একক 2 □ আগ্নেয়গিরি ও অগ্ন্যুচ্ছ্বাস

গঠন

2.1 প্রস্তাবনা

উদ্দেশ্য

2.2.1 আগ্নেয়গিরির বিভিন্ন অংশ

2.2.2 অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন বিভিন্ন বস্তুর শ্রেণীবিভাগ

2.2.3 অগ্ন্যুচ্ছ্বাস উৎপন্ন ভূমিরূপ

2.2.4 অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শ্রেণীবিভাগ

2.2.5 গঠন অনুযায়ী আগ্নেয়গিরির শ্রেণীবিভাগ

2.2.6 ভূপৃষ্ঠে আগ্নেয়গিরিসমূহের বিন্যাস

2.2.7 ভূগোলকে উৎপন্ন তাপপ্রবাহ

2.2.8 আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের পূর্বাভাস

2.2.9 ভারতীয় আগ্নেয়গিরি

2.3 নিষ্ক্রিয় আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্য

2.4 সারাংশ

2.5 নির্বাচিত উল্লেখ্য গ্রন্থ

2.6 প্রশ্নাবলী

2.7 উত্তর সংকেত

2.1 প্রস্তাবনা

সভ্যতার উন্মেষকাল থেকে ভীত হয়ে মানুষ দেখে আসছে ভূপৃষ্ঠের কোন কোন জায়গায় বিপুল পরিমাণে অতি উত্তপ্ত তরল বস্তু ভূগর্ভ থেকে নির্গত হয়ে জনবসতি ধ্বংস করেছে। খ্রীষ্টীয় প্রথম শতকে প্রথম লিখিত বিবরণ হিসেবে জ্যেষ্ঠ প্লিনির (Gaius Plinius Secundus, 23-79) লেখায় ভিসুভিয়াসের অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের বর্ণনা পাওয়া যায়। কিন্তু তখন ভিসুভিয়াস শুধু একটি পর্বতশিখর রূপে যথেষ্ট পরিচিত ছিল। পরবর্তীকালে অনেক বিস্তারিত ও বৈজ্ঞানিক বিবরণ সবই ভূপৃষ্ঠ বর্তমান নিষ্ক্রিয় আগ্নেয়গিরির কিংবা সুপ্ত আগ্নেয়গিরির আকস্মিক সক্রিয় হয়ে ওঠার বিবরণ। মানুষ প্রথম একটি আগ্নেয়গিরিরর উৎপত্তি এবং ক্রমবিকাশ পর্যবেক্ষণ করে 1943 সালের 20 ফেব্রুয়ারি। সেদিন বিকেল চারটেয় পুলিডো (Pulido) তাঁর চাষের জমিতে ঘুরতে ঘুরতে প্রায় 50 সেন্টিমিটার গভীর একটি সরু ফাটল দেখতে পান। দেখতে দেখতে তাঁর সামনে ফাটলের চারপাশের জমি ফুলে ওঠে এবং গন্ধকবাহী গ্যাস ও সূক্ষ্ম শিলাচূর্ণ ফাটল দিয়ে বেরোতে শুরু করে। কয়েক মিনিটের মধ্যে স্ফুলিঙ্গের মতো গলিত পদার্থের কণা উৎক্ষিপ্ত হয় এবং আশেপাশের গাছপালায় আগুন ধরে যায়। বিকেল পাঁচটার সময় পাঁচ কিলোমিটার দূরে পারাংগারিকুটিরো গ্রাম থেকে দেখা যায় যে প্রচুর ধূলিকণাবাহী ধোঁয়া পুলিডোর খেত থেকে বেরোচ্ছে। চব্বিশ ঘন্টার মধ্যে

এই ধূলিকণা জমে প্রায় 10 মিটার উঁচু একটি স্তূপ তৈরি হয়। 22 ফেব্রুয়ারি এই স্তূপের উত্তরপূর্ব দিকে থেকে কালো লাভা বেরিয়ে ধীরে ধীরে পুলিডোর আবাদ ঢেকে ফেলে। সারা বছর ধরে এই আগ্নেয়গিরি সক্রিয় থাকে। কখনও তরল গলিত বস্তু, কখনও ধূলিকণার মেঘ নির্গত হতে থাকে এবং মাঝে মাঝে বিস্ফোরণ ঘটে। এক সপ্তাহের মধ্যে স্তূপটির উচ্চতা বেড়ে হয় 100 মিটার এবং এক বছর বাদে 310 মিটার। তারপ বৃদ্ধির হার কমে যায়। 1944 সালে এই নুতন সদ্যোজাত আগ্নেয়গিরি থেকে লাভা বেরিয়ে পারিকুটিন এবং পারাংগারিকুটিরো অঞ্চলটি লাভার আবরণে ঢেকে যায়। প্রথম শতকে প্লিনির বিবরণ থেকে বিংশ শতাব্দীতে এই পারিকুটিন আগ্নেয়গিরির জন্ম এবং বিবরণ প্রত্যক্ষ করার ঐতিহাসিক সুযোগের মধ্যবর্তী কালে আগ্নেয়গিরির উৎপত্তির তত্ত্বীয় মডেল প্রস্তাবিত হয়েছে। আগ্নেয়গিরি থেকে উৎক্ষিপ্ত বস্তুর পরীক্ষা, শ্রেণীবিভাগ, রাসায়নিক সংযুক্তি নিরূপণ অনেক কিছু করা হলেও পারিকুটিনের উৎপত্তি ভূ-বিজ্ঞানে নতুন অধ্যায় সংযোজন করেছে। সে সম্বন্ধে আলোচনায় আসার আগে আমরা আগ্নেয়গিরির বিভিন্ন অংশ সম্বন্ধে একটু জেনে নিই।

উদ্দেশ্য

এই এককটি পাঠ করে আপনি

- আগ্নেয়গিরির বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত করতে পারবেন।
- অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন বিভিন্ন বস্তুর শ্রেণীভেদ করতে পারবেন।
- আগ্নেয়গিরির গঠনগত শ্রেণীবিভাগ করতে পারবেন।
- অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের বিবিধ প্রক্রিয়া নির্দেশ করতে পারবেন।
- ভূপৃষ্ঠে আগ্নেয়গিরিসমূহের বিন্যাস, ভূগোলকের তাপপ্রবাহ, উষ্ণ প্রস্রবণ এবং আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের পূর্বাভাস সম্পর্কিত তথ্য ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে সৃষ্ট ভূমিরূপ এবং নিষ্ক্রিয় আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্য নির্ধারণ করতে পারবেন।

2.2.1 আগ্নেয়গিরির বিভিন্ন অংশ

আগ্নেয়গিরি একটি শিখর। তার শীর্ষভাগে যে গহ্বর দিয়ে বস্তু উৎক্ষিপ্ত হয়, তার নাম ***জ্বালামুখ*** (crater)। সাধারণত এই শিখরটি শাংকব (conical) আকৃতির বেং তার শীর্ষকোণটি যেন উড়ে গেছে। যে সুড়ঙ্গ দিয়ে জ্বালামুখ ভূগর্ভের সঙ্গে যুক্ত তাকে ***নির্গম নল*** (conduit) বলা হয়। নির্গম নল গিয়ে শেষ হয়েছে ম্যাগমা প্রকোষ্ঠে (magma chamber)। জ্বালামুখের ব্যাস কয়েক মিটার থেকে কয়েক কিলোমিটার পর্যন্ত হতে পারে। আগ্নেয়গিরির শীর্ষভাগ অনেক ক্ষেত্রে বিস্ফোরণের তীব্রতায় সম্পূর্ণ বিচূর্ণিত হয়ে উড়ে গিয়ে উৎপন্ন হয় বিশাল গহ্বর। মূল জ্বালামুখ এই গহ্বরের তলদেশের মধ্যভাগে কোথাও বর্তমান থাকে। ইংরিজী U-আকৃতির এই গহ্বর *ক্যালডেরা* (caldera) নামে পরিচিত। ক্যালডেরার ব্যাস এক কিলোমিটার থেকে 25 কিলোমিটার পর্যন্ত হয়ে থাকে। জ্বালামুখের সঙ্গে

সমকেন্দ্রিক বৃত্ত বা উপবৃত্তাকৃতি জ্বালামুখের ভূমিতে অনেক সময় বিভিন্ন ভূমিরূপ দৃষ্ট হয়। বিস্ফোরক অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে (explosive) এগুলির উৎপত্তি ঘটে থাকে। ক্যালডেরারর সঙ্গে জ্বালামুখের কতকগুলি মৌলিক পার্থক্য আছে। জ্বালামুখের দেওয়াল গঠিত হয় লাভা কিংবা আগ্নেয়শিলাখণ্ডে (pyroclastics)। জ্বালামুখ আগ্নেয়গিরির একটি প্রাথমিক (primary) গঠন। এছাড়া জ্বালামুখ ক্যালডেরার তুলনায় অনেক ছোট। জ্বালামুখ হল নির্গমনলের প্রস্থচ্ছেদ। ক্যালডেরা ম্যাগমাপৃষ্ঠের উপরাংশে লাভার আধারের প্রস্থচ্ছেদ। ক্যালডেরারর গঠন থেকে তার উৎপত্তির অন্তত দু'ধরনের কারণ অনুমান করা হয়। পূর্বোক্ত বিস্ফোরণ ছাড়া অপর কারণটি হল আগ্নেয়গিরির নির্গম নলে লাভার চাপ হঠাৎ প্রশমিত হয়ে গিরিশীর্ষের ধসে পড়া (collapse)। বিস্ফোরণজনিত ক্যালডেরার একধার ফেটে গিয়ে বহু ক্যালডেরাতে লাভা ও আগ্নেয়শিলাখণ্ডের প্রবাহ নির্গত হয়। তৃতীয় এক ধরনের ক্যালডেরা উৎপন্ন হয় জ্বালামুখকে ঘিরে প্রায় অভিশীর্ষ বিভঙ্গ বরাবর (fracture) পর্বতশীর্ষের অবনমনের (subsidance) ফলে। এই সব ক্যালডেরার ভূমিতে ধসে পড়া গিরিশীর্ষ ও ক্যালডেরারর অন্তবর্তী ফাঁক দিয়ে নির্গমনের ম্যাগমা প্রচণ্ড চাপে অনুবিদ্ধ হয়ে (injected) উৎপন্ন হয় বৃত্তাকৃতি ডাইক (ring dyke)।

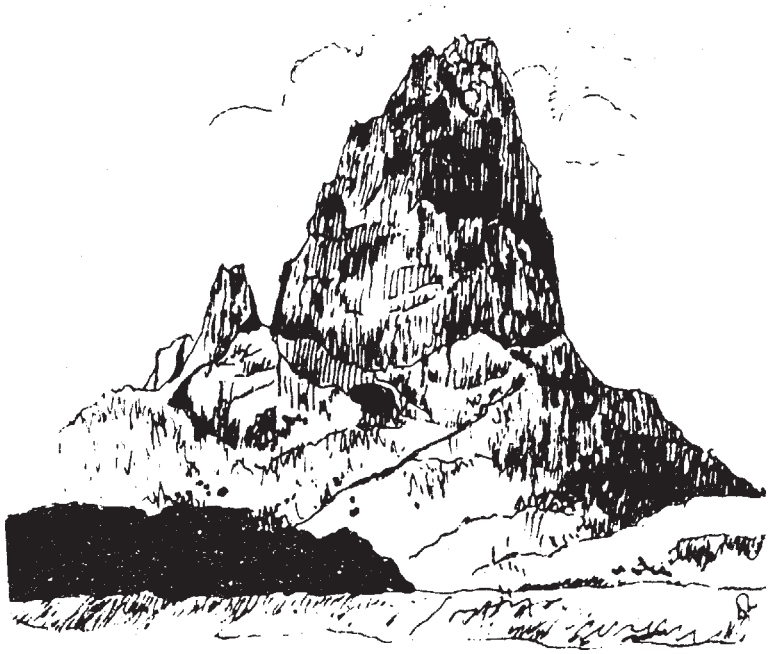
আগ্নেয়গিরি শীর্ষে বৃত্ত বা উপবৃত্তাকৃতি গহ্বর ছাড়া ক্ষেত্রবিশেষে সরলরেখা দিয়ে বেষ্টিত আর এক ধরনের গহ্বর দেখা যায়। এগুলি আঞ্চলিক ভূগাঠনিক জ্যামিতির (tectonic geometry) প্রতিফলন। এগুলির আকারই ক্যালডেরা থেকে শুধু স্বতন্ত্র নয়, আয়তনও অনেক বড়। এধরনের গহ্বর আগ্নেয়-ভূগাঠনিক বিবর (volcano tectonic depressions) নামে পরিচিত। এগুলির ধারে উল্লম্ব পার দ্বারা বেষ্টিত।

নিষ্ক্রিয় আগ্নেয়গিরির শীর্ষে দু'ধরনের গহ্বরই কালে বৃষ্টির জলে পরিপূর্ণ হয়ে তৈরি হয় হ্রদ।

আগ্নেয়গিরি নিষ্ক্রিয় হয়ে যাবার পরে কোটি কোটি বছর ধরে নগ্নীভবনের ফলে আগ্নেয়গিরি সমভূমিতে পরিণত হলে ম্যাগমা এবং লাভা-জমা নির্গমনলটি অনেক বেশি কঠিন শিলায় তৈরি বলে ক্রমশ স্তম্ভ বা গম্বুজ রূপে ভূ পৃষ্ঠে প্রকাশিত হয়। এরূপ ভূবৈচিত্র্যকে বলে *আগ্নেয়গ্রীবা* (volcanic neck); এবং শিলাদেহটিকে বলে *আগ্নেয়রোধক* (volcanic plug, চিত্র : 2.1)। ভূপৃষ্ঠ থেকে আগ্নেয়রোধকের কিছুটা গভীরতা পর্যন্ত লাভায় সংযুক্ত খণ্ডশিলা (rock fragments comented by lava) বর্তমান। তার

চিত্র 2.1 : *আগ্নেয়গিরির বিভিন্ন অংশ*

নীচে থাকে আগ্নেয়শিলা (চিত্র : 2.2)। অনেক আগ্নেয়গিরিবিদের মতে আগ্নেয়রোধকের উপরে প্রথমাবস্থায় ছিল ভস্মকোণক (cinder cone)।



চিত্র 2.2 : *আগ্নেয়গ্রীবা*

যেসব আগ্নেয়গিরিতে লাভার আধার অনেক বড় এবং লাভায় গ্যাসের অনুপাতও খুব বেশি, সেসব আগ্নেয়গিরিতে মুখ্য জ্বালামুখ ছাড়াও একাধিক জ্বালামুখ তৈরি হয়। এগুলি *গৌণ জ্বালামুখ* (secondary craters)। সব অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে গৌণ জ্বালামুখ দিয়ে অগ্ন্যুদগার ঘটেনা।

এই ধরনের বৈশিষ্ট্যমূলক আগ্নেয়গিরির আকৃতি একমাত্র কেন্দ্রীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে (central eruption) দেখা যায়। ডিসুভিয়াস, পারিকুটিন, এট্না, কিলিম্যাঞ্জারো, ফুজিয়ামা ইত্যাদি আমাদের পরিচিত আগ্নেয়গিরিগুলি সবই কেন্দ্রীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন। কেন্দ্রীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ছাড়া আর এক ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটে থাকে। তাকে বলে বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস। এক্ষেত্রে একটি দীর্ঘ রৈখিক ফাটল দিয়ে তপ্ত গলিত শিলা বেরিয়ে আসে। বর্তমানে বা ভূগোলকের ইতিহাসের যেকোন সময়ে বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের ক্ষেত্র সাগরগর্ভে। তবে কোন কোন সময় ভূভাগীয় অঞ্চলে এরূপ অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শুরুর পর্বে বিস্তীর্ণ অঞ্চল প্লাবিত হয়ে লাভায় ঢেকে গেছে। ভারতবর্ষে বিন্ধ্যপর্বতের দক্ষিণে প্রায় সাত থেকে আট কোটি বছর আগে বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন লাভা সমগ্র দাক্ষিণাত্যকে প্লাবিত করেছিল। এই ধরনের লাভার আবরণকে সাধারণত *প্লাবন লাভা* বলা হয়।

2.2.2 অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন বিভিন্ন বস্তুর শ্রেণীবিভাগ

আগ্নেয়গিরির সক্রিয় অবস্থায় উৎপন্ন লাভা ছাড়াও আর একটি প্রধান বস্তু বিভিন্ন আকার এবং

আকৃতির শিলাখণ্ড। এগুলিকে *আগ্নেয়শিলাখণ্ড* (pyroclastic debris) বলা হয়। শিলাখণ্ডগুলির মধ্যে বিভিন্ন আকারের খণ্ড থাকে। আকার অনুযায়ী সেগুলিকে তিনভাগে ভাগ করা হয়।

শিলাখণ্ডের গড় ব্যাস	**আকৃতি**	**অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের সময় ভৌত অবস্থা**	**আগ্নেয়শিলা-খণ্ডের নাম**
> 64 মিমি	গোল খাঁজখোঁচহীন বা খোঁচবিশিষ্ট পিণ্ড	নমনীয় কঠিন	বম্ব্ ব্লক
64-2 মিমি	গোল এবং ধারালো খোঁচবিশিষ্ট	তরল অথবা কঠিন	লাপিলি (Lapilli)
< 2 মিমি	সাধারণত খোঁচবিশিষ্ট, কখনও কখনও গোলাকার	তরল অথবা কঠিন	আগ্নেয়ভস্ম (volacanic ash)

প্রথম শ্রেণীতে অনেক সময় কেবল খাঁজখোঁচওয়ালা বড় বড় শিলাখণ্ড থাকতে পারে। এগুলিকে বলে ব্লক (blocks)।

অনেকসময় ভিসুভিয়াস এবং অন্যান্য ভূভাগীয় আগ্নেয়গিরিতে উৎপন্ন সিলিকাসমৃদ্ধ লাভায় প্রবাহের কতকগুলি বৈচিত্র্য এবং সঙ্গে আগ্নেয় শিলাখণ্ডের চরিত্র বর্তমান থাকে। এরূপ বস্তুকে বলা হয় *ইগ্‌নিম্‌ব্রাইট* (ignimbrite)।

অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন তরল বস্তু লাভা নামে পরিচিত। ভূগর্ভ থেকে ম্যাগমা ভূপৃষ্ঠে নিষ্কাশনের সঙ্গে সঙ্গে ম্যাগমায় দ্রবীভূত বায়বীয় উপাদানগুলি থেকে মুক্ত হয়ে যায়। যে বস্তুটি পড়ে থাকে, সেই তরল গলিত শিলাকেই লাভা বলে। লাভা একটি তরল বস্তুর পাতের মতো বিস্তীর্ণ এলাকায় ছড়িয়ে পড়ে। বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে এই পাতপ্রবাহে বিপুল পরিমাণে লাভা ভূভাগকে প্লাবিত করে বলেই তাকে প্লাবন লাভা (flood basalt) বলা হয়। সাধারণত কম সিলিকাবিশিষ্ট বেসল্টীয় লাভা প্লাবন ঘটিয়ে থাকে বলে এই বেসল্টকে প্লাবন বেসল্টও বলে। দাক্ষিণাত্যের প্লাবন বেসল্ট ছাড়া ভারতেও রাজমহল পাহাড় এবং কাশ্মীরে পাঞ্জাল পাহাড়ে প্লাবন বেসল্ট দেখা যায়। প্লাবন বেসল্টের সঙ্গে সাধারণত প্রচুর ডাইক (dyke) এবং সিল (sill) দেখতে পাওয়া যায়। সমুদ্রগর্ভে প্লাবন বেসল্ট উৎসারিত হলে দ্রুত ঘনীভূত হওয়ার ফলে বালিশের মতো এক ধরনের গঠন উৎপন্ন হয়। এটিকে *বালিশাকৃতি লাভা* (pillow lava) বলে। এই ধরনের বিস্ফোরণকে ফ্রিটিক (phraetic) বিস্ফোরণ বলে। অনেক সময় লাভাপ্রবাহে শাখাপ্রশাখা সমেত বড় গাছের গুঁড়ি আটকে গিয়ে গাছটি সম্পূর্ণ ভস্মীভূত হয়ে গেলেও গাছের আকৃতিটা থেকে যায়। যে লাভার পৃষ্ঠ সাধারণভাবে মসৃণ, তাকে বলে *রজ্জু লাভা* (ropy lava)। যে লাভায় খাঁজখোঁচওয়ালা বড় বড় খণ্ড বর্তমান, তাকে বলে *ব্লক লাভা* (block lava)। হাওয়াই দ্বীপের ভাষায় প্রথমটির নাম *পা হোএ হোএ* (pa hoe hoe), পরেরটির নাম আ আ (a a)। প্রচুর গ্যাসযুক্ত লাভা উৎক্ষেপের সঙ্গে জমে গিয়ে সছিদ্র পিউমিস (pumice) উৎপন্ন হয়। এগুলি আম্লিক লাভার অন্যতম বৈশিষ্ট্য।

অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন তৃতীয় প্রধান বস্তু আগ্নেয় গ্যাস (volcanic gas) আর জলীয় বাষ্প। 90%

অনুপাত এই বায়বীয় উপাদানের অনেক সময় চল্লিশ শতাংশ পর্যন্ত কার্বন ডাই অক্সাইড এবং পনেরো শতাংশ পর্যন্ত সালফার ডাই অক্সাইড বর্তমান থাকে। তাছাড়া, স্বল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন, গন্ধক, ক্লোরিন, কার্বন মনোক্সাইড, হাইড্রোক্লরিক অ্যাসিড এবং বিরল নিষ্ক্রিয় (inert) গ্যাস থাকে। প্রধানত গ্যাসের অনুপাতের উপর নির্ভর করে অগ্ন্যুচ্ছ্বাস কী ধরনের হবে। সাধারণত সিলিকা-প্রধান লাভায় গ্যাসের পরিমাণ কম এবং বেসল্টীয় লাভায় গ্যাসের পরিমাণ বেশি থাকে।

একটি অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে কী পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয়, তার হিসাব নেওয়ার চেষ্টা হয়েছে। মনে করা হয় 1.6×10^{18} আর্গ (erg) থেকে 8.4×10^{26} আর্গ পর্যন্ত শক্তি কোনো একটি বিশেষ অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে নির্গত হয়। 1883 সালের ক্র্যাকাটাও অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন শক্তি সম্ভবত ছিল 1×10^{25} আর্গ।

2.2.3 অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন ভূমিরূপ

ক্যালডেরা এবং আগ্নেয় রোধকশিলা আগ্নেয়গিরির সংলগ্ন ভূমিরূপ। কতকগুলি বৈশিষ্ট্যমূলক ভূমিরূপ অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন আগ্নেয় শিলাখণ্ডের স্তূপ এবং লাভার সঙ্গে যুক্ত। প্রচুর শিলাখণ্ড উৎক্ষিপ্ত হয়ে স্তূপের আকারে ভূপৃষ্ঠে সঞ্চিত হয়। এগুলি কোণকের আকৃতির। *আগ্নেয়কোণক* (pyroclastic cones) নামে পরিচিত এই কোণকগুলি উচ্চতায় দশ মিটার বা ততোধিক হতে পারে। উইঢিবির মতো দেখতে কোণকগুলি সাধারণত সাময়িক বৈচিত্র্য। ভূক্ষয়ে এগুলি কালে বিলুপ্ত হয়ে যেতে পারে। তবে ভূভাগীয় আগ্নেয়গিরিতে উৎপন্ন এধরনের কোণক সমকালীন বা পরবর্তীকালের লাভাজাত সিলিকায় সংসক্ত হয়ে যেতে পারে। এরূপ স্তূপ আলপীয় পর্বতশ্রেণীর বহুস্থানে দেখা যায়। তুরস্কের গোয়েরমে (Goerme) অঞ্চলে এরূপ সংসক্ত স্তূপে গুহা খনন করে প্রাগৈতিহাসিক কাল থেকে বহু মানুষের বসবাসের চিহ্ন পাওয়া যায় (চিত্র : 2.3)।

চিত্র 2.3 : *গোয়েরমের আগ্নেয় শিলাখণ্ডের কোণক। এই কোণগুলিতে বিশাল বুদবুদ গহ্বরগুলি এখনও মানুষের বাসস্থানরূপে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।*

বেসল্ট বা সমক্ষারাম্ল (intermediate) লাভা প্রবাহে উৎপন্ন বিশাল বুদবুদগুলি ফেটে গিয়ে গহ্বর উৎপন্ন হয়। কালে ভূক্ষয়ে

সংলগ্ন আঞ্চলিক শিলা (country rock) সমভূমিতে পরিণত হলে লাভাপ্রবাহের একধারে যে খাড়া পাড় (cliff) উৎপন্ন হয়, তার গায়ে এরূপ গহ্বর অনেকটা প্রকোষ্ঠের মতো। এইসব প্রকোষ্ঠের কিছুটা রদবদল করে মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের নিউ মেক্সিকো রাজ্যে ব্যান্ডেলিয়ার, সান্তা ক্লারা ইত্যাদি স্থানে রেড ইন্ডিয়ানদের নাভাহো (Navajo) গোষ্ঠী বহু শতাব্দী বসবাস করেছে (চিত্র : 2.4)।

চিত্র 2.4 : *রকি পর্বতে ক্লিফ ডোয়েলিং*

প্লাবন লাভার পৃষ্ঠে ঘনীভবন (solidification)-জ্ঞাত সংকোচনের ফলে উৎপন্ন স্তম্ভাকৃতি দারণ (columnar joint, চিত্র : 2.5) দেখা যায়। প্লাবন লাভা সাধারণত বেসল্ট। তবে অ্যান্ডেসাইট এবং রায়োলাইট ইত্যাদি অনেক বেশি আম্লিক লাভাতেও এধরনের গঠন দেখা যায়। স্তম্ভগুলি সাধারণত উল্লম্ব (vertical) হয়। অনিয়তাকৃতি (irregular) এবং পাকানো গঠনকে বলে *এনট্যাব্‌লেচার* (entablature)। নিয়তাকৃতি হলে তাকে বলে *কলোনেড* (colonnade)।

চিত্র 2.5 : *স্তম্ভাকৃতি গঠন। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রের ওয়াশিংটন রাজ্যে ভ্যান্টেজ-এর কাছে লাভায় স্তম্ভাকৃতি গঠন।*

প্লাবন বেসল্টের আয়তন অনেক বড় হয়। যেমন, দাক্ষিণাত্যের প্লাবন বেসল্টের উদ্ভেদের (outcrop) আয়তন প্রায় ছয় লক্ষ বর্গ কিলোমিটার। এই বিপুল পরিমাণ লাভা এককালে একটানা নিঃসরণ হয়নি। প্রায় চার কোটি বছর ধরে বারবার নিঃসরণ ঘটেছে। অন্তর্বর্তীকালে বহু সহস্র বছর থেকে কয়েক লক্ষ বছর ধরে চলেছে তার শিলাবিকার (weathering)। এবং তার ফলে উৎপন্ন পলল স্তররূপে জমেছে জনক লাভার উপর। এভাবে গড়ে উঠেছে প্লাবন বেসল্ট স্তরসংঘ (flood basalt formation)। ভূক্ষয়ে লাভা প্রবাহের সঙ্গে আর্ন্তস্তরায়িত (interstratified) পাললিক শিলা বেশি হয়ে ক্ষয়ে গিয়ে দীর্ঘ এবং বিস্তৃত

খাঁজ সৃষ্টি হয়েছে। ফলে দূর থেকে প্লাবন বেসল্টের ভূদৃশ্য বহু বিভিন্নমুখী সোপানের সমষ্টি বলে মনে হয়। এজন্য এটি *প্লাবন বেসল্ট ট্র্যাপ* (trap) নামেও পরিচিত। এদেশে দাক্ষিণাত্যের ডেকান ট্র্যাপ ছাড়া রাজমহল পাহাড়ে রাজমহল ট্র্যাপ, আসামে সিলেট ট্র্যাপ এবং কাশ্মীরে পাঞ্জাল ট্র্যাপ সোপানিত অঞ্চল। অবশ্য বেসল্ট ছাড়াও অন্যান্য লাভাতেও অনুরূপ কারণে সোপানিত গঠন উৎপন্ন হতে পারে। তবে প্লাবন বেসল্টের মতো বহু বিস্তৃত হয়না।

ভূমিরূপ না হলেও লাভার অন্তঃস্থ অপর একটি গঠন উল্লেখযোগ্য। লাভার মধ্যে আটকে যাওয়া বুদবুদে যে ফোকর সৃষ্টি করে, লাভায় দ্রবীভূত যৌগগুলি তার মধ্যে সুগঠিত কেলাস রূপে অধঃক্ষিপ্ত (precipitated) হয়। বুদবুদপূরক (vesicle filling) নামে পরিচিত এই প্রাকৃতিক বৈচিত্র্যে জিওলাইট (zeolite), ক্যালসাইট (calcite) কোআর্টজের প্রায়-স্বচ্ছ বা স্বচ্ছ কেলাসগুলি উপরত্ন ও কিউরিওরূপে (curio) বিক্রীত হয়ে থাকে।

2.2.4 অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শ্রেণীবিভাগ

আগ্নেয়গিরিতে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের সময় যে সব বস্তু উৎক্ষিপ্ত হয় সেগুলির পারস্পরিক অনুপাত এবং বিস্ফোরণ প্রবলতার উপর নির্ভর করে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শ্রেণীবিভাগ করা হয়। এই শ্রেণীগুলি নিচে বর্ণিত হল :

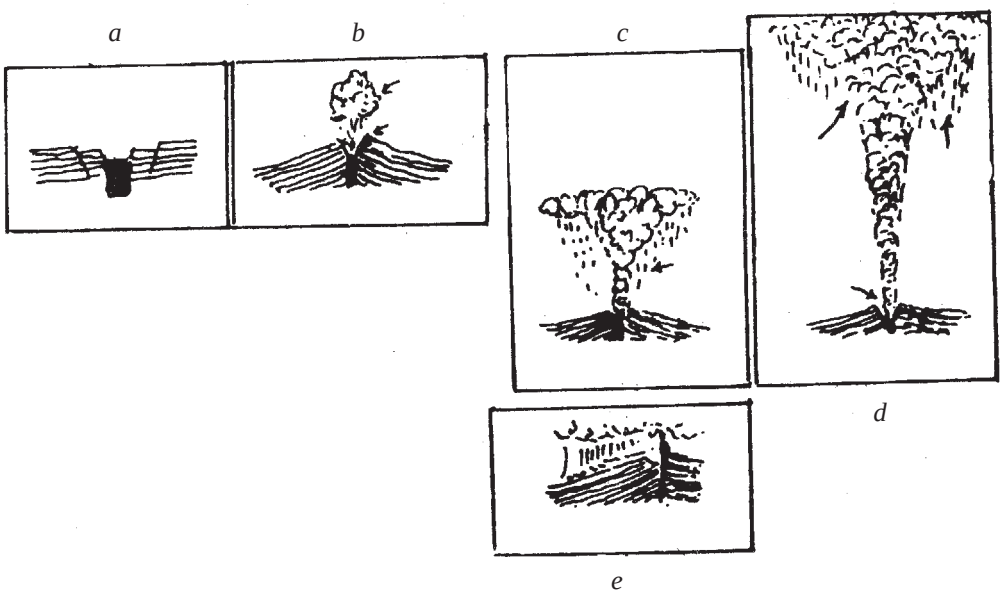
হাওয়াইদ্বীপীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Hawaian volcanism) ঃ বিস্তীর্ণ কড়াই-এর মতো প্রশস্ত জ্বালামুখ থেকে বিস্ফোরণ-বিহীন লাভাপ্রবাহ এবং গ্যাস বার হয়ে এরকম অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটে। তবে জ্বালামুখে সাময়িকভাবে লাভা হ্রদ সৃষ্টি হতে পারে এবং তাতে গ্যাসের চাপে মাঝে মাঝে লাভার ফোয়ারা উঠতে পারে। উদাহরণ : কিলৌআ (Kilauea), সামোয়া (Samoa), নিরাগোংগো (Niragongo) এবং এরেবুস (Erebus) (চিত্র : 2.6a)।

স্ট্রম্বোলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Strombolian volcanism) ঃ এরকম অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে পরপর বিস্ফোরণ ঘটে। এরকম অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে লাভা তেমন ঘন হয়না বলে দুটো বিস্ফোরণের মধ্যবর্তী সময়ে লাভার উপর সরের মতো পাতলা আবরণ তৈরি হয়। উদাহরণ : স্ট্রম্বোলি (Stromboli), সাকুরাজিমা (Sakurajima), ইরাজু (Irazu) (চিত্র : 2.6b)।

ভালকানীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Vulcanian volcanism) ঃ এরকম ক্ষেত্রে লাভা অনেক বেশি ঘন হয়ে থাকে, তাই স্ট্রম্বোলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের তুলনায় ভালকানীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে দুটি বিস্ফোরণের মধ্যে সময়ের ব্যবধান অনেক বেশি। বেশিরভাগ আগ্নেয়গিরিতে ভালকানীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস দিয়ে অগ্ন্যুৎপাত শুরু হয়। উদাহরণ : ভালকান (Vulcan) (চিত্র : 2.6c)।

ভিসুভীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Vesuvian volcanism) ঃ এক্ষেত্রে শুধু লাভার ঘনত্ব নয়, বিভিন্ন প্রাকৃতিক কারণে ভূগর্ভে লাভার এবং অন্যান্য বস্তুর উৎক্ষেপণ শক্তির হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে থাকে। ফলে দুটি বিস্ফোরণের মধ্যে ব্যবধান কয়েক দশক হয়ে থাকে। এরকম অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের সময়ে প্রচণ্ড বিস্ফোরণের ফলে বস্তুসমূহ শূন্যে বহুদূর পর্যন্ত উৎক্ষিপ্ত হয় (চিত্র : 2.6d)। সর্বাধিক শক্তিসম্পন্ন ভিসুভীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসকে প্লিনীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসও বলে। উদাহরণ : ভিসুভিয়াস (Vesuvius)।

পিলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Pelean volcanism) ঃ অত্যন্ত ঘন লাভা অনেক সময় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের প্রাবল্যে লাঠির মতো খাড়া হয়ে জ্বালামুখে উৎপন্ন লাভা হ্রদের উপর দাঁড়িয়ে পড়ে। পরে আগ্নেয়গিরির জ্বালামুখে চাপ কমে গেলে জমে-যাওয়া লাভার এই লাঠির মতো দেহটা ক্রমে লাভাহ্রদে ডুবে যায়। উদাহরণ : মেরাপি (Merapi), সেন্ট হেলেন্‌স্ (St. Helens), মেজিমিয়ান্নি (Mezymianni)।



চিত্র 2.6 : *অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শ্রেণীবিভাগ : a : হাওয়াইদ্বীপীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস; b : স্ট্রম্বোলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস; c : ভালকানীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস; d : ভিসুভীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস; e : পিলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস*

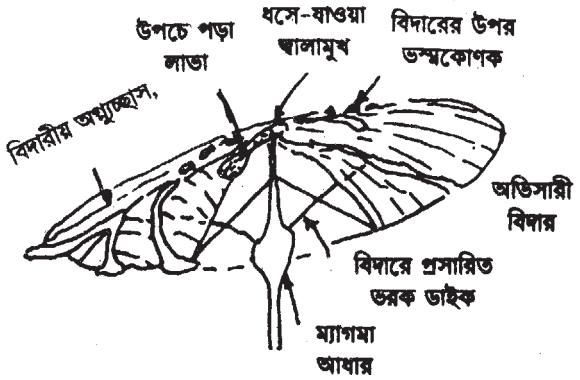
প্লিনীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস (Plinian volcanism) ঃ যে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে প্রচুর পরিমাণে শিলাখণ্ড এবং গ্যাস উৎক্ষিপ্ত হয় ও সবেগে লাভা নিষ্ক্রান্ত কিংবা কখনো কখনো ফোয়ারার মতো উৎক্ষিপ্ত হয়ে জ্বালামুখ থেকে বেশ কয়েক কিলোমিটার পর্যন্ত ছড়িয়ে যায় এবং গাছপালা ও জনবসতির ধ্বংসের কারণ হয়, তাকে ***প্লিনীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস*** বলে (চিত্র : 2.6e)। খ্রীষ্টীয় প্রথম শতকে ভিসুভিয়াসের যে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে পম্পেই ধ্বংস হয়েছিল সেটাই নথিভুক্ত প্রথম অগ্ন্যুচ্ছ্বাস। প্লিনি ডায়েরিতে এই অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের বর্ণনা রেখে যান। তাঁর নামে এই নাম। অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের একেবারে শুরুর পর্যায়ে বেশ কিছুকাল ধরে ভূ-বিবর থেকে জলীয় বাষ্প ও গ্যাস বার হতে পারে। এগুলিকে বলে ধূমোৎসারী বিবর। প্লিনীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের উদাহরণ : কাটমাই (Katmai), ক্র্যাকাটাও (Krakatao), এল চিচন (El Chichon)।

কোনো আগ্নেয়গিরিতেই শুধু এক ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটেনা। ভিন্ন ভিন্ন কালে বিভিন্ন ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটতে পারে।

2.2.5 গঠন অনুযায়ী আগ্নেয়গিরিরর শ্রেণীবিভাগ

ম্যাগমার রাসায়নিক সংযুতি অনুযায়ী আগ্নেয়গিরির ভিন্ন ভিন্ন গঠন হতে পারে। যে ম্যাগমায় সিলিকা বেশি সেরকম আম্লিক ম্যাগমার সান্দ্রতা (viscosity) অনেক বেশি। এরূপ ম্যাগমার সান্দ্রতা 10^6—10^{17} পয়েজ (poise)। এই ম্যাগমায় গ্যাসের চাপ অত্যন্ত বেশি, কিন্তু গ্যাসের দ্রাব্যতা (solubility) অনেক কম। ফলে এই ম্যাগমা থেকে উৎপন্ন আগ্নেয়গিরিতে আগ্নেয়শিলাখণ্ডই প্রধানত উৎপন্ন হয়। জ্বালামুখকে ঘিরে *শাংকব* (conical) এই আগ্নেয়গিরিকে *ভস্মকোণক* (cinder cone) বলে। সাধারণত অবিমিশ্র ভস্মকোণক কোথাও দেখা যায়না। কারণ অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের মধ্য পর্বে লাভা নিঃসৃত হয়। ফলে ভস্মকোণকের উপরে লাভার একটি স্তর জমে। পরবর্তীকালের অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে আবার বিচূর্ণিত শিলার স্তর ও তার উপর লাভার স্তর জমে। আগ্নেয়গিরির শাংকব গঠনটি অবশ্য থেকেই যায়। তাই এধরনের আগ্নেয়গিরিকে বলে *মিশ্র কোণক* (composite cone)।

ক্ষারীয় ম্যাগমার সান্দ্রতা অনেক কম, সাধারণত 10^2—10^3 পয়েজ। এই ম্যাগমায় গ্যাসের চাপও কম। ফলে এই ম্যাগমা থেকে উৎপন্ন আগ্নেয়গিরি ভূপৃষ্ঠে আত্মপ্রকাশের আগে দীর্ঘকাল ধরে দুটি স্তর বা স্তরসংঘের মধ্যবর্তী দুর্বল তল (weak plane) ধরে ভূগর্ভে বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। ফলে ভূপৃষ্ঠ কচ্ছপের পিঠের মতো ফুলে ওঠে। এই স্ফীত অঞ্চল বিদীর্ণ হয়ে যে আগ্নেয়গিরি সৃষ্ট হয়, তাকে বলে *ঢালাকৃতি আগ্নেয়গিরি* (shield volcano)। হাওয়াই দ্বীপের আগ্নেয়গিরিগুলি এ ধরনের। আগ্নেয়গিরিটি দীর্ঘকাল সক্রিয় থাকলে জ্বালামুখ থেকে অরীয় বিদারে (radial fissure) আগ্নেয়গিরিটি বিদীর্ণ হয়ে সেখান দিয়ে বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস শুরু হয় (চিত্র : 2.7)।



চিত্র 2.7 : *ঢালাকৃতি আগ্নেয়গিরি। হাওয়াই দ্বীপের কিলৌআ আগ্নেয়গিরি।*

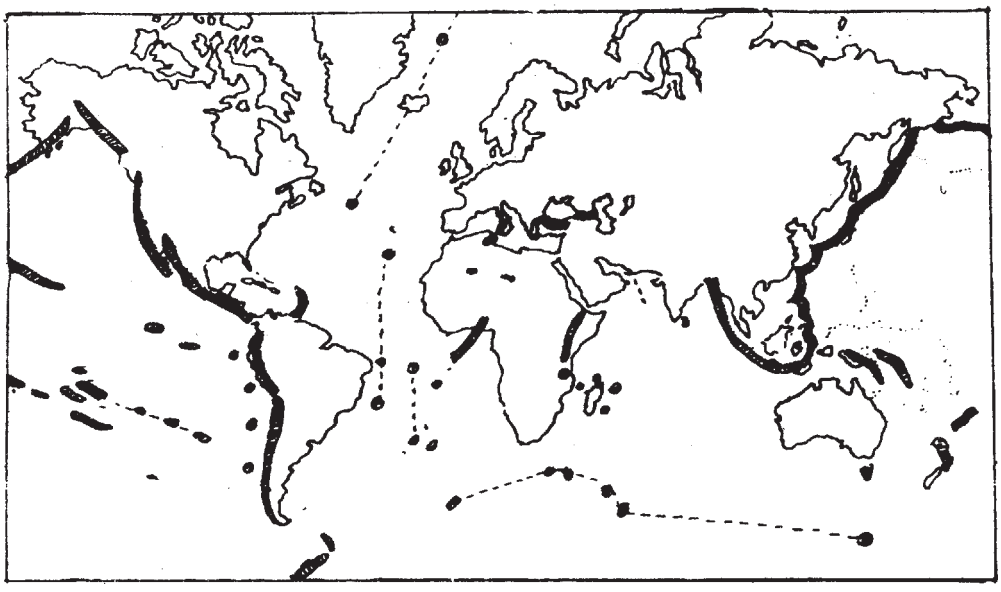
2.2.6 ভূপৃষ্ঠে আগ্নেয়গিরি সমূহের বিন্যাস

বর্তমান ভূপৃষ্ঠে বিভিন্ন মাত্রার সক্রিয় আগ্নেয়গিরির সংখ্যা প্রায় 500। এগুলির অধিকাংশ থেকে শুধু গ্যাস নির্গত হয়, বর্তমানে লাভা উদগীরণ ঘটেনা। আগ্নেয়গিরিগুলির 60% বিন্যস্ত আছে প্রশান্ত

মহাসাগরকে ঘিরে। এই প্রশান্ত মহাসাগরীয় আগ্নেয়গিরি বলয়ের শুরু কামচাটকা উপদ্বীপে। ক্রমশ দক্ষিণে ক্যুরিল দ্বীপপুঞ্জ এবং জাপানের মধ্য দিয়ে ফিলিপাইন্‌স্‌, নিউ গিনি, সলোমন, নিউ হেব্রাইডিস এবং নিউজিল্যান্ডের দক্ষিণ পর্যন্ত বিস্তৃত। পূর্বদিকে এই বলয়ের মধ্যে পড়ে আমেরিকার দুই ভূখণ্ডের আগ্নেয়গিরিগুলি। এই দিকে প্রধান প্রধান আগ্নেয়গিরিরর মধ্যে আছে হাওয়াই দ্বীপপুঞ্জের মনা লোআ, মনা কিআ, কিলৌআ এবং গ্যালাপাগস দ্বীপপুঞ্জ, ইস্টার দ্বীপপুঞ্জ, জুয়ান ফারনান্ডেজ দ্বীপপুঞ্জ, সামোয়া দ্বীপপুঞ্জের আগ্নেয়গিরিগুলি।

আগ্নেয়গিরির দ্বিতীয় যে বলয়টি, তা টারশারি গিরিবলয়ে ইয়োরোপের পশ্চিম প্রান্ত থেকে ককেশাস, অ্যাপেনাইন এবং অ্যাল্পস্‌ পর্বতমালা হয়ে হিমালয়ের মধ্য দিয়ে ব্রহ্মদেশ পর্যন্ত বিস্তৃত। তবে হিমালয়ে কোনো সক্রিয় আগ্নেয়গিরি বর্তমানে নেই। সদ্য নির্বাপিত আগ্নেয়ক্রিয়ার স্মারকরূপে শুধু থেকে গেছে অসংখ্য উষ্ণ প্রস্রবণ। এই বলয়ে প্রধান প্রধান আগ্নেয়গিরিগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য ভিসুভিয়াস, এট্‌না, স্যান্টোরিন, স্ট্রম্বোলি ইত্যাদি। এই দুটি আগ্নেয়গিরি বলয় মধ্যযুগ থেকে নাবিকদের কাছে পরিচিত। এই দুটি বলয় ছাড়া আটলান্টিক মহাসাগরে কতকগুলি বিচ্ছিন্ন আগ্নেয়গিরি লক্ষিত হয়েছে। তার মধ্যে উল্লেখযোগ্য ট্রিস্টান দা' কুন্‌হা, অ্যাজোর্‌স্‌ ও ক্যানারি দ্বীপের আগ্নেয়গিরি (চিত্র : 2.8)।

পরবর্তীকালে মধ্যমহাসাগরীয় শৈলশ্রেণী সম্বন্ধে যথেষ্ট তথ্য পাওয়া গেলে জানা গেল যে, আটলান্টিক মহাসাগরের আগ্নেয়গিরিগুলি এই শৈলশ্রেণীর উপরে পুঞ্জীভূত লাভা দিয়ে উৎপন্ন শিখর। প্রায় 80,000 কিমি দীর্ঘ এই মহাসাগরীয় বিদারে বহুসংখ্যক অগ্ন্যুদগার কেন্দ্র আছে। তবে এই অগ্ন্যুদগার



চিত্র 2.8 : *ভূপৃষ্ঠে আগ্নেয়গিরির বিন্যাস*

ঘটে গড় সাগরপৃষ্ঠ থেকে 2000 মিটার তারও বেশি গভীরতায়। তাই সেগুলি এতদিন অজানা ছিল। এরূপ বিদার ভূভাগে পূর্ব আফ্রিকার গ্রস্ত উপত্যকা অঞ্চল। কিলিম্যাঞ্জারো শিখর এই বিদারে একমাত্র আগ্নেয়গিরি।

শিলাবিদ্যার অগ্রগতির সঙ্গে সঙ্গে দেখা গেল প্রশান্ত মহাসাগরীয় বলয় বা দ্বিতীয় বলয়, যেটি হিমালয়ে আল্পীয় বলয় নামে পরিচিত, সাধারণভাবে সিলিকাসমৃদ্ধ লাভা উদগীরণ করে থাকে। অন্যদিকে আটলান্টিক মহাসাগরের সব আগ্নেয়গিরি থেকেই যে লাভা নিঃসৃত হয় তা বেসল্টীয়। কিলিম্যঞ্জারো আগ্নেয়গিরিতে উৎপন্ন লাভাও বেসল্টীয়। বোঝা গেল যে, প্রথম দুটি বলয়ের ম্যাগমা উৎপন্ন হয় ভূত্বকের সিআল স্তর তরল বস্তুতে পরিণত হলে, কিন্তু মহাসাগরীয় শৈলশ্রেণীর আগ্নেয়গিরিগুলিতে ম্যাগমার উৎপত্তি নিচের সিমা স্তরে অথবা তারও নিচে অ্যাস্থেনোস্ফিয়ারে। এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করা যেতে পারে যে মেক্সিকোর পারিকুটিন আগ্নেয়গিরির লাভাও সিআল গোষ্ঠীর।

2.2.7 ভূগোলকে উৎপন্ন তাপপ্রবাহ

সূর্যকিরণে উৎপন্ন তাপ ছাড়াও ভূগোলক থেকে নির্গত তাপের পরিচয় বহু জায়গায় পাওয়া যায়। বিভিন্ন অঞ্চলের উষ্ণ প্রস্রবণ দেখে বিজ্ঞানীরা বহুদিন ভেবেছেন যে, কেন সেগুলি শুধু বিশেষ বিশেষ অঞ্চলে বর্তমান। ঊনবিংশ শতাব্দীর শেষার্ধে প্রথম সমুদ্রগর্ভে বৈজ্ঞানিক অনুসন্ধান শুরু হয়। তখন লোহিতসাগর গর্ভে তিনটি অঞ্চলে অতি উত্তপ্ত জলের ধারার সন্ধান পাওয়া যায়। এই জায়গাগুলি আটলান্টিস II ডিপ, চেইন ডিপ এবং ডিসকভারি ডিপ (Atlantis II dip, Chain dip and Discovery dip) নামে পরিচিত। 1880 সালের শুরুতে মক্কার কাছে 600 মিটার গভীরতায় প্রথম একটি উষ্ণ জলপ্রবাহের সন্ধান পাওয়া যায়। আকার এবং আকৃতিতে এটি কোনমতেই ভূভাগে পরিচিত উষ্ণ প্রস্রবণের তুলনীয় নয়। যেমন, প্রথম আটলান্টিস II ডিপ অঞ্চলটি 80 বর্গ কিলোমিটার বিস্তৃত। এই জলে দ্রাব্য পদার্থের অনুপাত সাধারণ সাগরজলের প্রায় আটগুণ। বিশেষজ্ঞরা এগুলিকে সাধারণ উষ্ণ প্রস্রবণের সঙ্গে মেলাতে রাজি হলেন না। পরবর্তীকালে দেখা গেল ভূভাগীয় বহু জায়গায় অন্যান্য অঞ্চলের তুলনায় ভূপৃষ্ঠের তাপমাত্রা অনেক বেশি। পারিকুটিন আগ্নেয়গিরি রূপে প্রকাশিত হওয়ার অনেক আগে থেকেই অঞ্চলটিতে উচ্চমাত্রার তাপপ্রবাহ ধরা পড়েছিল। উচ্চমাত্রার তাপপ্রবাহের অঞ্চলকে নাম দেওয়া হল তপ্ত অঞ্চল (hot spot)। পরে যখন তেজস্ক্রিয় মৌলের অনুপাত নিরূপিত হতে লাগল, তখন দেখা গেল যে বহু সুপরিচিত মৌলের অনেকেরই তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ আছে। যেমন, পটাসিয়ামের 40 পারমাণবিক ভরের আইসোটোপটি তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ। পটাসিয়াম সিআলগোষ্ঠীর শিলায় বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়। এজন্য ভূভাগে তপ্ত অঞ্চল প্রচুর বর্তমান। কালক্রমে তপ্ত অঞ্চলের আরো কতকগুলি অভিব্যক্তি ধরা পড়ল। যেমন দেখা গেল বহু তপ্ত অঞ্চল ক্রমশ ঢিবির মতো ফুলে ওঠে। পারিকুটিনও এভাবেই ফুলে উঠেছিল। তবে অন্য বহু তপ্ত অঞ্চল আগ্নেয়গিরি রূপে বিকশিত হওয়ার আগে কয়েকশো বছর ধরে পাহাড়ের আকৃতির ভূমিরূপ-এ বর্তমান থাকতে পারে। অবশ্য যদি তপ্ত অঞ্চলের নীচে ভূগর্ভের তাপের উৎপাদক রেডিও অ্যাকটিভ মৌলের পরিমাণ বেশি না হয় তবে তপ্ত অঞ্চলটি একটি পাহাড় রূপেই থেকে যায়। তা থেকে কখনও অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটেনা। ভূভাগীয় পর্যবেক্ষণে তপ্ত অঞ্চলের ব্যুত্থানের কারণ হিসাবে বলা হয়েছিল যে উত্তপ্ত হওয়ায় শিলার ঘনত্ব কমে যাওয়ায় তা

সমস্থিতিক (isostatic) চাপে উপরের দিকে ঠেলে ওঠে। পরে মধ্য মহাসাগরীয় শৈলশ্রেণীতে বহু অঞ্চলে উচ্চ তাপপ্রবাহ দেখা গেল। এই তাপপ্রবাহ ঘটে থাকে অ্যাস্থেনোস্ফিয়ার বা ঊর্ধ্ব ম্যান্টেল থেকে ওঠা লাভার জন্য। এখানে তাপপ্রবাহের সঙ্গে ব্যুত্থানের কোন সম্পর্ক নেই। বস্তুত তাপপ্রবাহ নির্দেশ করে শিলামণ্ডলে সুগভীর ফাটলের। পূর্ব আফ্রিকার গ্রস্ত উপত্যকায় একটি সংকীর্ণ উচ্চ তাপপ্রবাহের বলয় বর্তমান বলেই এটিকে একটি মহাসাগরীয় বিদার বলে চিহ্নিত করা গিয়েছে।

তপ্ত অঞ্চলের অন্যতম বৈশিষ্ট্য উষ্ণ প্রস্রবণ এবং গিজার (geyser)। ভূপৃষ্ঠের সর্বত্র গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে তাপমাত্রার বৃদ্ধি লক্ষ্য করা যায়। গড়ে এই বৃদ্ধির হার 100 মিটারে 3° সেন্টিগ্রেড বা 1 কিলোমিটারে 30° সেন্টিগ্রেড। গভীরতার সঙ্গে তাপমাত্রার বৃদ্ধির হারকে ভূতাপীয় অবক্রম (geothermal gradient) বলে। তপ্ত অঞ্চলে ভূতাপীয় অবক্রম গড় অবক্রমের থেকে অনেক বেশি বলে এরূপ অঞ্চলে সঞ্চালিত ভূ-জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এই ভূ-জল কোথাও ফাটল দিয়ে ভূপৃষ্ঠে নির্গত হলে উষ্ণ প্রস্রবণ সৃষ্টি হয়। জলের দ্রাবণ ক্ষমতা তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। ফলে উষ্ণ প্রস্রবণের জলে বহু যৌগ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। সাধারণত উচ্চ ভূতাপীয় অবক্রম আগ্নেয়গিরি বা আগ্নেয়ক্রিয়ার সঙ্গে জড়িত বলে উষ্ণ প্রস্রবণে গন্ধক এবং আর্সেনিকের অনুপাত বেশি হয়ে থাকে। তাই এই জল অপেয়, কিন্তু গন্ধক থাকায় অনেক সময় চর্মরোগের উৎকৃষ্ট ওষুধ। গিজার এক বিশেষ ধরনের তপ্ত প্রস্রবণ। এটি থেকে কিছুক্ষণ বাদে বাদে উষ্ণ জল সবেগে উৎক্ষিপ্ত হয়। নিষ্ক্রিয় আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে বিশেষ ধরনের ফাটলের মধ্য দিয়ে ভূপৃষ্ঠ থেকে সঞ্চালিত জল ভূগর্ভে নেমে আসে। এসব অঞ্চলে ভূগর্ভের শিলার মধ্যে বিশেষ জ্যামিতিক বৈচিত্র্যের ফাঁক-ফোকরের জন্য কোথাও কোথাও বেশ কিছুটা বায়ু আটকে পড়ে। এই অবরুদ্ধ বায়ুতে গরম জল থেকে ওঠা জলীয় বাষ্প ক্রমশ জমতে থাকে। ফলে ফোকরে জমা জলের জন্য অবরুদ্ধ বায়ুর চাপও ক্রমশ বাড়তে থাকে। যখন অবরুদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ ছাড়িয়ে যায় তখন ফোকরের খোলা মুখ দিয়ে অবরুদ্ধ বায়ু, বাষ্প ও গরম জল উৎক্ষিপ্ত হয়ে চাপের প্রশমন ঘটে। এই গরম জলের ফোয়ারাই স্বতঃনিঃসারিত উষ্ণ প্রস্রবণ বা গিজার। একবার চাপের প্রশমন হলে কিছুটা সময় শান্ত অবস্থা বর্তমান থাকে। তখন ফোকরে জল জমে এবং অবরুদ্ধ বায়ুতে বাষ্প চাপের বৃদ্ধি ঘটে চলে। কিছুকাল পরে সংকটসীমা পার হলে আবার বিস্ফোরণ ঘটে। এইভাবে পর্যায়ক্রমে বিস্ফোরণ ও শান্ত অবস্থা চলে। ভারতে গিজার নেই। মার্কিন যুক্তরাষ্ট্রে ওয়াইয়ুমিং রাজ্যে ওল্ড ফেইথফুল গিজার বিখ্যাত।

2.2.8 আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের পূর্বাভাস

ভূকম্পের মতোই আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের পূর্বভাস দেওয়া অত্যন্ত কঠিন। বিশেষ করে কোনো নির্দিষ্ট দিন এবং সময় বলা প্রায় অসম্ভব। তবে আঞ্চলিক পরিকল্পনায় কাজে লাগে এধরনের সাধারণ পূর্বাভাস বিভিন্নভাবে দেওয়া হয়ে থাকে। যেসব আগ্নেয়গিরিতে মাঝে মাঝে অগ্ন্যুচ্ছ্বাস ঘটে সেসব অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের রেকর্ড থেকে সম্ভাব্য অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের একটা ধারণা করা যায়। সাধারণত সুপ্ত আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে যেসব ধূমোৎসারী বিবর আছে, সেইসব বিবরের তাপমাত্রা এবং গ্যাসের অনুপাত বৃদ্ধি এসম্বন্ধে আলোকপাত করে। তাপমাত্রা বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে শিলার চৌম্বকীয় আকর্ষণ মাত্রা কমে আসে। সুতরাং সম্ভাব্য আগ্নেয়চ্ছ্বাসের সঙ্গে ক্ষীয়মাণ চৌম্বকীয় আকর্ষণ পূর্বাভাসের অন্য একটি পদ্ধতি। ম্যাগনেটোমিটার

নামক যন্ত্রের সাহায্যে চৌম্বকীয় আকর্ষণের তারতম্য নির্দিষ্ট সময় পরপর পর্যবেক্ষণ করা হয়। চৌম্বকীয় আকর্ষণের মতন শিলার বৈদ্যুতিক ধর্মও তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে প্রভাবিত হয়।

2.2.9 ভারতীয় আগ্নেয়গিরি

ভারতে নিষ্ক্রিয় আগ্নেয়গিরি বহু জায়গায় পাওয়া গেলেও সক্রিয় আগ্নেয়গিরি বর্তমানে একটিই। এটি আন্দামান দ্বীপপুঞ্জে ব্যারেন আইল্যান্ড। বহুকাল সুপ্ত অবস্থায় থাকার পর 1991 সালের জুন মাসে এটিতে প্রথম অগ্ন্যুচ্ছ্বাস শুরু হয়। ব্যারেন আইল্যান্ড থেকে আরো কিছুটা পূর্বে নরকোন্ডাম দ্বীপে আগ্নেয়গিরিটি (চিত্র : 2.9) বর্তমানে নিষ্ক্রিয়। তবে এখানে উচ্চ তাপপ্রবাহ পাওয়া গেছে। অনুমান করা হয় যে, এটি দীর্ঘকাল নিষ্ক্রিয় অবস্থায় আছে এবং এটির জ্বালামুখ চারদিকের শিলাক্ষয় হয়ে সম্পূর্ণ জমে গেছে।

চিত্র 2.9 : *নরকোন্ডাম দ্বীপের নিষ্ক্রিয় আগ্নেয়গিরি*

সাধারণভাবে আগ্নেয়গিরি গলিত শিলার ঊর্ধ্বপ্রবাহী পরিচলন স্রোতে উৎপন্ন হয়। পরিচলন স্রোত সুগঠিত না হলে, অর্থাৎ তার ঠিক আগের অবস্থায় তপ্ত অঞ্চলের সৃষ্টি ঘটে। গুজরাটের আংকলেশ্বরের তৈলখনি অঞ্চলে হঠাৎ 300° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার জলীয় বাষ্প উদগীরণ এবং ক্যানিং-এর সন্ধানী কূপ (exploratory wells) থেকে 480° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রার জলীয় বাষ্প নিষ্ক্রমণ ভূগর্ভে এরূপ পরিবহন স্রোতের উৎপত্তির সম্ভাবনার নির্দেশক।

2.3 নিষ্ক্রিয় আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্য

নিষ্ক্রিয় আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্যের মধ্যে উষ্ণ প্রস্রবণ এবং গিজারের কথা আগেই বলা হয়েছে। এ দুটি ছাড়াও আর একটি প্রধান ভূবৈচিত্র্য হলো ধূমোৎসারী ভূবিবর। ম্যাগমার মধ্যে তরল সিলিকেট-এ একটি প্রধান উপাদান গ্যাসীয় যৌগ। উদ্বায়ী যৌগ (volatiles), যেগুলির গলনাঙ্ক (melting point) এবং স্ফুটনাঙ্কের (boiling point) মধ্যে ব্যবধান খুব কম, সেগুলি ম্যাগমায় গ্যাসীয় অবস্থায় বর্তমান থাকে। অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের কালে এই বস্তুগুলি আকস্মিক চাপের নিরসনে গ্যাসরূপে অবমুক্ত হয়।

আগ্নেয়গিরি নিষ্ক্রিয় হয়ে যাবার পরও দীর্ঘকাল ধরে ভূগর্ভ থেকে গ্যাস নিষ্কাশিত হয়। যেসব বিবর থেকে গ্যাস নিষ্ক্রমণ ঘটে, সেগুলিকে বলে *ধূমোৎসারি ভূবিবর* (fumaroles)। যে গ্যাসের অনুপাত বেশি, তার ভিত্তিতে ধূমোৎসারী ভূবিবরের শ্রেণীবিভাগ করা হয়ে থাকে। ইতালির তাস্কানিতে বোরোন উৎসারী ভূবিবরকে *সোফোনি* (soffoni) বলে। যেখানে প্রধান গ্যাস হাইড্রোজেন সালফাইড, সেখানে নাম দেওয়া হয়েছে *সোলফাটারা* (solfatara)। উৎসারিত ধূমে ক্লোরিনের আধিক্য থাকলেও তার মুখে লোহা, তামা এবং সীসকের মণিক অবক্ষিপ্ত হয়। বস্তুত গিজারও ধূমোৎসারী ভূবিবর, কারণ সেখানে নিষ্কাশিত গ্যাসে জলীয় বাষ্পের আধিক্য।

অনেক সময় ধূমোৎসারী ভূবিবরে আগ্নেয়ভস্মের আধিক্য থাকলে মনে হয় এসব গহ্বরে কাদা ফুটন্ত অবস্থায় আছে। এগুলিকে *কর্দম আগ্নেয়গিরি* (mud volcano) বলে। তবে যেসব অঞ্চলে পেট্রোলিয়াম আছে, সেখানেও এরূপ ফুটন্ত কর্দম বিবর দেখা যায়। প্রাকৃতিক গ্যাসের বুদবুদ উঠে কাদার ফুটন্ত অবস্থা বলে মনে হয়। পাকিস্তানের সিন্ধুপ্রদেশে হিংলাজ দ্বিতীয় শ্রেণীর কর্দমকূপ।

2.4 সারাংশ

এই এককে আগ্নেয়গিরি এবং অগ্ন্যুচ্ছ্বাস সম্পর্কে সহজ ও স্বচ্ছ আলোচনা তুলে ধরা হয়েছে।

আপনি জেনেছেন আগ্নেয়গিরির অবয়বগত বৈশিষ্ট্য এবং তার বিভিন্ন অংশের কথা। ধারণা করতে পেরেছেন ম্যাগমা প্রকোষ্ঠ, নির্গম নল, মুখ্য ও গৌণ জ্বালামুখ, ক্যালডেরার গঠন, উৎপত্তি ও সংশ্লিষ্ট ভূমিরূপ এবং আগ্নেয় ভূগাঠনিক বিবর সম্পর্কে।

আপনি পরিচিত হয়েছেন অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎপন্ন বিভিন্ন কঠিন বস্তু—বম্ব্ ব্লক, লাপিলি, আগ্নেয় ভস্ম এবং বিভিন্ন ধরনের তরল লাভা—প্লাবন লাভা, বালিশাকৃতি লাভা, রজ্জু লাভা, ব্লক লাভা এবং নির্গত গ্যাসীয় পদার্থের সঙ্গে।

আপনি দেখেছেন কিভাবে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের ফলে কতগুলি বিশেষ ধরনের ভূমিরূপের উদ্ভব হতে পারে, যেমন আগ্নেয় কোণক, স্তম্ভাকৃতি দারণ, প্লাবন বেসল্টের স্তরসংঘ বা বেসল্ট ট্র্যাপ ইত্যাদি।

আপনি জেনেছেন যে, উৎক্ষিপ্ত বস্তুগুলির পারস্পরিক অনুপাত ও বিস্ফোরণ প্রাবল্য অনুসারে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের শ্রেণী বিভাগ করা হয়েছে—যেমন, হাওয়াই দ্বীপীয়, স্ট্রম্বোলীয়, ভালকানীয়, ভিসুভীয় ও পিলীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাস। প্রতিটির বৈশিষ্ট্য এবং উদাহরণের উল্লেখ পেয়েছেন।

আপনি দেখেছেন যে, ম্যাগমার রাসায়নিক সংযুতি—তার আম্লিকতা ও ক্ষারকীয়তা অনুসারে ভিন্ন ভিন্ন গঠনের আগ্নেয়গিরি তৈরি হতে পারে। এই প্রসঙ্গে ভস্মকোণক, মিশ্রকোণক এবং ঢালাকৃতি আগ্নেয়গিরি বিষয়ে জেনেছেন।

ভূপৃষ্ঠে আগ্নেয়গিরিসমূহের বিন্যাস এবং তার তাৎপর্য সম্পর্কে আপনি অবহিত হয়েছেন—যেমন, প্রশান্ত মহাসাগরীয় বলয়, আল্পীয়-হিমালয় অঞ্চলের বলয় এবং প্রায় 80,000 কিমি দীর্ঘ মধ্য মহাসাগরীয় শৈলশ্রেণীভুক্ত আটলান্টিক মহাসাগরের আগ্নেয়গিরিশৃংখল।

ভূগোকে উৎপন্ন তাপপ্রবাহ—ভূভাগের তপ্ত অঞ্চল-এর ব্যুত্থান এবং গীজার সম্পর্কে আপনি ধারণা পেয়েছেন।

আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের সঠিক দিনক্ষণ জানিয়ে পূর্বাভাস দেওয়া প্রায় অসম্ভব। তবে সম্ভাব্য আগ্নেয়োচ্ছ্বাসের সঙ্গে ক্ষীয়মান চৌম্বকীয় আকর্ষণ পূর্বাভাসের একটি পদ্ধতি হিসাবে প্রয়োগ করা হয়।

নিষ্ক্রিয় আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্যের উদাহরণ হিসাবে আপনি ধূমোৎসারী বিবর (সোফোনি, সোলফাটারা এবং কর্দম আগ্নেয়গিরি) সম্পর্কে জেনেছেন।

2.5 নির্বাচিত উল্লেখ্য গ্রন্থ

1) Lahiri Dipankar and Roy Sobhen, *The Earth Alive : Its Processes and Features;* Allied Publishers, 1985.
2) Bullard, F. M., *Volcanoes : In History, in Theory, in Eruption;* University of Texas Press, 1962.
3) Holmes, Arthur, *Principles of Physical Geology;* Nelson, 1972.
4) লাহিড়ী দীপংকর, সংসদ ভূবিজ্ঞানকোষ, 1999।

2.6 প্রশ্নাবলী

(A) বড় উত্তরভিত্তিক প্রশ্ন :

1) আগ্নেয় অঞ্চলের ভূবৈচিত্র্যের উৎপত্তিসহ সচিত্র বিবরণ।
2) বিভিন্ন ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের সচিত্র বিবরণ।
3) আগ্নেয়গিরিরর উৎপত্তির বিভিন্ন গঠনসহ সচিত্র বর্ণনা।
4) অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে উৎসারিত বস্তুসমূহের শ্রেণীবিভাগ এবং বর্ণনা।
5) আ আ এবং ব্লক লাভার স্বাতন্ত্র্য দেখিয়ে বর্ণনা। এগুলি বালিশাকৃতি লাভার সঙ্গে পাওয়া যায়না কেন?
6) স্তম্ভাকৃতি গঠন এবং সোপানিত ভূমিপৃষ্ঠ কী ধরনের লাভার সঙ্গে জড়িত? এগুলির উৎপত্তির কারণ কী?
7) একটি আগ্নেয়গিরির উৎপত্তি বর্ণনা। এটির নাম কী? কী ধরনের গঠন এই বিশেষ আগ্নেয়গিরিটির?
8) ইগ্‌নিম্‌ব্রাইট কাকে বলে? এটির সঙ্গে লাভার তফাৎ কী? কী ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে ইগ্‌নিম্‌ব্রাইট উৎপন্ন হয়?

(B) সংক্ষিপ্ত উত্তরভিত্তিক প্রশ্ন :

1) আগ্নেয়গিরি কাকে বলে? সব অগ্ন্যুচ্ছ্বাসই কি আগ্নেয়গিরির মাধ্যমে হয়?
2) অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে নির্গত লাভার উৎস কোথায়? কার ভূ-ভৌত অনুসন্ধানে এ সম্বন্ধে যুক্তিসম্মত সিদ্ধান্তে পৌঁছনো গেল?
3) আগ্নেয়গিরি বলয় কাকে বলে? এরূপ বলয় ক'টি, এবং কোথায় কোথায় আছে?
4) আগ্নেয় শিলাখণ্ড কাকে বলে? এগুলির কীভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হয়েছে?
5) আগ্নেয় পৃষ্ঠদণ্ড কী? কী ধরনের অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের সঙ্গে তা যুক্ত? এই বিশেষ অগ্ন্যুচ্ছ্বাসে আগ্নেয় পৃষ্ঠদণ্ডের উৎপত্তির কারণ কী?
6) ভারতের একমাত্র সক্রিয় আগ্নেয়গিরি কোনটি? এখানে নির্গত লাভার সঙ্গে ডেকান ট্র্যাপ লাভার প্রধান পার্থক্য কি কি?
7) কোনো সুপ্ত আগ্নেয়গিরিতে অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের পূর্বাভাস কি সম্ভব? এই পূর্বাভাস কতটা নির্ভরযোগ্য?
8) ধূমোৎসারী ভূ-বিবর কাকে বলে? উষ্ণ প্রস্রবণের সঙ্গে সেগুলির কী পার্থক্য?
9) সব উষ্ণ প্রস্রবণই গিজার হয়না কেন? ভারতে গিজার নেই কেন?
10) কর্দম কূপ কোন কোন ধরনের? কোনটির সঙ্গে আগ্নেয়ক্রিয়া যুক্ত?
11) ক্ষয়প্রাপ্ত আগ্নেয়গিরির প্রধান নিদর্শন কী? এটির সচিত্র বর্ণনা সহ গঠনের ব্যাখ্যা।

(C) প্রশ্নোত্তরমূলক :

	হ্যাঁ	না
1) ভূপৃষ্ঠের যে কোনো অঞ্চলে সক্রিয় আগ্নেয়গিরি থাকতে পারে।		
2) ক্লিফ্ ডোয়েলার্স বেসল্ট লাভার গিরিখাতে বাস করত।		
3) ফুজিয়ামা প্রশান্ত মহাসাগরীয় আগ্নেয়গিরি বলয়ে বর্তমান।		
4) ভূভাগে বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের চিহ্ন নেই।		
5) প্লাবনলাভা সিলিকা-সমৃদ্ধ লাভা।		
6) ক্যালডেরার উৎপত্তির সঙ্গে চোঙাকৃতি ডাইকের উৎপত্তি জড়িত।		
7) ভিসুভিয়াসের লাভা আম্লিক।		
8) ঢালাকৃতি আগ্নেয়গিরি আম্লিক লাভায় উৎপন্ন।		
9) পিউমিস বেসল্টিক লাভা থেকে উৎপন্ন।		
10) ইরানে সক্রিয় আগ্নেয়গিরি বর্তমান।		
11) তপ্ত অঞ্চল কি সম্ভাব্য বিদারীয় অগ্ন্যুচ্ছ্বাসের কেন্দ্রক?		

2.7 উত্তর সংকেত

(A) 1) 2.2.3
2) 2.2.4
3) 2.2.5
4) 2.2.2
5) 2.2.2
6) 2.2.3
7) 2.1, 2.2.5
8) 2.2.2

(B) 1) 2.1, 2.2.6
2) 1.7
3) 2.2.6
4) 2.2.2
5) 2.2.2, 2.2.4
6) 2.2.9
7) 2.2.8
8) 2.3
9) 2.3
10) 2.3
11) 2.2.1

(C) 1) না
2) না
3) হ্যাঁ
4) না
5) না
6) হ্যাঁ
7) হ্যাঁ
8) হ্যাঁ
9) না
10) না
11) না