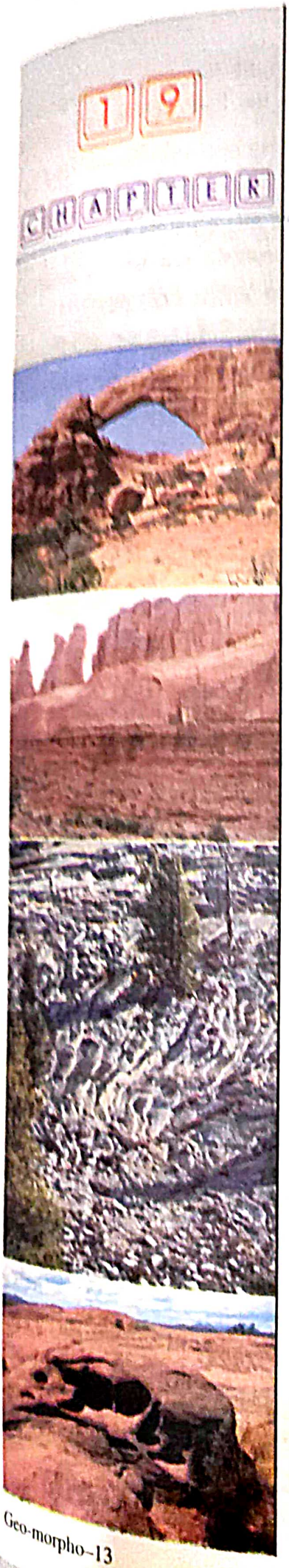


CHAPTER 19

আবহবিকার
(Weathering)

19.1. ভূমিকা :

আবহাওয়া (Weather) থেকেই আবহবিকার (Weathering) কথাটির উৎপত্তি হয়েছে। আবহাওয়ার বিভিন্ন উপাদানের সাহায্যে ভূ-পৃষ্ঠের নানান রকমের 'বিকার' বা পরিবর্তনকেই আবহবিকার বলা হয়।

আবহাওয়া বলতে কি বোঝায়? কোন নির্দিষ্ট স্থানের, কোন নির্দিষ্ট সময়ের বায়ুমণ্ডলের কতকগুলো উপাদানের অবস্থাকে আবহাওয়া বলে। আবহাওয়ার এইসব উপাদান হল : (১) বায়ুর উত্তাপ, (২) বায়ুর চাপ, (৩) বায়ুপ্রবাহ, (৪) বায়ুর আর্দ্রতা, (৫) আকাশে মেঘের পরিমাণ ও প্রকৃতি এবং (৬) বৃষ্টিপাত।

আবহবিকার হল এমনই একটি যান্ত্রিক বা রাসায়নিক প্রক্রিয়া (Mechanical or Chemical Process), যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ভূ-পৃষ্ঠের শিলাসমূহের উপরিভাগ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়ে মূল শিলা থেকে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় সেইখানেই পড়ে থাকে, এইজন্য আবহবিকারকে বিচূর্ণীভবনও বলা হয়। এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করা যেতে পারে যে, শুধুমাত্র আবহাওয়ার বিভিন্ন উপাদানই নয়; উদ্ভিদ, জীবজন্তু, পশুপাখী এমনকি মানুষও বিচূর্ণীভবনে সহায়তা করে।

✪ সংজ্ঞা : *ভূ-পৃষ্ঠের ওপরে অবস্থিত শিলা বা খনিজের বিচূর্ণীভবন বা বিয়োজনের মাধ্যমে, নতুন পরিবর্তিত ভৌত বা রাসায়নিক অবস্থায়, পদার্থের স্বল্পকালীন ভারসাম্য প্রাপ্তিকে এককথায় আবহবিকার বলে।*

"Weathering is the breakdown and alteration of materials near the earth's surface to products that are more in equilibrium with newly imposed plysico-chemical condition."—Ollier, C., 1974.

রিচি (Rieche, 1950)-র মতে কোন শিলা বা খনিজ যেটি পূর্বে ভূ-পৃষ্ঠের গভীরে ভারসাম্য অবস্থায় ছিল, পরবর্তীকালে উন্মুক্ত অবস্থায় সেটি বায়ুমণ্ডল, জলমণ্ডল এবং জীবমণ্ডলের সঙ্গে ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফলে যে সাড়া দেয় বা যে পরিবর্তনের সম্মুখীন হয় তাকে **আবহবিকার** বলে।

"Weathering is the response of materials which were in equilibrium within the lithosphere to conditions at or near its contact with the atmosphere, the hydrosphere and perhaps still importantly, the biosphere." Rieche (1950)।

19.2. ভূমিরূপবিদ্যায় আবহবিকার পাঠের গুরুত্ব :

ভূমিরূপবিদ্যায় ভূমিরূপের গঠন ও পরিবর্তনের হার আলোচনা করা হয়। ভূমিরূপের পরিবর্তন সাধারণত উপরিস্থ পদার্থের ভৌত এবং রাসায়নিক গুনের পরিবর্তন এবং ক্ষয়িত পদার্থের বহন এবং সঞ্চয়ের মাধ্যমে সম্পন্ন হয়। এই ক্ষয় বা অন্যান্য পরিবর্তনের পরিবেশ আবহবিকারের মাধ্যমে তৈরী হয়।

- আবহবিকারজাত পদার্থের প্রকৃতির ওপর **নগ্নীভবন** পদ্ধতি (Denudation) নির্ভর করে এবং এই নগ্নীভবনের হারের ওপর ভূমিরূপের পরিবর্তন নির্ভরশীল।
- আবহবিকারের হার এবং পদ্ধতির ওপর **ভূমিরূপের জ্যামিতিক পরিবর্তন** নির্ভর করে।
- ভূমিরূপের প্রধান বৈশিষ্ট্য হল **উচ্চতা** এবং এর **ঢাল**। এই **উচ্চতা এবং ঢাল উভয়ের পরিবর্তনের হার আবহবিকারের প্রকৃতি এবং হারের ওপর নির্ভর করে।**
- আবহবিকারজাত **রেগোলিথ** (Regolith) এবং **স্যাপ্রোলাইটের** (Saprolite) চরিত্রের ওপর জলনিষ্কাষণ (Drainage), **অনুপ্রবেশের হার** (Rate of infiltration) এবং **ভূমির স্থায়িত্ব** নির্ভর করে।
- আবহবিকারজাত **পদার্থের অপসারণের হার** ভূমিরূপের বিবর্তনের প্রধান নিয়ন্ত্রক।

19.3. আবহবিকার (বিচূর্ণীভবন) এবং ক্ষয়ীভবনের তুলনামূলক আলোচনা :

আবহবিকার বা বিচূর্ণীভবন হল এমনই একটি প্রক্রিয়া, যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে ভূ-ত্বকের শিলাসমূহের উপরিভাগ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়ে মূল শিলা থেকে বিচ্ছিন্ন অবস্থায় সেখানেই পড়ে থাকে, তাই এই প্রক্রিয়ায় শিলার বিচূর্ণীকৃত অংশগুলো অপসারিত হয় না। অপরদিকে, আবহবিকার বা বিচূর্ণীভবনের ফলে সৃষ্ট শিলাচূর্ণগুলো অন্যত্র অপসারিত হলে তাকে **ক্ষয়ীভবন** (Erosion) বলে। সংক্ষেপে বলতে গেলে আবহবিকারের ফলে ভূ-ত্বকের উপরিভাগের শিলাসমূহ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়, কিন্তু অপসারিত হয় না— শিলাসমূহ অপসারিত হয় ক্ষয়ীভবনের সাহায্যে। সুতরাং, আবহবিকার ও ক্ষয়ীভবনের মধ্যে প্রধান পার্থক্য এই যে, **আবহবিকারের সঙ্গে অপসারণ যুক্ত নয়। কিন্তু ক্ষয়ীভবনের সঙ্গে অপসারণ যুক্ত।** আবহবিকার ও ক্ষয়ীভবন হল সম্পূর্ণ পৃথক দুটো প্রক্রিয়া, যে প্রক্রিয়া দুটিকে একসঙ্গে **নগ্নীভবন** (Denudation) বলা হয়। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় যে, বায়ুপ্রবাহের ফলেও ভূ-পৃষ্ঠের শিলাসমূহ চূর্ণবিচূর্ণ ও ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে কালক্রমে অপসারিত হয়। সুতরাং বায়ুপ্রবাহের কাজ একাধারে আবহবিকার ও ক্ষয়ীভবনের অন্তর্গত— যে প্রক্রিয়া দুটিকে একসঙ্গে বলা হয় নগ্নীভবন।

আবহবিকার ও ক্ষয়ীভবনের মধ্যে পার্থক্য

আবহবিকার	ক্ষয়ীভবন
১। আবহবিকারের সময় আবহাওয়ার বিভিন্ন উপাদানের দ্বারা শিলার পরিবর্তন হয়।	১। ক্ষয়ীভবনের সময় আবহাওয়ার বিভিন্ন উপাদান ছাড়াও নদী, হিমবাহ, বায়ু প্রভৃতি প্রাকৃতিক শক্তির দ্বারা শিলা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।
২। আবহবিকারের ফলে ভূ-ত্বকের শিলা সমূহের উপরিভাগ চূর্ণ-বিচূর্ণ হয়ে মূল শিলা থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে সেখানেই পড়ে থাকে।	২। ক্ষয়ীভবনের সময় শিলার বিচূর্ণীকৃত অংশগুলো নদী, হিমবাহ, বায়ুপ্রবাহ বা বৃষ্টিপাতের দ্বারা মূল শিলা থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে অন্যত্র অপসারিত হয়।
৩। আবহবিকারের ফলে মূল শিলার অভ্যন্তরভাগের শিলাস্তর উন্মুক্ত হয়ে পড়ে না।	৩। ক্ষয়ীভবনের ফলে মূল শিলাস্তরের অভ্যন্তরভাগ উন্মুক্ত হয়ে পড়ে।
৪। আবহবিকারের সঙ্গে অপসারণ যুক্ত নয়।	৪। ক্ষয়ীভবনের সঙ্গে অপসারণ যুক্ত।

আবহবিকার	ক্ষয়ীভবন
৫। আবহবিকার অত্যন্ত ধীর গতিতে ঘটে।	৫। ক্ষয়ীভবন খুব দ্রুত সংঘটিত হয়।
৬। যান্ত্রিক আবহবিকারের ফলে মূল শিলার বৈশিষ্ট্যের তেমন কোন পরিবর্তন হয় না।	৬। ক্ষয়ীভবনের ফলে মূল শিলার বৈশিষ্ট্যের সম্পূর্ণ পরিবর্তন ঘটে।

19.4. বিচূর্ণীভবন, অপসারণ ও ক্ষয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক

(Relationship among Weathering, Transportation and Erosion) :

বিচূর্ণীভবনের ফলে শিলাচূর্ণ কখনই স্থানান্তরিত হয় না বরং একই স্থানে জমে থাকে, পরে প্রাকৃতিক বিভিন্ন সচল শক্তি (যেমন : নদী, হিমবাহ, বায়ু বা সমুদ্র) বাহিত হয়ে ঐ চূর্ণ অন্যত্র নীত হয়— এই **অপসারণ** (Transportation) প্রক্রিয়াকে **ক্ষয়ীভবন** (Erosion) বলে। বিচূর্ণীভবন ও ক্ষয়ীভবন দুটি সম্পূর্ণ পৃথক প্রক্রিয়া যাদের প্রভাবে পৃথিবীর ভূমিরূপে নিয়ত পরিবর্তন দেখা যায় এবং ভূ-ত্বকের **নগ্নীভবন** (Denudation) সম্ভব হয়। যেখানে বিচূর্ণীভবন চলছে সেখানেই যে পরবর্তীকালে ক্ষয়ীভবন সম্ভব হবে এমন কোন কথা নেই। সমভাবে, ক্ষয়ীভবনও পূর্ববর্তী বিচূর্ণীভবন ছাড়াই সম্ভব। তবে একথা সত্যি যে, যেখানে বিচূর্ণীভবন সম্ভব হয়েছে, সেখানে ক্ষয় সহজেই সংঘটিত হতে পারে, তবে তার মানে এই নয় যে, ক্ষয়ীভবন বিচূর্ণীভবন ছাড়া সম্ভব নয় কিংবা প্রথমে বিচূর্ণীভবন হলে তবে ক্ষয়ীভবন সম্ভব হবে।

19.5. আবহবিকারের নিয়ন্ত্রকসমূহ :

আবহবিকারের পদ্ধতি, ধরণ এবং হার পৃথিবীর সকল স্থানে সমান নয় এবং তার ফলস্বরূপ পৃথিবীর একস্থান থেকে অন্যস্থানে মৃত্তিকার পার্থক্য দেখা যায়। পাহাড় বা পর্বত গাত্রের অনাবৃত ঢালু অংশে শিলাস্তর উন্মুক্ত থাকে, আবার অপেক্ষাকৃত কম ঢালু অংশে গভীর মৃত্তিকা বা শিলাচূর্ণ দেখা যায়। অতএব, শিলাস্তরের ওপরে অবস্থিত মৃত্তিকা বা শিলাচূর্ণের গভীরতা, তার প্রকৃতি, ভূমিরূপের পরিবর্তনের হার প্রভৃতির স্থানভিত্তিক পার্থক্য জানার জন্য আবহবিকারের প্রকৃতি ও হারের পার্থক্য এবং আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারণের আপেক্ষিক হার সম্পর্কে সঠিক ধারণা থাকা প্রয়োজন।

একস্থান থেকে অন্যস্থানে আবহবিকারের প্রকৃতি, ধরণ ও হারের পার্থক্য যে বিষয়গুলির ওপর নির্ভর করে তাদের **আবহবিকারের নিয়ন্ত্রক** বলে।

জেনি (Jenny) 1941 সালে তার গবেষণা পত্রে উল্লেখ করেন যে **মৃত্তিকার উপাদানগুলি হল আবহবিকারের প্রকৃতি, ধরণ এবং হারের সম্মিলিত ফল** (Soil properties are the combined effects of weathering) এবং এর **নিয়ন্ত্রকগুলি হল জলবায়ু, ভূ-প্রকৃতি, জনকশিলা, জীব জগত এবং সময়।**

Soil Properties (s) = f (cl, r, p, o, t)

(As a combined effects of weathering)

cl- (জলবায়ু) (climate)
r - ভূ-প্রকৃতি (topography)
p - জনকশিলা (parent materials)
o - জীব জগত (organisations)
t - সময় (time) *(Jenny, 1941)*

19.5.1. জলবায়ু (Climate) :

জলবায়ুর দুটি প্রধান উপাদান হল উষ্ণতা এবং বৃষ্টিপাত।

উষ্ণতার মান, দিন এবং রাত্রির মধ্যে উষ্ণতার পার্থক্য, শীত এবং গ্রীষ্মের মধ্যে উষ্ণতায় পার্থক্য প্রভৃতি যথাক্রমে রাসায়নিক বা যান্ত্রিক আবহবিকারের প্রকৃতি নির্ধারণ, দ্রবণের হার, বাষ্পীভবনের হারের নিয়ন্ত্রণের

মাধ্যমে শিলা বা খনিজের ওপরে বা অভ্যন্তরে জলের উপস্থিতি, দৈনিক বা ঋতুভিত্তিক জলের বরফে জমাট বাঁধা এবং গলে জল হওয়া, শিলা বা খনিজের সিক্ত এবং শুষ্ক হওয়ার হার, লবণ কেলাস গঠনের হার প্রভৃতি নিয়ন্ত্রণ করে এবং এর ফলে একস্থান থেকে অন্যস্থানে আবহবিকারের হার ও প্রকৃতির পার্থক্য হয় (চিত্র 19.2)।

অন্যদিকে কার্যকরী বৃষ্টিপাতের (effective precipitation) পরিমাণ, বৃষ্টিপাতের ঋতুভিত্তিক ব্যাপ্তি প্রভৃতি মৃত্তিকায় হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) ও জৈব পদার্থের কেন্দ্রীভবন, জারণ বা বিজারণের প্রকৃতি, কর্দম খনিজের (clay mineral) অবস্থিতি এবং আবহবিকারজাত পদার্থের (Weathering mantle) সঞ্চয় ও তার গভীরতা নিয়ন্ত্রণ করে। এর ফলে রাসায়নিক আবহবিকার অর্থাৎ দ্রবণ, জলসংযোজন (Hydration), জলবিশ্লেষণ (Hydrolysis), অনুস্রবণ (Leaching) প্রভৃতির হারের পার্থক্য হয় (চিত্র 19.1)।

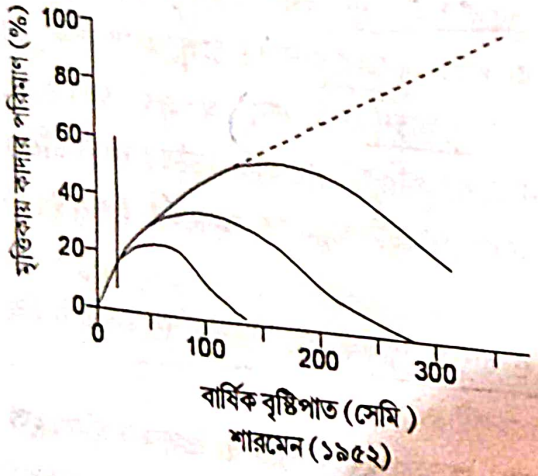
উইনার্ট (Weinert, 1961, 1964 এবং 1965 সালের প্রকাশনায়) সম্ভাব্য বৃষ্টিপাত-বাষ্পীভবন অনুপাত (Potential Evaporation-Precipitation ratio)-এর উল্লেখ করেন। তার মতে—

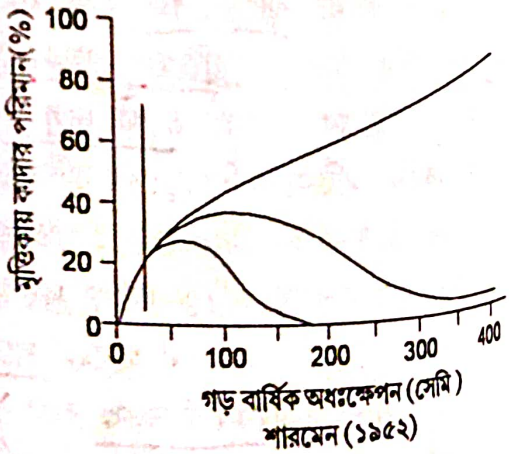
$$\text{Potential Evaporation} - \text{Precipitation ratio } ('N') = \frac{12E_j}{P_a}$$

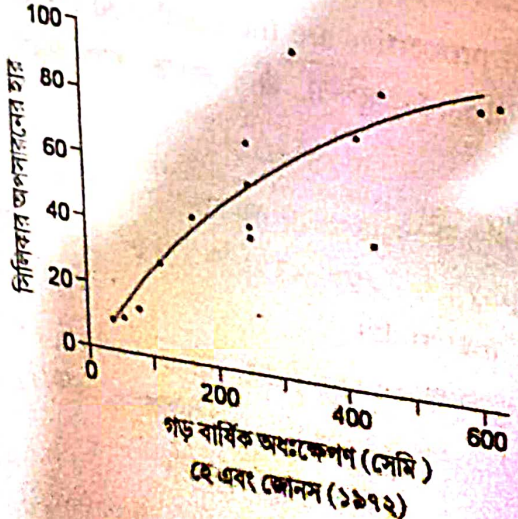
E_j = জানুয়ারি মাসের বাষ্পীভবন
Evaporation of January

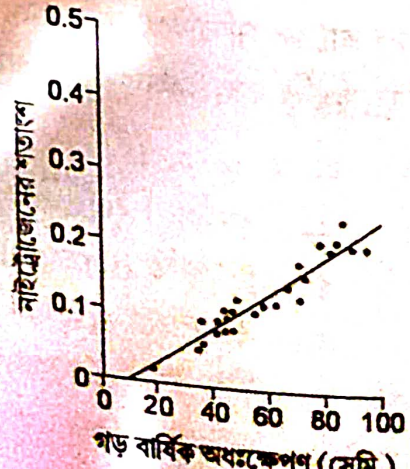
P_a = বার্ষিক অধঃক্ষেপন
Annual Precipitation

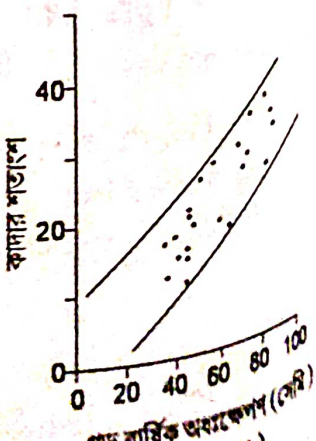
বৃষ্টিপাতের সঙ্গে আবহবিকারের সম্পর্ক











এই 'N' এর মানের ভিত্তিতে উইনার্ট নির্দিষ্ট আবহবিকারের স্থানভিত্তিক গুরুত্ব নির্ধারণ করেন ঃ

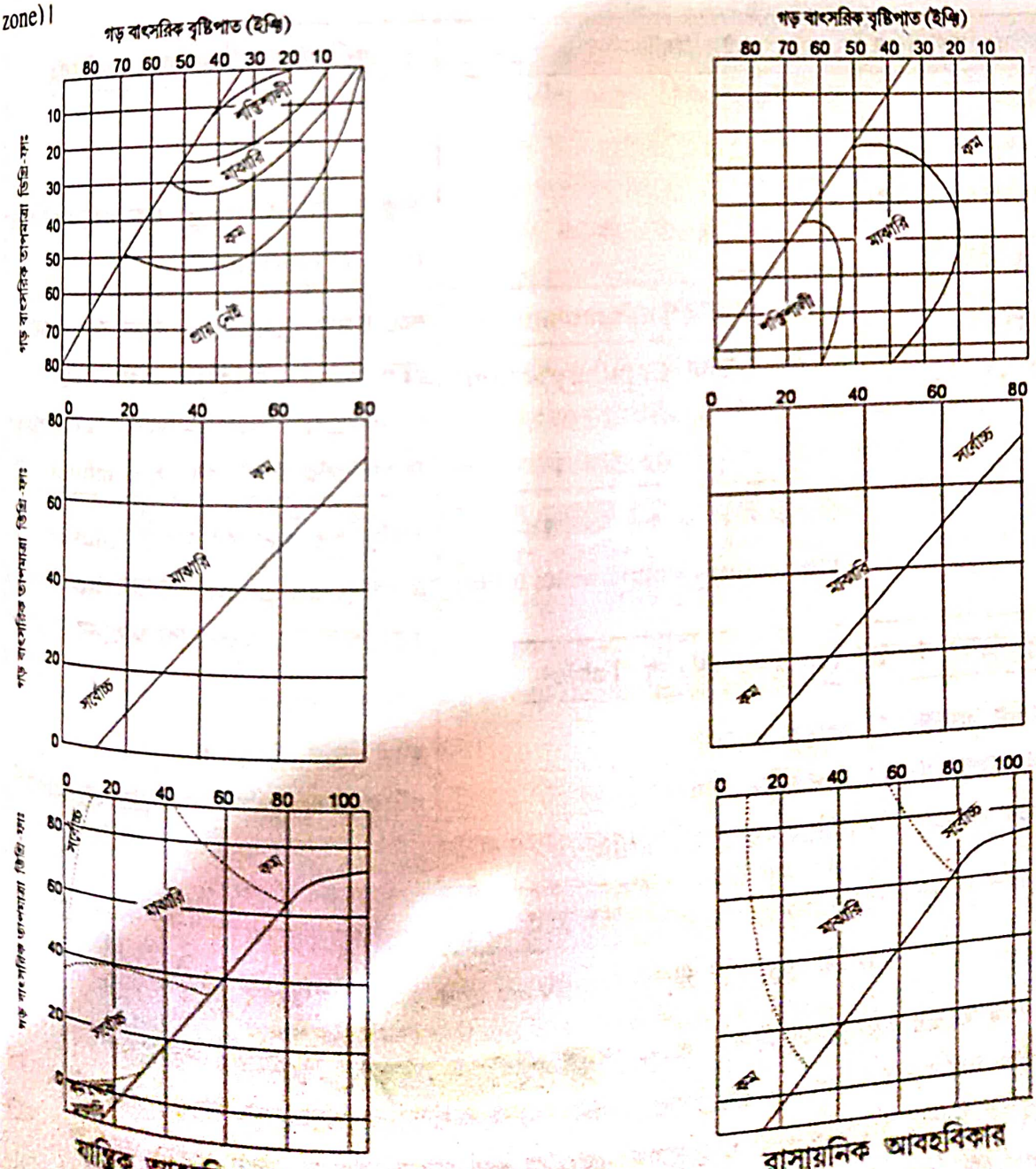
'N' = 2–3	'N' = 5	'N' = 6
• ক্ষারকীয় আগ্নেয়শিলা থেকে মল্টমরিলোনাইট কর্দমের সৃষ্টি। • আম্লিক আগ্নেয়শিলা থেকে কেয়োলিন কর্দমের সৃষ্টি।	• রাসায়নিক আবহবিকারের প্রাধান্য	• যান্ত্রিক আবহবিকারের প্রাধান্য

সারণী ১৯.১ : সম্ভাব্য বৃষ্টিপাত, বাষ্পীভবন এবং আবহবিকারের প্রকৃতি

19.5.2. *জলের প্রাপ্তি (Availability of Water)* :

কেলার (Keller), 1957 সালে জলের প্রাপ্তির (Availability of water) ভিত্তিতে পৃথিবীর আবহবিকার গ্রস্থ প্রধান এলাকাকে তিনভাগে ভাগ করেন (সারণী 19.3) :

(i) ভূ-পৃষ্ঠ (Sub-aerial zone), (ii) ভূ-অভ্যন্তর (Sub-surface zone), (iii) ভূ-গর্ভ (Sub-aquous zone)।



চিত্র 19.2 (Peltier, 1950 ; Embleton & Thornes, 1979)

➡ **ভূ-পৃষ্ঠ অঞ্চল (Sub-aerial zone) :** বৃষ্টির জল বায়ুমণ্ডলের কার্বন, ক্লোরিন, সালফেট, সোডিয়াম, প্রভৃতির সঙ্গে যুক্ত হয়ে মৃদু অ্যাসিডের (pH 4—9, গড় 25° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়) সৃষ্টি করে যা ভূ-পৃষ্ঠস্থ শিলার রাসায়নিক আবহবিকারে সাহায্য করে। ভূ-পৃষ্ঠের ওপরের উন্মুক্ত শিলায় সূর্যকিরণের পার্থক্যে বা তাপমাত্রার পার্থক্যজনিত কারণে যান্ত্রিক আবহবিকারও সম্পন্ন হয়।

➡ **ভূ-অভ্যন্তরের অঞ্চল (Sub-surface zone) :** এই অঞ্চলটি বিভিন্ন উপ-এলাকা যথা— শুষ্ক বায়ু চলাচলের এলাকা (Zone of aeration), জারণ এলাকা (Oxidation zone), ক্যাপিলারি এলাকা (Capillary zone) এবং মৃত্তিকা জলের স্তর (Belt of soil moisture) সমন্বিত। এদের মধ্যে ক্যাপিলারি (Capillary) এলাকার ওপর স্তরে সর্বাধিক হারে রাসায়নিক আবহবিকার সম্পন্ন হয়, কারণ এখানে জল এবং বাতাসের ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া এবং পরিবর্তন (interaction and alteration) সবচেয়ে বেশি। এখানে অনুস্রবণ পদ্ধতি (leaching) ও অন্যান্য জৈব এবং অজৈব প্রক্রিয়াগুলি সবসময় কাজ করে চলেছে এবং যার ফলে রাসায়নিক আবহবিকারের হার বেশি হয় (সারণী 19.3)।

আবহবিকার গ্রস্থ অঞ্চল	উপ-অঞ্চল সমূহ	পরিবর্তনের প্রধান প্রধান পদ্ধতিসমূহ
বায়ুমণ্ডল ভূ-পৃষ্ঠের উন্মুক্ত অংশ (Sub-aerial Zone)		সিক্ত হওয়া (Wetting) এবং বরফে পরিণত হওয়া (Freezing)
ভূ-পৃষ্ঠ		
ভূ-অভ্যন্তর (Sub-surface)	জলের অনুপ্রবেশ (Percolation)	শুষ্ক হওয়া (Drying), গলে জল হওয়া (Thawing) অনুভূমিক প্রবাহ (জলের) (Through Flow), অনুস্রবণ (Leaching) ও পদার্থের অপসারণ (Eluviation)
	ক্যাপিলারি ক্রিয়া (Capillary action)	
	পরিবর্তনশীল ভূ-গর্ভ জলস্তর (Fluctuating Ground water table)	অপসারিত পদার্থের সঞ্চয় (Illuviation), জারণ (Oxidation), বিজারণ (Reduction) এবং শিলাস্তর থেকে দ্রাব্য আয়নের অপসারণ
ভূ-গর্ভের জলস্তর (Ground Water Table)		
ভূ-গর্ভের জলস্তরের নীচের অংশ (Sub-aquous zone)	সম্পৃক্ত এলাকা অ-বায়বীয় অবস্থা (Anaerobic Condition)	দ্রবণ (Solution) ও দ্রবীভূত পদার্থের সঞ্চয় (Preciptation)
	জলস্তরের ভিত্তি	

সারণি ১৯.২ : বিভিন্ন আবহবিকার গ্রস্থ অঞ্চল ও জলের প্রাপ্তি

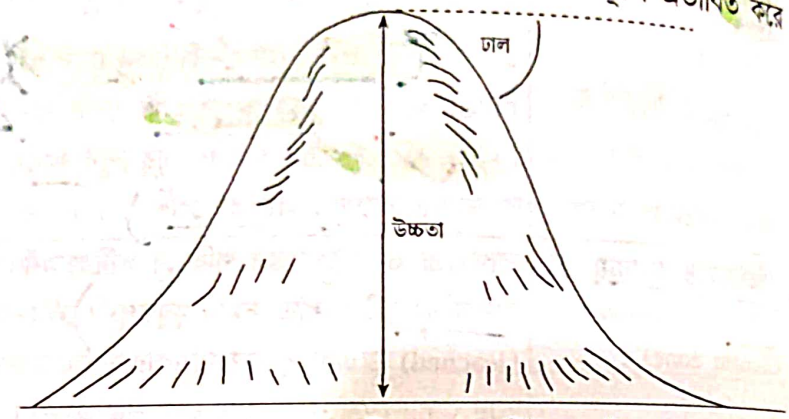
➡ **ভূ-গর্ভের জলস্তরের নীচের অংশ (Sub-aquous zone) :** ভূ-গর্ভের জলস্তরের নীচে স্বাদু বা লবণ জল প্রবাহিত হয় এবং এখানে ওপরের স্তর থেকে অপসারিত পদার্থসমূহ সঞ্চিত হয়। এই এলাকার মৃত্তিকার বা শিলার সমস্ত গহ্বর বা ছিদ্রপথ জলদ্বারা পূর্ণ থাকে, এখানে দ্রবণ পদ্ধতি এবং দ্রবণ থেকে দ্রাব্য পদার্থের থিতিয়ে পড়ার (Precipitation) প্রবণতাও বেশি।

জলবায়ু অঞ্চল (Climate Zone)	প্রধান আবহবিকার প্রক্রিয়া (Important Weathering Process)	আবহবিকারের হার (মিমি/বছর)
হিমবাহ ও পরি-হিমবাহ অধ্যুষিত এলাকা (Glacial & Periglacial Zone) :	তুষারের (Frost) কার্য সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ। পদার্থের কণার আকৃতির সঙ্গে সঙ্গে তুষারের কাজ প্রত্যক্ষভাবে সম্পর্কিত। তৈগা এলাকায় দ্রুতহারে অনুস্রবণ (leaching) হয় এবং জৈবপদার্থের বিয়োজনের হার কম। তুন্দ্রা এলাকায় জৈব পদার্থের সৃষ্টি ও বিয়োজনের হার কম। রাসায়নিক আবহবিকার কম হারে হয়। প্রস্তর চাঁই-এর বিচ্ছিন্নকরণ ও ক্ষুদ্রকণা বিশরণ দেখা যায়। জলসংযোজন (Hydrolysis) প্রক্রিয়াও বেশ গুরুত্বপূর্ণ কারণ এখানে জলের বা জলীয় বাষ্পের লভ্যতা বেশি।	স্পিট্‌স বার্জেন— 0·02 - 0.2 আলাস্কা - 0.04
নাতিশীতোষ্ণ জলবায়ু এলাকা (Temperate Climate zone) :	তাপমাত্রা ও বৃষ্টিপাতের পরিমাণ পরিবর্তনশীল। যান্ত্রিক এবং রাসায়নিক দুটি পদ্ধতি সমান গুরুত্বপূর্ণ। লৌহ-অক্সাইড অবসৃত (leached) হয় এবং পুনরায় মৃত্তিকার নিম্নস্তরে জমা হয়। কার্বনেট আর্দ্র এলাকা থেকে অবসৃত হয়ে শুষ্ক এলাকায় জমা হয়। কম তাপ ও বৃষ্টিবহুল এলাকায় বাষ্পীভবন কম, মৃত্তিকায় জৈব পদার্থের পরিমাণ মাঝারি মানের এবং তাই আবহবিকারের হার মাঝারি হয়। সিলিকা কর্দম তৈরি হয় ও পরিবর্তিত হয়। পর্ণমোচী অরণ্য এলাকায় মৃত্তিকা ক্ষারকীয় হয়, অনুখাদ্যের (nutrient)-পরিমাণ বেশি থাকে। জৈব আবহবিকার মাঝারি মানের। সরলবর্গীয় অরণ্য এলাকায় মৃত্তিকা আম্লিক, জৈব কার্যাবলির হার কম, অনুস্রবণ প্রক্রিয়া (leaching) সাধারণত সংঘটিত হয়।	অষ্ট্রিয়া— 0·040- 0·015
ক্রান্তীয় (শুষ্ক এবং প্রায় শুষ্ক জলবায়ু) (Tropical Arid and semi-arid climate):	কম বৃষ্টিপাত ও বেশি উষ্ণতার জন্য বাষ্পীভবন বেশি। মৃত্তিকায় জৈব পদার্থ কম। যান্ত্রিক আবহবিকারের হার বেশি। শুষ্ক এলাকায় ক্ষুদ্রকণা বিশরণ এবং লবণ কেলাস জনিত আবহবিকার বেশি হারে সংঘটিত হয়। মৃত্তিকায় ক্যালশিয়াম কার্বোনেট, সালফেট এবং ক্লোরাইড বেশিমাত্রায় থাকে। স্টেপ বা মরু প্রায় এলাকায় বৃষ্টিপাত বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে মৃত্তিকায় গভীর জৈব স্তর গঠিত হয়। এখানে অনুস্রবণের হার মাঝারি এবং ক্যালশিয়াম কার্বোনেটের সঞ্চয় লক্ষ্য করা যায়।	অস্ট্রেলিয়া : 0·6 - 1 মিশর : 0 – 2
ক্রান্তীয় আর্দ্র জলবায়ু (Tropical Moist Climate) :	ঋতুভিত্তিক অধিক বৃষ্টিপাত, দীর্ঘ সময়ব্যাপী বেশি তাপমাত্রা এই জলবায়ুর বৈশিষ্ট্য। জলের সহজলভ্যতা বেশি। আবহবিকার জাত পদার্থ একস্থান থেকে অপসৃত হয়ে অন্যত্র জমা হয়ে শুষ্ক মৃত্তিকা, লৌহিত মৃত্তিকা, লৌহ বা অ্যালুমিনিয়াম সমৃদ্ধ (ল্যাটেরাইট) মৃত্তিকা সৃষ্টি করে। মৃত্তিকায় ক্যালশিয়ামের পরিমাণ বেশি। আবার ক্যালশিয়াম সমৃদ্ধ পদার্থের ধৌতির ফলে সিলিকাসমৃদ্ধ বালুকার সমৃদ্ধি ঘটে। এখানে জৈব পদার্থের পরিমাণ বেশি আবার তাদের বিয়োজনের হারও বেশি। আবহবিকারের হার ও তীব্রতা বেশি হয়, মৃত্তিকায় অ্যালুমিনিয়াম ও লৌহের অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড অবস্থান করে।	ফ্লোরিডা – 0·005

সারণি ১৯.৩ : বিভিন্ন জলবায়ুতে আবহবিকার ও আবহবিকারজাত পদার্থের প্রকৃতির পার্থক্য

19.5.3. ভূ-প্রকৃতি (Topography) :

ভূমির (Land) প্রকৃতি সাধারণত উচ্চতা (height) এবং তার ঢাল (slope) দ্বারা নির্দিষ্ট হয় (চিত্র 19.3)। ভূমির এই দুটি বৈশিষ্ট্যের ওপর আবহবিকারের প্রকৃতি, হার এবং আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারণের হার নির্ভর করে এবং এই বিষয়গুলি উৎপন্ন মৃত্তিকার গুণাবলি নির্ধারণ করে। ভূমির উচ্চতার ওপর উষ্ণতা, অধঃক্ষেপণের প্রকৃতি এবং পরিমাণ নির্ভর করে এবং এইগুলি আবহবিকারকে যথেষ্টরূপে প্রভাবিত করে ভূমিভাগের ঢালের ওপর জলের প্রাপ্তির পরিমাণ, আবহবিকারের হার এবং আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারণের হার নির্ভর করে। দ্রুত হারে রাসায়নিক আবহবিকারের জন্য ভূমির মাঝারি উচ্চতা, মৃদু-ঢাল, জলের সুষ্ঠু নিকাশী (good drainge), সম-গ্রথণের মৃত্তিকায় অন্তঃপ্রবাহ (unipedded through flow), প্রবিষ্ট জলের দ্রুত নিকাশ (Rapid replacement of infiltrated water) প্রয়োজন। আবার অধিক যান্ত্রিক আবহবিকারের জন্য মাঝারি থেকে খাড়া ঢাল, সূর্য অভিমুখী ঢাল, অধিক উচ্চতা প্রভৃতি জরুরি।



চিত্র 19.3 : ভূমিরূপের দুটি প্রধান বৈশিষ্ট্য— উচ্চতা এবং ঢাল

টোপো-সিকয়েন্স (Topo-sequence) : জলবিভাজিকা থেকে দু-দিকে সমান দূরত্বে ক্রমান্বয়ে আবহবিকারের প্রকৃতি, হার এবং আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারণের হার একই হওয়ায়, মৃত্তিকার প্রকৃতিও এক হয়, একে টোপো-সিকয়েন্স (Topo-squence) বলে। "Downslope sequence of weathering as well as soil as a result of variation in intensity and type of weathering and relative rate of removal by denudation away from water divide." — Ollier, 1969.

19.5.4. জনক শিলা (Parent Rocks) :

আবহবিকারের পদ্ধতি, হার এবং জাত মৃত্তিকার প্রকৃতি জনক শিলার ওপর নির্ভরশীল (19.4 নং সারণী দ্রষ্টব্য)।

19.5.5. জীবজগত (Biotic Factor) :

উদ্ভিদ এবং প্রাণীর বৈশিষ্ট্য, তাদের পরিমাণ বা সংখ্যা আবহবিকারের গুরুত্বপূর্ণ নিয়ন্ত্রক হিসাবে বিবেচিত হয়। মাটির নীচে বসবাসে অভ্যস্থ (Burrowing Animals) প্রাণীরা এবং উদ্ভিদরা মাটির অভ্যন্তরে প্রোথিত (Wedging) শিকড় দ্বারা শিলার খণ্ডীভবন (Breakdown), মৃত্তিকার স্থানান্তর (Transfer) এবং মিশ্রণ (Mixing) ঘটাতে সাহায্য করে এবং এর ফলে নতুন নতুন শিলা, খনিজ বা মৃত্তিকার সঙ্গে জল এবং বায়ুর সংযোগ ঘটে, মৃত্তিকা বা শিলার অভ্যন্তরে জল এবং বায়ুর অনুপ্রবেশ সহজতর হয় এবং আবহবিকারের হার বাড়ে।

মানুষ সভ্যতার আদিকাল থেকে আবহবিকারের সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ **জৈব উপাদান** হিসাবে কাজ করে চলেছে। মানুষ উদ্ভিদজগতের বিঘ্ন ঘটিয়ে চাষ-বাসের জন্য ভূমি কর্ষণ করে, একস্থান থেকে অন্যস্থানে মৃত্তিকার স্থানান্তর ঘটিয়ে, খনি থেকে শিলা বা খনিজ উত্তোলনের মাধ্যমে এবং নির্মাণকার্যের মাধ্যমে শিলা, খনিজ এবং মৃত্তিকার নিরন্তর পরিবর্তন ঘটিয়ে চলেছে।

উইপোকা মৃত্তিকা এবং খনিজ ও শিলার ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটাতে অভ্যস্ত। নাই (Nye, 1955)-এর মতে নাইজেরিয়ার অরণ্য-পরিবেশে উইপোকারা এক বছরে এক হেক্টর জমি থেকে ৫০ টন মাটি সরিয়ে ঢিবির সৃষ্টি করে।

শিলার ধর্ম এবং আবহবিকার				
ধর্ম	যান্ত্রিক আবহবিকার		রাসায়নিক আবহবিকার	
	ক্ষয়প্রতিরোধকারী শিলা (আবহবিকারের হার কম)	দুর্বল শিলা (আবহবিকারের হার বেশী)	ক্ষয়প্রতিরোধকারী শিলা (আবহবিকারের হার কম)	দুর্বল শিলা (আবহবিকারের হার বেশী)
খনিজ সমন্বয়	• উচ্চমাত্রায় ফেল্ডসপারের উপস্থিতি, • ক্যালশিয়াম প্যাজিওক্লেজ, কোয়ার্টজের পরিমান কম, • $CaCO_3$ সমসত্ত্ব খনিজ সমন্বয়।	• অধিকমাত্রায় কোয়ার্টজের উপস্থিতি, • সোডিয়াম প্ল্যাজিওক্লেজ অসমসত্ত্ব খনিজ সমন্বয়।	• সমসত্ত্ব খনিজ সমন্বয়। • উচ্চমাত্রায় সিলিকার উপস্থিতি (কোয়ার্টজ ফেল্ডস্পার)। • নিম্নমাত্রার ধাতব আয়নের উপস্থিতি (Fe, Mg)। • বায়োটাইটের পরিমান কম। • উচ্চমাত্রায় অর্থক্লেজ ফেল্ডস্পারের উপস্থিতি। • উচ্চমাত্রায় অ্যালুমিনিয়াম আয়নের উপস্থিতি।	• মিশ্র বা পরিবর্তনশীল খনিজ সমন্বয়। • উচ্চমাত্রায় $CaCO_3$-এর উপস্থিতি। • নিম্নমাত্রায় কোয়ার্টজের উপস্থিতি। • ক্যালসিক প্যাজিওক্লেজের আধিক্য। • অলিভিনের পরিমাণ বেশি।
গ্রথন	• সূক্ষ্ম গ্রথন। • নিস্ ধরনের গ্রথন। • সূক্ষ্মদানার সিলিকেট।	• স্থূলদানা। • তবে কখনো কখনো মিশ্র গ্রথনেরও হতে পারে। • স্থূল সিস্ট ধরনের সিলিকেট।	• সূক্ষ্ম গ্রথন। • অধিক ঘনত্ববিশিষ্ট। • সমসত্ত্ব গ্রথন। • নিস্ ধরনের গ্রথন।	• স্থূল গ্রথনের আগ্নেয়শিলা। • মিশ্র গ্রথন। • সিস্ট ধরনের।
সচ্ছিদ্রতা	• কম সচ্ছিদ্র। • সহজ জল নিকাশ। • ছিদ্রের ব্যাস বড়ো ফলে সম্পৃক্তকরণের পর দ্রুত জলের অনুপ্রবেশ (infiltration) হয়।	• উচ্চ সচ্ছিদ্রতা। • খারাপ জল নিকাশ। • ছিদ্রের ব্যাস কম, ফলে সহজে জলের অনুপ্রবেশ (মাটির নিচে) হয় না।	• ছিদ্রের আকার বড়ো। • প্রবেশ্যতা কম। • সহজ জলনিকাশ।	• ছিদ্রের আকার ছোটো। • প্রবেশ্যতা বেশি। • খারাপ জলনিকাশ।
গঠন	• স্বল্প মাত্রার পত্রায়ন। • সংঘাত শিলা। • শিলাস্তরের পুরুত্ব বেশি।	• অধিক মাত্রায় পত্রায়ণ। • ফাটল ও দারন বিশিষ্ট। • দ্রাব্য ও অদ্রাব্য খনিজের সমন্বয়ে গঠিত। • শিলাস্তরের পুরুত্ব কম।	• শিলার কনা / দানা পরস্পরের সঙ্গে দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ। • কণার ঘনত্ব বেশি। • সিলিকাজাতীয় পদার্থ দ্বারা দানাগুলি / কণাগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত।	• কণার সংবদ্ধতা কম। • শিলাস্তরের পুরুত্ব কম। • ক্যালশিয়াম জাতীয় পদার্থ দ্বারা কণাগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত। • ফাটল ও দারন বিশিষ্ট। • দ্রাব্য ও অদ্রাব্য খনিজের সমন্বয়ে গঠিত।
সমষ্টিগত ধর্ম (Buck properties)	• স্বল্প শোষণ। • প্রতিরোধী ক্ষমতা বেশি। • কঠিন।	• অধিক শোষণ। • প্রতিরোধী ক্ষমতা কম। • কোমল।	• স্বল্প শোষন। • উচ্চ স্থিতিস্থাপক গুণসম্পন্ন। • কঠিন	• অধিক শোষন। • কম প্রতিরোধী। • কোমল।
প্রতিনিধি শিলা	সূক্ষ্মদানার কিছু গ্রানাইট, কিছু চুনাপাথর, গ্যাব্রো, কোয়ার্টজাইট, দৃঢ় সংবদ্ধ বেলেপাথর, স্লেট, গ্রানাইট-নিস।	স্থূলদানার গ্রানাইট, ব্যাসল্ট, অসংবদ্ধ বেলেপাথর, ডলোমাইট, মার্বেল, নরম পাললিক শিস্ট।	আম্লিক আগ্নেয়শিলা, গ্রানাইট, কোয়ার্টজাইট, নীস, গ্রানাইটিক নীস, রূপান্তরিত কেলাসিত (মার্বেল ছাড়া) শিলা।	ক্যালসিয়াম ঘটিত পাললিকশিলা, অসংবদ্ধ বেলেপাথর, চুনাপাথর, ক্ষারকীয় আগ্নেয়শিলা, মার্বেল, ডলোমাইট, কার্বোনেট শিষ্ট।

সারণি ১৯.৪ : শিলার প্রকৃতি ও আবহবিকার

ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র উদ্ভিদ প্রজাতি মৃত্তিকায় খনিজের রূপান্তর, সঞ্চয় বা আবর্তন ঘটাতে সাহায্য করে। উদ্ভিদের শিকড় মাটির প্রায় ৩০ মিটার গভীরতা পর্যন্ত এইধরনের রূপান্তর, সঞ্চয় বা আবর্তন ঘটায়। উদ্ভিদের পাতা পড়ে পচে গিয়ে যে জৈব পদার্থ নির্গত হয় তা চিলেশান (Chelation) প্রক্রিয়া শুরু করে, যার মাধ্যমে উদ্ভিদ মাটি থেকে খাদ্যগুণ (Nutrient) গ্রহণ করে। এটি জটিল জৈব গঠন করে এবং এর সঙ্গে সঙ্গে প্রচুর পদার্থ একস্থান থেকে অন্যস্থানে স্থানান্তরিত করে। উদ্ভিদের শিকড় মাটিতে অম্লিক বিক্রিয়া ঘটায় বা মৃত্তিকার সঙ্গে ধাতু (Metal) এবং বিভিন্ন অম্লের (Humic & Fulvic acid) স্থানান্তর ঘটায়। ব্যাকটেরিয়া এবং আলাগি গুলি জারণ, বিজারণ, সিলিকার দ্রবণ, বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনকে মৃত্তিকায় উদ্ভিদের গ্রহণযোগ্য করে তোলা (Nitrogen Fixing) প্রভৃতি পদ্ধতিতে অংশগ্রহণ করে।

19.6. আবহবিকার বা বিচূর্ণীভবনের শ্রেণিবিভাগ :

সাধারণভাবে আবহবিকার বা বিচূর্ণীভবনকে (ক) যান্ত্রিক ও (খ) রাসায়নিক এই দুটি ভাগে ভাগ করা হয়। তবে প্রকৃত অর্থে এরা কখনই সম্পূর্ণ পৃথকভাবে সক্রিয় থাকে না। পৃথিবীর বায়ুমণ্ডলের সর্বত্রই কিছু না কিছু জলীয় বাষ্প বর্তমান, ফলে রাসায়নিক বিচূর্ণীভবন সর্বত্রই অল্পবিস্তর সম্ভব। তাই একথা মনে রাখা দরকার যে, যান্ত্রিক ও রাসায়নিক বিচূর্ণীভবন সর্বত্রই যৌথভাবে সক্রিয় থাকে। তবে পৃথিবীর কোথাও যান্ত্রিক আবহবিকার, আবার কোথাও বা রাসায়নিক আবহবিকার, এই দুটির মধ্যে একটি তুলনামূলকভাবে বেশী প্রাধান্য লাভ করে থাকে।

আবহবিকারের যান্ত্রিক ও রাসায়নিক পদ্ধতি ছাড়াও উদ্ভিদ, জীবজন্তু, পশুপাখী প্রভৃতির মাধ্যমেও শিলার বিচূর্ণীভবন ঘটে, একে জৈবিক বিচূর্ণীভবন বলা হয়। তবে বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই এরা যান্ত্রিক ও রাসায়নিক প্রক্রিয়াকে সাহায্য করে।

19.6.1. *যান্ত্রিক আবহবিকার (Machanical Weathering)* :

শিলা বা খনিজের ওপর বিভিন্ন রকমের জলজাত (Hydrological), তাপীয় (Thermal) বা কেলাসজাত (Crystal) পীড়ন, টান প্রভৃতির ফলে খণ্ডীভবনের মাধ্যমে ক্রমশ অধিক স্থায়ী (Durable) বস্তু বা বস্তুকণায় রূপান্তরের পদ্ধতিকে যান্ত্রিক আবহবিকার বলে।

19.6.1.1. *যান্ত্রিক আবহবিকারের জন্য দায়ি বিভিন্ন শক্তি বা পীড়ন এবং শিলার খণ্ডীভবন (Physical Stresses & Resultant Disintegration)* :

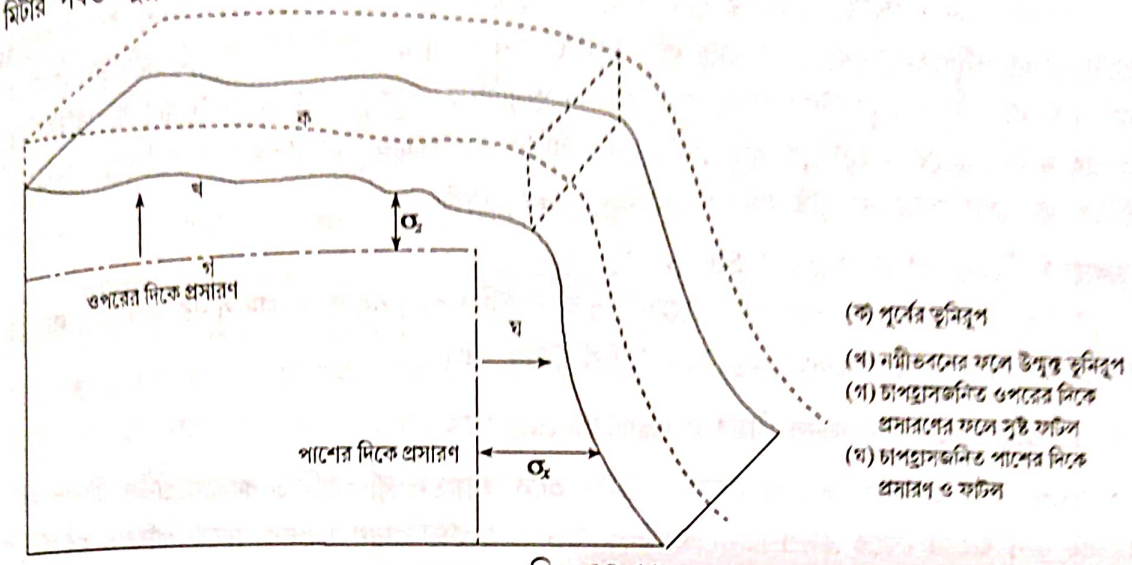
19.6.1.1.1. ভূ-তাত্ত্বিক পীড়ন (Geological Stresses) :

- শিলা গঠন পদ্ধতির বিভিন্ন পর্যায়ে চাপ, তাপ এবং কেলাসগঠন জনিত পীড়নের ফলে শিলা খণ্ডিত হয়।
- কেলাস গঠন পদ্ধতিতে খনিজ, আগ্নেয় বা রূপান্তরিত শিলায় পীড়নজনিত ফাটল তৈরি হয়। গ্রানাইট বা মার্বেল শিলা এইধরনের ফাটলের সৃষ্টির দ্বারা খণ্ডিত হয়।
- পললস্তরের ওপর চাপজনিত (Super incumbent pressure) দৃঢ় সংবদ্ধতার পদ্ধতিতে (Compaction & Consolidation) শিলায় পীড়নের ফলে ফাটল তৈরি হয়।
- অনেক সময় ভূ-সংস্থানগত (Tectonic) আলোড়ন (Movement)-এর ফলে চাপ (Compression) এবং টান জনিত (Tension) শক্তির প্রভাবে শিলাতে ফাটল তৈরি হয় ও কখনো-কখনো খণ্ডিত হয়। পুরু (Massive) বা ফাটলযুক্ত বেলেপাথর, চুনাপাথর ইত্যাদি শিলায় এইধরনের ফাটল চোখে পড়ে।

19.6.1.1.2. ভূমিরূপের ক্ষয়কারী শক্তি-উদ্ভূত পীড়ন (Geomorphological Stress) :

গিলবার্টের (Gilbert, 1904) মতে, ভূমির ক্ষয়জনিত পদার্থের অপসারণ এবং নগ্নীভবণ (Denudation) পদ্ধতির দ্বারা শিলার ওপর থেকে উলম্ব চাপ (Vertical Pressure) হ্রাস পায় এবং ভারের মুক্তিপ্রাপ্তি (unloading) হয়। এই ভার-মুক্তির ফলে যে শিলাকে আগে নিম্নমুখী চাপ সহ্য করতে হত, সেটি ওপরের দিকে প্রসারিত

হয় এবং এই প্রবণতার জন্য ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল ফাটলের সৃষ্টি হয় এবং শিলার উপরের স্তরটি ভিতরের স্তর থেকে পেঁয়াজের খোসার মতো পৃথক হয়ে যায়। এই ধরনের চাপ হ্রাস ও ভার মুক্তি জনিত প্রসারণ ভূ-পৃষ্ঠ থেকে প্রায় ১০০ মিটার গভীরতা পর্যন্ত অনুভূত হয় এবং বিচ্ছিন্ন স্তরটি কয়েক সেমি. থেকে ৩০ মিটার পর্যন্ত পুরু হতে পারে (Chorley *et.al.*, 1885)।



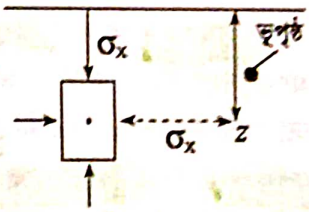
চিত্র 19.4A

গিলবার্ট (1904)-এর মতে এই ধরনের পীড়ন উলম্ব এবং অনুভূমিক দুই তলেই অনুভূত হয়। কোনো শিলাস্তর তার ওপরের শিলাস্তর দ্বারা যে চাপ অনুভব করে তার পরিমাণ নিম্নলিখিতভাবে পরিমাণ করা যায় ঃ

$\sigma_z = \tau.z$ σ_z = উল্লম্ব চাপ

τ = প্রতিএকক আয়তন পদার্থের ওজন।

z = ভূপৃষ্ঠ থেকে গভীরতা (চিত্র 19.4A এবং 19.4B)



চিত্র 19.4B

আবার কোনো খাড়া ঢালে উন্মুক্ত শিলাস্তর আবার পাশের দিকে চাপহ্রাসজনিত কারণে প্রসারিত হলেও ফাটলের সৃষ্টি হয় একে প্রসারন জনিত ফাটল (Tension Crack) বলে।।

$\sigma_x = K\sigma_z$ σ_x = পার্শ্বচাপ

σ_z = উল্লম্ব চাপ

H = পার্থিব চাপের একক (Co-efficient of Earth pressure) (চিত্র 19.4A এবং 19.4B দ্রষ্টব্য)।

গিলবার্টের মতে কোনো ভূ-ত্বকের গভীরে শিলাস্তরে যতটা শক্তি আবদ্ধ থাকবে তা উপরিস্থ চাপের সঙ্গে আনুপাতিক হারে পরিবর্তিত হয়। এবার ওই উপরিস্থ চাপ সরে গেলে এই অভ্যন্তরীণ চাপ প্রসারণের মাধ্যমে বেরিয়ে যায় এবং সেজন্যই **প্রসারণজনিত ফাটল** (Tension Crack) তৈরি হয় এবং এর ফলে **পৃষ্ঠদেশের সমান্তরাল ফাটল** (Surface parallel fracture) তৈরি হয় এবং এভাবেই **শল্কমোচন** (Exfoliation) পদ্ধতি কার্যকর হয়।

গ্রানাইট শিলার বেশিমাত্রায় স্থিতিস্থাপকতার (Elasticity) জন্য এ ধরনের চাপহ্রাসজনিত ফাটল তৈরির প্রবণতা বেশি এবং এভাবে পৃষ্ঠ-গম্বুজ (Surface Dome) তৈরি হয়। **সিয়েরা নেভাদায়** (Sierra Nevada) এ ধরনের ভূমিরূপ চোখে পড়ে।

19.6.1.1.3. তাপীয় পীড়ন (Thermal Stress) :

শিলা সাধারণত তাপের কুপরিবাহী হওয়ার জন্য তাপীয় ঢাল (Thermal gradient) খুব বেশি হয়। মরুভূমি বা উচ্চ অঞ্চলে এইধরনের তাপীয় ঢাল বেশি হয় এবং এরজন্য শিলার ওপরে সূর্যালোকে উন্মুক্ত

অংশে তাপের সঞ্চয় বেশি হয় এবং শিলার অভ্যন্তরে তাপের হ্রাস দ্রুত লক্ষ্য করা যায় এবং এর ফলে শিলায় বিষম পীড়নজনিত কারণে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

মোহেভ মরুভূমি (Mohave Desert) এলাকায় **কোয়ার্টজে** (Quartz) এই তাপীয় ঢাল 0·5°C প্রতি সেমি। **সাহারা মরুভূমিতে বেলেপাথরের** ওপর এই তাপীয় ঢাল 0·85°C প্রতি সেমি।

গবেষণায় দেখা গেছে কেবল তাপীয় ঢাল শিলায় যে পীড়ন সৃষ্টি করে তার ফলে শিলার তেমন কোনো ব্যাপক পরিবর্তন হয়না। 244 বছর ধরে 110°C দিন ও রাত্রির তাপমাত্রার ব্যবধান ঘটিয়েও শিলাতে তেমন কোনো পরিবর্তন (ফাটল) লক্ষ্য করা যায়নি। অন্যদিকে শিশির এবং মাঝে-মধ্যের বৃষ্টিপাতজনিত আর্দ্রতার জন্য মোহেভ মরুভূমিতে মাত্র 24°C দিন-রাত্রির তাপমাত্রার ব্যবধানের কারণে শিলা 0·0084% প্রসারিত হয় এবং ফাটলের সৃষ্টি হয়। (Chorley *et.al.* 1986)

▸ **জলজাত পীড়ন** (Hydrological Stress) :

আর্দ্রতা ও শুষ্কতার জন্য শিলা ক্রমান্বয়ে প্রসারিত বা সংকুচিত হয়। এর ফলে কাদাপাথর, মন্টমোরিলোনাইট কাদায় (Montmorilonite clay) প্রভৃতিতে ফাটল তৈরি হয়।

19.6.1.1.4. কেলাসজনিত পীড়ন (Crystal Stress) :

শিলা বা মৃত্তিকা মধ্যস্থ জল বরফে পরিণত হলে আয়তন বৃদ্ধিজনিত কারণে প্রবল চাপের সৃষ্টি হয়। এই চাপ বাইরে থেকে ক্রমশ ভিতরের দিকে বাড়তে থাকে, কারণ জলের বরফে পরিণত হওয়া শুরু হয় বাইরে থেকে এবং একারণে এক আবদ্ধ প্রবল পীড়নের (Closed-high Stress) সৃষ্টি হয়। এই পীড়ন –22°C তাপমাত্রায় 2115 kg/cm² পর্যন্ত হতে পারে। বিভিন্ন শিলার বা খনিজের চাপ-সহ্যক্ষমতার [মার্বেল (100kg/cm²), গ্রানাইট (70kg/cm²), চুনাপাথর (35kg/cm²), বেলেপাথর (7—14 kg/cm²)] চেয়ে এই চাপ অনেক বেশি এবং সেই কারণেই শিলা সহজে ফেটে যায়।

শুষ্ক অঞ্চলে এবং উচ্চ-অক্ষাংশে লবণ কেলাস গঠিত হয় এবং এর ফলে শিলায় ব্যাপক চাপ পড়ে এবং শিলা ফেটে যায়। উচ্চ অক্ষাংশে বা উচ্চ অঞ্চলে জল জমে বরফে পরিণত হলে শুদ্ধ জলই জমে বরফ তৈরি করে এবং বাকি দ্রবীভূত পদার্থ (লবণ) একত্রিত হয়ে কেলাস গঠন করে। শুষ্ক অঞ্চলে ক্যাপিলারি পদ্ধতির জন্য ভূ-পৃষ্ঠের কাছে লবণের সঞ্চয় ঘটে ও কেলাস তৈরি হয়। এই লবণ-কেলাস, শিলায় পীড়নের সৃষ্টি করে এবং ফাটল তৈরি হয়।

19.6.1.1.5. জৈব পীড়ন (Biological Streess) :

উইপোকা 1 মিমি ব্যাসের মৃত্তিকাকণা হজম করতে পারে এবং প্রায় 1·5–2 মিটার গভীর গর্ত তৈরি করতে পারে। এইভাবে গড়ে প্রতি বছর প্রতি একর এলাকা থেকে 43 টন মাটি তুলে ঢিবি বানাতে পারে। নাইজেরিয়াতে এই হার 50 টন/একর/বছর।

উদ্ভিদও তাদের শিকড় প্রবেশের মাধ্যমে শিলায় ফাটল তৈরি করে। উদ্ভিদের বড়ো শিকড় (Tap root) শিলার মধ্যে 3 মিটার গভীরতা পর্যন্ত প্রবেশ করে। আবার, সূক্ষ্ম শিকড় 6 মিটারের বেশি গভীরতা পর্যন্ত প্রবিষ্ট হয়।

19.6.1.2. *যান্ত্রিক আবহবিকারের পদ্ধতিসমূহ (Processes of Machanical Weathering)* :

যান্ত্রিক আবহবিকারের পদ্ধতিগুলিকে সাধারণত চারভাগে ভাগ করা যায় :

(A) ইনসোলেশান আবহবিকার (Insolation Weathering)
(B) চাপ-হ্রাসজনিত আবহবিকার (Unloading Weathering)
(C) কেলাস আবহবিকার (Crystal Weathering)
(D) আর্দ্রতাজনিত আবহবিকার (Moisture Weathering)

[A] ইনসোলেশান আবহবিকার (Insolation Weathering) :

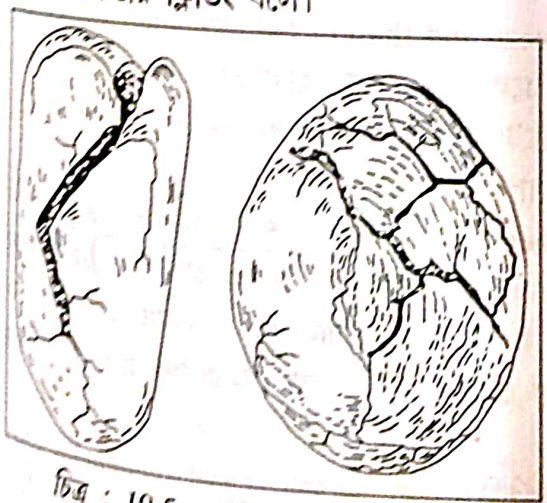
1) ➡ **ইনসোলেশান ফাটল** (Insolation Crack) : শিলার তাপমাত্রা বাড়লে প্রসারণ হয় এবং তাপমাত্রা কমলে সংকোচন হয়। ঘন ঘন এই ধরনের প্রসারণ ও সংকোচনের কারণে শিলাতে ফাটল তৈরি হয় এবং শিলা খণ্ডিত হয়। সূর্যকিরণের থেকে যদি শিলা উত্তপ্ত বা তাপ বিকিরণ করে শীতল হয় তবে তাকে ইনসোলেশান আবহবিকার বলে এবং যে ফাটল তৈরি হয় তাকে ইনসোলেশান ফাটল বলে।

2) ➡ **প্রস্তরচাঁই বিচ্ছিন্নকরণ** (Block Disintegration) : শিলা তাপের কু-পরিবাহী হওয়ায় সূর্যকিরণে উত্তপ্ত শিলাগাত্রের তাপমাত্রা বাড়ে, কিন্তু সেই তাপ অভ্যন্তরে পরিবাহিত না হওয়ায় যে তাপ-ঢাল (Temperature Gradient) তৈরি হয় তার ফলে শিলায় পীড়ন (Stress) সংঘটিত হয় এবং ফাটল তৈরি হয় এবং শিলা খণ্ডিত হয়। একে প্রস্তরচাঁই বিচ্ছিন্নকরণ বা পিন্ড বিশরণ বলে।

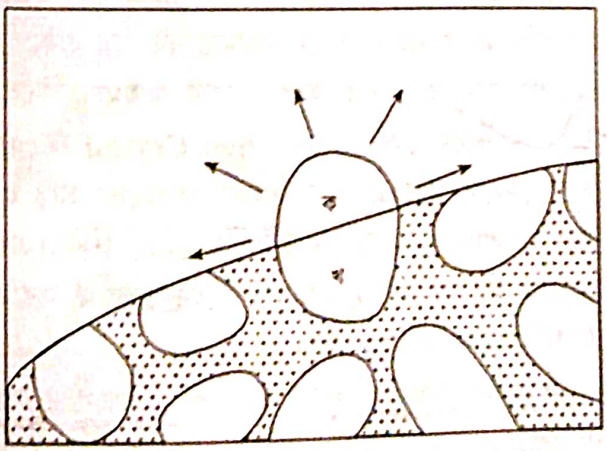
3) ➡ **ক্ষুদ্রকণা বিশরণ** (Granular Distintegration) : শিলা বিভিন্ন খনিজ বা পদার্থের সমন্বয়ে গঠিত। এইসব পদার্থের তাপগ্রাহিতা (Specific heat), প্রসারণ বা সংকোচনের হার বিভিন্ন। আবার কোনো কোনো খনিজের সবদিকে সমানভাবে প্রসারিত না হয়ে একদিকে বেশিমাত্রায় প্রসারিত হয়, কাজেই শিলাতে পীড়নের পরিমাণ বেশি হয় এবং শিলা সহজে খন্ডিত হয়ে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণায় পরিণত হয়। একে ক্ষুদ্রকণা বিশরণ বলে।

4) ➡ **সৌর ফাটল** (Sun Crack) : দিন ও রাত্রির তাপমাত্রার পার্থক্য (Diurnal range of temperature) শিলায় পীড়নের পরিমাণ নির্ধারণ করে। বায়ুমন্ডলে এই তাপমাত্রার পার্থক্য এবং শিলাগাত্রে এই তাপমাত্রার পার্থক্য বিভিন্ন হয়। বায়ুমন্ডলের এবং শিলাগাত্রের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা একই হয়, আবার শিলাগাত্রের সর্বোচ্চ তাপমাত্রা বায়ুমন্ডল অপেক্ষা অনেক বেশি হয়। হিউন (1924)-এর মতে মিশরে বায়ুমন্ডল অপেক্ষা শ্লেট পাথরের ওপর 7°F, ফ্লিন্ট শিলার ওপরে 33°F বেশি তাপমাত্রা অনুভূত হয় এবং কাজেই শিলাগাত্রে তাপমাত্রার পার্থক্য বায়ুমন্ডল অপেক্ষা অনেক বেশি হয় এবং শিলাতে পীড়ন তাই বেশি। এর ফলে শীলাতে যে ফাটল হয় তাকে সৌর ফাটল (Sun crack) বলে।

5) ➡ **বোল্ডার ক্লিভিং** (Boulder Cleaving) : সাধারণত পাহাড়ের ঢাল বা ভূ-পৃষ্ঠে উন্মুক্ত তলদেশে যদি কোনো বোল্ডার উঁচু হয়ে অবস্থান করে তবে সেই বোল্ডারের উঁচুর অর্ধেক অংশ খণ্ডিত হয়ে অপসারিত হয়। এই ধরনের বোল্ডারের দ্বিখন্ডিত অবস্থায় ঢালের পৃষ্ঠদেশে (level of slope) একই তলে অবস্থান করাকে বোল্ডার ক্লিভিং বলে।



চিত্র : 19.5 : ফাটল সমন্বিত বোল্ডার (ব্রাউন, 1924)



চিত্র : 19.6 : বোল্ডার ক্লিভিং-এর পদ্ধতি

[B] চাপহ্রাসজনিত আবহবিকার (Unloading Weathering) :

1) ➡ **শিটিং** (Sheeting) : কোনো শিলার ভূ-পৃষ্ঠের সমান্তরাল ফাটলের মাধ্যমে পাতলা পাতে বা স্তরে ভাগ হয়ে যাওয়ার প্রবণতাকে শিটিং (sheeting) বলে। উল্লম্ব চাপ হ্রাসের কারণে শিলার উন্মুক্ত পৃষ্ঠদেশ

প্রসারিত হয়। গিলবার্টের (Gilbert, 1904)-এর মতে উপরিস্থ শিলার ক্ষয়জনিত চাপের অপসারণের কারণে মূলত গ্রানাইট শিলার ওপরের স্তরের প্রসারণ হয় এবং এর ফলে পাত (sheet) গঠিত হয়। ব্রাডলে (Bradley, 1963) এর মতে পুরু বেলেপাথরেও এধরনের পাত খুলে যায়।

➡ **স্প্যালিং (Spalling) :** এই পাত বা স্তরগুলি সাধারণত পাতলা এবং চওড়া হয়। কিন্তু গুহা বা টানেলে (Tunnel) এই পাতলা চওড়া পাতের পরিবর্তে টুকরো টুকরো খণ্ডে বিভক্ত হয়ে শিলার ওপরের স্তর খুলে আসে। একে স্প্যালিং (Spalling) বলে। এরা সাধারণত খাড়া দেওয়াল থেকে প্রসারণ-ফাটল (Tension Crack) এবং সংকোচন জনিত ছিন্ন-ফাটল (Shear Crack)-এর সমন্বয়ে গঠিত হয়। অনুভূমিক চাপ-হ্রাসজনিত প্রসারণ-ফাটল (Tension Crack) খাড়া দেওয়ালের সমান্তরালে গঠিত হয় এবং এর ফলে শিলা ছোট-ছোট খণ্ডে বিভক্ত হয়।

[C] কেলাস আবহবিকার (Crystal Weathering) :

কেলাসগঠনের সময় সাধারণত পদার্থের আয়তন বাড়ে এবং এর ফলে শিলায় যে চাপ পড়ে, তাতে শিলা খণ্ডিত হয়। এই কেলাস, জলের জমাট বাঁধা অথবা দ্রবণ থেকে লবণ-কেলাস তৈরির দ্বারা সংঘটিত হতে পারে।

➡ **বরফের ক্রিয়া (Frost Weathering) :** জল জমে বরফ হলে আয়তনে 9% বৃদ্ধি পায়। এই জল যদি আবদ্ধ এলাকায় (Confined space) জমে তাহলে সংশ্লিষ্ট শিলায় ব্যাপক চাপ অনুভূত হয়। –22° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় আবদ্ধ এলাকায় প্রতি বর্গইঞ্চিতে 30,000 পাউন্ডেরও বেশি চাপ অনুভূত হয়। এই চাপ বেশিরভাগ শিলার সহনশীলতার চেয়ে বেশি এবং এর ফলে শিলা টুকরো টুকরো হয়ে খণ্ডিত হয়।

সাধারণ ক্ষেত্রে বরফ জমা হওয়া আবদ্ধ এলাকায় পরিলক্ষিত হয় না। জল কোনো ফাটলে প্রবেশ করলে নিশ্চয়ই ফাটলের উন্মুক্ত অংশ থাকে, তাই বর্ধিত আয়তনের কিছুটা ওপর দিকে উঠে আসে। কেবল নীচের দিকের কিছুটা আয়তন বৃদ্ধি জনিত চাপ এই ফাটল বৃদ্ধির কাজে লাগে। এই ফাটল বেশ কিছুটা বড়ো হওয়ার পর জমা বরফ বদ্ধ প্রণালী (closed system) হিসাবে কাজ করে। কারণ ফাটলের জলের ওপরের অংশ প্রথমে ঠান্ডা হয়ে বরফে রূপান্তরিত হওয়ার পরে, ধীরে ধীরে ভিতরের অংশে জমাট বাঁধে এবং আয়তন- বৃদ্ধিজনিত পুরো চাপটাই এখন আবদ্ধ অবস্থায় কার্যকরী হয় এবং ফাটল-বৃদ্ধিতে কাজে লাগে। এমতাবস্থায় বরফ কীলক (Ice Wedge) ফাটল বৃদ্ধিতে সহায়ক হয়।

ক্রমান্বয়ে বরফ জমা এবং গলন (Alternate freeze and thaw) : জল জমে যাওয়া এবং বরফের গলনের ফলে পদার্থের কণাগুলির স্থানান্তর হয়। বরফ গলে জলে পরিণত হলে ওই জলের স্রোতে স্খলিত কণাগুলি নতুন নতুন স্থানে স্থানান্তরিত হয় এবং ছোটো ছোটো কণাগুলি অনেক সময় ফাটল বা নীচু জায়গায় জমা হয়, তাই তার আগের জায়গায় ফিরে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

➡ **লবণ কেলাস গঠন (Salt Crystal Weathering) :** মৃত্তিকা বা শিলার অভ্যন্তরে দ্রবণ থেকে লবণ কেলাস গঠনের ফলে শিলায় যে চাপের সৃষ্টি হয় তাতে শিলা টুকরো টুকরো হয়ে যায়। ওয়েলম্যান এবং উইলসন (Wellman and Wilson, 1965)-এর মতে সচ্ছিদ্র শিলায় দ্রবণ, কেলাস এলাকার দিকে প্রবাহিত হয়। আবার মৃত্তিকার ওপরের স্তরে এ ধরনের কেলাস গঠিত হলে ওলিয়ারের মতে এ ধরনের আবহবিকারের প্রবণতা কমে।

আবার সচ্ছিদ্র শিলার পৃষ্ঠদেশে ছিদ্রপথে কেলাস গঠিত হলে **ক্ষুদ্রকণা বিশরণ** (Grannular Disintegration) হতে পারে। আবার **শল্কমোচনের** (Exfoliation) মতো আবহবিকারও এর ফলে সংগঠিত হতে পারে।

"In porous rocks however, the crystallisation of salts within the pores at the surface of the rock may lead to grannular disintegration or possibly to some sort of exfoliation." **Ollier, 1975.**

ওয়েলম্যান এবং উইলসন (Wellman & Wilson, 1965) এর মতে মধ্য অস্ট্রেলিয়ায় আয়ার্স

প্রসারিত হয়। গিলবার্টের (Gilbert, 1904)-এর মতে উপরিস্থ শিলার ক্ষয়জনিত চাপের অপসারণের কারণে মূলত গ্রানাইট শিলার ওপরের স্তরের প্রসারণ হয় এবং এর ফলে পাত (sheet) গঠিত হয়। ব্রাডলে (Bradley, 1963) এর মতে গুরু বেলেপাথরেও এধরনের পাত খুলে যায়।

➡ **স্প্যালিং (Spalling) :** এই পাত বা স্তরগুলি সাধারণত পাতলা এবং চওড়া হয়। কিন্তু গুহা বা টানেলে (Tunnel) এই পাতলা চওড়া পাতের পরিবর্তে টুকরো টুকরো খণ্ডে বিভক্ত হয়ে শিলার ওপরের স্তর খুলে আসে। একে স্প্যালিং (Spalling) বলে। এরা সাধারণত খাড়া দেওয়াল থেকে প্রসারণ-ফাটল (Tension Crack) এবং সংকোচন জনিত ছিন্ন-ফাটল (Shear Crack)-এর সমন্বয়ে গঠিত হয়। অনুভূমিক চাপ-হ্রাসজনিত প্রসারণ-ফাটল (Tension Crack) খাড়া দেওয়ালের সমান্তরালে গঠিত হয় এবং এর ফলে শিলা ছোট-ছোট খণ্ডে বিভক্ত হয়।

[C] কেলাস আবহবিকার (Crystal Weathering) :

কেলাসগঠনের সময় সাধারণত পদার্থের আয়তন বাড়ে এবং এর ফলে শিলায় যে চাপ পড়ে, তাতে শিলা খণ্ডিত হয়। এই কেলাস, জলের জমাট বাঁধা অথবা দ্রবণ থেকে লবণ-কেলাস তৈরির দ্বারা সংঘটিত হতে পারে।

➡ **বরফের ক্রিয়া (Frost Weathering) :** জল জমে বরফ হলে আয়তনে 9% বৃদ্ধি পায়। এই জল যদি আবদ্ধ এলাকায় (Confined space) জমে তাহলে সংশ্লিষ্ট শিলায় ব্যাপক চাপ অনুভূত হয়। −22° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় আবদ্ধ এলাকায় প্রতি বর্গইঞ্চিতে 30,000 পাউন্ডেরও বেশি চাপ অনুভূত হয়। এই চাপ বেশিরভাগ শিলার সহনশীলতার চেয়ে বেশি এবং এর ফলে শিলা টুকরো টুকরো হয়ে খণ্ডিত হয়।

সাধারণ ক্ষেত্রে বরফ জমা হওয়া আবদ্ধ এলাকায় পরিলক্ষিত হয় না। জল কোনো ফাটলে প্রবেশ করলে নিশ্চয়ই ফাটলের উন্মুক্ত অংশ থাকে, তাই বর্ধিত আয়তনের কিছুটা ওপর দিকে উঠে আসে। কেবল নীচের দিকের কিছুটা আয়তন বৃদ্ধি জনিত চাপ এই ফাটল বৃদ্ধির কাজে লাগে। এই ফাটল বেশ কিছুটা বড়ো হওয়ার পর জমা বরফ বন্ধ প্রণালী (closed system) হিসাবে কাজ করে। কারণ ফাটলের জলের ওপরের অংশ প্রথমে ঠান্ডা হয়ে বরফে রূপান্তরিত হওয়ার পরে, ধীরে ধীরে ভিতরের অংশে জমাট বাঁধে এবং আয়তন- বৃদ্ধিজনিত পুরো চাপটাই এখন আবদ্ধ অবস্থায় কার্যকরী হয় এবং ফাটল-বৃদ্ধিতে কাজে লাগে। এমতাবস্থায় বরফ কীলক (Ice Wedge) ফাটল বৃদ্ধিতে সহায়ক হয়।

ক্রমান্বয়ে বরফ জমা এবং গলন (Alternate freeze and thaw) : জল জমে যাওয়া এবং বরফের গলনের ফলে পদার্থের কণাগুলির স্থানান্তর হয়। বরফ গলে জলে পরিণত হলে ওই জলের স্রোতে স্খলিত কণাগুলি নতুন নতুন স্থানে স্থানান্তরিত হয় এবং ছোটো ছোটো কণাগুলি অনেক সময় ফাটল বা নীচু জায়গায় জমা হয়, তাই তার আগের জায়গায় ফিরে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে না।

➡ **লবণ কেলাস গঠন (Salt Crystal Weathering) :** মৃত্তিকা বা শিলার অভ্যন্তরে দ্রবণ থেকে লবণ কেলাস গঠনের ফলে শিলায় যে চাপের সৃষ্টি হয় তাতে শিলা টুকরো টুকরো হয়ে যায়। ওয়েলম্যান এবং উইলসন (Wellman and Wilson, 1965)-এর মতে সচ্ছিদ্র শিলায় দ্রবণ, কেলাস এলাকার দিকে প্রবাহিত হয়। আবার মৃত্তিকার ওপরের স্তরে এ ধরনের কেলাস গঠিত হলে ওলিয়ারের মতে এ ধরনের আবহবিকারের প্রবণতা কমে।

আবার সচ্ছিদ্র শিলার পৃষ্ঠদেশে ছিদ্রপথে কেলাস গঠিত হলে ক্ষুদ্রকণা বিশরণ (Grannular Disintegration) হতে পারে। আবার শল্কমোচনের (Exfoliation) মতো আবহবিকারও এর ফলে সংগঠিত হতে পারে।

"In porous rocks however, the crystallisation of salts within the pores at the surface of the rock may lead to grannular disintegration or possibly to some sort of exfoliation." **Ollier, 1975.**

ওয়েলম্যান এবং উইলসন (Wellman & Wilson, 1965) এর মতে মধ্য অস্ট্রেলিয়ায় আয়ার্স

শিলা (Ayers Rocks) এলাকায় লবণ কেলাস জনিত আবহবিকারের দ্বারা গুহা তৈরি হয়েছে। মিশরে মাজা চুনাপাথর মালভূমি (Ma'aza Limestone Plateau) এলাকার ভূ-পৃষ্ঠে সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস গঠিত হওয়ার ফলে যে আবহবিকার সংঘটিত হয়েছে তাতে সমস্ত খাড়া ঢাল অনতিক্রম্য হয়ে উঠেছে।

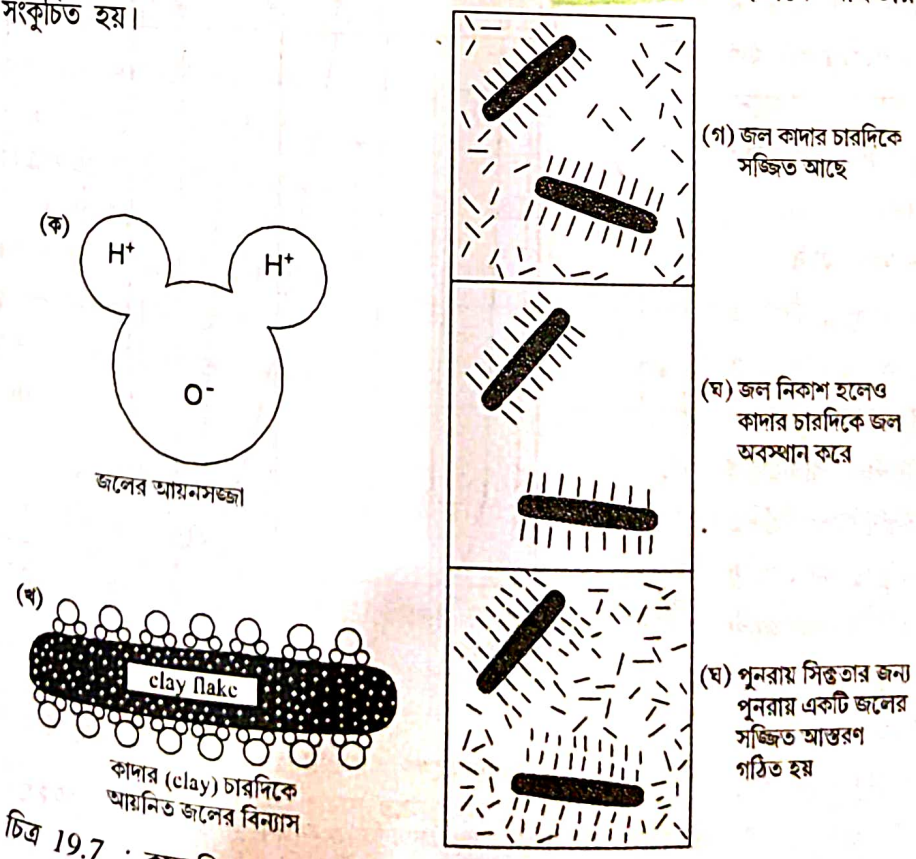
লুকাস (Lucas)-এর মতে কোনো কংক্রিট ঘরের প্লাস্টার সাধারণত ফাটল দ্বারা খুলে আসার কারণ হচ্ছে প্লাস্টার এবং ইটের দেওয়ালের মাঝে কয়েক মিলিমিটার পুরু সোডিয়াম ক্লোরাইডের আস্তরণ তৈরি হওয়া।

শুষ্ক মরুভূমিতে বাষ্পীভবনের হার বেশি হওয়ায় এইধরনের লবণ কেলাস গঠনের হার বেশি হয়। কারণ দ্রবীভূত লবণ, কেলাসের আকারে ভূ-পৃষ্ঠে থেকে যায় এবং বিশুদ্ধ জল বাষ্পীভূত হয়ে বায়ুমণ্ডলে প্রবেশ করে।

শীতল এলাকায় যেখানে জল জমে বরফে পরিণত হয় সেখানেও লবণ কেলাস গঠিত হয়। ওয়েলম্যান এবং উইলসন (Wellman & Wilson, 1965)-এর মতে জল জমে বরফে পরিণত হওয়ার সময় দ্রবীভূত লবণ আলাদা হয়ে কেলাস গঠিত হয়। আন্টার্কটিকায় দক্ষিণ ভিক্টোরিয়াতে (South Victoria Land) এ ধরনের লবণ কেলাস জনিত আবহবিকারের নিদর্শন মেলে।

[D] আর্দ্রতাজনিত আবহবিকার (Moisture Weathering) :

জলশোষনের ফলে শিলা বা খনিজের আয়তন বাড়ে এবং এর জন্য যান্ত্রিক আবহবিকার সংঘটিত হয়। ক্রমান্বয়ে জলশোষণজনিত আয়তনে প্রসারণ এবং শুষ্কতা জনিত সংকোচনের ফলে শিলাতে ফাটল তৈরি হয়। নেপার-ক্রিস্টেনসন (Nepper-Christensen, 1965)-এর মতে ফ্লিন্টের (Flint) এবং ব্যাসল্টের (Basalt) ক্ষেত্রে এই প্রসারণ এবং সংকোচন অধিক। একটি পরীক্ষায় তাঁরা দেখেছেন 100% আর্দ্রতার সম্পৃক্ত অবস্থা থেকে 65% আপেক্ষিক আর্দ্রতা ও 20°C তাপমাত্রায় নিয়ে এলে দৈর্ঘ্য বরাবর ব্যাসল্ট 0·015—0·020% এবং ফ্লিন্ট 0·006% সংকুচিত হয়। নিশিওকা এবং হারাদা (Nishoka and Harada, 1958) এর মতে বেলেপাথর, কাদাপাথর, চুনাপাথর, গ্রানাইট সমেত আরও 22 টি শিলা এইভাবে আর্দ্রতায় প্রসারিত এবং শুষ্কতায় সংকুচিত হয়।



চিত্র 19.7 : ক্রমসজ্জিত (ordered) জলের দ্বারা (স্মেকিং) আবহবিকার (ওলিয়ার 1960)

1) স্লেকিং (Slaking) : ক্রমান্বয়ে শিক্ত এবং শুষ্কতার ফলে শিলার বা খনিজের যে পরিবর্তন হয় তাকে স্লেকিং (Slaking) বলে। সিলুরিয়ান যুগের বেলেপাথর, সিল্টপাথর ও কাদাপাথর নিয়ে প্রথমে একদিন জলে ভিজিয়ে পরে একদিন ধরে শুষ্ক করা হলে দেখা গেল বেলেপাথর, সিল্টপাথর ও কাদাপাথর স্বল্পমাত্রায় পরিবর্তিত হলেও অন্যান্য সূক্ষ্মদানার শিলাগুলি বেশিমাত্রায় খন্ডিত হয়। এরপর বেশিদিনের চক্রাবর্তে শুষ্ক ও সিক্ত করা হলে শিলার খন্ডিত হওয়ার প্রবণতা আরও বাড়ে।

এই স্লেকিং (slaking)-এর কারণ হিসাবে জলের ক্রমসংখ্যা (ordered–water)-কে গুরুত্বপূর্ণ কারণ হিসাবে মনে করা হয়। জলের (H_2O) দুটি H^+ পরমাণু একদিকে এবং একটি O^- পরমাণু অন্যদিকে থাকে। কোনো ঋণাত্মক কর্দম কলোয়েডের (Negative clay surface) পৃষ্ঠদেশে H^+ অণুগুলি আকৃষ্ট অবস্থায় একটি প্রকট সজ্জার তৈরি করে (চিত্র 19.7)। ক্রমান্বয়ে আর্দ্রতা ও শুষ্কতার জন্য এইধরনের ক্রমিকসজ্জা আরও স্পষ্ট হয় এবং প্রায় কেলাস-গঠন (Quasi crystalline nature) তৈরি হয়, যা শিলা বা খনিজের ওপর পীড়ন তৈরি করে এবং এর ফলে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

19.7. রাসায়নিক আবহবিকার (Chemical Weathering) :

শিলা বা খনিজের রাসায়নিক সমন্বয়ের বা বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তনের মাধ্যমে সংশ্লিষ্ট শিলা বা খনিজের ভারসাম্য অবস্থার দিকে অগ্রসর হওয়াকে রাসায়নিক আবহবিকার বলে। এই রাসায়নিক আবহবিকারের হার ও প্রকৃতি কতকগুলি বিষয়ের ওপর নির্ভর করে—

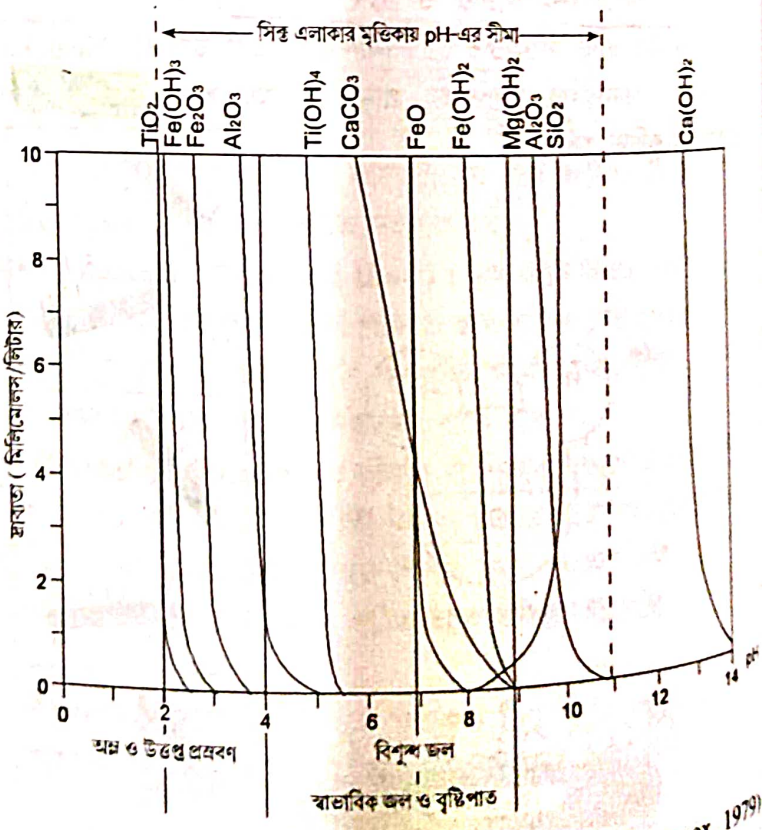
19.7.1 *রাসায়নিক আবহবিকারের নিয়ন্ত্রক (Factors of Chemical Weathering)* :

19.7.1.1. *pH বা হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণ :*

কোনো দ্রবণ বা মৃত্তিকায় যতটা হাইড্রোজেন আয়ন রয়েছে তার ঋণাত্মক লগারিদম (Negetive Logerithm) হল pH এর মান। ধরা গেল কোনো দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের পরিমান 0·00001 বা 10^{-5}, এর pH মান হবে—

$pH = -(\log_{10} H^+) = -(\log_{10} 10^{-5}) = -(-5) = 5$

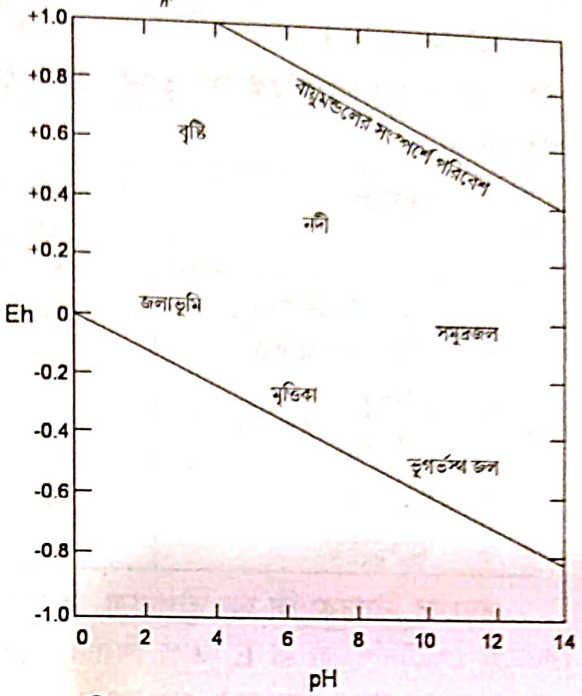
এই হাইড্রোজেন আয়নের উপস্থিতি রাসায়নিক বিক্রিয়াকে ব্যাপকভাবে নিয়ন্ত্রণ করে। বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা pH এর মানের ওপর নির্ভর করে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় লৌহ খনিজের দ্রাব্যতা pH = 6-এ যা থাকে তার চেয়ে pH = 8.5-এ 100,000 গুণ দ্রাব্যতা বেড়ে যায় (চিত্র 19.8)। এছাড়াও সিলিকা এবং অ্যালুমিনা নামক মৃত্তিকার দুটো গুরুত্বপূর্ণ উপাদানের দ্রাব্যতা pH-এর মানের ওপর নির্ভর করে।



চিত্র 19.8 : pH-এর সঙ্গে দ্রাব্যতার সম্পর্ক (Embleton & Thomex, 1979)

19.7.1.2. রেডোক্স পোটেনশিয়াল বা অক্সিডেশান পোটেনশিয়াল বা জারণ-প্রবণতা (Redox Potential or Oxidation Potential – E_h) :

ক্রাউসকফ (Krauskoph, 1967)-এর মতে কোনো পদার্থের জারিত বা বিজারিত হওয়ার ক্ষমতাকে রেডোক্স বা অক্সিডেশনের প্রবণতা বলে। অর্থাৎ, জারণ বা বিজারণের জন্য অর্থাৎ ইলেকট্রন স্থানান্তরের জন্য যে পরিমাণ শক্তি (energy) দরকার হয় তাকে জারণ-প্রবণতা (Oxidation Potential, E_h) বলে। লোহা কেবল খনিজ হিসাবে থাকলে তার জারণ পর্যায় শূন্য (Fe, Oxidation state = O)। আবার, ফেরাস যৌগ হিসাবে থাকলে তার জারণপর্যায় দুই (Ferrous Oxide, FeO-Oxidation state = 2)। আবার, ফেরিক যৌগ হিসাবে থাকলে তার জারণপর্যায় তিন (Ferric Oxides; Fe_2O_3-Oxidation state = 3) হয়। এই এক-একটি পর্যায়ে পদার্থটির স্থিতিশীলতা নির্ভর করে ইলেকট্রনের সংযোগ বা বিচ্যুতির জন্য কতটা শক্তির প্রয়োজন তার ওপর।



চিত্র 19.9 : E_h এবং pH এর সম্পর্ক

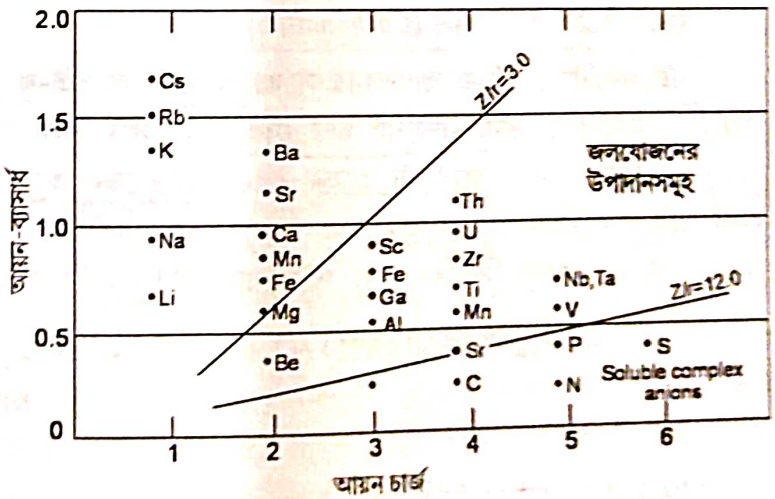
এই অক্সিডেশনের পোটেনশিয়াল বা সম্ভাবনা pH এর উপর নির্ভর করে। pH বাড়লে E_h-এর পরিমান কমে অর্থাৎ জারিত বা বিজারিত হওয়ার প্রবণতা বাড়ে।

19.7.1.3. আয়নিক পোটেনশিয়াল (Ionic Potential) :

কোনো দ্রবণে অবস্থিত আয়নগুলি তাদের দিকে জলকণাকে আকর্ষণ করে এবং জলযোজন বা জলশোষণের প্রবণতা বাড়ায়। এই জলযোজন (Hydration)-এর প্রবণতা আয়নের চার্জ (charge of ion) এবং এর ব্যাসার্ধের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। এই অনুপাতকে আয়নিক পোটেনশিয়াল বলে।

আয়নিক পোটেনশিয়াল (Ionic Polential)

$$= \frac{\text{আয়নের চার্জ } (z)}{\text{আয়নকণার ব্যাসার্ধ } (r)}$$



চিত্র 19.10 : আয়ন চার্জের সঙ্গে আয়ন-ব্যাসার্ধের সম্পর্ক ম্যাসশ (1966)

জলের প্রতি পদার্থের আচরণ, এ ধরনের আয়নিক প্রবণতা বা আয়নিক পোটেনশিয়ালের ওপর নির্ভর করে।

19.7.2. রাসায়নিক আবহবিকারের পদ্ধতিসমূহ (Processes of Chemical Weathering) :

19.7.2.1. দ্রবণ (Solution) :

বর্তমান সময়ে সারা পৃথিবীর সমগ্র আবহবিকার, ক্ষয় এবং নগ্নীভবনের বেশিরভাগ দ্রবণের মাধ্যমে সংঘটিত হয়। খনিজগুলি দ্রাবকের উপস্থিতিতে বিভিন্ন আয়নে দ্রুত ভেঙে যায় এবং এরপর দ্রাবকের সঙ্গে নির্দিষ্ট অবস্থায় খনিজ গঠন থেকে প্রবাহ মাধ্যমের দ্বারা স্থানান্তরিত হয়।

$CaCO_3$ (ক্যালসাইট) $\rightleftharpoons Ca^{++} + 2HCO_3^-$

$CaMg(CO_3)_2$ (ডলোমাইট) $\rightleftharpoons Ca^{++} + Mg^{++} + 4HCO_3^-$

অন্যান্য সব আবহবিকারের তুলনায় দ্রবণ বেশি গুরুত্বপূর্ণ। নীচের পরিসংখ্যানের সাহায্যে এই বিষয়টি পরিস্ফুট হয়।

মহাদেশ	মোট দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ (10^{14} গ্রাম)	দ্রবণজনিত ক্ষয় (টন/বর্গকিমি)
১। উত্তর-আমেরিকা	7.0	33
২। দক্ষিণ-আমেরিকা	5.5	28
৩। এশিয়া	14.9	32
৪। আফ্রিকা	7.1	24
৫। ইউরোপ	4.6	42
৬। অস্ট্রেলিয়া	0.2	2

দ্রবণের নিয়ন্ত্রকগুলি হল তাপমাত্রা, জলের প্রবাহের মাত্রা, জলের সহজ লভ্যতা, দ্রাবকের pH এবং রেডোক্স পোটেনশিয়াল বা E_h এবং শিলার সঙ্গে জলের বিক্রিয়ার সময়কাল। pH এবং E_h এর সঙ্গে দ্রবণের সম্পর্ক আগে আলোচনা করা হয়েছে। তাপমাত্রা বাড়লে দ্রবণের হার বাড়ে, কারণ দ্রাবকের সম্পৃক্ত হওয়ার জন্যে প্রয়োজনীয় দ্রাব্যের পরিমাণ তাপমাত্রার সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। বিক্রিয়ার সময়কাল দ্রবণের পরিমাণ নির্ণয় করে। জলের সঙ্গে চুনাপাথর দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরি করতে কিছুটা সময় লাগে। ওই দ্রবণ যতই সম্পৃক্ততার দিকে এগোয় ততই দ্রবণের হার কমে। ওই নির্দিষ্ট সময়ের আগে যদি দ্রবণটি নিষ্কাষিত হয়ে নতুন জল এসে চুনাপাথরের সংস্পর্শে আসে, তবে নতুনভাবে বেশি হারে দ্রবণ শুরু হয়।

19.7.2.2. *কার্বনেশন (Carbonation)* :

এই পদ্ধতিতে খনিজ বা শিলার সঙ্গে কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট আয়ন সংযুক্ত হয়। কার্বনেট আয়ন (HCO_3^-) সাধারণত দ্রাব্য পদার্থের জন্ম দেয় এবং সেটি শিলা বা খনিজ থেকে অন্যত্র স্থানান্তরিত হয়। কার্বনিক অ্যাসিড থেকে কার্বনেট আয়ন এবং হাইড্রোজেন আয়ন তৈরি হয়। অর্থোক্লেজ কেলাসপারের সঙ্গে এই হাইড্রোজেন আয়ন যুক্ত হয়ে অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট তৈরি করে যা থিতিয়ে পড়ে এবং বাকি কার্বনেট আয়ন থেকে সিলিকা এবং পটাশিয়াম কার্বনেট তৈরি হয় ঃ

$$2KAlSi_3O_8 \text{ (অর্থোক্লেজ কেলাসপার)} + H^+ + HCO_3^- \rightarrow \underset{\text{(অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট)}}{Al_2Si_2O_5(OH)_4}\downarrow + \underset{\text{(পটাশিয়াম কার্বনেট)}}{K_2CO_3} + 4SiO_2$$

19.7.2.3. *হাইড্রোলিসিস (Hydrolisis)* :

জল ভেঙে হাইড্রোজেন (H^+) এবং হাইড্রোক্সিল (OH^-) আয়নে পরিণত হয় এবং এই হাইড্রোজেন আয়ন ছোটো, বেশি চার্জযুক্ত এবং খনিজের ল্যাটিসের (lattice)-এর মধ্যে সহজে প্রবেশ করতে পারে এবং এভাবে খনিজের ভাঙন সহজতর হয়। বিভিন্ন pH-এ বিভিন্ন ধরনের খনিজ তৈরি হয় ঃ

pH – 7 হলে অ্যালুমিনা $Al_2O_3\downarrow$ থিতিয়ে পড়ে; সিলিকা (SiO_2) দ্রাব্য অবস্থায় অপসারিত হয়।

pH – 7 এর বেশি হলে অ্যালুমিনা Al_2O_3 ভীষণ দ্রাব্য; সিলিকা (SiO_2) ও দ্রাব্য এবং কাজেই দুটোই অপসারিত হয়।

হাইড্রোলিসিসজাত পদার্থ অনুস্রবণ বা লিচিং-এর মাধ্যমে অপসারিত হতে পারে, দ্রবণে উপস্থিত থাকতে পারে, ক্যাটায়ন প্রতিস্থাপনে অংশ নিতে পারে অথবা নতুন খনিজের কেলাস ল্যাটিস তৈরি করতে পারে।

19.7.2.4. হাইড্রেশন (Hydration) :

জলের সঙ্গে খনিজ বা খনিজ যৌগের সমন্বয়ের ফলে খনিজের পরিবর্তনকে হাইড্রেশন বলে। এটি চারভাবে সংগঠিত হতে পারে ঃ

(i) জলসংযোগের পর নতুন খনিজের সৃষ্টি হতে পারে এবং এতে খনিজের আয়তন বৃদ্ধি পায়।

$$CaSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons CaSO_4, 2H_2O$$

(অ্যানহাইড্রাইট-ক্যালশিয়াম সালফেট) (জিপসাম)

(ii) কে খনিজের মন্টমরিলোনাইট $[Na_{0\cdot5}\ Al_{1\cdot5}\ Ng_{0\cdot5}\ Si_4O_{10}\ (OH)_2]$ প্রভৃতির চওড়া ল্যাটিসে জলের প্রবেশ সম্ভব হয় এবং এর ফলে এটি ফুলে ওঠে। কলোরাডোতে সোডিয়ামসমৃদ্ধ ম্যানকস শেল (Mancos Shale) জলশোষণের ফলে 60 শতাংশ ফুলে ওঠে।

(iii) সচ্ছিদ্র শিলার ছিদ্রপথে অবস্থিত লবণের দ্রুত এবং ঘন ঘন হাইড্রেশনের ফলে সৃষ্ট চাপে ছোটো ছোটো ফাটলের সৃষ্টি হয় এবং একএকটি শিলা ভেঙে টুকরো হয়ে যায়।

(iv) খনিজের অভ্যন্তরে বহুদূর পর্যন্ত হাইড্রেশন সম্ভব হয় এবং এর ফলে ভবিষ্যতের হাইড্রোলিসিস বা দ্রবণের প্রাথমিক প্রস্তুতি সম্পন্ন হয়ে যায়।

19.7.2.5. জারণ (Oxidation) :

শিলা বা খনিজের রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে এর ধণাত্মক যোজ্যতার (+ve valence) বৃদ্ধি এবং ঋণাত্মক যোজ্যতার (–ve valence) হ্রাস অর্থাৎ ইলেকট্রনের (e^-) নিষ্কাশনকে জারণ বলে।

জারণ সুসম্পন্ন হওয়ার জন্য • দ্রুত জলনিকাশ • খনিজ বা শিলার আবহাওয়ার নিকট উন্মুক্ত হওয়া অথবা • দ্রবীভূত অক্সিজেনসমৃদ্ধ জলের কাছাকাছি আসা এবং • জৈব পদার্থের সহজ বিয়োজন ও • উচ্চ তাপমাত্রার প্রয়োজন। লৌহ, ম্যাঙ্গানিজ, সালফার, টাইটেনিয়াম প্রভৃতি খনিজ সহজে জারিত হয়। জারণের ফলে খনিজের তড়িৎ-প্রশমন (electrical neutrality) ব্যাহত হয়। এর ফলে কোনো খনিজ ল্যাটিস (lattice) থেকে আয়ন অপসারিত হয় এবং এর ফলে ল্যাটিসটি ভেঙে যায় এবং অন্য আয়ন ওই শূন্যস্থান পূরণ করে এবং এর ফলে ভবিষ্যতে আরও বেশি হারে আবহবিকার ঘটতে পারে।

19.7.2.6. বিজারণ (Reduction) :

খনিজের সঙ্গে ইলেকট্রনের (e^-) সংযুক্তির ফলে পদার্থটির ঋণাত্মক যোজ্যতা (Negative valence) বেড়ে যায়। একে বিজারণ বলে। সাধারণত ভৌমজলতলের নীচে বহুদিন জমা জলের তলদেশে, জলাভূমি এবং বগ বা পিট মৃত্তিকায় এ ধরনের বিজারন সম্পন্ন হয়। এইসব অবস্থায় জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন প্রায় ফুরিয়ে গিয়ে অ্যান্অ্যারোবিক অবস্থার (Anaerobic condition) সৃষ্টি করে। এইসব স্থানে জৈব পদার্থের কেন্দ্রীভবনের জন্য যেসব ব্যাকটেরিয়া থাকে তারা সব দ্রবীভূত অক্সিজেন (DO) শেষ করে দেয় এবং পরে অ্যান্অ্যারোবিক ব্যাকটেরিয়া (Anacrobic bacteria) ওইস্থানে থাকে। এমতাবস্থায় খনিজের যে রাসায়নিক পরিবর্তন হয় তা হল বিজারন। নিচের পদ্ধতি ফেরিক অক্সাইড থেকে ফেরাস অক্সাইড ও তার থেকে আয়রণ বা লোহার সৃষ্টির মাধ্যমে কালো রঙের পিট মৃত্তিকার সৃষ্টি দেখানো হল ঃ

$$Fe_2O_3 \rightarrow FeO \rightarrow Fe$$

বাদামি → ধূসর/কালো

এইভাবে বিজারনের ফলে কালো রং-এর পিট (Peat) বা বগ মৃত্তিকা তৈরি হয়।

19.7.2.7. চিলেশান (Chelation) :

ধাতব আয়ন এবং জৈব পদার্থ একত্রে সম্মিলিত গঠন (Bond Structure) তৈরি করে এবং পিচ্ছিলতার জন্য একসঙ্গে অপসারিত হয়। এই চিলেটিং এজেন্ট মূলত উদ্ভিদজাত বা প্রাণীজাত পদার্থ (Lahman, 1963)। উদ্ভিদ এই চিলেশন পদ্ধতিতে খনিজ খাদ্য গ্রহণ করে।

চিলেশনের ফলে সমস্ত (ক্ষারকীয়) ধাতব আয়ন অপসারিত হওয়ার পরে মৃত্তিকার কেবল আম্লিক হেড পদার্থ অবশিষ্ট থাকে এবং এর ফলে মৃত্তিকা আম্লিক প্রকৃতির হয়। পডসল মৃত্তিকা এইভাবে তৈরি হয়।

19.8. আবহবিকারজাত ভূমিরূপ (Weathering Landforms) :

বিভিন্ন প্রকার আবহবিকারের ফলে বিভিন্ন ধরনের ভূমিরূপ গঠিত হয়। এই আবহবিকার প্রক্রিয়াগুলি এবং সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপের আলোচনা করা হল ঃ

19.8.1. *অপরিবর্তিত আয়তনের আবহবিকার ও সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপ (Constant volume weathering and landforms) :*

সমস্ত আবহবিকারের ফলে শিলা বা খনিজের আয়তনের পরিবর্তন হয় না। এইধরনের অপরিবর্তিত আয়তনের আবহবিকারের ফলে নিম্নলিখিত ভূমিরূপ সৃষ্টি হয় ঃ

(i) রেগোলিথ এবং স্যাপ্রোলাইট (Regolith and Saprolite) : স্থানান্তরিত না হওয়া (নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত) বিয়োজিত শিলাকে **স্যাপ্রোলাইট** বলে। আবার, আংশিক স্থানান্তরিত শিলা; আংশিক স্বস্থানে অবস্থিত শিলা; স্থানান্তরিত, খণ্ডিত বা বিয়োজিত শিলা বা খনিজের নরম স্তরকে একত্রে **রেগোলিথ** (Regolith) বলে। কোনো মৃত্তিকার স্তরবিন্যাস করলে কঠিন ও শক্ত শিলার ওপরের পুরো বিয়োজিত বা সঞ্চিত স্তরকে এক সঙ্গে রেগোলিথ বলে।

(ii) মরু ভার্নিস (Desert Varnish) : মরু অঞ্চলে কোয়ার্জ কণা, শিলাখণ্ড বা কখনো-কখনো বোল্ডারের ওপর চকচকে আস্তরণ পড়ে, একে মরু ভার্নিস বলে। এই আস্তরণটি লৌহ-অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ-ডাইঅক্সাইড এবং কখনো-কখনো সিলিকা দ্বারা গঠিত। এই আস্তরণ এতই পাতলা হয় যে খালি চোখে দেখা যায় না। আবার কখনো-কখনো এই ভার্নিসের আস্তরণ 1 মিমি পর্যন্ত পুরু হতে পারে।

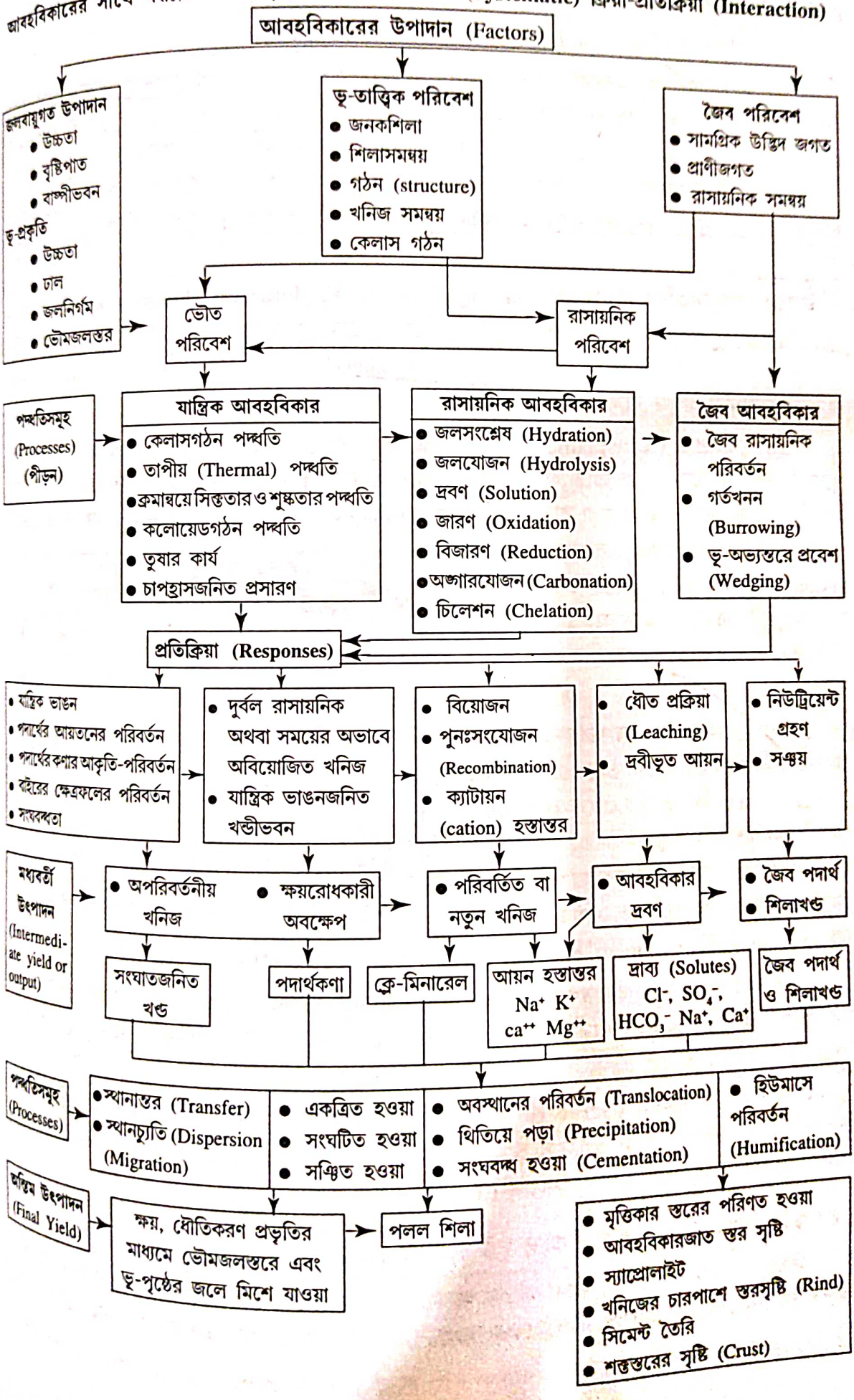
(iii) পাটিনা (Patina) : শিলাখণ্ডের ওপরের অংশ আবহবিকারের দ্বারা এতটাই পরিবর্তিত হয় যে অন্যদের থেকে এদের ওপরের অংশের রং, সচ্ছিদ্রতা বা অন্যসব বৈশিষ্ট্যের দ্বারা স্বতন্ত্র হয়ে পড়ে, একে পাটিনা বলে। ফ্লিন্ট বোল্ডারের ওপরের অংশ থেকে লিচিং পদ্ধতিতে সিলিকা পৃথক হয়ে গেলে এইধরনের স্বতন্ত্র পাটিনা তৈরি হয়।

(iv) গোলাকৃতি ভূমিরূপ : ওলিয়ার (Ollier)-এর মতে হাইড্রোলিসিস প্রক্রিয়ায় শিলার মধ্যে খনিজের রাসায়নিক স্থানান্তর এবং খনিজের বিয়োজনের ফলে শিলার বাইরের আস্তরণ আলগা হয়ে পেঁয়াজের খোসার মতো খুলে যায় ও গোলাকৃতি ভূমিরূপ তৈরি করে। শিলাখণ্ডগুলি কেবল ওপরের অংশে উন্মুক্ত না হয়ে চারিদিক থেকে উন্মুক্ত হলে আবহবিকার প্রক্রিয়া চারদিক থেকে সক্রিয় হয় এবং শিলার সবদিকে এইধরনের ভঙ্গুর আবরণ তৈরি হয় এবং তা খুলে যায়।

(v) রঙিন স্তরবিন্যাস (Colour Banding) : শিলা বা মৃত্তিকায় লৌহ-অক্সাইডের ক্রমান্বয়ে সঞ্চয় ও অপসারণের ফলে এইধরনের স্তরবিন্যাস গঠিত হয়। সাধারণত ল্যাটেরাইট বা লালমাটির মধ্যে এইধরনের রঙিন স্তরবিন্যাস গঠিত হয়।

- **আবহবিকার রিন্ড (Weathering Rind) :** কিছু কিছু বোল্ডারের উপর ক্ষয়প্রতিরোধকারী লৌহ-অক্সাইডের আস্তরণ গঠিত হয়। এই আস্তরণ কয়েক মিমি থেকে 10 সেমি পর্যন্তও পুরু হতে পারে। বোল্ডারের ওপর অংশ থেকে লিচিং পদ্ধতিতে পদার্থের অপসারণ এবং ক্যাপিলারি পদ্ধতিতে অন্যান্য পদার্থের সঞ্চয় প্রভৃতি কারণে এইধরনের আস্তরণ তৈরি হয়।
- **দ্রবণ প্রক্রিয়ায় গঠিত ভূমিরূপ—কার্স্ট ভূমিরূপ (Karst Landform) :** রাসায়নিক আবহবিকারের প্রধান পদ্ধতি হল দ্রবণ। এইপদ্ধতিতে দ্রাব্য শিলা যথা চুনাপাথর, ডলোমাইট প্রভৃতির ওপর থেকে পদার্থ অপসারিত হয়। এই অপসারণের হার কোথাও বেশি আবার কোথাও কম হলে বিভিন্ন ভূমিরূপের সৃষ্টি হয়। সিঙ্ক হোল, উভালা, পোলজি, কার্স্ট গবাক্ষ, স্ট্যালাকটাইট, স্ট্যালাকমাইট প্রভৃতি ভূমিরূপ আবহবিকারের ফলে গঠিত হয়।

আবহবিকারের সাথে সংশ্লিষ্ট বিষয়সমূহের মধ্যে প্রণালীবদ্ধ (Systematic) ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়া (Interaction)



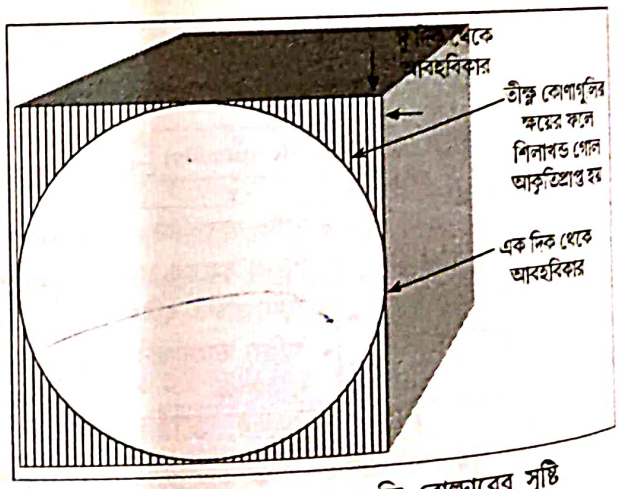
19.8.2. প্রসারণের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট আবহবিকার ও গঠিত ভূমিরূপ

(Weathering with Expansion and Related Landforms) :

(i) চাপহ্রাসজনিত আস্তরণ (Unloading sheet) : ওপরের শিলার অপসারণজনিত চাপহ্রাসের ফলে নীচের শিলার ওপরের স্তরটি প্রসারণের কারণে খুলে যায়। এই আস্তরণ বা স্তরটি বিশাল আয়তনের হয় এবং বেশ পুরু হতে পারে। ভূমিভাগের সমান্তরাল বিস্তীর্ণ ফাটল এইস্তরটিকে আলগা করে দেয়। আবার V-আকৃতির নদী-উপত্যকার দু-পাশের ঢালু অংশেও এইপ্রকার প্রসারণজনিত স্তর খুলে আসে। কলোরাডো মালভূমিতে বেলেপাথরের ওপর গঠিত হওয়া V-আকৃতির উপত্যকার দু-পাশে এইধরনের আবহবিকার দেখা যায়।

(ii) চাপহ্রাসজনিত গম্বুজ (Unloading Dome বা Exploitation Dome) : এফ. ই. ম্যাথেস (F.E.Matthes) প্রথম এক্সফোলিয়েশন গম্বুজের উল্লেখ করেন। সাধারণত দশ থেকে কয়েকশো ফুট উঁচু, বৃক্ষহীন, খণ্ডিত ও প্রসারণ জনিত আস্তরণ (unloading sheet) দিয়ে ঢাকা উচ্চভূমিকে Unloading dome বা চাপহ্রাসজনিত গম্বুজ বলে।

(iii) কেন্সপ্রাঙ্ (Kensprung) : যে-সব ফাটলের দ্বারা বৃহদায়তন বোল্ডার কম সংখ্যার বড়ো বড়ো খণ্ডে বিভক্ত হয় তাদের কেন্সপ্রাঙ্ বলে। প্রাথমিকভাবে ইনসোলেশন (insolation) জনিত তাপীয় কারণে এইগুলির সৃষ্টি হয়েছে মনে করা হলেও ওলিয়ার (Ollier)-এর মতে শিলার (গ্রানাইট) মধ্যস্থিত ছোটো ছোটো ফাটলের স্বতঃস্ফূর্ত প্রসারণের (spontaneous opening of joints) ফলে এইধরনের ফাটলের সৃষ্টি হয়। যদিও মনে করা হয় এইধরনের ফাটলের প্রসারণ চাপহ্রাসজনিত প্রসারণের সমতুল।



চিত্র 19.11 : গোলাকৃতি বোল্ডারের সৃষ্টি

(iv) গোলাকৃতি বোল্ডার : কোনো বোল্ডারের বা প্রস্তরখণ্ডের তীক্ষ্ণ কোণগুলিতে (edge/ corner) বিভিন্ন দিক থেকে আবহবিকার পদ্ধতি কার্যকর হয়। কিন্তু বোল্ডারের পাশগুলিতে (faces) একদিক থেকে আবহবিকার পদ্ধতি কাজ করে। তাই তীক্ষ্ণ কোনাগুলিতে বেশি হারে ফ্লেকিং (flaking expansion due to external forces) হওয়ায় বোল্ডারগুলি গোলাকার হয়।

(v) কচ্ছপপৃষ্ঠ সদৃশ প্রস্তরখণ্ড (Tortoise-Shell Boulders) : বহুভূজাকৃতি ফাটল যখন কোনো প্রস্তরখণ্ডের ওপরের আবহবিকারের আস্তরণকে (Weathering rind) টুকরো টুকরো করে দিয়ে কচ্ছপের পিঠের মতো দেখতে হয় তাকে কচ্ছপপৃষ্ঠ বোল্ডার বলে।

(vi) স্ক্রি বা ট্যালাস (Scree or Talus) : সূর্যরশ্মির তাপীয় প্রভাব (insolation effect) এবং বরফের ক্রিয়ায় শিলার ফাটল প্রসারিত হয়ে তীক্ষ্ণ প্রস্তরখণ্ড তৈরি করে। এই প্রস্তরখণ্ড ঢালের পাদদেশে জমা হলে তাকে স্ক্রি (scree) বা ট্যালাস (Talus) বলে।

19.8.3. বিষম আবহবিকারের ফলে সৃষ্ট ভূমিরূপ *(Landforms due to differential Weathering)*:

শিলা বা গঠনের তারতম্য অথবা আগের আবহবিকারের কারণে শিলার গুণের তারতম্যের জন্য ভূ-পৃষ্ঠে বিভিন্ন স্থানে, ভিন্ন হারে অথবা ভিন্ন প্রকার আবহবিকার লক্ষ্য করা যায়। এর ফলে বিভিন্ন ভূমিরূপ সৃষ্টি হয়।

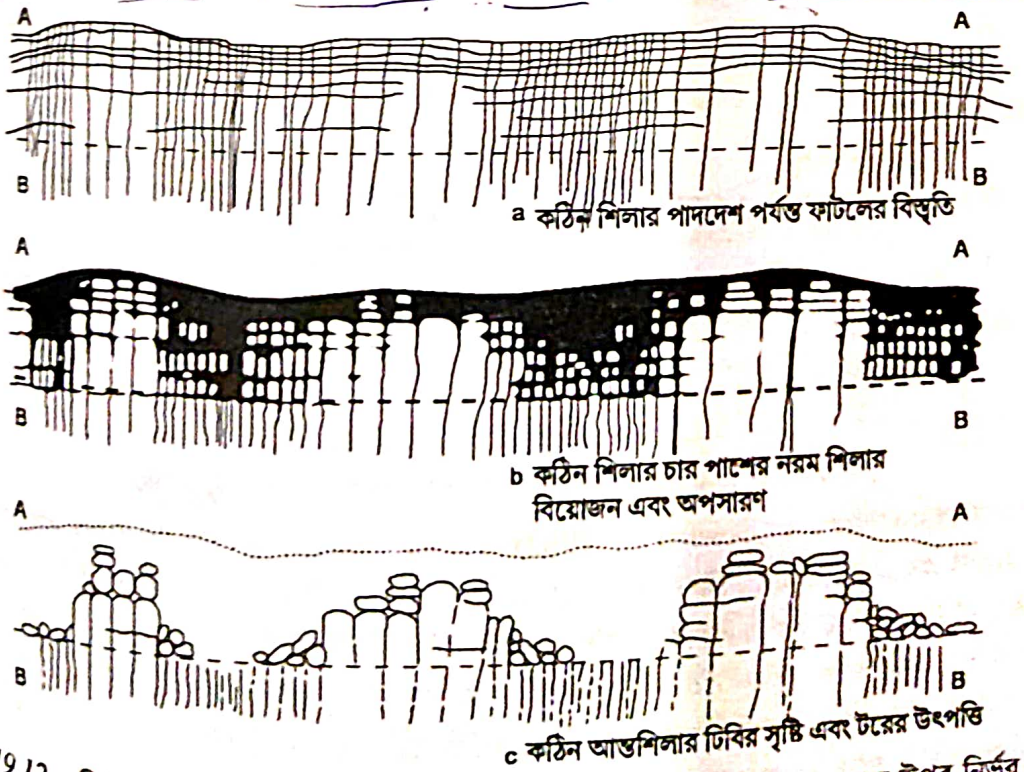
(ঘ) **আবহবিকারজাত নিম্নভূমি বা গর্ত (Weathering pit)** : সমতল ভূ-ভাগ, ঢালুজমি বা উল্লম্ব প্রায় সবজায়গাতেই এইধরনের আবহবিকার-গর্ত তৈরি হয়। সমতল ভূ-ভাগে এইধরনের গর্তকে আবহবিকার পান (Weathering Pan) বলে। সাধারণত গ্রানাইট শিলায় (Smith, 1941) এইধরনের গর্ত দেখা গেলেও বেলেপাথর (হক্সবারি বেলেপাথর / Hawkesbury Sandstone, Sydney) ও রূপান্তরিত শিলায় (উগান্ডা) এইধরনের আবহবিকারজাত নিম্নভূমি দেখা যায়। কখনো-কখনো এই ধরনের আবহবিকার-গর্তকে গামা গর্ত (Ghamma hole) বলে। সাধারণত অনুভূমিক তলে এইধরনের গামা গর্ত তৈরি হয়। ঢালুভূমিতে এইধরনের গর্তকে আর্মচেয়ার গর্ত বলে (Armchair hollow) বলে। আবার উল্লম্ব ঢালে এইধরনের আবহবিকার গর্তকে টাফোনি (Tafoni) বলে। দ্রবণ-নিম্নভূমি (Solutional Depression) কোনো নির্দিষ্ট এলাকায় স্থানীয় দ্রবণের ফলে তৈরি হয়। তবে ওলিয়ার (Ollier)-এর মতে এ ধরনের আবহবিকার-গর্ত স্থানীয় এলাকায় তৈরি হওয়া ফ্লেকিং বা ক্ষুদ্রকণা বিশরণ প্রভৃতি কারণে তৈরি হয়।

(ii) **আবহবিকার গুহা (Cavernous Weathering)** : স্থানীয় ফ্লেকিং এবং ক্ষুদ্রকণা বিশরণ প্রভৃতি কারণে বৃহদায়তন গুহার (cavern) তৈরি হয়। এইগুলিকে নিশে (Niche) বলে। আবার, কখনো-কখনো এদের অ্যালকোভ (Alcove) বলে।

(ঙ) **হানি কম্ব (Honey comb)** : আবহবিকারে প্রাপ্ত শিলায় ফাটলগুলি আয়রন অক্সাইড দ্বারা ভরাট হয়ে যায়। বেলেপাথরের ফাটলগুলি এই ধরণের আয়রন অক্সাইড দ্বারা ভরাট হলে তাকে হানি কম্ব (Honey comb) বলে। এ সব শিলা পার্শ্ববর্তী এলাকা থেকে অনেক শক্ত হয়।

(iii) **উত্থিত গোলাকৃতি শৈলশিরা (Raised Rim)** : সাধারণত আবহবিকারের গর্তের চারিদিকে উঁচু শৈলশিরা অবস্থান করে। এই শৈলশিরাটি পাশাপাশির ভূ-ভাগ থেকে উঁচুতে অবস্থিত হয়। আবহবিকার-গর্তের চারিদিকে বিশেষ আবহবিকারের জন্য শিলা শক্ত হয় বা সিমেন্ট সমৃদ্ধ হয় -এর ফলে এটি ক্ষয়প্রতিরোধ করে। এটি কখনো-কখনো প্রায় 1 মিটার পর্যন্ত উঁচু হয়ে থাকে।

(চ) **টর বা ক্যাসল কাপিজ (Tor or Castle Kapjie)** : বিষম আবহবিকারের ফলে কোনো এলাকার অন্তঃস্থ শিলা ভূ-পৃষ্ঠে উন্মুক্ত হয় এবং এর পার্শ্ববর্তী নরম রেগোলিথ অপসারিত হলে শক্ত অন্তঃস্থ শিলা উঁচু হয়ে দাঁড়িয়ে থাকে। এই অন্তঃস্থ শিলায় ফাটল ও ফাটল বরাবর আবহবিকার সংঘটিত হলে শিলার

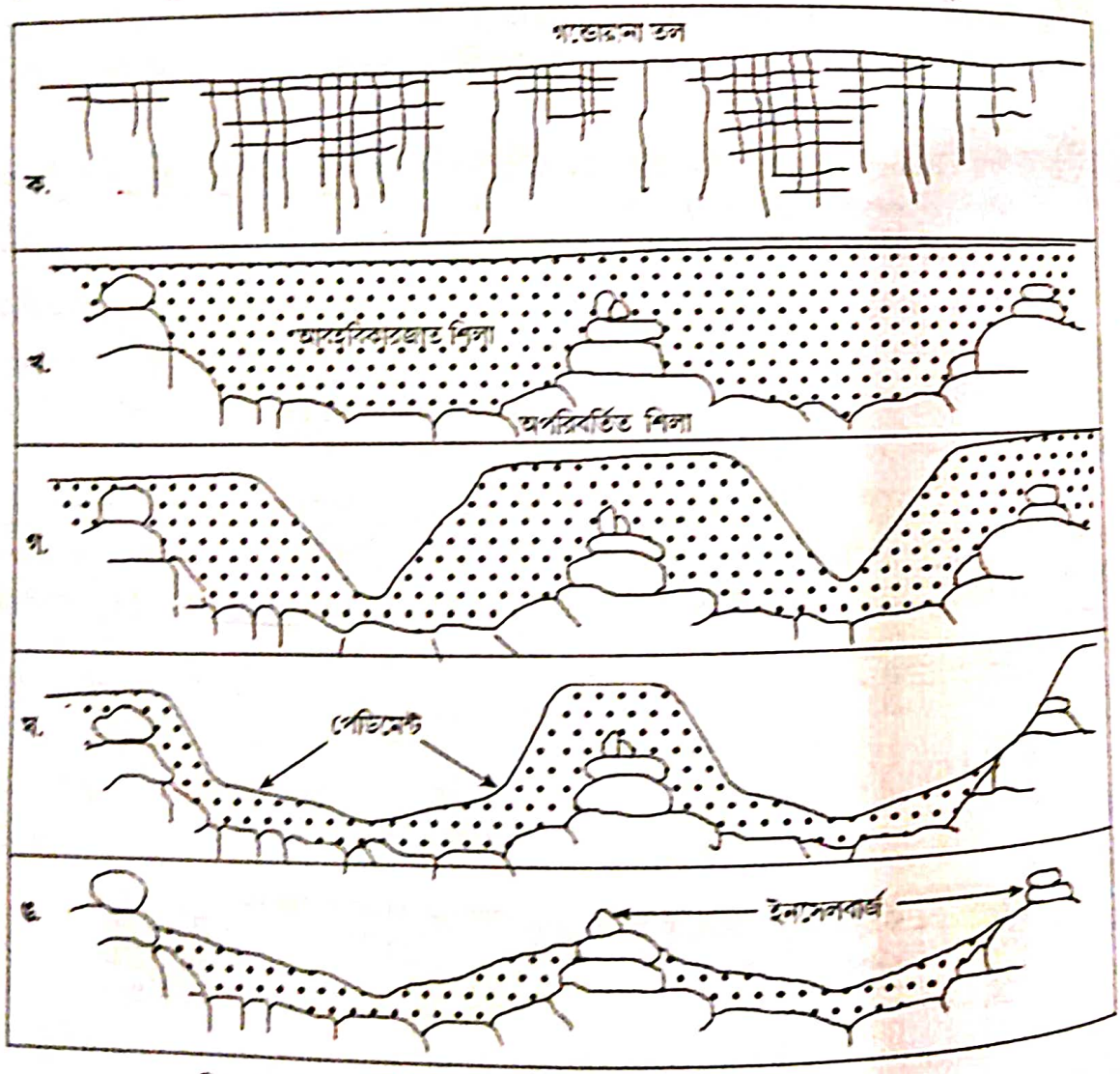


চিত্র 19.12 : লিন্টন (Linton, 1955)-এর মতে টরের গঠন পদ্ধতি ফাটলের অবস্থানের উপর নির্ভর করে

(4) Corestone

উঁচু ঢিবিটি ছিন্ন ভিন্ন হয়ে যায় এবং কালক্রমে প্রস্তরখণ্ড দ্বারা আবৃত হয়। সাধারণত চারপাশের সমতল এলাকার উপরে প্রস্তরময় হঠাৎ উঁচু ভূ-ভাগকে টর বলে। লিন্টনের (1955) মতে ফাটলদ্বারা আবহবিকার ঢিবির পাদদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত হয় এবং এরপর আবহবিকারপ্রাপ্ত রেগোলিথ অপসারিত হলে কেবল অক্ষত শিলা (core stone) ভূ-পৃষ্ঠে উন্মুক্ত হয় এবং পুনরায় ফাটলদ্বারা বিচ্ছিন্ন হয়ে বোল্ডার আবৃত টরের সৃষ্টি করে। ⊙ Corestone (Note)

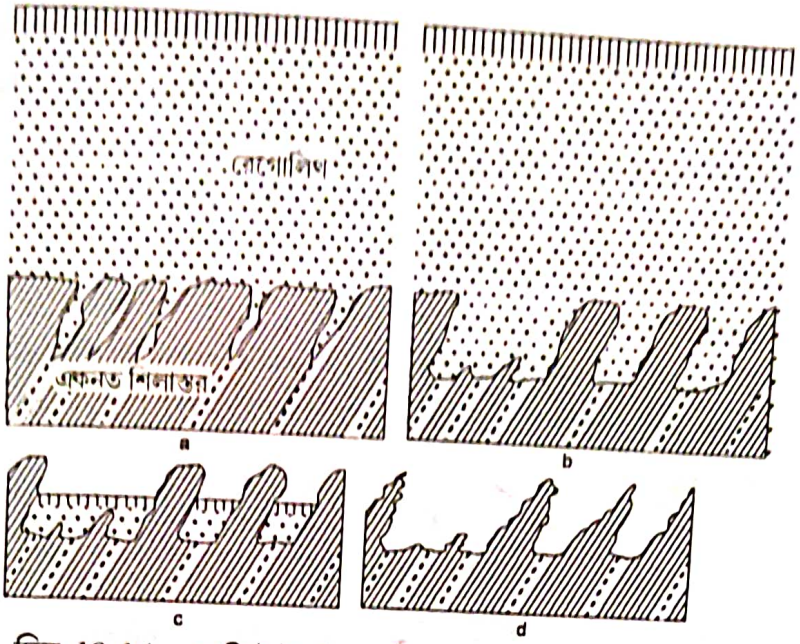
(5) (v) ইনসেলবার্জ বা বোর্নহার্ড (Inselbergs or Bornhardt) : ওলিয়ার (Ollier)-এর মতে লিন্টন যে পদ্ধতিতে টর সৃষ্টির ব্যাখ্যা দিয়েছেন ঠিক সেভাবেই ইনসেলবার্জ তৈরি হয়। ইনসেলবার্জের ক্ষেত্রে রেগোলিথের গভীরতা অনেক বেশি হয় এবং টর অপেক্ষা ইনসেলবার্জগুলি অনেক দূরে দূরে অবস্থান করে। কয়েকশো ফুট গভীর পর্যন্ত বিস্তৃত আবহবিকার এবং ধীরে ধীরে এই স্তরের অপসারণের ফলে ইনসেলবার্জ উন্মুক্ত হয় এবং ওলিয়ারের মতে উগান্ডাতে এইভাবে ইনসেলবার্জগুলি তৈরি হয়েছে।



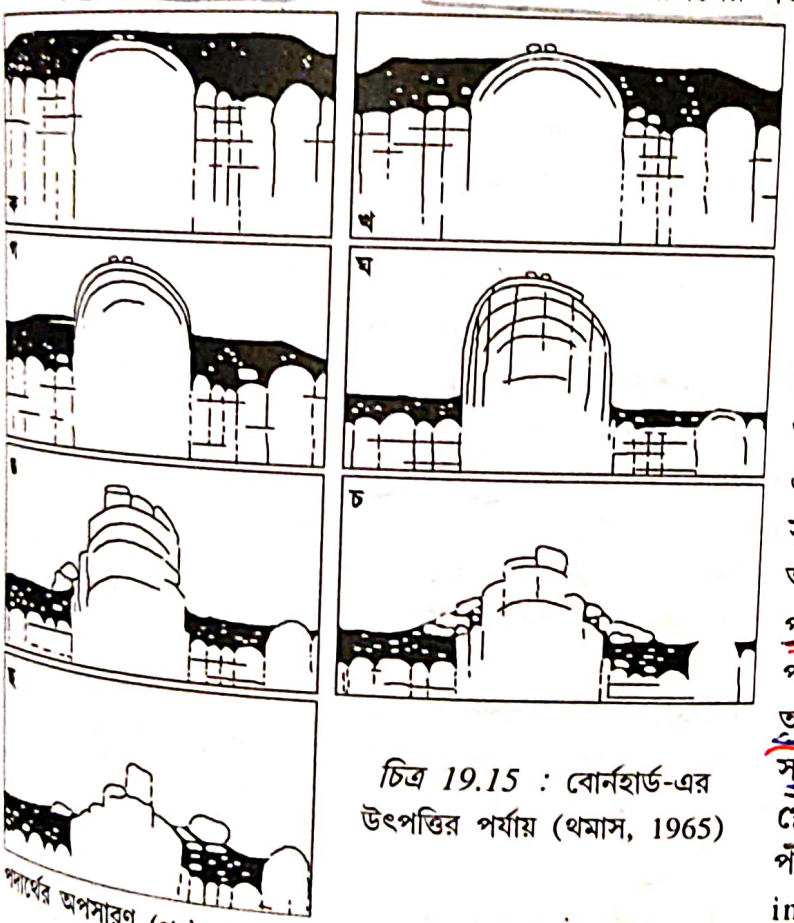
চিত্র 19.13 : উগান্ডার ইনসেলবার্জ গঠন পদ্ধতি (ওলিয়ার, 1960)

আবার অ্যাকারম্যান (Ackermann, 1962)-এর মতে কোনো একনত শিলাস্তর এইরকম গভীর আবহবিকারের কবলে পড়ে পেনিটেন্ট শিলা (Penitent rock) সৃষ্টি করে। এরপর আবহবিকারজাত রেগোলিথ বা ন্যাপ্রোলাইটের অপসারণ হতে থাকলে কঠিন পেনিটেন্ট শিলা ভূ-পৃষ্ঠের কাছাকাছি এসে উন্মুক্ত অবস্থায় এসে পড়ে। তখন ওই পেনিটেন্টগুলির মস্তকভাগ ভূমিদেশ অপেক্ষা বেশি হারে আবহবিকার প্রাপ্ত হয় এবং যদি রেগোলিথের অপসারণ পর্যায়ক্রমিক হয় তবে ইনসেলবার্জের গঠনের ওপরও এই পর্যায়গুলির প্রভাব পড়ে (চিত্র 19.14)।

থমাস (Thomas, T.M., 1965)-এর মতে 200 ফুটের কম উচ্চতাসম্পন্ন বোর্নহার্ড বা ইনসেলবার্জ একই পর্যায়ে (single phase) গভীর আবহবিকারজাত রেগোলিথের অপসারণের (stripping) ফলে সৃষ্ট হতে পারে, তবে 500 ফুট বা তার বেশি উচ্চতাসম্পন্ন বোর্নহার্ডের সৃষ্টির ক্ষেত্রে একাধিক পর্যায়ের আবহবিকার ও তার ফলে সৃষ্ট রেগোলিথের একাধিক পর্যায়ের অপসারণ জড়িত। এক-একটি পর্যায়ের আবহবিকারজাত রেগোলিথের অপসারণের ফলে বোর্নহার্ডের চারদিকে আবহবিকারের নিম্নসীমাও (Basal surface of Weathering) আরও নীচে নেমে আসে। এইভাবে বেশি বেশি হারে আবহবিকার গভীরতর প্রদেশে প্রসারিত হয় এবং বোর্নহার্ড-এর উচ্চতা প্রাথমিক আবহবিকারজাত রেগোলিথের গভীরতার চেয়েও বেশি হয়।



চিত্র 19.14 : পেনিটেন্ট শিলার উৎপত্তি (অ্যাকারম্যান 1962)



চিত্র 19.15 : বোর্নহার্ড-এর উৎপত্তির পর্যায় (থমাস, 1965)

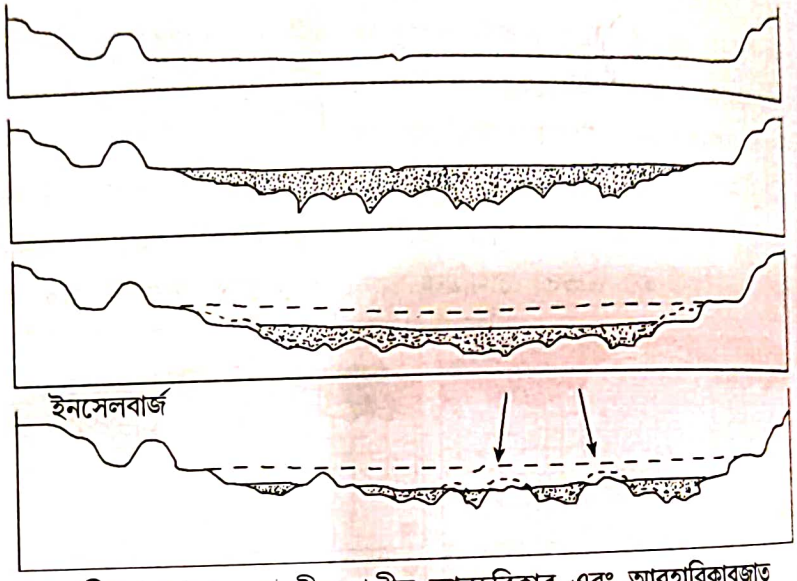
(vi) ইচ প্লেন (Etch Plain) : ওয়েল্যান্ড (Wayland, 1933)-এর মতে দীর্ঘকালীন আবহবিকারজাত গভীর রেগোলিথের স্তর পরবর্তী পর্যায়ে অপসারিত (stripping) হয়। এইবার রেগোলিথের অপসারনের জন্য উন্মুক্ত তলটি (etched surface) আবার আবহবিকারের কবলে পড়ে এবং পরবর্তীকালে নতুন পর্যায়ে সৃষ্ট আবহবিকারজাত রেগোলিথ অপসারিত হয়। এভাবে বিভিন্ন পর্যায়ে এক একবার আবহবিকারের পরে আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারিণের বিভিন্ন তলদেশে সমতলভূমির সৃষ্টি হয় তাকে ইচ প্লেন (Etch Plain) বলে। কোনো পর্যায়ের আবহবিকার (weathering) এবং আবহবিকারজাত পদার্থের অপসারণ (stripping)-এর মধ্যে বৈষম্য থাকলে টর, ইনসেলবার্জ বা বোর্নহার্ড এর সৃষ্টি হয়।

বুদেলের মতে দুই তলীয় ক্ষয় (Double surface erosion) এইপ্রকার ইচ প্লেনের (Etch Plain) সৃষ্টি করে। দুটি রেগোলিথ অপসারণ যুগের (stripping) মধ্যবর্তী সময়ে 30—60 মিটার গভীরতা পর্যন্ত আবহবিকার চলতে থাকে। এই আবহবিকারজাত পদার্থ পরবর্তীকালে অপসারিত হলে নিচুতলের সৃষ্টি হয় এবং নতুন সৃষ্ট তলে টর বা বোর্নহার্ড মাথা উঁচু করে থাকে।

(vii) বিচূর্ণীভূত শিলাচূর্ণ (Fragmented Rocks) : আবহবিকারজাত শিলাচূর্ণ বিশাল এলাকা আবৃত করে রাখতে পারে। এই শিলাচূর্ণ বৃহদাকার শিলাখণ্ড থেকে সূক্ষ্ম বালি ও কর্দম (clay) পর্যন্ত হতে পারে। বৃহদাকার শিলাখণ্ডে আবৃত ঢালকে স্ক্রি বা ট্যালাস (Scree or Talus) ঢাল বলে। আবার ক্ষুদ্রকণা বিশরণের (grannular disintegration) ফলে গঠিত বালুকণা মরুভূমির মতো বিরাট এলাকা আবৃত করে। এই বালুকণা বায়ুবাহিত হয়ে অন্যত্র জমা হলে তাকে লোয়েশ (loess) বলে। এই লোয়েসের বেশিরভাগ বালুকণা আবহবিকারজাত।

(viii) আবহবিকার অবশেষ (Weathering Residue) : আবহবিকারজাত রেগোলিথের অপসারণের পরেও কিছু অবশেষ (residue) পড়ে থাকে এবং এই অবশেষ প্রায়শই অর্থনৈতিক দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ খনিজের সন্ধান দেয়।

➡ **ক্লে খনিজ (Clay minerals) :** সাধারণত সিলিকাসমৃদ্ধ পুরু আগ্নেয় শিলার রাসায়নিক আবহবিকারের ফলে ক্লে খনিজ তৈরি হয়। আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের দক্ষিণের বেশিরভাগ ক্লে খনিজ পেগমাটাইট ডাইকের আবহবিকারের ফলে তৈরি হয়েছে।



চিত্র 19.16 : ক্রান্তীয় গভীর আবহবিকার এবং আবহাবিকারজাত পদার্থের অপসারণ (বুদেল, 1957)

➡ **লৌহ-অক্সাইড অবশেষ (Iron-oxide residual) :** আবহবিকারের ফলে বেশিরভাগ ক্ষেত্রে লৌহ-অক্সাইডের অবশেষ-রূপে ল্যাটেরাইট তৈরি হয়। কিউবা, ভেনেজুয়েলা, কলম্বিয়া এবং ভারতে এইধরনের লৌহ-অক্সাইড সমৃদ্ধ আবহবিকার অবশেষ পাওয়া যায়।

➡ **বক্সাইট অবশেষ (Bauxite Residue) :** ক্রান্তীয় এলাকার অধিক তাপমাত্রা (>25°C) এবং আর্দ্র অঞ্চলে যেখানে লিচিং পদ্ধতি বেশ প্রকট, সেরকম স্থানে বক্সাইট খনিজ আবহবিকার অবশেষরূপে অবস্থান করে। পুরাতন (মধ্য-ক্রিটেসাস-ইয়োসিন) সমতলীকরণ তল (Planation Surface)-এর ওপর চাদরের মতো পৃথিবীর বেশিরভাগ বক্সাইট খনিজের সঞ্চয় দেখা যায়। চুনাপাথরের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট অবস্থায় পৃথিবীর বেশিরভাগ বক্সাইট সঞ্চিত রয়েছে। **কেয়োলিন বা ফেলসপার থেকে সিলিকার লিচিং পদ্ধতিতে অপসারণের ফলে বক্সাইট তৈরি হয়।**

➡ **নিকেল অবশেষ (Nickel Residue) :** আবহবিকার অবশেষ রূপে নিকেলের কেন্দ্রীভবন দেখা যায়। নিউ-ক্যালেডোনিয়ার নিকেল পৃথিবী বিখ্যাত। এখানে পেরিডোটাইট এবং সার্পেনটাইট সঞ্চয়ের সঙ্গে সংশ্লিষ্ট অবস্থায় আবহবিকার অবশেষরূপে নিকেল সঞ্চিত হয়।

For Further Readings :

- Bland, W.and Rolls, D. (1998) Weathering, Oxford University Press, *240p.*
- Brudsen D. (1979), In process in Geomorphology, Edward Arnold Pub. *Pp 73-129.*
- Chorley, R.J, Schumm,S.A & Sugden, D.E, (1984) *pp 201-229.*
- Ollier, C. (1975), Weathering, Lonman Group Limited, *295p.*
- Selby, M.J.(1985), Earth's Chaning Surface, Oxford University Press, *pp. 189-209.* Physical Geology, John Wiley and Sons *pp.146-170.*