :** সাধারণত ভূ-পৃষ্ঠ থেকে 56 থেকে 80 কিমি গভীরে ওপরের পুরু শিলাস্তম্ভের চাপ এবং প্রায় 1400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ম্যান্টল গলে গিয়ে সান্দ্র ম্যাগমার জন্ম দেয়। আবার এই গভীরতায় তেজস্ক্রিয় (Radio-active) পদার্থের উপস্থিতিতে তাপমাত্রা 1400° সেন্টিগ্রেডের বেশিও হতে পারে। আবার অভিসারীপাত সীমানায় (Conservative Plate Margin) সৃষ্ট ফাটলের নীচে চাপ হ্রাস পাওয়ায় ম্যান্টলের গলনাঙ্ক 1400° সেন্টিগ্রেড অপেক্ষা হ্রাস পায় এবং আরও কম উষ্ণতায় অনেক কম গভীরতার পদার্থগুলি গলে ম্যাগমায় রূপান্তরিত হয় এবং সংশ্লিষ্ট ফাটল বরাবর ওপরে উঠে আসে এবং আগ্নেয়শিলার সৃষ্টি করে।



চিত্র 5.1 : ফাটলের ভিতর দিয়ে ম্যাগমার উত্থান এর ফলে বড় বড় শিলাখণ্ডগুলো ম্যাগমা পরিবৃত হয় ও গলে যায়।

➡ **ম্যাগমার উত্থান :** ম্যান্টল গলে তরল ম্যাগমায় পরিণত হলে, এর ঘনত্ব অপেক্ষাকৃত হ্রাস পায় এবং এর ফলে উপরিস্থ বিশাল এবং 56-80 কিমি পুরু শিলাস্তম্ভের প্রবল চাপে এই তরলটি বিশালাকার ফাটল বরাবর ওপরে উঠতে থাকে। এই ফাটল ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগ পর্যন্ত প্রসারিত হলে ম্যাগমা নিঃসারী অগ্ন্যুদ্গমের মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগে লাভাপ্রবাহ হিসেবে উদ্গত হয়। অপরদিকে যে পদ্ধতিতে ম্যাগমা শক্ত শিলার ভিতর দিয়ে ওপরদিকে উত্থিত হয় তাকে স্টপিং (Stopping) বলে। এই পদ্ধতিতে বিশালাকার শিলাখণ্ডগুলি ম্যাগমা দ্বারা পরিবৃত বা ঢাকা পড়লে, তীব্র উষ্ণতায় ওই শিলাখণ্ডগুলি টুকরো হয়ে এবং গলে গিয়ে ম্যাগমায় পরিণত হয়। এর ফলে আগে যে অঞ্চল শক্ত শিলায় অধিকৃত ছিল তা পরবর্তীকালে স্টপিং প্রক্রিয়ায় **ম্যাগমা গহ্বরে** বা **ম্যাগমা নলে রূপান্তরিত হয়** এবং এভাবে ম্যাগমা ক্রমশ ওপরে উঠতে থাকে।

➡ **ম্যাগমার উপাদান ও প্রকারভেদ :** (Element & Types of Magma) : ম্যাগমা সাধারণত সিলিকন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। এছাড়াও এতে পটাশিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালশিয়াম, ম্যাগনেশিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম এবং লোহার উপস্থিতি লক্ষ্য করা যায়। এসব প্রধান উপাদানের সঙ্গে ম্যাগমাতে আরো অনেক স্বল্পমাত্রার উপাদান (Micro element) এবং গ্যাস যেমন কার্বন ডাইঅক্সাইড (CO_2), সালফার ডাইঅক্সাইড (SO_2)

এবং জলীয় বাষ্প (H_2O) থাকে। ম্যাগমার গঠন তাই অত্যন্ত জটিল প্রকৃতির এবং এর থেকে জাত আগ্নেয়শিলার প্রকৃতিও তাই বিভিন্ন প্রকৃতির।

সাধারণত ম্যাগমা দুই প্রকার— (1) আম্লিক ম্যাগমা এবং (2) ক্ষারকীয় ম্যাগমা। যে ম্যাগমাতে সিলিকার পরিমাণ অধিক এবং যেটি অধিক সান্দ্র অর্থাৎ উদ্‌গীরণের পর বেশিদূর প্রবাহিত হতে পারে না তাকে **আম্লিক (Acid) ম্যাগমা** বলে। এই ধরনের ম্যাগমা থেকে **গ্রানাইট শিলা** তৈরি হয় যাতে প্রচুর সিলিকা থাকে এবং কোয়ার্টজের (SiO_2) দানাগুলি খালি চোখে স্পষ্ট দেখা যায়। **ক্ষারকীয় ম্যাগমাতে** সিলিকার পরিমাণ কম থাকে অন্যদিকে ধাতব অক্সাইডের পরিমাণ বেশি থাকে। এই ম্যাগমাটি কম সান্দ্র অর্থাৎ উদ্‌গীরণের পর বহুদূর পর্যন্ত প্রবাহিত হয় এবং সমতল বা কম ঢালু ভূমিরূপের সৃষ্টি হয়। ক্ষারকীয় ম্যাগমার পার্শ্ববর্তী এলাকার তাপমাত্রা 1000° সেন্টিগ্রেডের কাছাকাছি থাকে, যদিও কত তাপমাত্রায় এই দুই প্রকার ম্যাগমা অবস্থান করে তার সঠিক পরিমাপ করা এখনো সম্ভব হয় নি।

5.2.1.1. *আগ্নেয়শিলার শ্রেণিবিভাগ :*

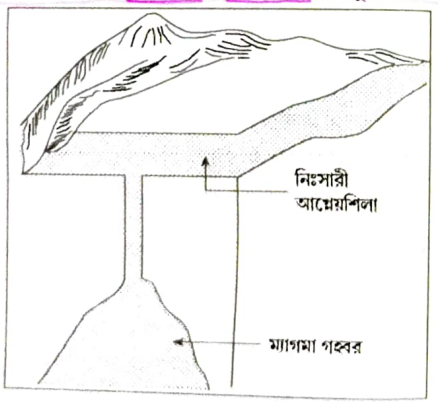
উৎপত্তি স্থল বা অবস্থান, গ্রথন এবং রাসায়নিক গঠন অনুযায়ী আগ্নেয়শিলাকে বিভিন্ন বিভাগে বিভক্ত করা হয়।

5.2.1.1.1. অবস্থান বা উৎপত্তি স্থলের ভিত্তিতে শ্রেণিবিভাগ (Classification based on place of origin or location) :

ম্যাগমার শীতলীভবন এবং কঠিনীভবনের এলাকা এবং তার পরিবেশের পার্থক্যের ফলে শিলার চরিত্রে ব্যাপক পার্থক্য পরিলক্ষিত হয় এবং এর বিচারে আগ্নেয়শিলাকে প্রধানত **নিঃসারী** এবং **উদ্ভেদী** এই দুই ভাগে ভাগ করা হয় :

5.2.1.1.1.1. নিঃসারী আগ্নেয়শিলা (Extrusive Igneous Rocks) :

ম্যাগমা পৃথিবীপৃষ্ঠের ওপরে নিঃসৃত (Extruded) হয়ে দ্রুত তাপ বিকিরণের মাধ্যমে শীতল এবং কঠিন হয়ে যে শিলার সৃষ্টি করে তাকে নিঃসারী আগ্নেয়শিলা বলে। বিভিন্ন প্রকার আগ্নেয়শঙ্কু (আম্লিক লাভার দ্বারা) এবং লাভাগঠিত মালভূমি (ক্ষারকীয় লাভার দ্বারা) এভাবে ম্যাগমা নিঃসরণের ফলে গঠিত হয়েছে। এরা **দ্রুত শীতল হওয়ায়** এদের **গ্রথন সূক্ষ্ম প্রকৃতির** হয়।



চিত্র 5.2 : নিঃসারী আগ্নেয় শিলা

⊙ **পাইরোক্লাস্ট (Pyroclasts) :** গ্রিক শব্দ পাইরো (Pyro)-এর অর্থ উত্তাপ বা আগুন (Fire or Heat) এবং ক্লাস্টোস (Klastos)-এর অর্থ ভঙ্গুর (Broken)। আগ্নেয়গিরির জ্বালামুখে বা ম্যাগমা নলে (Magma Channel) জমাটবদ্ধ ম্যাগমা যখন পরবর্তী অগ্ন্যুৎপাতের সময় ভেঙে টুকরো টুকরো হয়ে উৎক্ষিপ্ত হয়, তাদের তখন একত্রে **পাইরোক্লাস্ট** বা **পাইরোক্লাস্টিক শিলা** বলে।

⊙ **টেফরা (Tephra) :** ভূ-তত্ত্ববিদরা পাইরোক্লাস্ট শিলার সঞ্চয়কে **টেফরা** (Tephra) নামে অভিহিত করেন। বায়ুবাহিত সমস্ত রকম আগ্নেয়গিরি থেকে উদ্ভূত পদার্থ (ছাই, ভস্ম প্রভৃতি), নতুন বা পুরানো জমাটবদ্ধ ম্যাগমার খণ্ড বিশেষ, এক একটি পাইরোক্লাস্ট খণ্ড যেগুলি জ্বালামুখ থেকে প্রবল বেগে নির্গত হয়ে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়, পাইরোক্লাস্টের টুকরো যা গলিত ম্যাগমার ওপরে ভাসমান অবস্থায় স্থানান্তরিত হয়, সকলকে একত্রে **টেফরা** বলে। দানার বা কণার আকৃতির পার্থক্যের জন্য টেফরার বিভিন্ন নামকরণ করা হয়। এগুলি নিম্নরূপ—

টেফরার উপাদান	কণার গড় ব্যাস (মি.মি)
বোম্ব (Bomb)	> 64
ল্যাপিলি (Lapili)	2-64
ভস্ম (Ash)	< 2

সারণী ৫.১

5.2.1.1.1.2 উদ্ভেদী আগ্নেয় শিলা (Intrusive Igneous Rocks) :

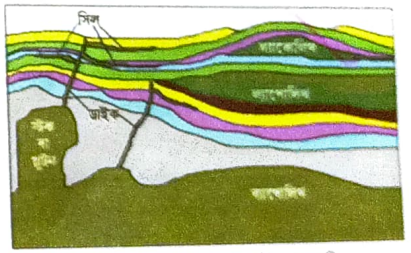
ভূ-অভ্যন্তরের ম্যাগমা ওপরের দিকে উঠতে থাকলে কখনো কখনো ফাটল বরাবর শিলাস্তরের অভ্যন্তরে প্রবেশ করে এবং ওখানেই শীতল ও কঠিন হয়ে যায়। অর্থাৎ, ভূ-পৃষ্ঠের ওপরে আসার সুযোগ পায় না এই ধরনের আগ্নেয়শিলাকে **উদ্ভেদী শিলা** বলে। এটি দুধরনের : (1) **পাতালিক**, যেটি ভূপৃষ্ঠের থেকে অনেক গভীরে পাতাল গহ্বরে ধীরে ধীরে তাপবিকিরণের দ্বারা শীতল ও কঠিন হয়। এর গ্রথন তাই স্থূলপ্রকৃতির অর্থাৎ দানাগুলি বৃহদাকার এবং খালি চোখে দেখা যায়। (2) **উপ-পাতালিক**, যেটি ভূ-পৃষ্ঠ থেকে কম গভীরে অপেক্ষাকৃত দ্রুত শীতল ও কঠিন হয় এবং এর দানাগুলি মাঝারি আকারের হয়।

5.2.1.1.1.2.1. *আগ্নেয় উদ্ভেদের শ্রেণিবিভাগ :*

অবস্থান, আয়তন, আকৃতি এবং গঠন প্রকৃতির বিচারে আগ্নেয় উদ্ভেদকে বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা হয় :

(A) সঙ্গতিপূর্ণ আগ্নেয় উদ্ভেদ (Concordant Intrusion) : এই ধরনের উদ্ভেদগুলি শিলার স্তরায়ণ তলের সাথে সমান্তরাল বা সঙ্গতিপূর্ণভাবে অবস্থান করে।

(i) সিল (Sill) : শিলাস্তরের সাথে সমান্তরালভাবে এই ধরনের উদ্ভেদ অবস্থান করে। সাধারণত উত্থিত ম্যাগমা স্তরায়ণ তলের দুর্বল স্থান বরাবর জমাট বাধে এবং শীতল হয়ে এই প্রকার সঙ্গতিপূর্ণ উদ্ভেদ তৈরি করে। এডিনবরাতে সেলিসবারি ক্রেগ (Salisbury Craig) এলাকায় ডলোরাইট গঠিত বৃহদাকৃতির সিল (Sill) দেখা যায়। দামোদর উপত্যকায় কয়লাখনি অঞ্চলে ল্যাম্প্রোফাইরি এবং মাইকা পেরিডোটাইট সিল লক্ষ করা যায়। নিউজার্সিতে নিউইয়র্ক শহরের উল্টোদিকে হাডসন নদীর পশ্চিম দিক বরাবর বিস্তৃত বিখ্যাত পালিসাদেস (Palisades) সিলটি 200 মিলিয়ন বছর আগে সৃষ্ট এবং গ্যাব্রো দ্বারা গঠিত। এটিকে প্যানজিয়ার (Pangaea) ভাঙন এবং আটলান্টিক মহাসাগরের সৃষ্টির সাক্ষী হিসেবে গণ্য করা হয়।

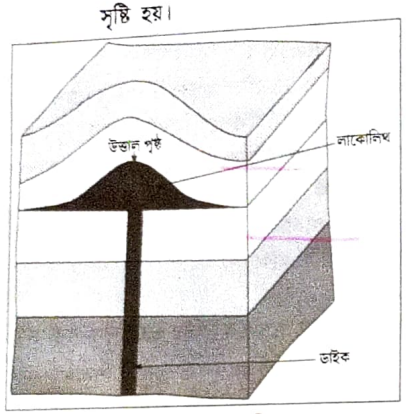


চিত্র 5.3 (ক) : সঙ্গতিপূর্ণ উদ্ভেদ (সিল)

চিত্র 5.3 (খ) : পালিসাদেশ (Palisadesh Sill) সিল নিউজার্সি (Skinner et.al. 2004)

(ii) লাকোলিথ (Laccolith) : এটিও একপ্রকার সঙ্গতিপূর্ণ উদ্ভেদ (Concordant Intrusion) যার নীচের দিকটা চ্যাপটা এবং ওপরদিকটা গম্বুজের মতো উত্তল। সাধারণত অধিক আঠালো এবং সান্দ্র আম্লিক ম্যাগমার উত্থান এবং সঞ্চয় হওয়ার ফলে শিলাস্তরগুলি আরও ওপরে ঠেলা হয়ে গেলে আরও বেশি বেশি সঞ্চয়ের জন্য জায়গা প্রস্তুত হয় এবং এভাবে এই ধরনের উদ্ভেদের সৃষ্টি হয়।

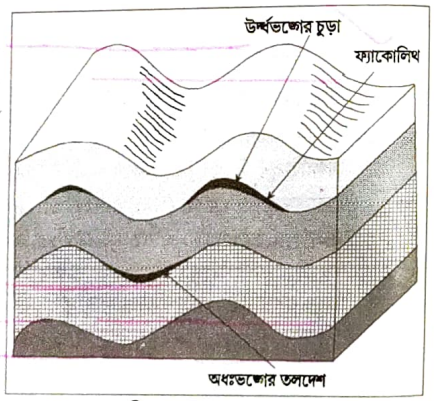
(iii) লোপোলিথ (Lopolith) : এটি এক ধরনের সঙ্গতিপূর্ণ উদ্ভেদ (Concordant Intrusion)। এর আকৃতি সরার (Saucer) মতো হয় অর্থাৎ এর মাঝের দিকটা পুরু এবং ক্রমশ ধারের দিকে পাতলা হতে থাকে। কোনো এলাকায় ভূ-অভ্যন্তরে ম্যাগমা জমা হতে শুরু করলে, এর চাপে শিলাস্তরগুলি ভেঙে যায় এবং এই ভেঙে যাওয়া অংশে ক্রমশ ম্যাগমার সঞ্চয়ের ফলে লোপোলিথের সৃষ্টি হয়।



চিত্র 5.4 : ল্যাকোলিথ

চিত্র 5.5 : সরার আকৃতি বিশিষ্ট লোপোলিথ

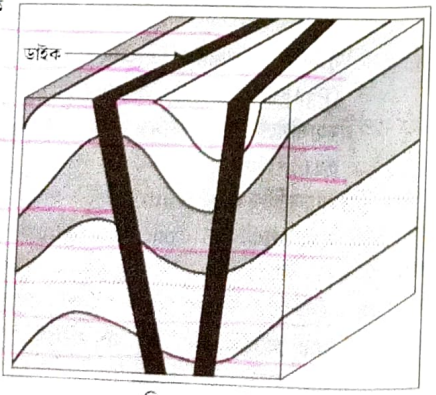
(iv) ফ্যাকোলিথ (Phacolith) : সাধারণত অর্ধচন্দ্রাকার এই আগ্নেয় উদ্ভেদগুলি শিলাস্তরের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ (Concordent), ভাঁজযুক্ত গঠনের (Folded structure) ঊর্ধ্বভঙ্গের শীর্ষে (Crest) এবং অধোভঙ্গের তলদেশে (Trough) কম চাপযুক্ত অঞ্চলে এধরনের উদ্ভেদী শিলার সঞ্চয় ঘটে।



চিত্র 5.6 : ফ্যাকোলিথ

(B) অসঙ্গতিপূর্ণ আগ্নেয় উদ্ভেদ (Discordant Igneous Intrusion) : এই ধরনের উদ্ভেদগুলি শিলাস্তরের স্তরায়ণের সাথে সঙ্গতিপূর্ণ নয় বরং শিলাস্তরগুলিকে বিভিন্ন কোণে ছেদ করে ক্রমে ওপরের দিকে বিস্তৃত হয়। এগুলি নিম্নরূপ—

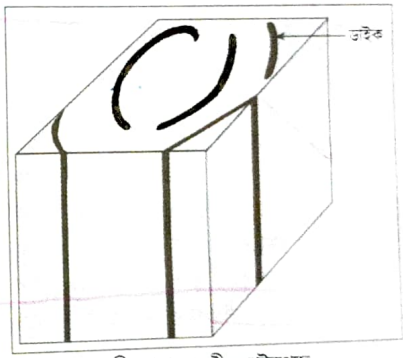
(i) ডাইক : প্রায় উল্লম্ব (near vertical) বা খাড়াই (steep) দেওয়ালের মতো আগ্নেয় উদ্ভেদ শিলাস্তরগুলিকে ভেদ করে প্রসারিত হলে তাকে **ডাইক** বলে। এগুলি সাধারণ ক্ষেত্রে ছোটো হয় এবং এরা 3 মিটারের কম চওড়া হয়। কিন্তু কিছু কিছু ব্যতিক্রমী ডাইকের উদাহরণ দেওয়া যেতে পারে। যেমন, **বৃহৎ রোডেসিয়ান ডাইক** (Great Rhodesian Dyke) যেটি জিম্বাবোয়ের ভিতর দিয়ে দক্ষিণ আফ্রিকা পর্যন্ত প্রায় ৪৫০ কিমি বিস্তৃত এবং প্রায় কয়েক কিমি প্রসস্থ। এই ডাইক আবার বিভিন্নভাবে বিস্তৃত হয়:



চিত্র 5.7 : ডাইক

- **ডাইকগুচ্ছ (Dyke Swarm)** : একাধিক ডাইক সমান্তরালভাবে, বৃত্তচাপের আকারে বা কেন্দ্র থেকে বিচ্ছুরণের আকারে অবস্থান করলে তাকে **ডাইক গুচ্ছ** (Dyke Swarm) বলে।
- **সমান্তরাল ডাইকগুচ্ছ** : একাধিক ডাইক সমান্তরালভাবে বিস্তৃত থাকতে পারে। স্কটল্যান্ডের পশ্চিমে মাল (Mull) দ্বীপে প্রায় ২০ কিমি ব্যাপী এরকম একাধিক ডাইক বিস্তৃত রয়েছে।
- **অরীয় ডাইকগুচ্ছ (Radial Dyke Swarm)** : কোনো কেন্দ্রীয় এলাকা থেকে বাইরের দিকে (বিচ্ছুরণের আকারে বিস্তৃত) একাধিক ফাটলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ম্যাগমার উদ্ভেদ এরকম **অরীয় ডাইকগুচ্ছ** তৈরি করে। স্কটল্যান্ডের পশ্চিমে রূম (Rhum) দ্বীপে প্রায় ৭০০ মিটার ডাইক মিলে এরকম অরীয় ডাইক সৃষ্টি করেছে।
- **বৃত্তীয় ডাইকগুচ্ছ (Arcuate Dyke Swarm)** : অনেকগুলি ডাইক বৃত্তচাপের আকারে একত্রে অবস্থান করলে তাকে বৃত্তীয় ডাইকগুচ্ছ বলে।

চিত্র 5.8 : বৃটীশ দ্বীপপুঞ্জের অরীয় ডাইক

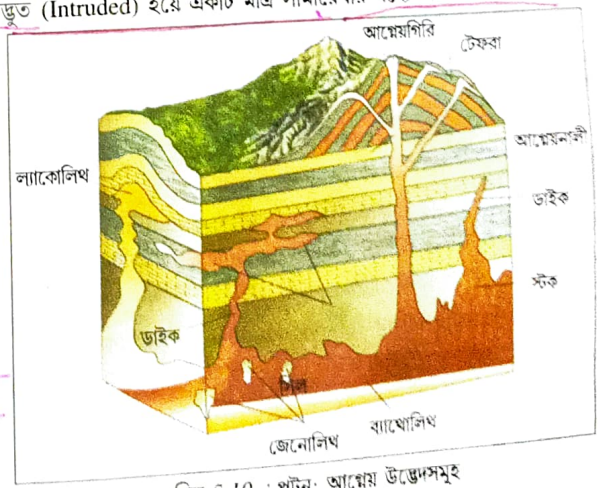


চিত্র 5.9 : বৃত্তীয় ডাইকগুচ্ছ

(ii) প্লুটন (Pluton) : মাঝারি মাপের আগ্নেয় উদ্ভেদ, যার আকৃতি বিভিন্ন রকম হতে পারে এবং যেটি একই সময়ে উদ্ভূত (Intruded) হয়ে একটি মাত্র সীমারেখার মধ্যে অবস্থান করে, তাকে **প্লুটন** বলে।

"The term Pluton is used to denote a moderately large body of magma which is intruded essentially at one time and is contained with in a single boundary" — Blyth and Freitas, 1984.

প্লুটনের বিভিন্ন রকমের আকৃতি হলেও প্রস্থচ্ছেদ বরাবর এগুলি সাধারণত প্রায় গোলাকার। সাধারণত গ্রানাইট প্লুটনগুলির ক্ষেত্রফল 150 বর্গ কিমি-এর কাছাকাছি হয়। যদিও কিছু কিছু প্লুটন এর চেয়েও বড়ো হতে পারে।

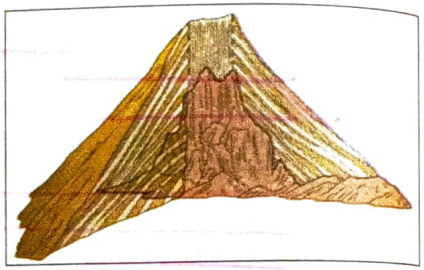


চিত্র 5.10 : প্লুটন; আগ্নেয় উদ্ভেদসমূহ

স্কিনার, পোর্টার এবং পার্ক এর মতে সমস্ত আগ্নেয় উদ্ভেদকে একত্রে পাতালের গ্রিক দেবতা প্লুটোর নাম অনুসারে প্লুটন বলা হয়।

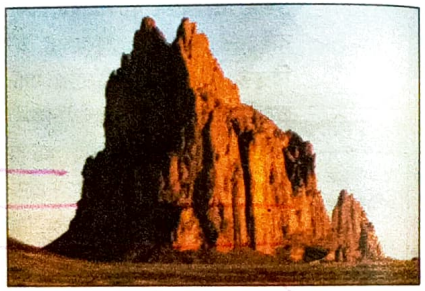
"All bodies of intrusive igneous rock, regardless of shape or size are called **Pluton** after Pluto, the Greek god of underworld" —Skinner, Porter & Park, 2004

(iii) **আগ্নেয় গ্রীবা (Volcanic neck)** : আগ্নেয়-গিরির ম্যাগমা নলটি যখন জমাটবদ্ধ ম্যাগমা, পাইরোক্লাস্ট, আগ্নেয় ভস্ম প্রভৃতির দ্বারা ভরাট হয়ে যায় তাকে আগ্নেয় গ্রীবা বলে। এটি একটি অসঙ্গতিপূর্ণ আগ্নেয় উদ্ভেদ এবং শিলাস্তরগুলির সাথে প্রায় উল্লম্বভাবে অবস্থান করে। এই আগ্নেয় গ্রীবা পার্শ্ববর্তী শিলাস্তর থেকে কঠিন হওয়ায় ক্ষয় প্রতিরোধ করে উঁচু হয়ে অবস্থান করে।



চিত্র 5.11 (ক) : আগ্নেয়গ্রীবার অবস্থান

(iv) **স্টক (Stock)** : 1912 সালে R. A. Dally একধরনের প্রায়-উল্লম্ব বেলনাকার (Cylindrical) আগ্নেয় উদ্ভেদকে স্টক হিসেবে অভিহিত করেন।



চিত্র 5.11 (খ) : ক্ষয়ের ফলে উন্মুক্ত আগ্নেয়গ্রীবা (শীপ রক, নিউ মেক্সিকো) (Skinner et.al. 2004)

(v) **ব্যাথোলিথ** : বৃহদাকার যেকোনো আকৃতির, অমসৃণ এবং ভূ-অভ্যন্তরে ক্রমশ প্রসস্থ হতে থাকা আগ্নেয় উদ্ভেদকে ব্যাথোলিথ বলে। যদিও বর্তমানের গবেষণায় একথা পরিষ্কার যে **কতকগুলি প্লুটনের একত্রিতরূপ হল ব্যাথোলিথ** এবং ভূ-অভ্যন্তরের শিলা গঠনের (Rock Structure) দ্বারা এদের আকার এবং আয়তন নিয়ন্ত্রিত হয়। আয়ারল্যান্ডের ডোনেগাল ব্যাথোলিথ (Donegal Batholith) এবং লেইনস্টাল গ্রানাইট ব্যাথোলিথ (Leinstal Granite Batholith) যথাক্রমে 8টি এবং 5টি প্লুটনের সমন্বয়ে গঠিত।

5.2.1.1.2. গ্রথনের ভিত্তিতে আগ্নেয় শিলার শ্রেণিবিভাগ (Classification of Igneous Rocks based on Texture) :

আগ্নেয় শিলার সৃষ্টির স্থান ও পরিবেশের ওপর শিলা গঠনকারী খনিজগুলির আকৃতি, আয়তন ও সমন্বয় নির্ভর করে। এই গঠনকারী খনিজগুলির আকৃতি ও আয়তনকে একত্রে গ্রথন (Texture) বলে। এই গ্রথনের ভিত্তিতে নিম্নলিখিত শ্রেণিবিভাগ করা যায় :

(ক) কেলাস গঠনের প্রকৃতি (Degree of Crystallinity) অনুযায়ী আগ্নেয়শিলার শ্রেণিবিভাগ—

(i) **হোলোক্রিস্টালিন** (Holocrystalline) — ধীরগতিতে শীতল হওয়া পাতালিক শিলাসমূহ সম্পূর্ণরূপে কেলাস দ্বারা গঠিত। এদের হোলোক্রিস্টালিন গ্রথন বলে। উদাহরণ— পেগমাটাইট, গ্রানাইট।

(ii) **হিপোক্রিস্টালিন** (Hypocrystalline) — অধিকতর দ্রুত গতিতে শীতল হওয়া উপপাতালিক শিলাসমূহ কেলাস ও কাচ (glass) অর্থাৎ কেলাসহীন গ্রথন সমন্বয়ে গঠিত হয়, এদের হিপোক্রিস্টালিন গ্রথন বলে। উদাহরণ— ডোলেরাইটে এধরনের গ্রথন দেখা যায়।

(iii) **হ্যালোক্রিস্টালিন** (Hyalocrystalline) — দ্রুতগতিতে শীতল হওয়া নিঃসারী শিলাতে কখনো কখনো চকচকে, মসৃণ কাচের মতো (glassy) গ্রথন দেখা যায়। এদের অবিসিডিয়ান (Obisidian) বলে। পিউমিস (Pumice) কাচের মতো মসৃণ গ্রথন যুক্ত আগ্নেয় বুদবুদ (Bubble)। আগ্নেয়ভস্ম প্রভৃতি সাধারণত এপ্রকার হ্যালোক্রিস্টালিন গ্রথন সমন্বিত আগ্নেয়শিলা।

চিত্র 5.12 : শিলার ভিন্নরকম গ্রথন

(খ) কেলাসের আয়তন অনুযায়ী শ্রেণিবিভাগ : কেলাসের আয়তন অনুযায়ী আগ্নেয়শিলাকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায় :

(i) **ফ্যানেরিটিক** (Phaneritic) : যে শিলার গ্রথনে প্রতিটি কেলাসকে সহজে শনাক্ত করা যায় তাকে Phaneritic গ্রথন বলে।

- মোটা দানার কেলাস (Coarse textured crystal)— সাধারণত 2 মি.মি. এর বেশি হয়, একে খালি চোখে সহজে বোঝা যায়, উদাহরণ— পেগমাটাইট।
- মধ্যম দানার কেলাস (Medium textured crystal)— সাধারণত দানাগুলির ব্যাস 2-0·6 মিমি হয়। উদাহরণ— গ্রানাইট।
- সুক্ষ্ম দানার কেলাস (Fine textured crystal)— দানাগুলির ব্যাস 0·06 মিমি-এর কম হয়, লেন্স বা মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে কেলাস শনাক্ত করা যায়।

(ii) **অ্যাফ্যানিটিক** (Aphanitic) : এক্ষেত্রে শিলাটি কেলাস থাকার জন্য অমসৃণ হয় কিন্তু কেলাসগুলিকে চিহ্নিত করা যায় না। উদাহরণ— ব্যাসল্ট।

(iii) **ক্রিপটোক্রিস্টালিন** (Cryptocrystalline) : এক্ষেত্রে মাইক্রোস্কোপের দ্বারাও কেলাসগুলিকে চিহ্নিত করা যায় না।

5.2.1.1.3. রাসায়নিক সমন্বয় অনুযায়ী আগ্নেয়শিলার শ্রেণিবিভাগ (Classification of Igneous Rock based on Chemical Composition) :

আগ্নেয়শিলা বেশিরভাগ ক্ষেত্রে সিলিকা (SiO_2), অ্যালুমিনা (Al_2O_3), ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3), ফেরাস অক্সাইড (FeO), ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড (MgO), ক্যালশিয়াম অক্সাইড (CaO) প্রভৃতি দ্বারা গঠিত। নীচে গ্রানাইট এবং ব্যাসল্টের রাসায়নিক সমন্বয় বিবৃত হল (সারণী ৫.২)।

এই রাসায়নিক গঠন মূলত সিলিকার উপস্থিতির দ্বারা আগ্নেয় শিলাকে নিম্নলিখিত 4টি ভাগে ভাগ করা হয়।

(i) **আম্লিক আগ্নেয়শিলা** (Acidic Igneous Rock) — এই শিলাতে সিলিকা (SiO_2) এর পরিমাণ 66 শতাংশের চেয়ে বেশি হয়। এখানে কোয়ার্জের দানাগুলি স্বাধীনভাবে অবস্থান করে। উদাহরণ— গ্রানাইট, কোয়ার্জ পরফাইরি, পেগমাটাইট, রায়োলাইট, ডেসাইট, গ্রানোডায়োরাইট।

(ii) **মধ্যবর্তী আগ্নেয়শিলা** (Intermediate Igneous Rocks) : এখানে সিলিকার পরিমাণ 66-52 শতাংশ হয় এবং এখানে কোনো কোয়ার্জদানা স্বাধীনভাবে থাকে না। এই শিলা আম্লিকও নয় আবার ক্ষারকীয়ও নয়। উদাহরণ (সারণী ৫.৩)— ডায়োরাইট, সায়ানাইট, পরফাইরি, অ্যান্ডিসাইট প্রভৃতি।

	গ্রানাইট (% ওজন)	ব্যাসল্ট (% ওজন)
SiO_2	70.2	49.1
Al_2O_3	14.4	15.7
Fe_2O_3	1.6	5.4
FeO	1.8	6.4
MgO	0.9	6.2
CaO	2.0	9.0
Na_2O	3.5	3.1
K_2O	4.1	1.5
H_2O	0.8	1.6
অন্যান্য	0.7	2.0
মোট	100	100

সারণী ৫.২ : গ্রানাইট ও ব্যাসল্টের রাসায়নিক সমন্বয়

(iii) ক্ষারকীয় আগ্নেয়শিলা (Basic Igneous Rock) : এই শিলায় সিলিকার পরিমাণ 52-45 শতাংশ থাকে এবং এখানে প্ল্যাজিওক্লেজ এবং পাইরক্সিন খনিজ বেশিমাত্রায় থাকে। উদাহরণ— গ্যাব্রো, ডোলেরাইট এবং ব্যাসল্ট।

(iv) অতি-ক্ষারকীয় আগ্নেয়শিলা (Ultra Basic Igneous Rocks) : এই শিলায় সিলিকার (SiO_2) পরিমাণ 45 শতাংশের কম হয় এবং এখানে অলিভিন ও পাইরক্সিনের পরিমাণ অধিক থাকে। উদাহরণ— পেরিডোটাইট, অলিভিন ব্যাসল্ট প্রভৃতি।

এক নজরে আগ্নেয় শিলার শ্রেণিবিভাগ

অবস্থান বা উৎপত্তি / রাসায়নিক গঠন		সিলিকা > 66% কোয়ার্জ > 10% আল্পিক	সিলিকা 66-52% মধ্যবর্তী	সিলিকা 52-45% ক্ষারকীয়	সিলিকা < 45% অতি ক্ষারকীয়	গ্রথন ও কেলাসের আকৃতি
নিঃসারী		রায়োলাইট ডেসাইট	অ্যান্ডিসাইট ফোনোলাইট	ব্যাসল্ট	পিক্রাইট	
উদ্ভেদী	পাতালিক	পেগমাটাইট কোয়ার্জ পরফাইরি	পরফাইরি	ডোলেরাইট	—	0.06 মিমি
	উপ-পাতালিক	গ্রানাইট গ্রানোডায়োরাইট	ডায়োরাইট	গ্যাব্রো অ্যানোরথোসাইট	পেরিডোটাইট	2.0 মিমি

সারণী ৫.৩ : আগ্নেয়শিলার রাসায়নিক বিভাগ

5.2.1.2. *আগ্নেয়শিলার সাথে সংশ্লিষ্ট অর্থনৈতিক দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ খনিজসমূহ :*

ম্যাগমার কঠিনীভবনের সময় এর সাথে সংশ্লিষ্ট ভারী খনিজগুলি এবং ধাতব অক্সাইড, ক্লোরাইড, সালফাইড এবং কিছু ধাতু যেমন— নিকেল, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি, লাভা প্রবাহের নীচের অংশে (base) সঞ্চিত হয়। ম্যাগনেটাইট (Fe_3O_4) এবং ক্রোমাইট (FCr_2O_4) প্রভৃতি খনিজ এভাবে সঞ্চিত হয়। সুইডেনের কিরুনা (Kiruna) লৌহ খনি অঞ্চলে অনুরূপভাবে আকরিকের সঞ্চয় ঘটেছিল। এইরূপভাবে আগ্নেয় উদ্ভেদ স্তরের নীচের অংশে সঞ্চিত উন্নতমানের আকরিক এক একটি দেশকে অর্থনৈতিক উন্নতির শিখরে পৌঁছে দিয়েছে। উদাহরণস্বরূপ, আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের মন্টানা প্রদেশের স্টিল ওয়াটার (Still Water) এলাকা, কানাডার ম্যাকেঞ্জি প্রদেশের মাসকক্স (Muskox), দক্ষিণ আফ্রিকার বুশভেল্ড (Bush Veld) এলাকা প্রভৃতির নাম উল্লেখযোগ্য।

শিলা	খনিজ সমন্বয়	গ্রথন	রঙ	রাসায়নিক গুণ: সিলিকার পরিমাণ	রাসায়নিক গুণ: রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য	অন্যান্য বৈশিষ্ট্য
গ্রানাইট	অর্থোক্লেজ ফেল্ডস্পার, কোয়ার্টজ ও সামান্য পরিমাণে হর্ন অ্যাম্ফিবোলাট বা বায়োটাইট, অভ্র। এই শিলায় অর্থক্লেজ ফেল্ডস্পারের পরিমাণ সাধারণত সর্বাধিক।	স্থূল, কখনো কখনো পরফাইরিটিক ধরনেরও হতে পারে অর্থাৎ যেখানে সূক্ষ্মদানার সাথে বড়ো কেলাসের মিশ্রণ লক্ষ করা যায়।	হালকা	70.2%	আম্লিক	সাধারণচার ধরনের উদ্ভেদী শিলার (গ্রানাইট, ডাইওরাইট, গ্যাব্রো ও পেরিডোটাইট) মধ্যে এটি অন্যতম। ব্যাথোলিথ সাধারণত গ্রানাইট দ্বারা গড়ে ওঠে।
ব্যাসল্ট	সামান্য প্যাজিওক্লেজ ফেল্ডস্পার, মাঝে মাঝে অলিভিন ও পাইরক্সিন, অভ্র।	সূক্ষ্ম; কখনো কখনো পরফাইরিটিক হতে পারে, তবে অতি-সর্বোচ্চ মাত্রা ছাড়া কেলাস দেখা যায় না।		49.1%	ক্ষারকীয়	নিঃসারী শিলার অন্যতম এটি।
ডায়োরাইট	সমপরিমাণে অ্যাম্ফিবোল, প্যাজিওক্লেস, ফেল্ডস্পার ও পাইরক্সিন, অভ্র।	স্থূল; কখনও কখনও পরফাইরিটিক ধরনের হয়ে থাকে।		66—52%	মধ্যবর্তী	উদ্ভেদী
অ্যান্ডিসাইট	প্যাজিওক্লেজ ফেল্ডস্পার, অ্যাম্ফিবোল প্রায় সমপরিমাণে ও অভ্র।	সূক্ষ্ম; কখনো কখনো পরফাইরিটিক হতে পারে।	গাঢ়	66%—52%	মধ্যবর্তী	নিঃসারী
ডলোরাইট				52%—45%	ক্ষারকীয়	
গ্যাব্রো	পাইরক্সিন ও সামান্য পরিমাণে প্যাজিওক্লেজ ফেল্ডস্পার নিয়ে গঠিত।	স্থূল; কখনো কখনো পরফাইরিটিক ধরনের হয়ে থাকে।		52%—45%	ক্ষারকীয়	উদ্ভেদী শিলা
রায়োলাইট	অর্থোক্লেজ ফেল্ডস্পার, কোয়ার্টজ, অভ্র, সামান্য পরিমাণে অ্যাম্ফিবোল বা বায়োটাইট	সূক্ষ্ম; কখনো কখনো পরফাই- রিটিক ধরনের হতে পারে।		>66%	আম্লিক	নিঃসারী
পেরিডোটাইট	অলিভিন পাইরক্সিন	স্থূল		<45%	অতি ক্ষারকীয়	উদ্ভেদী শিলা
অবসিডিয়ান	অর্থোক্লেজ ফেল্ডস্পার অ্যাম্ফিবোলাইট কোয়ার্টজ	গ্লাসি (অর্থাৎ খনিজ পুরোপুরি গঠিত হতে পারেনি তবে খনিজ উপাদানগুলি শিলায় বর্তমান।)	কালো		আম্লিক	নিঃসারী
পিউমাইস	অর্থোক্লেজ ফেল্ডস্পার অ্যাম্ফিবোলাইট কোয়ার্টজ	গ্লাসি			আম্লিক	নিঃসারী, অনেক সময় ব্যাসল্ট জাতীয় শিলা ঠান্ডা হবার সময় কিছু পরিমাণ গ্যাস শিলায় মধ্যে আবদ্ধ হয়ে পড়ে। পরবর্তীকালে ওই গ্যাস নির্গত হলে অসংখ্য ছোটো ছোটো গর্তের সৃষ্টি হয়। এভাবে পিউমাইস ও স্কোরিয়া শিলা গঠিত হয়।
স্কোরিয়া	প্যাজিওক্লেজ ফেল্ডস্পার অলিভিন, পাইরক্সিন	গ্লাসি				

সারণী ৫.৪ : বিভিন্নপ্রকার আগ্নেয়শিলা ও তাদের বৈশিষ্ট্য

উত্তপ্ত গলিত ম্যাগমার উদ্ভেদের পর খনিজগুলি কেলাসে (Crystallisation) পরিণত হতে শুরু করে। প্রথমে কোয়ার্জ এবং ফেলসপারের কেলাস গঠিত হয়ে গেলে, অবশিষ্ট তরল একত্রিত হয়ে উদ্ভেদের পাশের দিকে শিলাস্তরের ফাটলের মধ্যে ঢুকে পড়ে এবং এভাবে ধাতুগুলি একত্রিত অবস্থায় ভূ-অভ্যন্তরে অবস্থান করে। এজাতীয় উদ্ভেদগুলিকে **উদ্ভেদ শিরা** (Vain) এবং ধাতুর সঞ্চয় সমেত শিরাগুলিকে লোডস (Lodes) বলে। এভাবে তামা, দস্তা, আর্সেনিক, টিন, টাংস্টেন, সোনা, রুপা প্রভৃতি ধাতুর সঞ্চয় ঘটে।

5.2.1.3. আগ্নেয়শিলার সাথে জৈব জগতের সম্পর্ক :

পৃথিবীতে জীবের জন্ম, বৃদ্ধি এবং বেঁচে থাকার জন্য খনিজের প্রয়োজন। মূলত পটাশিয়াম, ক্যালশিয়াম, সালফার, ফসফরাস, লোহা প্রভৃতি এপ্রকার খনিজের উদাহরণ। মানুষ তথা জীবজগত উদ্ভিদদেহ থেকে পুষ্টি এবং খনিজ আহরণ করে। এই খনিজগুলির প্রাপ্তিস্থল হল ভূ-পৃষ্ঠের উপরিস্থ মৃত্তিকা বা আবহবিকারজাত রেগোলিথ (Regolith)। শিলার যান্ত্রিক খণ্ডীভবন এবং রাসায়নিক বিয়োজনের ফলে রেগোলিথ বা মৃত্তিকার সৃষ্টি। এই খণ্ডীভবন এবং বিয়োজন শিলাগাত্র থেকে দ্রাব্য খনিজ নিঃসরণ করে যা উদ্ভিদেরা পুষ্টি হিসেবে গ্রহণ করে। অতএব অত্যাবশ্যকীয় এসব খনিজের আদি উৎস হল ভূ-পৃষ্ঠের **প্রাথমিক শিলা** (Primary rocks) বা **আগ্নেয়শিলা**।

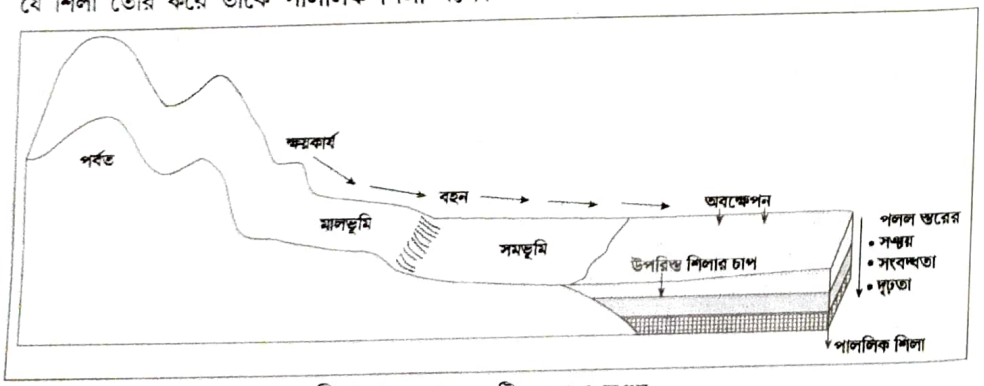
যে মহাদেশের ভূ-পৃষ্ঠের নবীকরণ (Crustal renewal) অর্থাৎ মহাদেশের উত্থান, অগ্ন্যুদ্‌গম, আগ্নেয় উদ্ভেদ প্রভৃতি হয়না, সেখানে দীর্ঘকাল ধরে কেবল ক্ষয়ের ফলে নীচু ভূমিরূপ তৈরি হয় ও অনুর্বর মৃত্তিকার সৃষ্টি হয়। ভূ-পৃষ্ঠের নবীকরণ যেখানে নেই— সে স্থান প্রায় জীবশূন্য, কারণ জীবনধারণের উপযোগী খনিজ সেখানে আর অবশিষ্ট নেই, সবই ক্ষয়িত হয়ে অপসৃত হয়ে গেছে। কেবল দুটো পদ্ধতি পৃথিবীকে এমন পরিণতি থেকে রক্ষা করতে পারে, যেগুলি হল—

১। **ম্যাগমা নিঃসরণ এবং উদ্ভেদ** (Extrusion & Intrusion of magma) এবং ২। **ভূ-সংস্থানগত উত্থান** (Tectonic Upliftment)

এই দুই পদ্ধতিতে ভূ-পৃষ্ঠের ওপরে নতুন শিলার উন্মেষ ঘটে এবং সেই সঙ্গে নতুন খনিজের সংস্থান হয়। মহাদেশীয় ভূ-ত্বকের প্রায় 95 শতাংশ আগ্নেয়শিলা দিয়ে গঠিত হয় এবং খনিজের এই বিশাল সঞ্চয় জীবনধারনের জন্য প্রয়োজনীয় সমস্ত খনিজের জোগান দেয়।

5.2.2. পাললিক শিলা (Sedimentary Rocks) :

আবহবিকার, নদী, হিমবাহ, বায়ু, সমুদ্রতরঙ্গ প্রভৃতি প্রাকৃতিক শক্তির ক্ষয়জাত পললসমূহ, নদীবক্ষে, হ্রদে, ব-দ্বীপে, মহিসোপানে এবং গভীর সমুদ্রবক্ষে সঞ্চিত হয়ে, উপরিস্থ চাপের ফলে দৃঢ়সংবদ্ধ অবস্থায় যে শিলা তৈরি করে তাকে **পাললিক শিলা** বলে।

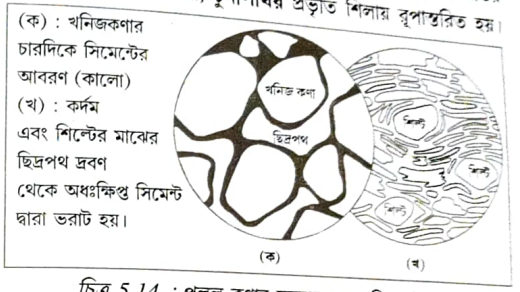


চিত্র 5.13 : পলল সৃষ্টি, বহন ও সঞ্চয়

5.2.2.1. পাললিক শিলার উৎপত্তির পদ্ধতি — ডায়াজেনেসিস (Process of Development of Sedimentary Rocks—Diagenesis) :

অসংবদ্ধ পলল থেকে জলীয় পরিবেশে (Aquatic environment) পাললিক শিলায় রূপান্তর কতকগুলি বিশেষ পদ্ধতি অনুসরণ করে সংঘটিত হয়। পললরাজি সঞ্চিত হওয়ার ঠিক পরে পরেই কতকগুলি পদ্ধতির সূচনা হয়, যার দ্বারা পলল-সমূহ শক্ত **বেলেপাথর, কাদাপাথর, চুনাপাথর** প্রভৃতি শিলায় রূপান্তরিত হয়।

ডায়াজেনেসিস (Diagenesis) : পলল থেকে পাললিক শিলায় রূপান্তরের সমস্ত পদ্ধতিকে একত্রে **ডায়াজেনেসিস** বলে। **সিমেন্টেশন, কম্পাকশন** (Compaction), **দ্রবণ** (Solution), **পুনর্কেলাসীভবন** (Recrystallisation), **রাসায়নিক পরিবর্তন** (Chemical alteration) প্রভৃতিকে একত্রে **ডায়াজেনেসিস** বলে।



চিত্র 5.14 : পলল কণার দৃঢ়সংবদ্ধতা (সিমেন্টেশন)

(i) **একত্রীকরণ** (Cementation) : পলল জমা হওয়ার পরে পললের ফাঁক বা ছিদ্র (Voids or pores) দিয়ে প্রবিষ্ট জল যেসব খনিজ বহন করে আনে, তার দ্বারা সংশ্লিষ্ট কণাগুলি আবৃত হয়, বেশিরভাগ ক্ষেত্রে ওই ছিদ্র, ফাঁক ফোকর প্রভৃতি জলবাহিত খনিজ দ্বারা ভরাট হয়ে যায় এবং ঐ খনিজ সিমেন্টের মতো দানাগুলিকে আটকে দেয় এবং একটি শিলার জন্ম দেয়।

(ii) **দৃঢ়সংবদ্ধতা** (Compaction) : কর্দমাক্ত পলল থেকে পাললিক শিলায় রূপান্তরের প্রধান পদ্ধতি হল, উপরিস্থ পলল বা জলরাশির বিপুল চাপ জনিত দৃঢ়সংবদ্ধতা। ঐ চাপের ফলে কণাগুলির মাঝের জল অপসৃত হয়, এবং ঐ জলবাহিত খনিজগুলি সুক্ষ্মাতিসুক্ষ্ম ছিদ্র-জলিকার মধ্যে জমা হয়। এই ধরণের দৃঢ়সংবদ্ধতা বেলেপাথরের তুলনায় কাদাপাথর তৈরীর পথে অনেক কার্যকরী। এই দৃঢ়সংবদ্ধতার সময় কণা মধ্যস্থ জল অপসৃত হলেও দ্রবীভূত লবণ হিসেবে কিছু জল পললের মধ্যে থেকে যায় এদের **কনেট জল** (Connate water) বলে।

(iii) **পুনঃকেলাসীভবন** (Re-crystallisation) : পলল-সঞ্চয়ের সাথে সাথে কম স্থায়ী বা অস্থায়ী কেলাসগুলি ভেঙে নতুন করে বেশিস্থায়ী কেলাসে রূপান্তরিত হয়। এই পদ্ধতিটি ক্রান্তীয় প্রবাল-প্রাচীর (Coral reef) এলাকায় বেশিমাত্রায় চোখে পড়ে। আরাগোনাইট (Aragonite) খনিজ যা জীবিত প্রবালের শক্ত কেলাস তৈরি করে, এটির পলিমর্ফ (Polymorph) পরবর্তীকালে ক্যালসাইটের কেলাস গঠন করে।

(iv) **রাসায়নিক রূপান্তর** (Chemical Alteration) : অক্সিজেন সমন্বিত পরিবেশে (Aerobic Environment) জৈব পদার্থগুলি সহজে জারিত হয়ে কার্বন-ডাইঅক্সাইড এবং জলে রূপান্তরিত হয়। অন্যদিকে অবায়বীয় পরিবেশে (Anaerobic environment) পললস্থিত জৈবপদার্থ পুরোপুরি নষ্ট না হয়ে গিয়ে ক্রমশ কঠিন কার্বনে (যেমন—কয়লা) পরিণত হয়।

অন্য বিভিন্ন রকমের পরিবর্তনও এর সাথে সম্পর্কিত। কিছু কিছু শিলার ক্ষেত্রে এক যৌগের পরিবর্তে অন্য যৌগের অন্তর্ভুক্তি, যৌগের স্থানান্তর, লিচিং (Leaching) পদ্ধতিতে সামুদ্রিক লবণের স্থানান্তর প্রভৃতিও সংঘটিত হয়।

5.2.2.2. পললের শ্রেণিবিভাগ (Classification of Sediments) :

পলল সাধারণত তিন প্রকারের হয়—

A. **ক্লাস্টিক** (Clastic), B. **রাসায়নিক** (Chemical) এবং C. **জৈব** (Bio-genic) পলল।

5.2.2.2.1. ক্লাস্টিক পলল (Clastic Sediment) :

সাধারণত যান্ত্রিক আবহবিকার, নদী, হিমবাহ, বায়ু, সমুদ্রতরঙ্গ প্রভৃতির ক্রিয়ায় যান্ত্রিকভাবে শিলা খণ্ড-বিখণ্ড হয়ে যে পললের সৃষ্টি করে তাদের ক্লাস্টিক পলল বলে। এই পললের আকৃতি বিভিন্ন রকমের হয়। আয়তনের বিচারে এদের বিভিন্ন নাম নীচের সারণিতে লেখা হল।

সারণী ৫.৫ : পললের গ্রথন

পললের নাম	কণার আকৃতি (ব্যাস) মিমি	ϕ–ফাই (Phi) স্কেল [$\phi = -\log_2 d$ (d = diameter in mm)]
বোল্ডার (Boulder)	≥ 256	≤ −8
কোবল (Cobble)	64 – 256	−6 থেকে −8
পেবল (Pebble)	2 – 63	−1 থেকে −6
বালি (Sand)	0.0625 – 2	4 থেকে −1
সিল্ট (Silt)	0.0039 – 0.0625	8 থেকে 4
কর্দম বা ক্লে (Clay)	≤ 0.0039	≥ 8

(C. K. Wentworth এর অনুসরণে)

● **ক্লাস্টিক পললের বৈশিষ্ট্য :**

এই পললের বৈশিষ্ট্যের ওপর সংশ্লিষ্ট পাললিক শিলার সামগ্রিক চরিত্র নির্ভর করে।

(ক) ক্রমসজ্জা (Sorting) : একই আয়তনের (Size), একই আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity) অনুযায়ী কণাগুলি সাজানো থাকলে তাকে সর্টিং বলে। বিভিন্ন আকৃতির কণা, যেমন বোল্ডার, বালি, সিল্ট, ক্লে প্রভৃতি একসঙ্গে অবস্থান করলে তাকে নিম্নমানের ক্রমসজ্জা (Poor Sorting), আবার একই আকারের কণা একসাথে অবস্থান করলে তাকে উচ্চমানের ক্রমসজ্জা (Well Sorting) বলে।

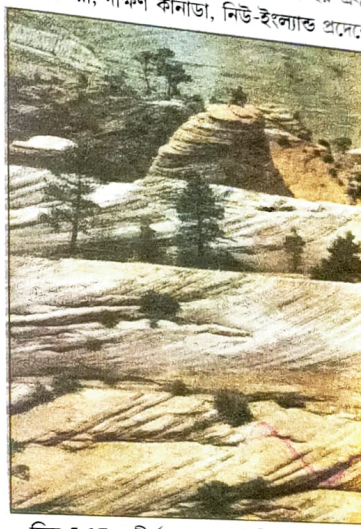
(খ) পললের আকৃতি (Shape of Sediments) : পললের আকৃতি কখনো গোলাকার, কখনো ধারালো বা সূক্ষ্ম কোনাকৃতি হয়। পলল, সৃষ্টির স্থান থেকে অনেক দূরে গড়িয়ে গড়িয়ে প্রবাহিত হয়ে যদি কোনো স্থানে জমা হয় তখন তার আকৃতি গোলাকার হয়। আবার যান্ত্রিক আবহবিকারের দ্বারা সৃষ্টির ধারে-কাছেই যদি সঞ্চিত হয় তবে সে পলল কোনাকৃতি ও ধারালো হয়।

চিত্র 5.15 : ভার্ব সঞ্চয় : পূর্ব কানাডার হিমবাহ হ্রদে সঞ্চিত ভার্ব সঞ্চয়। প্রতি জোড়া স্তর এক বছরের ভিন্ন ঋতুর পৃথক অবস্থাকে সূচিত করে। গ্রীষ্মের বরফগলা জলের দ্বারা বড় কণা এবং শীতে কম জলের দ্বারা সূক্ষ্ম কণার সঞ্চয় হয়।

(গ) সঞ্চয়ের প্রকৃতি (Nature of Deposition) :

***(i)* ভার্ব সঞ্চয়** (Varbe Deposits) : কিছু কিছু পলল সঞ্চয়ে ক্রমান্বয়ে সূক্ষ্ম বা স্থূল দানার স্তরগুলি পরস্পরের সমান্তরালে অবস্থান করে। এটি প্রাকৃতিক পরিবর্তনের ছন্দকে নির্দেশ করে। একজোড়া স্তর, যেগুলি কোনো একটি বছরের বিভিন্ন ঋতুচক্রের সঙ্গে সম্পর্কিত তাকে ভার্ব সঞ্চয় (Varbe Deposits) বলে। সাধারণত উচ্চ অক্ষাংশ বা উচ্চ পর্বতের হিমবাহ অধ্যুষিত অঞ্চলের হ্রদ সঞ্চয়ে এধরনের ভার্ব দেখা যায়। বসন্তে এবং গ্রীষ্মকালে বরফগলা জলে বাহিত মোটা দানার পললস্তর জমা হয়। অন্যদিকে শরৎ এবং শীতের প্রারম্ভে জলপ্রবাহ কমে যায় এবং হ্রদের ওপরের জল বরফে পরিণত হয়। এই হ্রদের জলস্তরে বাহিত সূক্ষ্মাতি-সূক্ষ্ম কণাগুলি তখন ধীরে ধীরে হ্রদের তলদেশে জমা হয় এবং সূক্ষ্ম দানার স্তর তৈরি করে। এধরনের ভার্ব-হ্রদ-সঞ্চয় স্ক্যান্ডিনেভিয়া, দক্ষিণ কানাডা, নিউ-ইংল্যান্ড প্রদেশে বেশি দেখা যায়।

***(ii)* স্তরায়িত বা ল্যামিনেটেড পলল** (Laminated Sediment) : নদীর জলরাশি ও তার গতিবেগের পরিবর্তনের সাথে সাথে প্লাবনভূমিতে এক বছর থেকে অন্য বছরে সঞ্চিত পললস্তরের কণার আকৃতির পার্থক্য থাকে। একে স্তরায়ন বা ল্যামিনেশন বলে। কোনো বছর বড়ো মাপের বন্যায় নদীর জলস্রোত বেশি থাকায় বড়ো দানার কণাগুলি প্লাবনভূমি পর্যন্ত বাহিত হয়ে সঞ্চিত হয়। আবার পরের বছর নদীর জলস্রোত কম থাকায় কেবল সূক্ষ্মকণাযুক্ত পলল নদী দ্বারা বাহিত হয়ে প্লাবনভূমিতে জমা হতে পারে। এভাবে বছর-ভিত্তিক ল্যামিনেটেড সঞ্চয় দেখা যায়। গড়বেতায় গনগনির ডাঙাতে, শিলাবতী নদীর পাড়ে, মেদিনীপুর শহরের অদূরে রাঙামাটি এলাকায় কাসাই নদীর পাড়ে উন্মুক্ত প্রাচীন পলল স্তরে এ জাতীয় ল্যামিনেশন চোখে পড়ে। এ ধরনের স্তরায়ন বা ল্যামিনেশন পর্যবেক্ষণ করে সঞ্চয়ের সময়ে নদীর বৈশিষ্ট্য, তখনকার জলবায়ু প্রভৃতি সম্পর্কে জানা যায়।



চিত্র 5.17 : তীর্যক স্তরায়ন, উটা জিও ন্যাশনাল পার্ক (Skinner, 2004)

***(iii)* তীর্যক স্তরায়ণ** (Cross bedding) : একটি প্রশস্ত স্তরের সাপেক্ষে ছোটো ছোটো স্তরগুলি কৌণিকভাবে অবস্থান করলে তাকে তীর্যক বা কৌণিক স্তর বলে। নদী, বায়ু এবং সমুদ্র তরঙ্গের আলোড়িত প্রবাহ (Turbulent) থাকলে সিল্টের চেয়ে বড়ো অর্থাৎ বালুকাময় পললে এধরনের তীর্যক স্তরায়ণ গঠিত হয়। পললসমূহ প্রবাহের সময় শিরা, ঢিবি, বালিয়াড়ি প্রভৃতিতে একত্রিত হয় এবং এগুলি ক্রমশ নদী, বায়ু বা সমুদ্রতরঙ্গ প্রবাহের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। এভাবে শিরা, ঢিবি বা বালিয়াড়ির অনুবাত ঢালে (Down stream slope) পললস্তরগুলি সাধারণত 30-35° কোণে সঞ্চিত হয় এবং এভাবেই তীর্যক স্তরায়ণের সৃষ্টি। একটি তীর্যক স্তরায়ণ পর্যবেক্ষণের দ্বারা সঞ্চয়ের সময় সংশ্লিষ্ট নদী, বায়ু বা তরঙ্গের গতিপ্রকৃতি সম্পর্কে জানা যায়।

***(iv)* পর্যায়িত স্তরায়ণ** (Graded Bedding) : কোনো পলল সঞ্চয়ে যদি মোটা থেকে সূক্ষ্ম দানার কণাগুলি ক্রমশ তাদের ওজন এবং আকার অনুযায়ী পর্যায়িতভাবে জমা হয় তখন তাকে পর্যায়িত সঞ্চয় বলে। এখানে মোটা দানার কণাগুলি নীচে এবং ক্রমশ সূক্ষ্ম থেকে সূক্ষ্মতর কণাগুলি ওপরে সঞ্চিত হয়।

চিত্র 5.18 : পর্যায়িত স্তরায়ন, মাউন্ট হেলেনস্

5.2.2.2.2. রাসায়নিক পলল (Chemical Sediment) :

যান্ত্রিক আবহবিকার, নদী, হিমবাহ, বায়ু ও সমুদ্র তরঙ্গের যান্ত্রিক ক্ষয় ছাড়াও,

রাসায়নিকভাবে দ্রবীভূত অবস্থায় একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরিত হয়ে থিতিয়ে পড়ায় (Precipitation from solution), যে পললের সৃষ্টি হয় তাকে রাসায়নিক পলল বলে। এই ধরনের পললের উৎপত্তি মূলত দুভাবে সম্পন্ন হয় :

(i) জলের মধ্যস্থিত উদ্ভিদ বা প্রাণীর জৈব রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে এপ্রকার পললের সৃষ্টি হয়ে পারে। যেমন— জলজ উদ্ভিদ সংশ্লিষ্ট জলের অম্লত্ব কমিয়ে দিলে দ্রবীভূত ক্যালশিয়াম কার্বোনেট থিতিয়ে পড়ে।

(ii) জলের অজৈব বিক্রিয়ার ফলেও এপ্রকার পললের সৃষ্টি হয়।

(a) জলের উষ্ণতা হ্রাস পেলে, সাধারণত উষ্ণ প্রস্রবণের জল ঠান্ডা হলে, ওই জলে দ্রবীভূত পদার্থ যথা— ওপাল (opal) বা হাইড্রেটেড সিলিকেট, ক্যালশিয়াম কার্বোনেট প্রভৃতি নীচে থিতিয়ে পড়ে ও রাসায়নিক কর্দমের সৃষ্টি করে।

(b) জল বাষ্পীভূত হলে ওতে দ্রবীভূত পদার্থগুলি নীচে থিতিয়ে পড়ে, যেমন— লবণ হ্রদের জল বাষ্পীভূত হওয়ার ফলে হ্রদের তলদেশে সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3), সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4), বোরাক্স ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) প্রভৃতি সঞ্চিত হয়।

সমুদ্রজল বাষ্পীভবনের ফলে সমুদ্র তলদেশে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং জিপসাম ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) প্রভৃতি সঞ্চিত হয়।

5.2.2.2.3. জৈব পলল (Biogenic Sediment) :

জীব বা উদ্ভিদের দেহাবশেষ যখন পললস্তরে চাপা পড়ে প্রস্তরীভূত হয় তখন তাকে **জীবাশ্ম** (Fossil) বলে। এই প্রকার জীবাশ্ম সমৃদ্ধ পলল যা মূলত প্রাণী বা উদ্ভিদের জৈবিক ক্রিয়ার ফলে সৃষ্ট তাকে জৈব পলল বলে।

জৈব পললের সৃষ্টি পার্থিব প্রণালিবদ্ধ ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফলশ্রুতি। জীবজগত শিলামণ্ডল, বারিমণ্ডল এবং বায়ুমণ্ডলের সাথে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার দ্বারা রসদ সংগ্রহ করে এবং এইসব পুষ্টি বা রসদ জৈব -ভূ-রাসায়নিক চক্রের (Geo Chemical Cycle) অধীনে আবার শিলামণ্ডলে, বায়ুমণ্ডলে বা বারিমণ্ডলে ফিরে আসে। জীব বা জীবদেহ মৃত্যুর পর একসাথে বিপুল মাত্রায় পললস্তরে আটকে পড়লে জৈব পললের সৃষ্টি হয় এবং তা জ্বালানি হিসেবে ব্যবহার করলে মৌলিক পদার্থগুলি আবার পার্থিব বা বায়ুমণ্ডলীয় প্রণালিতে ফিরে যায়।

এই জৈব পলল আবার দুপ্রকারের—

(ক) **জৈব-সংঘাত পলল** (Bio-Clastic Sediment) : প্রাণী বা উদ্ভিদ দেহের শক্ত দেহাবশেষ (কঙ্কাল, কয়লাখণ্ড) প্রভৃতি যান্ত্রিক উপায়ে খণ্ডিত হয়ে যে পলল তৈরি করে তাকে জৈব সংঘাত পলল বলে। সাধারণত জৈব পদার্থ বিয়োজিত হয়, কিন্তু নির্দিষ্ট উপযুক্ত পরিবেশে অর্থাৎ পললস্তরে চাপা পড়লে তারা জীবাশ্মের মতো নতুন জৈব যৌগে রূপান্তরিত হয় এবং পরে তা খণ্ডিত হয়ে জৈব সংঘাত পললের সৃষ্টি করে।

(খ) **জীব উদ্ভূত কর্দ** (Biogenic Ooze) : সূক্ষ্ম সামুদ্রিক প্রাণীর (Microscopic Marine Organisms) দেহাবশেষ সঞ্চিত হয়ে সমুদ্রতলদেশে যে পললের সৃষ্টি হয় তাকে কর্দ (ooze) বা জীব উদ্ভূত পলল বলে। এটি দুপ্রকার— (i) ক্যালকেরিয়াস কর্দ যেখানে ক্যালশিয়াম কার্বোনেটের প্রাচুর্য রয়েছে। আবার (ii) সিলিসিয়াস কর্দ (Siliceous Ooze) যেখানে সিলিকার প্রাচুর্য রয়েছে।

(i) **ক্যালকেরিয়াস কর্দ** (Calcareous Ooze) : যদিও ক্যালশিয়াম কার্বনেট সমুদ্রজলের বাষ্পীভবনের মাধ্যমে থিতিয়ে সঞ্চিত হতে পারে, তথাপি বেশিরভাগ ক্যালশিয়াম কার্বনেট জৈবিক চরিত্রের, কারণ ওগুলি জীবদেহের বর্জ্যপদার্থ হিসেবে নির্গত হয়। জীবদেহ থেকে নির্গত ক্যালশিয়াম আয়ন জলে দ্রবীভূত বাইকার্বনেট আয়নের সাথে যুক্ত হয়ে শক্ত ক্যালশিয়াম কার্বনেট তৈরি করে।

$$Ca^{++} + H_2CO_3^- = CaCO_3 + H^+$$

(ক্যালশিয়াম আয়ন) (বাইকার্বনেট আয়ন) (ক্যালশিয়াম কার্বনেট) (হাইড্রোজেন আয়ন)

(ii) সূক্ষ্ম, ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র ভাসমান প্রোটোজোয়া (রেডিয়ো-লারিয়ান) এবং অ্যালগি (ডায়াটম) প্রভৃতির সিলিকা সমৃদ্ধ দেহাবশেষ থেকে **সিলিসিয়াস কর্দ** তৈরি হয়।

5.2.2.3. পলল স্তরের সঞ্চয়ের পরিবেশ (Environment of Deposition of Sediments) :

উৎপত্তির পদ্ধতির ওপর পাললিক শিলার গঠন, গ্রথন, সমন্বয় প্রভৃতির বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে এবং এই পদ্ধতিগুলি আবার নির্ভর করে পাললিক শিলার উৎপত্তির পরিবেশের ওপর। এই পরিবেশগুলি নিম্নরূপ—

5.2.2.3.1. মহাদেশীয় পরিবেশ :

মহাদেশের অভ্যন্তরে নদীবাহিত সঞ্চয় (Fluvial Deposits), হিমবাহ-বাহিত সঞ্চয় (Glacial deposits), বায়ুবাহিত সঞ্চয় (Aeolian Deposits), হ্রদ সঞ্চয় (Lacustrine deposits) প্রভৃতির উল্লেখ করা যায়। প্লাবনভূমি এলাকায় বহিঃ বিধৌত সমভূমিতে, মরুভূমি এবং হ্রদ অঞ্চলে সুদীর্ঘকালব্যাপী পললের সঞ্চয় এবং ক্রম-দৃঢ়সংবদ্ধতার মাধ্যমে পাললিক শিলার উদ্ভব হয় এবং এগুলি অন্য পরিবেশে সৃষ্ট পাললিক শিলার থেকে স্বতন্ত্র প্রকৃতির।

5.2.2.3.2. সৈকতভূমি (Beach) এবং অগভীর উপকূলীয় (Coastal) ও মহিসোপানের (Continental Shelf) পরিবেশ :

পৃথিবীর যতগুলি পরিবেশে পলল সঞ্চয় হয় তার মধ্যে এই এলাকাগুলি সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। মহাদেশ এবং মহাসাগরের সংযোগস্থলে অবস্থিত এই পরিবেশটি, মহাদেশ থেকে সৃষ্ট পললের বেশিরভাগ অংশই উপভোগ করে। এই পললের বেশিরভাগ অংশ তরঙ্গ, স্রোত, বায়ু, নদী প্রভৃতি শক্তির ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার দ্বারা তৈরী হয়। পলল উপকূলের সমান্তরালে বা উল্লম্বদিকে গভীর সমুদ্রে পরিবাহিত হয়। কম ঢালু ও অগভীর হওয়ায় এই জমা হওয়া পললস্তরগুলি জলের ওপরে জেগে ওঠে এবং বৈচিত্র্যময় শিলা গঠিত ভূমিরূপ গঠন করে, যাদের অর্থনৈতিক এবং বাস্তুতান্ত্রিক গুরুত্ব সবচেয়ে বেশি। এই পরিবেশটি আবার কতকগুলি উপাদানের সমন্বয় বিশেষ :

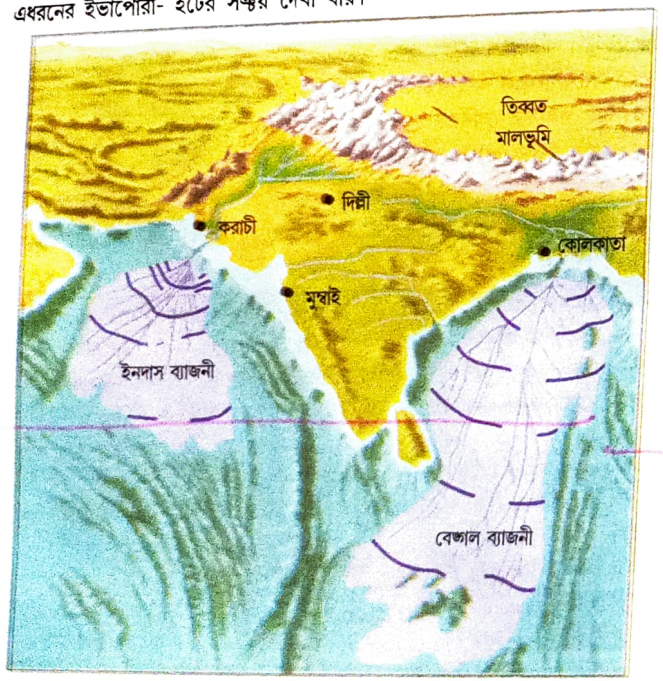
ফেসিজ (Facies) : কোনো পাললিক শিলার সামগ্রিক বৈশিষ্ট্য অর্থাৎ খনিজ সমন্বয় (Mineral Composition), গ্রথন (Texture), উপস্থিত জীবাশ্মের প্রকৃতি (Contained Fossil Character), রাসায়নিক গঠন (Chemical Compositon) প্রভৃতি মিলিত অবস্থায় পাললিক শিলার সঞ্চয় এবং সৃষ্টির পরিবেশকে (Environment of Deposition) সূচিত করে এবং সামগ্রিকভাবে একটি শিলা থেকে অপর শিলাকে পৃথক করতে সাহায্য করে তাই একে **ফেসিজ** (Facies) বলে।

- যেমন সামুদ্রিক পললস্তর **মেরিন ফেসিজ** (Marine facies) দ্বারা চিহ্নিত হয়। এটি আবার দুপ্রকার—
  - (i) **লিটোরাল ফেসিজ** (Littoral Facies) — মহিসোপান এলাকায় মোটা দানার বালি ও কাঁকর দ্বারা গঠিত।
  - (ii) **কর্দম ফেসিজ** (Muddy Facies) — গভীর সমুদ্রে সঞ্চিত হয় এবং সূক্ষ্ম কর্দ (ooze) দ্বারা গঠিত।
- মহাদেশীয় ফেসিজ (Continental Facies) : মহাদেশে উৎপন্ন পলল যেমন ব্রেকসিয়া, বায়বীয় লোয়েস, ওয়াদি খাতে সঞ্চিত পলল।
- আগ্নেয় ফেসিজ (Volcanic Facies) : আগ্নেয়গিরি থেকে উদ্ভূত পাইরোক্লাস্ট প্রভৃতি কোনো স্থানে পলল রূপে সঞ্চিত হলে তাকে আগ্নেয়ফেসিজ বলে।

- **নদী-মোহনার সঞ্চয়** : নদীগুলি যুগ যুগ ধরে বয়ে আনা পললের বেশিরভাগটাই তার মোহনা অঞ্চলে সঞ্চয় করে। সমুদ্রের লবণাক্ত জল, প্রায় আবদ্ধ খাড়ি এলাকায়, নদীর স্বাদু জলের নীচ দিয়ে বেশ কিছুদূর অভ্যন্তর পর্যন্ত অগ্রসর হয়। লবণাক্ত জলের সংস্পর্শে এসে নদীবাহিত ভাসমান পলি পরস্পরের

সাথে সংযুক্ত হয়ে বড়ো দানা (Mud Bal) তৈরি করে এবং এভাবে ভারী হয়ে নীচে থিতিয়ে যায়। এই কাদা ভীষণ আঠালো প্রকৃতির (Cohesive) হওয়ায় সহজে ক্ষয়িত বা পরিবাহিত হয় না এবং এভাবে ক্রমে সঞ্চিত হয়।

- **ব-দ্বীপ সঞ্চয়** : নদী যেখানে হ্রদ বা সমুদ্রে মিলিত হয়, সেই মোহনায় উপযুক্ত পরিবেশে ব-দ্বীপ তৈরি হয়। বৃহত্তর ব-দ্বীপ এলাকায় নদীখাতে অপেক্ষাকৃত মোটা দানার সঞ্চয়, দুটি খাতের মধ্যবর্তী এলাকায় মাঝারি দানা এবং সমুদ্রতলদেশে আরও সুক্ষ্ম দানার পলল জমা হয়।
- **সৈকত সঞ্চয়** : নদী, বায়ু এবং সমুদ্র-তরঙ্গ, জোয়ার ও ভাটা, স্রোত প্রভৃতি শক্তির ঘনিষ্ঠ ক্রিয়া প্রতিক্রিয়ায় সৈকত এলাকার পললের (বালি বা কাদা) সঞ্চয় ঘটে। যদিও কোথাও কোথাও কিছু কিছু পাথুরে (Rocky) উপকূলের অস্তিত্বও দেখা যায়।
- **মহিসোপানের সঞ্চয়** : নদীবাহিত সুক্ষ্ম পলল মহিসোপানের বহুদূর পর্যন্ত পরিবাহিত হয়ে সঞ্চিত হতে পারে। সাধারণত মহাদেশ থেকে 5-6 কিমি দূর পর্যন্ত এধরনের সঞ্চয় হলেও উত্তর আমেরিকার পূর্ব উপকূলে ভূমিভাগ থেকে প্রায় 14 কিমি দূর পর্যন্ত মহাদেশীয় পলল সঞ্চয়ের নজির মিলেছে।
- **সামুদ্রিক বাষ্পীভূত সঞ্চয়** (Marine Evaporite) : সমুদ্রের জল কোনো নীচু জায়গায় দীর্ঘদিন আবদ্ধ হলে, অধিক উচ্চতার জন্য জলীয় অংশের বাষ্পীভবনের ফলে দ্রাব্য পদার্থের সঞ্চয় ঘটে। এইভাবে সঞ্চিত পললকে মেরিন ইভাপোরাইট (Marine Evaporite) বলে। ভূমধ্যসাগরের তলদেশে এধরনের ইভাপোরা- ইটের সঞ্চয় দেখা যায়।



চিত্র 5.19 : ভারতীয় উপ-মহাদেশের সামুদ্রিক প্রান্তদেশে সিন্ধু, এবং গঙ্গা-ব্রহ্মপুত্র দ্বারা গঠিত গভীর সামুদ্রিক পলল ব্যাজনী

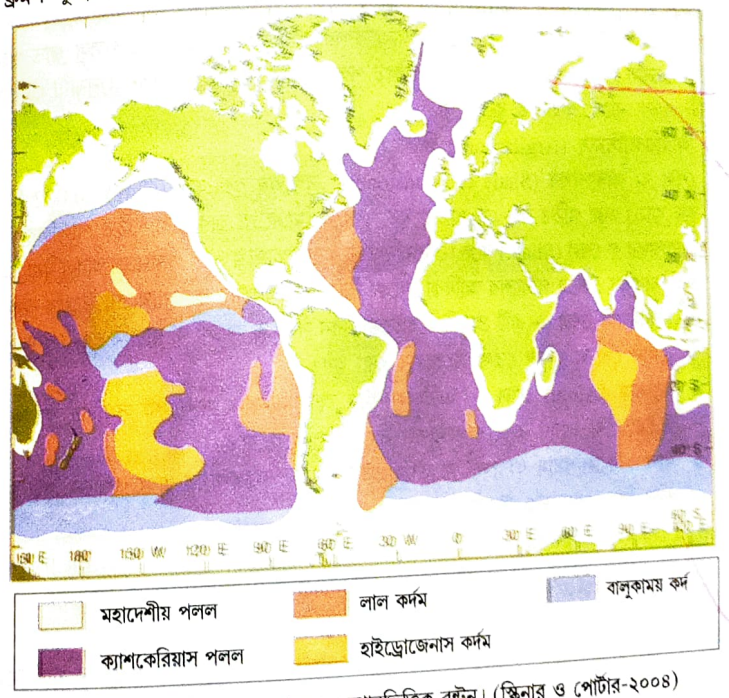
5.2.2.3.3. মহিঢালের পরিবেশ :

সামুদ্রিক পলল ব্যজনী (Deep Sea Fan) : মহিসোপানের নীচের ঢালু অংশটিতে সঞ্চয় না হলেও,

এর পাদদেশে বিশালাকার **পলল ব্যজনী** (Deep Sea Fan) সৃষ্টি হয়, ঠিক যেমনটি তৈরি হয় পর্বতের পাদদেশীয় এলাকায়। আমাজন, গঙ্গা, কঙ্গো, সিন্ধু প্রভৃতি বৃহদায়তন নদীগুলির মোহনা দিয়ে আসা **পললরাশি অন্তর্সাগরীয় খাত** (Submarine Canyon) বরাবর মহিঢাল বেয়ে এর পাদদেশে **ব্যজনীর** (Fan) আকারে সঞ্চিত হয় (চিত্র 5.19)।

কর্দমস্তর (Turbide) : মহিঢাল বেয়ে বয়ে চলা পঙ্কিল বা কর্দমাক্ত স্রোত (Turbidity Currents), মহিঢালের পাদদেশে কর্দমস্তর (Turbidite) জমা করে। এই কর্দম সাধারণত পর্যায়িত (graded) স্তরে সঞ্চিত হয়, যা পঙ্কিল স্রোতটির প্রাথমিক দ্রুত গতি (যা 20 কিমি প্রতিঘন্টায় পর্যন্তও হতে পারে) এবং পরবর্তী ক্ষেত্রে ঢাল থেকে দুরে ক্রমহ্রাসমান গতির নির্দেশক। পঙ্কিল স্রোতের গতি ক্রমশ হ্রাস পাওয়ার সাথে সাথে জমা হওয়া স্তরের কণাগুলি ক্রমশ সুক্ষ্ম থেকে সুক্ষ্মতর হয় এবং এভাবে পর্যায়িত স্তরের সৃষ্টি।

পলল সঞ্চার (Sediment Drift) : উত্তর আটলান্টিক মহাসাগর এবং আন্টার্কটিকা মহাদেশের সামুদ্রিক প্রান্তে, কয়েকশত কিমি দীর্ঘ, কয়েক কিমি প্রশস্ত এবং প্রায় দুই কিমি উচ্চ, বিশালাকার পলল সঞ্চয় দেখা যায়। এদের **পলল সঞ্চার** (Sediment Drift) বলে। এই পলল সঞ্চার বিশালাকার গভীর সামুদ্রিক স্রোতের সাথে সম্পর্কিত। পলল শিরার পৃষ্ঠদেশ বরাবর স্রোতের বেগ বেশি থাকায় পলল কণাগুলি স্থূল প্রকৃতির এবং তাতে ক্ষুদ্র তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এই শিরার পার্শ্বদেশে ও ভূমিভাগে পলল কণাগুলি ক্রমশ সুক্ষ্ম থেকে সুক্ষ্মতর হয়ে থাকে।



চিত্র 5.20 : বিভিন্ন প্রকার পললের স্থানভিত্তিক বন্টন। (স্কিনার ও পোর্টার-২০০৪)

5.2.2.3.4. গভীর সামুদ্রিক সঞ্চয়ের পরিবেশ (Deep Sea Depositional Environment) :

- **গভীর সামুদ্রিক কর্দম** (Deep Sea Oozes) : নিম্ন থেকে মধ্য-অক্ষাংশের মধ্যবর্তী এলাকায় ও 3-4 কিমির কম গভীরতা সম্পন্ন সামুদ্রিক তলদেশে **ক্যালকেরিয়াস কর্দ** (Calcareous Ooze)

জমা হয়। এই এলাকার, সমুদ্রপৃষ্ঠের উষ্ণতা (Sea Surface Temperature), ওই প্রকার কার্বনেট নিঃসরণকারী (Carbonate Secreting) প্রাণীর সৃষ্টি এবং বৃদ্ধির সহায়ক। নিরক্ষীয় এবং উত্তর-প্রশান্ত মহাসাগরীয় তলদেশ এবং আন্টার্কটিকা মহাদেশের চারপাশের সমুদ্রতলদেশে সিলিসিয়াস কর্দ (Silicious Ooze)-এর সঞ্চয় লক্ষ্য করা যায়।

- **স্থলজ পলল** : জৈব পলল ছাড়াও গভীর সমুদ্রে স্থলজ পলল সঞ্চিত হয়। নদী দ্বারা বাহিত সূক্ষ্ম বালি, সমুদ্রতরঙ্গ দ্বারা বাহিত উপকূল থেকে ক্ষয়িত পদার্থ, বায়ু বাহিত মরু-ধূলি বা আগ্নেয়-ভস্ম অথবা হিমশৈল বাহিত পদার্থ প্রভৃতি উত্তর ও দক্ষিণ-প্রশান্ত মহাসাগরে 4 কিমির বেশি গভীর অংশে জমা হয়। এটি সাধারণত অতিসূক্ষ্ম ক্লে (Clay), কোয়ার্জ বা অভ্রর দানা দিয়ে গঠিত এবং লালচে বা বাদামি রঙের দেখতে হয়।

5.2.2.4. *পাললিক শিলার শ্রেণিবিভাগ (Classification of Sedimentary Rocks) :*

পাললিক শিলাকে তার উৎপত্তির ধরণ এবং সংশ্লিষ্ট পললের প্রকৃতি অনুযায়ী— (ক) **সংঘাত,** (খ) **রাসায়নিক** এবং (গ) **জৈবিক পাললিক শিলায়** ভাগ করা হয়।

5.2.2.4.1. সংঘাত পাললিক শিলা (Clastic or Detrital Sedimentary Rocks) :

ভূ-সংস্থানগত আলোড়ন, আবহবিকার এবং ক্ষয়ের ফলে জাত পলল থেকে সৃষ্ট পাললিক শিলাকে সংঘাত (Clastic or Detrital) পাললিক শিলা বলে। এটি তিন প্রকার—

5.2.2.4.1.1. টেরিজেনাস (Terrigenous) শিলা :

স্থলভাগের শিলার (Terrestrial Rocks) আবহবিকার, ক্ষয় প্রভৃতির দ্বারা সৃষ্ট পলল জাত পাললিক শিলাকে টেরিজেনাস শিলা বলে। এই শিলায় অবস্থিত পলল কণার আকৃতি বা গ্রথন অনুযায়ী টেরিজেনাস শিলাকে 3টি পৃথক নামে অভিহিত করা যায় :

(A) **আরজিলাসিয়াস** (Argilaceous) **শিলা :**

(a) **শেল বা কাদাপাথর** (Shale or Mudstone) : সূক্ষ্মতম কণা ক্লে (Clay) (0.002 মিমি-এর কম ব্যাস) দ্বারা গঠিত বই-এর পাতার মত সূক্ষ্ম ল্যামিনেটেড স্তর দ্বারা গঠিত পাললিক শিলাকে কাদাপাথর বা শেল (Shale) বলে। রাসায়নিকভাবে কাদাপাথরে প্রচুর পরিমাণে অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এবং সাধারণ ক্ষেত্রে পটাশের আধিক্য থাকে। নীচে কিছু ধরনের কাদাপাথরের উল্লেখ করা হল—

- **বিটুমিনাস শেল** — এটি প্রাকৃতিক হাইড্রোকার্বন সমন্বিত কালো বা বাদামি রঙ-এর কাদাপাথর, এখান থেকে খনিজ তেল উত্তোলন করা হয়।
- **অ্যালাম** (Alum) **শেল** — এটি ক্ষারকীয় অ্যালুমিনিয়াম সালফেট সমন্বিত কাদাপাথর যা পাইরাইটের জারণ এবং জলযোজন ক্রিয়ায় সৃষ্টি হয়েছে।
- **মার্ল** : ক্যালশিয়াম কার্বনেট বা ডলোমাইট সমন্বিত কাদাপাথর এবং এখানে কিছু ক্লোরাইট এবং কিছু কোয়ার্জও উপস্থিত থাকে।

(b) সিল্ট স্টোন (Silt Stone) : 0·002–0·06 মিমি ব্যাসের কণাকে সিল্ট বলে। এই সিল্টদানাগুলি সিমেন্ট জাতীয় পদার্থ (সাধারণত ক্লে) দ্বারা একত্রিত হয়ে সিল্টস্টোন তৈরি করে।

(B) **অ্যারিনাসিয়াস (Arenaceous) শিলা :**

0.06–2 মিমি ব্যাসের পলল দানাকে একত্রে বালুকণা বলে। এই বালুকনার আকৃতির পার্থক্যের জন্য অনেকগুলি পর্যায়ে বা ভাগে ভাগ করা হয় :

- **বেলেপাথর (Sandstone)** — সিমেন্ট জাতীয় পদার্থের উপস্থিতিতে বালুকণা দৃঢ় এবং সংঘবদ্ধ হয়ে বেলেপাথরের সৃষ্টি করে। সাধারণত দুভাবে বেলেপাথরের বালুকণাগুলি সিমেন্টের উপস্থিতিতে (Cementation) দৃঢ় ও সংঘবদ্ধ হয়।

(a) সিলিকা সমৃদ্ধ দ্রবণ থেকে নির্গত কোয়ার্জ বালুকণার সঙ্গে আবদ্ধ হয়ে দানাগুলির গায়ে জ্যাকেটের

মতো আটকে যায় এবং এভাবে দুটি বালুকণার মধ্যস্থিত স্থানটি ভরাট হয় এবং সিমেন্টের মতো কণাগুলোকে আটকে দেয়।

(b) অনুপ্রবেশকারী জল থেকে দ্রবীভূত পদার্থ নির্গত হয়ে দুটি কণার মাঝের ফাঁকা জায়গায় জমা হয় এবং সিমেন্টের কাজ করে।

বেলেপাথরে সিমেন্ট জাতীয় পদার্থ সাধারণত **তিনপ্রকার** হয় :

(i) **সিলিকা** (কোয়ার্জ বা ওপালরূপে সিমেন্টের কাজ করে)

(ii) **লৌহ অক্সাইড** (হেমাটাইট বা লিমোনাটাইট)

(iii) **কার্বোনেট** (ক্যালসাইট, সিডেরাইট এবং ম্যাগনেফাইট)।

ওয়েন্ট-ওয়ার্থ-এর মতানুযায়ী আকৃতি		অ্যাটারবার্গ (Aterberg)-এর মতানুযায়ী	
পর্যায়/বিভাগ	আকৃতি	বিভাগ	আকৃতি
বেশি স্থূল (Very Coarse)	2 মিমি	স্থূল (Coarge)	2 মিমি
স্থূল (Coarse)	1 মিমি	মাঝারী (Medium)	0.6 মিমি
মাঝারী (Medium)	0.5 মিমি	সুক্ষ্ম (Fine)	0.2 মিমি
সুক্ষ্ম (Fine)	0.25 মিমি		
খুব সুক্ষ্ম (very fine)	0.06 মিমি		

সারণী ৫.৬ : বালুকণার শ্রেণিবিভাগ (After Blyth, 2006)

সিমেন্ট জাতীয় পদার্থের বিভিন্নতার নিরিখে বেলেপাথরকে কতকগুলি ভাগে ভাগ করা হয় :

- **সিলিসিয়াস বেলেপাথর** (Silicious Sandstone) : কোয়ার্জ বা ক্রিপ্টো-ক্রিস্টালিন সিলিকা দ্বারা জমাটবদ্ধ বেলেপাথরকে সিলিসিয়াস স্যান্ডস্টোন বলে। এখানে সিলিকার মাত্রা অনেক বেশি (৯০ শতাংশ) এবং তাই এটি খুব শক্ত এবং ক্ষয়-প্রতিরোধকারী। এধরনের বেলেপাথর সম-আকৃতির কোয়ার্জদানায় গঠিত হলে তাকে অর্থোকোয়ার্জাইট (Ortho-Quartzite) বলে।
- **ফেরুজিনাস বেলেপাথর** (Ferruginous Sandstone) : হেমাটাইট বা ম্যাগনেটাইট দ্বারা জমাটবদ্ধ বেলেপাথর লালচে বা বাদামি রঙের হয়। একে ফেরুজিনাস স্যান্ডস্টোন বলে। ব্রিটেনে ডেভোনিয়ান যুগের ও ট্রিয়াসিক যুগের বেলেপাথরগুলিকে রেড ওল্ড স্যান্ডস্টোন (Red-old Sandstone) বলে।
- **ক্যালকেরিয়াস বেলেপাথর** (Calcareous Sandstone) : সাধারণত ক্যালসাইট জাতীয় সিমেন্ট দ্বারা সংঘবদ্ধ বেলেপাথরকে ক্যালকেরিয়াস স্যান্ডস্টোন বলে। এখানে সিমেন্টগুলি সহজে জলে ধুয়ে বা দ্রবীভূত হয়ে অপসারিত ও ক্ষণভঙ্গুর হয়। বৃটেনের স্কটল্যান্ডে কার্বনিফেরাস যুগের ক্যালনিফেরাস স্যান্ডস্টোন এর উদাহরণ।
- **আর্জিল্যাসিয়াস বেলেপাথর** (Argillaceous Sandstone) : ক্লে (clay) জাতীয় সিমেন্ট দ্বারা জমাটবদ্ধ বেলেপাথরকে আর্জিল্যাসিয়াস স্যান্ডস্টোন বলে। এই জাতীয় বেলেপাথর খুবই ক্ষণভঙ্গুর এবং এখান থেকে সাধারণত ক্লে-খনিজ (clay- mineral) আহরণ করা হয়।

  উপরোক্ত সিমেন্ট ছাড়াও সালফেট (জিপসাম বা বোরাইট), সালফাইট (পাইরাইট) এবং ফসফেট জাতীয় সিমেন্ট দ্বারা বেলেপাথর জমাটবদ্ধ হয়।

  কোয়ার্জ ছাড়া অন্য খনিজের উপস্থিতির ভিত্তিতেও বেলেপাথরের নামকরণ হয় :
- **মাইকাসিয়াস বেলেপাথর** (Micaceous Sandstone) : মাসকোভাইট জাতীয় অভ্রের উপস্থিতিতে বেলেপাথর আরও ক্ষণভঙ্গুর হয়। কয়েক সেন্টিমিটার ব্যবধানে সমগ্র বেলেপাথরের মধ্যে এজাতীয় অভ্র স্তরের উপস্থিতি থাকলে, ওই স্তর বরাবর বেলেপাথরটি সহজে ভেঙে যায়। একে ফ্ল্যাগ স্টোন (Flag Stone) বলে।
- **গ্লুকোনাইটিক বেলেপাথর** (Glauconitic Sandstone) : এই বেলেপাথরে কিছু পরিমাণ সবুজাভ গ্লুকোনাইট ক্লে থাকে। বৃটেনের নিম্ন ক্রিটেসাস যুগের বিখ্যাত গ্রিনস্যান্ড (Green Sand) এই জাতীয় শিলা।
- **গ্রেওয়েক** (Greywake) : মাইকা, শ্লেট প্রভৃতির টুকরোর সাথে বিভিন্ন আকৃতির কোয়ার্জ এবং ফেলসপারের কোনাকৃতি দানা একত্রে এজাতীয় শিলা তৈরি করে। এর রঙ গাঢ় থেকে ধূসর বর্ণের

হয়। যে সমস্ত মহাদেশগুলিতে ভূ-সংস্থানিক উত্থান হচ্ছে, তাদের প্রান্তদেশে মহাসাগরের কিনারায় সৃষ্ট মহিখাতের (Geosynclinal Trough) মধ্যে এধরনের সঞ্চয় দেখা যায়। এই সঞ্চয়ের ওপর চাপের (Compression) ফলে উত্থিত পর্বতশ্রেণিতে এরকম শিলার অস্তিত্ব চোখে পড়ে।

- **আর্কোজ** (Arkose) : সাধারণত স্থূল গ্রথনের এই শিলায় কোয়ার্জ এবং ফেলসপারের আধিক্য থাকে। কণাগুলি সাধারণত কোনাকৃতি বা আংশিক গোলাকার হয় এবং এজাতীয় পলল সাধারণত আগ্নেয় শিলা থেকে উদ্ভূত হয়।

(C) রুডাসিয়াস (Rudaceous) শিলা :

(i) **গ্রিট** (Grit) : সাধারণত সিলিকা দ্বারা জমাটবদ্ধ মোটা দানার কণা অর্থাৎ গ্রাভেলস (Gravels) [যাদের ব্যাস 2 মিমি থেকে 40 মিমি এর মধ্যে হয়] থেকে গ্রিট শিলার উৎপত্তি।

(ii) **কংগ্লোমারেট** : গ্রানুল (Granule, 2-4 মিমি ব্যাস), পেব্‌ল (Pebble 4-6 মিমি ব্যাস), কোবল (Cobble, 60-200 মিমি ব্যাস) এবং বোল্ডার (Boulder, 200 মিমি-এর বেশি ব্যাস যুক্ত) একত্রে বালি বা কাদা দ্বারা জমাটবদ্ধ হয়ে যে শিলা তৈরি করে তাকে কংগ্লোমারেট বলে।

(iii) **ব্রেকসিয়া** (Breccia) : বড়ো দানার এবং কোনাকৃতি শিলা বা খনিজ খণ্ডগুলি একত্রে জমাটবদ্ধ হলে তাকে ব্রেকসিয়া বলে। সাধারণত ঢালের পাদদেশে কম দূর অতিক্রমকারী পলল থেকে এপ্রকার শিলার তৈরি।

5.2.2.4.1.2. পাইরোক্লাস্টিক (Pyroclastic) পাললিক শিলা :

আগ্নেয়গিরির অগ্ন্যুদ্গমের সময় উদ্ভূত মোটা ও সূক্ষ্ম দানার শিলাখণ্ডগুলি আগ্নেয়গিরির অদূরে সঞ্চিত হয় এবং ভূমিভাগের ওপর এক আস্তরণের তৈরি করে। ১৯৮০ সালের মাউন্ট হেলেনস (Mt. Helens)-এর অগ্ন্যুদ্গমের ফলে আগ্নেয়গিরির চারপাশে প্রায় 10 কিমি দূরত্ব পর্যন্ত কয়েক মিটার গভীর পাইরোক্লাস্ট কণা সঞ্চিত হয়। আবার, ওয়াশিংটন, পশ্চিম মান্টানা এবং উত্তর ইডাহো (Idaho) তে এই সঞ্চয়ের গভীরতা ছিল কয়েক সেন্টিমিটার।

5.2.2.4.1.3. কর্করীয় ক্যালকেরিয়াস পাললিক শিলা :

- **চুনাপাথর** — ক্যালশিয়াম কার্বনেট, ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট এবং কিছুমাত্রায় সিলিকা সমন্বিত এই শিলা প্রাণীদের শক্ত দেহাবশেষ খণ্ডিত হয়ে সৃষ্ট। এরা নিম্নরূপ—

◆ **খোলস চুনাপাথর** (Shell Limestone) : প্রাণীদের শরীরের বেষ্টনী বা খোলস (Shell of Brachipods and Lamilli branch) একত্রিত হয়ে শেল স্যান্ড (Shell Sand) বা শেল ব্যাঙ্ক (Shell bank) গঠন করে। শেল ব্যাঙ্ক এর ক্ষেত্রে খোলসগুলি স্রোতবাহিত হয়ে একত্রিত হয় এবং এদের মাঝের ফাঁকগুলি, ক্যালসাইট দ্বারা ভরাট হয়। এধরনের শিলাকে কনকুইনাইট (Conquinite) বলে।

◆ **খড়িমাটি** (Chalk) : ক্যালকেরিয়াস (Calcareous) অ্যালগি এবং রেডিয়োলারিয়ান ও ফোরামিনিফেরা জাতীয় ক্ষুদ্র প্রাণীর খোলসের সূক্ষ্ম টুকরো (1—2 nmm) দ্বারা গঠিত সাদা রঙের নরম চুনাপাথরকে খড়িমাটি (Chalk) বলে।

এছাড়া সিলিসিয়াস চুনাপাথর, আর্জিলেসিয়াস চুনাপাথর, ফেরুজেনাস চুনাপাথর, বিটুমিনাস চুনাপাথর প্রভৃতিও এরকম সংঘাত পাললিক শিলার উদাহরণ।

5.2.2.4.2. রাসায়নিক উপায়ে গঠিত পাললিক শিলা (Chemical Sedimentary Rocks) :

দ্রবণ থেকে অধোক্ষিপ্ত (Precipitate) **জৈব এবং অজৈব রাসায়নিক পদার্থের সংঘবদ্ধতার দ্বারা** রনের পাললিক শিলার উৎপত্তি হয় :

(i) **বাষ্পীভবনজাত** (Evaporite) **পাললিক শিলা** : হ্রদ বা অগভীর জলাশয়ের জল বাষ্পীভূত হলে সঞ্চয় হয় সেখান থেকে জাত পাললিক শিলার গঠন রাসায়নিক পদ্ধতিতে হয়। মিচিগানের স্যালিনা ina) শ্রেণির সামুদ্রিক সঞ্চয়টি এরকম বাষ্পীভবনজাত সঞ্চয় এবং এর গভীরতা প্রায় 500 মিটার।

উপসাগরীয় উপকূলীয় সমভূমি এলাকায় লবণ গম্বুজের (Salt Dome) অবস্থান উল্লেখযোগ্য। প্রায় 5-10 কিমি নীচ থেকে সঞ্চিত হয়ে এধরনের গম্বুজ তৈরি হয়।

(ii) **ডোরাকাটা লৌহ সঞ্চয়** (Banded Iron Deposits) : ব্রাজিল, কানাডা, রাশিয়া, দক্ষিণ আফ্রিকা এবং অস্ট্রেলিয়ার বেশিরভাগ লৌহ আকরিকের সঞ্চয় পাললিক শিলার সাথে সম্পর্কিত। এই ধরনের লৌহ সঞ্চয়ের (Banded) স্তরগুলির মাঝে সংঘাত পাললিক শিলার সঞ্চয় থাকে এবং এভাবে স্তরগুলি ডোরাকাটা রূপ নেয়। কয়েক মিলিয়ান বছর আগের এই ধরনের সঞ্চয়ের ইতিহাস স্পষ্ট না হলেও সাম্প্রতিককালের গবেষণায় এটি পরিষ্কার যে সমুদ্রজলের দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ কম হলে অবায়বীয় (Anaerobic) অবস্থায় লোহার সঞ্চয় সম্ভব। এই ধরনের সঞ্চয়ের থেকে একথা বোঝা যায় যে অতীতে সমুদ্রজলে দ্রবীভূত অক্সিজেনের পরিমাণ বর্তমান অপেক্ষা কম ছিল।

(iii) **ফসফরাস সঞ্চয়** (Phosphorous Deposits) : ফসফরাস সারের প্রধান উৎস হিসেবে পাললিক শিলার সাথে জড়িত ফসফরাস সঞ্চয় উল্লেখযোগ্য। সমুদ্রজল থেকে অ্যাপেটাইটের [Apatite, $Ca_5(PO_4)_3$ (OH, F)] অধঃক্ষেপনের ফলে এই ধরনের শিলা তৈরি হয়। সামুদ্রিক মৎস্য এবং অন্যান্য প্রাণীরা সমুদ্রজল থেকে ফসফরাস গ্রহণ করে তাদের হাড়, খোলস প্রভৃতি গঠন করে। এদের দেহাবশেষের সাথে ফসফরাসও সমুদ্রজলে মেশে। এরপর সমুদ্রতলদেশ থেকে ওপরের দিকে উত্থিত পরিচলন স্রোতের সঙ্গে ফসফরাস যুক্ত জল সমুদ্রপৃষ্ঠে উঠে এলে অ্যাপেটাইটে রূপান্তরের মাধ্যমে তা অধোপাতিত হয়।

(iv) **চার্ট (Chert)** : এটি সূক্ষ্মদানার এবং পরস্পর সংযুক্ত (Interlocking) কোয়ার্জ কেলাস দ্বিয়ে গঠিত। এটি সাধারণত সুবিস্তৃত স্তরীভূত শিলা হিসেবে, দানা হিসেবে বা কার্বোনেট শিলায় স্তর হিসেবে অবস্থান করতে পারে।

5.2.2.4.3. জৈবিক পাললিক শিলা (Biotic Sedimentary rock) :

- **চুনাপাথর** : আগে জৈব সংঘাতে সৃষ্ট পাললিক শিলা হিসেবে বিভিন্ন প্রকার চুনাপাথর সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে। এখন জৈব-রাসায়নিক পদ্ধতিতে সৃষ্ট চুনাপাথর সম্পর্কে আলোচনা করা যেতে পারে।

- **ওলিটিক** (Oolitic) চুনাপাথর : বহুদিন ধরে কোনো বালুকণা বা অ্যালগির গাত্রে অনেকগুলি ক্যালশিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ জমে জমে এ জাতীয় শিলা তৈরি হয়। জোয়ার এবং ভাটার টানে এই জাতীয় কণাগুলি ক্যালশিয়াম কার্বনেট সমন্বিত জলে, কখনো ওপরের দিকে আবার কখনো নীচের দিকে বাড়তে থাকলে, এদের গায়ে ক্যালশিয়াম কার্বনেটের আস্তরণ লেগে যায়। এদের **ওলিথ** (Oolith) বলে। এগুলি কখনো কখনো জীবাশ্মের সাথে একত্রিত অবস্থায় জমাটবদ্ধ (Cemented) হলে **ওলিটিক চুনাপাথর** তৈরি হয়। এগুলি সমগ্রথনযুক্ত এবং সহজে খননসাধ্য ও সুন্দরভাবে **গৃহনির্মাণ কাজে ব্যবহার করা যায়।**

- ডলোস্টোন (Dolostone) : এই শিলাটি ডলোমাইট খনিজ [$Ca(MgCO_3)_2$] দ্বারা গঠিত। এটি পাললিক শিলা গঠন পদ্ধতিতে, প্রাথমিক কার্বনেট পলল এবং চুনাপাথরের পরিবর্তনের (Diagenic alteration of Primary Carbonate Sediment and Limestone) ফলে সৃষ্ট। উপসাগর এলাকায় অগভীর সামুদ্রিক জলের বাষ্পীভবনের ফলে আয়নের কেন্দ্রীভবন হয়। এই আয়নসমৃদ্ধ জল সচ্ছিদ্র কার্বনেট পললের [ক্যালসাইট ($CaCO_3$) প্রভৃতি] মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে, ক্যালশিয়ামের জায়গায় ম্যাগনেশিয়াম এসে পড়ে ও **ডলোস্টোন** তৈরি হয়। আবার চাপা পড়া চুনাপাথরের ভেতর দিয়ে ভূ-গর্ভস্থ জলের চলাচলের ফলে ডলোস্টোন তৈরি হতে পারে।

- **কয়লা** : গুরুত্বপূর্ণ জ্বালানি হিসেবে কয়লার গুরুত্ব অধিক। উদ্ভিদদেহের ডায়জেনেটিক পরিবর্তনের দ্বারা জল, মিথেন প্রভৃতির নিষ্কাশনের ফলে অবায়বীয় পরিবেশে (Anaerobic environment) কয়লার উৎপত্তি হয়। এই কয়লার স্তর সাধারণত 0.5 থেকে 3 মিটার পর্যন্ত পুরু হয় এবং বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত হতে পারে। কয়লা সাধারণত কাদাপাথর ও বেলেপাথরের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট থাকে।

- **তৈল শেল** (Oil Shale) : কাদাপাথর যান্ত্রিকভাবে সৃষ্ট হলেও এর সাথে জড়িত অবস্থায় প্রচুর