

## পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগ

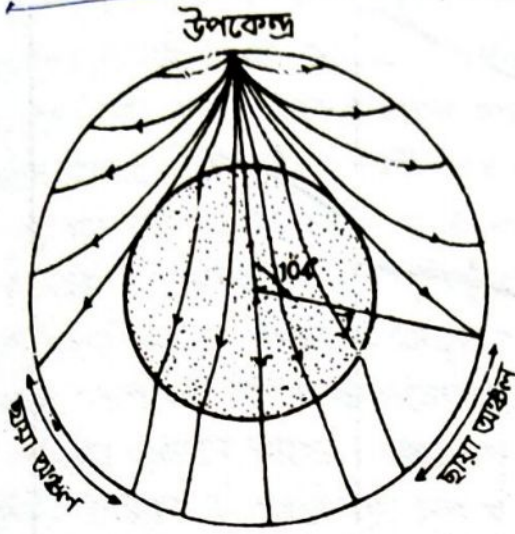
**ভূমিকা :** পৃথিবীর অভ্যন্তরে অধিকাংশই আমাদের প্রত্যক্ষ পর্যবেক্ষণের বাইরে রয়ে গেছে। গর্ত করে পৃথিবীর মাত্র ১০ কি. মি. গভীর স্থানের শিলা সংগ্রহ করা সম্ভব হয়েছে যেখানে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ প্রায় ৬৪০০ কি. মি.। কাজেই বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখা থেকে সূত্র আহরণ করেই ভূ-অভ্যন্তর ভাগ সম্পর্কে ধারণা গড়ে উঠেছে। বিজ্ঞানের এই সমস্ত শাখার মধ্যে ভূকম্পন সম্পর্কিত বিভিন্ন উপাত্ত (data) ও তথ্যই প্রধান। তবে জ্যোতির্বিদ্যা, পদার্থ ও রসায়নবিদ্যার বিভিন্ন সূত্রও ভূ-অভ্যন্তরের রহস্য উন্মোচনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে।

উনিশশো শতকের শেষভাগ থেকে বিজ্ঞানীরা ভূকম্পলিখ বিশ্লেষণ করে পৃথিবীর অভ্যন্তরভাগের অবস্থা অনুধাবন করতে সচেষ্ট হন। জানা দরকার যে, ভূমিকম্পের সঙ্গে তিন ধরনের কম্পন বা তরঙ্গ জড়িত থাকে। ভূকম্পীয় বিদ্যার ভাষায় এরা হল P বা প্রাথমিক তরঙ্গ; S বা গৌণ তরঙ্গ এবং L বা পৃষ্ঠ তরঙ্গ (surface wave)। পদার্থবিদ্যার পদবাচ্যে P তরঙ্গ হল অনুদৈর্ঘ্য তরঙ্গ। এক্ষেত্রে তরঙ্গ যদিকে ধাবিত হচ্ছে মাধ্যমের কণাগুলো সেদিকেই কাঁপতে থাকে। অপরপক্ষে S তরঙ্গ হল অনুপ্রস্থ তরঙ্গ যেখানে তরঙ্গ যদিকে ধাবিত হয় মাধ্যমের কণাগুলো তার সমকোণের দিকে কাঁপে। P তরঙ্গ কঠিন ও তরল দুই মাধ্যমের মধ্য দিয়ে সঞ্চারিত হতে পারে। কিন্তু S তরঙ্গ শুধুমাত্র কঠিন পদার্থের ভেতর দিয়েই সঞ্চারিত হতে পারে। P তরঙ্গের গতিবেগ S তরঙ্গের গতিবেগ থেকে দ্রুততর হয়। L তরঙ্গ শুধুমাত্র ভূপৃষ্ঠ বরাবর সঞ্চারিত হয়। যেমন— জলের ওপরের পৃষ্ঠ দিয়ে তরঙ্গ পরিচালিত হয়। বিস্তৃত বিবরণের জন্য ভূসংস্কোভ ও ভূতত্ত্বীয় গঠন অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

পৃথিবীর কাঠামো উদ্ঘাটনে ভূকম্পীয় বিদ্যা : ১৮৯৭ খ্রীষ্টাব্দে জার্মান ভূকম্পবিদ প্রফেসর উইচার্ট (Wiechert) ভূমিকম্প তরঙ্গ সঞ্চারণের সময়-দূরত্ব লেখচিত্রে এক আকর্ষণীয় বিষয় লক্ষ্য করেন। তিনি দেখেন যে উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $108^\circ$  পর্যন্ত বিভিন্ন ভূকম্পলিখ যন্ত্রে P ও S তরঙ্গ সুস্পষ্টভাবে ধরা পড়ে। এরপরে উপকেন্দ্র থেকে ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $180^\circ$  পর্যন্ত বিভিন্ন স্থানে P ও S তরঙ্গ হারিয়ে যায় কিন্তু  $180^\circ$  পর থেকে আবার শক্তিশালী P তরঙ্গের আবির্ভাব ঘটে (চিত্র ৬.১)। এই ঘটনার ব্যাখ্যা করতে উইচার্ট বলেন যে পৃথিবীর সুগভীরে একটি বিচ্ছেদ-তল রয়েছে। এই তলের সীমানা থেকে কেন্দ্রের দিকে পদার্থের এক আমূল পরিবর্তন ঘটে।

আরও পরে ১৯১২ খ্রীষ্টাব্দে প্রফেসর বেনো গুটেনবার্গ (Beno Gutenberg) যুক্তি সহকারে বলেন যে উইচার্ট বিচ্ছেদ (discontinuity) কঠিন থেকে তরলে অবস্থান্তর নির্দেশ করে। ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $108^\circ$ -র (ভূপৃষ্ঠ উপকেন্দ্র থেকে রৈখিক দূরত্ব ১১৫৪০ কি. মি.) পর S-

তরঙ্গের অন্তর্ধান এই নির্দেশ দেয় যে ঐ তরঙ্গ নিশ্চয়ই কোন তরল মাধ্যমের সম্মুখীন হয়েছে যেখানে S তরঙ্গ হারিয়ে গেছে কারণ কোন তরল বা বায়ব পদার্থের মধ্য দিয়ে S তরঙ্গ



চিত্র ৬.১ : পৃথিবীর কেন্দ্রগামী প্রস্থচ্ছেদ। বৃত্ত মধ্যস্থিত বক্ররেখা হল কেন্দ্র থেকে উপরম ভূকম্পন সঞ্চরণের পথ। ছায়া অঞ্চলে P ও S দুই ধরনের তরঙ্গই এসে পৌঁছায় না।

সঞ্চারণিত হতে পারে না। অন্যদিকে P তরঙ্গ উইচাট বিচ্ছেদতলের নীচের তরলের সম্মুখীন হলে এর বেগ হঠাৎ অনেক কমে যায় এবং স্নেলের সূত্র অনুযায়ী তরঙ্গ ভূপৃষ্ঠের দিকে না বেঁকে কেন্দ্রের দিকে বেঁকে যায় যেমন উত্তল লেন্সের মধ্য দিয়ে আলোর রশ্মি লেন্সের মেরুর দিকে বেঁকে যায়। এই জন্যই ভূকেন্দ্রিক দূরত্ব  $108^\circ$  থেকে  $180^\circ$  মধ্যে (রেখিক দূরত্ব  $11580$  কি. মি. থেকে  $15980$  কি. মি.-এর মধ্য) P ও S দু'রকম তরঙ্গই যন্ত্রে ধরা পড়ে না। এই অঞ্চলকে P ও S তরঙ্গের ছায়া অঞ্চল (shadow region) বলা হয়। গুটেনবার্গ হিসেব করে দেখান যে এই বিচ্ছেদতল ভূপৃষ্ঠ থেকে

প্রায়  $2900$  কি. মি. গভীরে অবস্থিত। এই বিচ্ছেদ তলকে বর্তমানে উইচাট-গুটেনবার্গ বিচ্ছেদ বলে। এটা কঠিন গুরুমণ্ডল (mantle) ও তরল অস্তির (core) সীমানা নির্দেশ করে (চিত্র ৬.১)।

যুগোস্লাভিয়ার অধিবাসী মোহোরোভিসিক (Mohorovicic) এরকম আর এক বিচ্ছেদের সন্ধান পান। ১৯০৯ খ্রীষ্টাব্দে তিনি জানান যে ভূমিকম্প কেন্দ্র থেকে কয়েক শ' কিলোমিটার দূরে P-তরঙ্গের সময়-দূরত্ব লেখচিত্রে নতিমাত্রার এক হঠাৎ পরিবর্তন হয়। এই ঘটনার ব্যাখ্যা হিসেবে তিনি দুটি স্বতন্ত্র স্তরের কথা উল্লেখ করেন। এই বিচ্ছেদের ওপরের স্তরের বেধ প্রায়  $70$  কি. মি. ও এর মধ্য দিয়ে P তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে  $6$  কি. মি. বেগে সঞ্চারণিত হয় ও এই বিচ্ছেদের নীচের স্তরে P-তরঙ্গ প্রতি সেকেন্ডে  $8$  কি. মি. বেগে সঞ্চারণিত হয়। এই দুই স্তরের সীমানার বিচ্ছেদ তলকে মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ বা সংক্ষেপে মোহো বা এম-বিচ্ছেদ বলে। পরবর্তীকালের গবেষণায় প্রমাণিত হয় যে মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদের গভীরতা সর্বত্র সমান নয়। মহাদেশের নীচে এর গভীরতা  $20$  থেকে  $60$  কি. মি. এবং পর্বতের নীচে এই গভীরতা সবচেয়ে বেশী থাকে। মহাসাগরের নীচে এই বিচ্ছেদের গভীরতা অনেকটা কম ও একই প্রকার প্রায়  $11$  কি. মি.। মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ থেকে ভূপৃষ্ঠ পর্যন্ত অংশকে ভূত্বক বলে। মোহোরোভিসিক বিচ্ছেদ থেকে তরল অস্তির উর্ধ্বসীমা পর্যন্ত বিস্তৃত কঠিন মণ্ডলকে গুরুমণ্ডল (mantle) বলে।

১৯৩৬ সালে ডেনমার্কের কুমারী আই লেমান (Miss. I. Lehmann) আবিষ্কার করেন যে পৃথিবীর অস্তি সমধর্মী নয়। এটা অন্তত দুটো অংশে বিভক্ত—এক তরল বহিরাস্তি ও এক কঠিন অন্তরাস্তি। খুব নিবিষ্টভাবে পর্যবেক্ষণ করলে দেখা যায় যে 'ভূকম্পন ছায়া' অঞ্চলেও কঠিন P-তরঙ্গের আবির্ভাব ঘটে। তিনি এই ঘটনার ব্যাখ্যা প্রসঙ্গে বলেন যে এই P-তরঙ্গ

## মহাসঞ্চারন মতবাদ

### (Continental Drift Theory)

#### A. মতবাদের উৎপত্তি (Evolution of the Concept):-

1912 সালে আলফ্রেড ওয়েগনার সিমার (SIMA) মধ্য দিয়ে মহাদেশগুলির অনুভূমিক সঞ্চারনের ধারণা প্রথম প্রচার করেন। 1912 সালে তাঁর মতবাদ স্থাপিত হলেও 1922 সালে জার্মানি ভাষায় পরিবর্তিত আকারে লেখা তাঁর বই “Die Entstehung Der Kontinent and Ozeane” এর ইংরেজি ভাষায় অনুবাদ যখন 1924 খ্রী: প্রকাশিত হয়, তখন থেকেই ওয়েগনারের মহাসঞ্চারন মতবাদ বিজ্ঞানী সমাজে বিশেষ দৃষ্টি আকর্ষণ করে ও এক-বিতর্কের বিষয়ে পরিণত হয় যা আজও অব্যাহত আছে। মহাদেশসমূহের অবস্থানগত পরিবর্তন ও বিচ্ছিন্নতা সম্পর্কে সর্বপ্রথম চিন্তা করেন ফ্রান্সের বিজ্ঞানী A. Snider (1858)। পরবর্তীকালে ফ্রান্সিস বেকন, F.B Taylor এই ধারণা নিয়ে পরীক্ষা নিরীক্ষা করেন।

#### B. মতবাদের নীতি (Principle of the Theory):-

Alfred Wegener জার্মানির একজন আবহাওয়া তত্ত্ববিদ (Meteorologist) ছিলেন। অতীত যুগে জলবায়ু সম্পর্কে গবেষণা করার সময় তিনি লক্ষ্য করেন যে বিভিন্ন অঞ্চলে ভূ-তত্ত্বীয়কালের এমন সব জলবায়ুর নিদর্শন রয়েছে যা ওই অঞ্চলের বর্তমান জলবায়ু থেকে স্বতন্ত্র। পৃথিবীর অক্ষের পরিবর্তন, স্থলভাগের উচ্চতার পরিবর্তন, জলবায়ু উপাদানের বিভিন্নতা প্রভৃতি এককভাবে ও সম্মিলিতভাবে এক ব্যাপক পরিবর্তন ঘটাবার ক্ষেত্রে উপযুক্ত বলে তিনি মনে করেন নি। তাই তিনি ধারণা করেছিলেন যে, পৃথিবীর জলবায়ু মোটামুটি স্থির। কিন্তু মহাদেশগুলো সঞ্চারিত হয়েছে। ওয়েগনার পুরাজীবীয় ভূ-পদার্থ, ভূ-রাসায়নিক ভূ-তত্ত্ব, ভূগোল ও ভূ-বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখা থেকে তত্ত্ব ও তথ্য আহরণ করে তাঁর মতবাদের সূত্র হিসাবে উপস্থিত করেন।

#### C. মতবাদের অনুমানসমূহ (Assumption of the Theory):-

ওয়েগনার তাঁর মহাদেশীয় সঞ্চারন মতবাদের ক্ষেত্রে কতকগুলি বিষয়কে ধরে নিয়েছিলেন। যথা-

- (i) এডওয়ার্ড সুয়েশের (E.Suess) ধারণা অনুযায়ী তিনি স্বীকার করেন যে মহাদেশগুলি থানাইট জাতীয় লঘু অম্লিক শিলা দ্বারা গঠিত বা সিয়াল (SIAL) নামে পরিচিত। সিয়াল স্তরের নিচে সিমার (SIMA) নামে ব্যাসাল্ট শিলায় গঠিত অপর একটি স্তর রয়েছে। SIMA-র উপরেই SIAL ভাসমান অবস্থায় রয়েছে এবং সমুদ্রবক্ষে সিমার (SIMA) স্তরের পৃষ্ঠ হিসাবে প্রকাশিত।

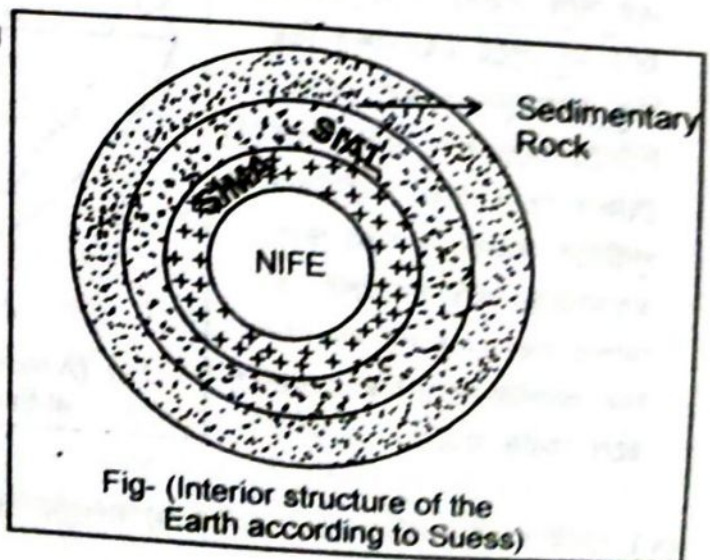
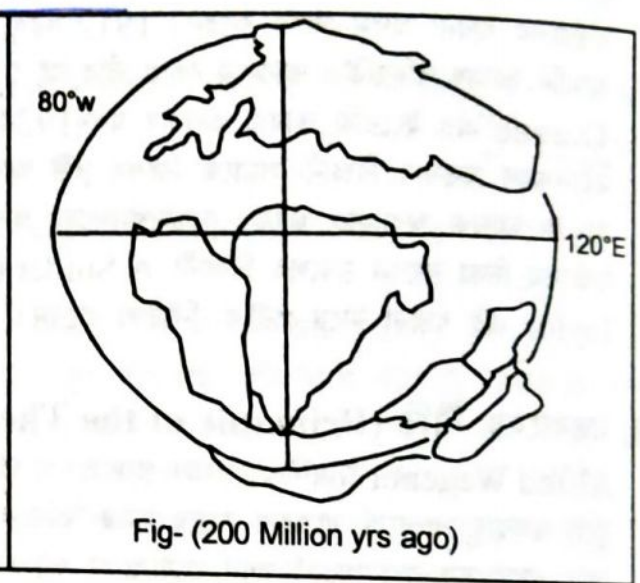
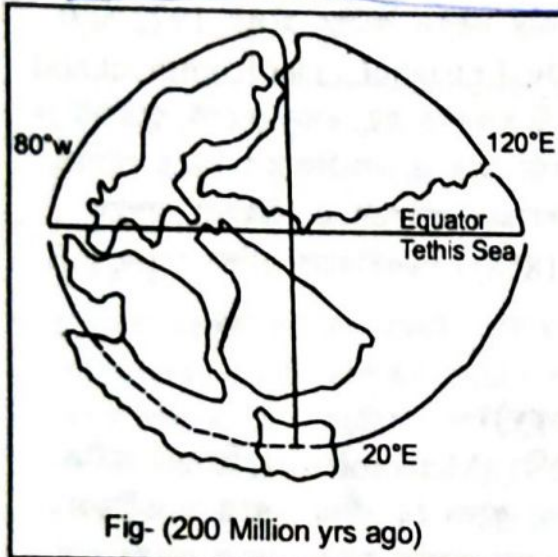
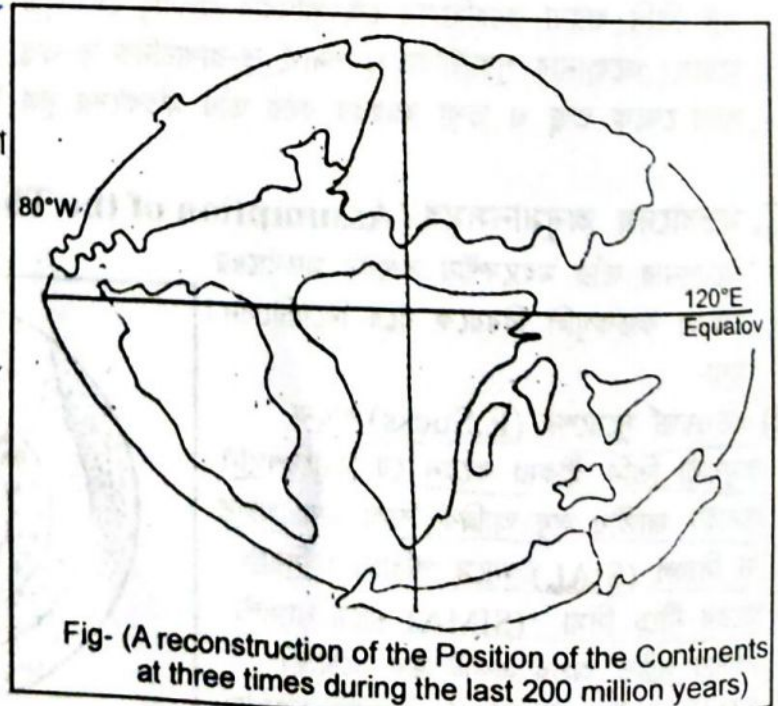


Fig- (Interior structure of the Earth according to Suess)

- (ii) SIMA-র ভিতর দিয়ে SIAL-এর সঞ্চারন ঘটা সম্ভব। Wegener-এর মতে Palaeozoic যুগের শেষভাগে অস্ট্রেলিয়া, আর্টাকটিকা, উপদ্বীপীয়-ভারতবর্ষ, আফ্রিকা, মাদাগাস্কার ও দঃআমেরিকা একসঙ্গে জড়ো হয়ে গন্ডোয়ানা ভূমি তৈরী করেছিল।
- (iii) অপরদিকে উঃআমেরিকা, ইউরোপ, উত্তর ও মধ্য এশিয়া একত্রে অঙ্গারল্যান্ড নামে একটি ভূমি তৈরী করেছিল এবং এই দুই ভূ-খন্ডের মাঝখানে টেথিস নামে এক অগভীর সমুদ্র ছিল। Wegener এই বিশাল মহাদেশীয় ভূ-খন্ডকে প্যাঞ্জিয়া নামে অভিহিত করেছিলেন এবং প্যাঞ্জিয়াকে ঘিরে যে বিশাল মহাসমুদ্র ছিল তার নাম প্যানথালাসা।



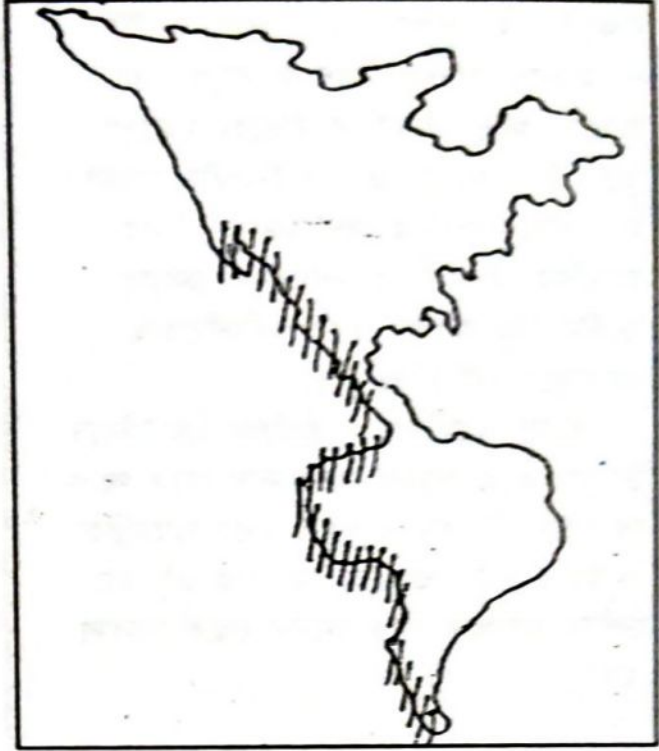
- (iv) প্যাঞ্জিয়া ভঙ্গীকরণ এবং তার বিভিন্ন অংশের সঞ্চারনের ফলেই মহাদেশগুলি বর্তমান অবস্থায় পৌঁছেছে। Wegener-এর মতে, সঞ্চারন দুদিকে সম্পন্ন হয় উত্তর ও পশ্চিমে। কাবোনিফেরাস যুগে প্যাঞ্জিয়া দক্ষিণ মেরু অঞ্চলে অবস্থিত ছিল। প্যাঞ্জিয়া ভাঙনের পরে আমেরিকাদ্বয় পশ্চিম দিকে সঞ্চারিত হয়। যখন দুই আমেরিকা পশ্চিম দিকে সঞ্চারিত হয় তখন এর সঙ্গে সমতা রেখে সঞ্চারিত হতে না পেরে মহাদেশের কিছু কিছু অংশ মূল ভূ-খন্ড থেকে পিছিয়ে পড়ে এবং এদের অন্তর্বর্তী যোজক ভেঙে যায়। অস্ট্রেলিয়ার পূর্বদিকে সঞ্চারনের ফলে ভারত মহাসাগরের সৃষ্টি হয় এবং মহাদেশের সঞ্চারনের পর প্যানথালাসার অবশিষ্টাংশ প্রশান্ত মহাসাগর-রূপে বিরাজ করছে।



- (v) পৃথিবীর নবীন ভঙ্গিল পর্বতের উৎপত্তি সম্পর্কে Wegener ব্যাখ্যা প্রদান করেছেন। তিনি মনে

করেন, সঞ্চারনের সময় আফ্রিকা ও ইউরোপ পরস্পরের কাছাকাছি আসায় টেথিসের পলি কুঞ্চিত হয়ে আল্পস পর্বত সৃষ্টি করে। অনুরূপভাবে উপদ্বীপীয় ভারতবর্ষ ও মধ্য এশিয়ার মাঝখানে হিমালয় তৈরী হয়। একই কারণে দুই আমেরিকাও পশ্চিম দিকে সঞ্চারনকালে পশ্চিম প্রান্তের অংশ কুঞ্চিত হয়ে পশ্চিম ভাগের-পর্বতমালার সৃষ্টি করে।

(vi) কাবোনিফেরাস যুগের পর থেকে বিভিন্ন সময়ে নিরঙ্করেখার অবস্থান এবং পৃথিবীর কোন কোন অংশে সে সময় হিম বা শুষ্ক বা আর্দ্র জলবায়ু বিরাজ করত, তার মানচিত্র কোপেনের সহযোগীতায় ওয়েগনার উপস্থিত করেন।



চিত্র- দুটি আমেরিকার পঃ দিকে অগ্রগমনের সময় পঃ প্রান্তে বাখাপ্রাপ্ত হয়ে আয়ীর পলির উদ্ভব ঘটছে।

#### D. মতবাদের পদ্ধতি (Mechanism of the Theory) :-

ওয়েগনারের মতে, মহাদেশগুলোর সঞ্চারনের জন্য দু'ধরনের শক্তি ক্রিয়াশীল হয়। নিরঙ্করেখার দিকে সঞ্চারনের জন্য তাঁর মতে বৈষম্যমূলক অভিকর্ষ শক্তি দায়ী। এই শক্তি চলমান বস্তু বা মহাদেশগুলোর ভরকেন্দ্র ও ভাসমান মহাদেশগুলির গ্লবতার কেন্দ্রে পারস্পরিক সম্পর্কের উপর নির্ভরশীল। পৃথিবীর উপরতলীয় গোলাকৃতির জন্য গ্লবতার কেন্দ্র ভরকেন্দ্রের নীচে অবস্থান করে। যার ফলে এই শক্তির ফলশ্রুতি হিসেবে চলমান মহাদেশ বা বস্তু নিরঙ্করেখার দিকে সরে যেতে থাকে।

মহাদেশগুলির পশ্চিম দিকের গতির জন্য ওয়েগনার চন্দ্র ও সূর্যের জোয়ারী শক্তিকে দায়ী করেন। তাঁর মতে এই শক্তির জন্য মহাদেশগুলো পশ্চিম থেকে পূর্বদিকে আবর্তনকারী পৃথিবীর উপর দিয়ে অপেক্ষাকৃত পশ্চিম দিকে সরে যেতে থাকে। তাই জোয়ারী শক্তির পরিমাণ কম হলেও দীর্ঘদিনের কার্যকারিতার ফলে এই বল অনেক শক্তিশালী হয়ে ওঠে বলে তিনি মনে করেন।

#### E. মতবাদের প্রধান ধারণা (Main Focus of the Theory):-

ওয়েগনারের মহাদেশীয় সঞ্চারনের মূল কথা হল কাবোনিফেরাস যুগের আগে পৃথিবীর সমস্ত মহাদেশীয় ভূখণ্ড একসঙ্গে একটি বিরাট মহাদেশ হিসাবে বিরাজ করত। তিনি এই বিরাট মহাদেশটির নাম দেন প্যানজিয়া। তাঁর ধারণা অনুযায়ী এ সময় একটি মাত্র মহাসাগর ছিল, যাকে তিনি প্যানথ্যালাসা নামে অভিহিত করেন। ওয়েগনার মনে করেন মেসোজোয়িক যুগের শুরু থেকে প্যানজিয়া ভেঙ্গে টুকরো টুকরো হয়ে যায়। ও বিভিন্ন মহাদেশীয় ভূ-খণ্ডগুলি বিভিন্ন দিকে সরে যেতে থাকে।

এই মহাদেশগুলি দক্ষিণ গোলাার্ধের মধ্য অক্ষাংশে সম্মিলিতভাবে বিরাজ করত। প্যানজিয়ার কেন্দ্র স্থলে ছিল আফ্রিকা মহাদেশ এবং এই সময় দক্ষিণ মেরু আফ্রিকা মহাদেশের উপর  $50^\circ$  দক্ষিণ ও  $45^\circ$  পূর্ব অবস্থানে ছিল। আফ্রিকার চারপাশে ছিল দক্ষিণ আমেরিকা, ভারত, অস্ট্রেলিয়া, আন্টাকটিকার মহাদেশীয় ভূ-খণ্ডগুলো। এদের আরও বাইরের দিকে ছিল ইউরোপ, এশিয়া ও উত্তর আমেরিকা। ফলে

দক্ষিণের মহাদেশগুলো ও ভারত, মেক্সিকোনীয় ও মেক্সিকো প্রদেশীয় ঠান্ডা জলবায়ুর মধ্যে অবস্থান করত। অন্যদিকে উত্তরের মহাদেশ গুলো ছিল ক্রান্তীয় ও উষ্ণ নিরক্ষীয় অঞ্চলে। মহাদেশীয় সঞ্চরনের ফলে ইউরোপ, উত্তর আমেরিকা ইত্যাদি মহাদেশগুলোর জলবায়ু ক্রান্তীয় উষ্ণ জলবায়ু থেকে নাতিশীতোষ্ণ জলবায়ুতে পরিবর্তিত হয়।

দক্ষিণ আমেরিকা ও আফ্রিকা ক্রিটেশিয়াস উপযুগে একে অন্যের থেকে সরে যেতে থাকে। কোয়ার্টারনারী হিমযুগ পর্যন্ত উত্তর আমেরিকা ও ইউরোপ সংযুক্ত ছিল। তারপর এই মহাদেশীয় অংশগুলি একে অন্যের থেকে আলাদা হয়।

#### F. মতবাদের প্রমাণ সমূহ (Evidence of the theory):-

তিনি তাঁর মতবাদের পক্ষে যে সকল প্রমাণ সংগ্রহ করেন তা নীচে উল্লেখ করা হল-

- জলবায়ু সংক্রান্ত প্রমাণ।
- জীব সংক্রান্ত ও প্রত্নজীবীয় প্রমাণ।
- ভূ-তত্ত্ব সংক্রান্ত প্রমাণ।
- ভূ-পদার্থ সংক্রান্ত প্রমাণ।

#### (a) জলবায়ু সংক্রান্ত প্রমাণ:-

প্রকৃতপক্ষে ওয়েগনারের মহাদেশীয় সঞ্চরনের অনুসন্ধানের শুরু পুরাজলবায়ুর প্রমাণের মাধ্যমে। আবহাওয়াবিজ্ঞানী হিসেবে তিনি অন্যান্য সমস্ত প্রমাণের আগেই জলবায়ু সংক্রান্ত প্রমাণের ভিত্তিতে নিশ্চিত হন যে বর্তমান যেসব মহাদেশ হাজার হাজার কিমি দূরে বিভিন্ন অক্ষাংশীয় অবস্থানে রয়েছে, তারা কোনো একসময়ে একই জলবায়ুর অন্তর্গত ছিল। জলবায়ুর সঙ্গে ভূমিরূপ পরিবর্তনকারী প্রক্রিয়ার সম্পর্ক থাকায় অনেক সময়েই নির্দিষ্ট শিলাস্তর এবং ভূমিরূপকে

Late carboniferous (300 million years ago)



Expanse (50 million years ago)



Early Pleistocene (1.5 million years ago)

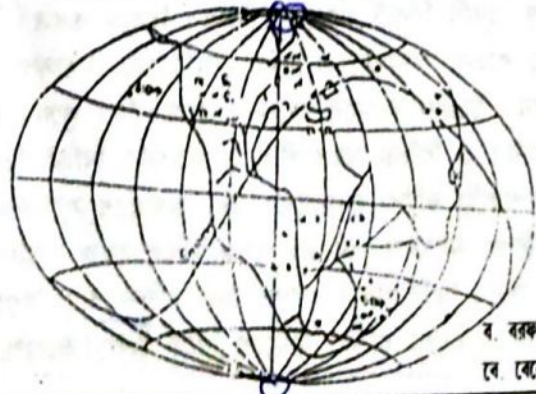


Fig- Wegener's concept of Continental drift.

পার্মোক্যাম্ব্রিয় যুগে হিমায়নের সময় বরফের স্থূপের অবস্থান



কার্বনিফেরাস ও পার্মিয়ান যুগে কাল্পা, বরফ, মরুভূমির বেলেপাথর ও জিপসামের বন অবস্থান



ব. বরফ, ক. কাল্পা, ল. লবণ  
বে. বেলেপাথর, জি. জিপসাম

চিত্র- পুরাজলবায়ুবিদ্যক প্রমাণ

জিপসাম CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O

বর্তমানের জলবায়ুর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয় না। তখন তাকে অতীত জলবায়ুর চিহ্ন হিসেবে ভাবা হয়।

ক্রান্তীয় জলবায়ুর প্রভাবে বেড়ে ওঠা গাছ থেকে কয়লার সৃষ্টি হয়েছিল। আবার উষ্ণ মরু অঞ্চলেই রকস্ট (সৈন্ধবলবন) ও জিপসাম -এর উপস্থিতি দেখা যায়। কারণ, এই জাতীয় খনিজের জন্য বৃষ্টিপাতের তুলনায় বাষ্পীভবনের বেশি প্রয়োজন হয়। স্পিটসবার্জেনে পাওয়া কয়লার স্তর বা উত্তর ইউরোপের বিভিন্ন অংশে কয়লার স্তরের উপস্থিতি বর্তমান শীতল জলবায়ুর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। অন্যদিকে উত্তর আমেরিকা, উত্তর ইউরোপে যে জিপসামের সঞ্চয় কিংবা ভারতের উড়িষ্যা হিমবাহের অবক্ষেপের অস্তিত্ব, তা কোনোভাবেই বর্তমান জলবায়ুর ভিত্তিতে ব্যাখ্যা করা যায় না। তাই স্বাভাবিকভাবেই মনে হয়, ইউরোপের জলবায়ু ক্রান্তীয় থেকে নাতিবীতোক জলবায়ুতে, স্পিটসবার্জেনের জলবায়ু, উপক্রান্তীয় থেকে মেরুদেশীয় জলবায়ুতে এবং ভারত, দক্ষিণ আফ্রিকা, অস্ট্রেলিয়া ও দক্ষিণ আমেরিকার জলবায়ু, মেরুবৃত্তপ্রদেশীয় অথবা নাতিবীতোক জলবায়ু থেকে ক্রান্তীয় জলবায়ুতে পরিবর্তিত হয়েছে। এই প্রসঙ্গে মনে করা যেতে পারে, দক্ষিণ আফ্রিকার ডোয়াইকা টিলাইট শিলাস্তরের অস্তিত্বের কথা। প্রকৃতপক্ষে এই জাতীয় হিমবাহের অবক্ষেপের সৃষ্টি কার্বনিফেরাস থেকে পার্মিয়ান যুগের মধ্যে হিমবাহের এই অবক্ষেপ দক্ষিণ আমেরিকা, দক্ষিণ আফ্রিকা, ভারত এবং অস্ট্রেলিয়া অর্থাৎ গাভোয়ানার অন্তর্গত সবকটি মহাদেশীয় অংশেই পাওয়া যায়।

(b) জীব সংক্রান্ত ও প্রত্নজীবীয় প্রমাণঃ- ওয়েগনার বিভিন্ন মহাদেশে উদ্ভিদ এবং প্রাণীর সাদৃশ্যের বিষয়ে বিভিন্ন জীব বিজ্ঞানী এবং পুরাজীববিজ্ঞানীর গবেষণা লক্ষ করেন। এই সময় বিভিন্ন মহাদেশের মধ্যে Land bridge বা সংযোগ ভূমি ছিল বলে জীববিজ্ঞানীরা মনে করেন। ব্রাজিল ও আফ্রিকা, অস্ট্রেলিয়া ও আফ্রিকা এবং ভারত ইত্যাদি মহাদেশীয় ভূ-খন্ডের মধ্যে মেসোজোয়িক যুগে সংযোগকারী ভূ-খন্ড ছিল বলে পুরাজীববিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল। কারণ তারা বিভিন্ন মহাদেশীয় ভূ-খন্ডে একই

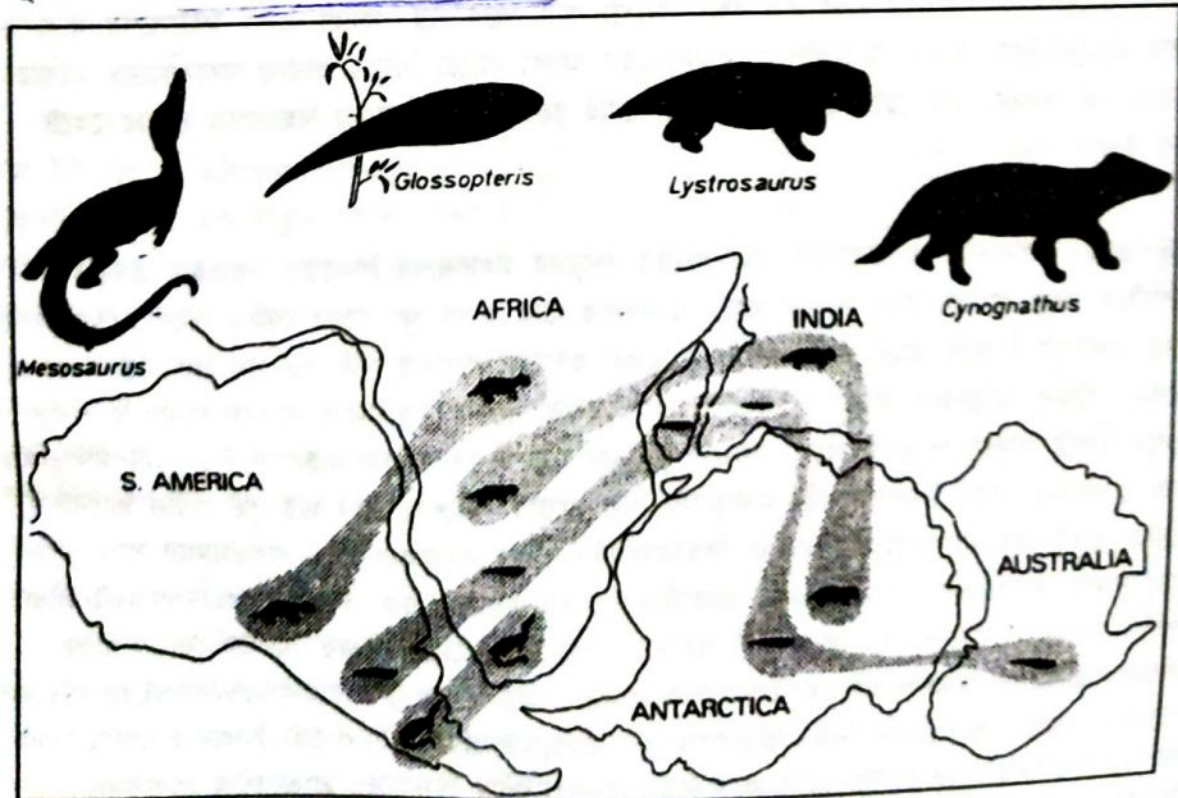


Fig- Reassembly of Gondwanaland with some palaeontological evidences.

উদ্ভিদ এবং একই প্রাণীর জীবাশ্ম পেয়েছিলেন। এর থেকে তাঁদের মনে হয় ঐ সব ভূমি সেতুর মাধ্যমেই ভূ-তাত্ত্বীয় অতীতে উদ্ভিদ ও প্রাণীদের বংশ বিস্তার ঘটেছিল। ওয়েগনার উদ্ভিদ ও প্রাণীর জীবাশ্মের বন্টনের মধ্যে থেকে, বিশেষ ভাবে মেসোসরাস (Mesosaurus) নামে এক ধরনের ছোট কুমির এবং গ্লসপ্টেরিস (Glossopteris) নামে একটি ফার্ন জাতীয় গাছের জীবাশ্মের বন্টনের ওপর জোর দেন। দক্ষিণআফ্রিকা ও ব্রাজিলের পার্মিয়ান যুগের অবশেষ থেকে মেসোসরাসের জীবাশ্ম পাওয়া যায় এবং গাভোয়ানার অন্তর্গত দক্ষিণের মহাদেশীয় ভূ-খণ্ডগুলিতে পাওয়া যায় গ্লসপ্টেরিসের জীবাশ্ম। ভারতে সমজাতীয় গল্লামপটেরিস পাওয়া যায়।

ওয়েগনার লক্ষ্য করেন, শুধু জীবাশ্মের ক্ষেত্রে নয়, জীবিত প্রাণীর বন্টনের ক্ষেত্রেও এই ধরনের সাদৃশ্য রয়েছে, যা থেকে মনে হয় মহাদেশগুলো কোনো একসময়ে একসঙ্গে ছিল। তখন ঐসব প্রাণী ও উদ্ভিদ এক মহাদেশ থেকে অন্য মহাদেশে ছড়িয়ে পড়েছিল। দ: আমেরিকাতে যে মারসুপিয়াল ওপোসাম (Marsupial Oppossum) পাওয়া যায় তার জুড়ি একমাত্র রয়েছে অস্ট্রেলিয়ার ক্যাঙারুদের মধ্যে। দ: আমেরিকার মারসুপিয়ালরা ঠিক ক্যাঙারুদের মতন নয়। তারা একধরনের গেছো ইঁদুর। আপাতভাবে এদের মধ্যে তফাত থাকলেও মূলত এর একই জাতের প্রাণী। এছাড়া মাটির বিভিন্ন কীটের বন্টনের ক্ষেত্রেও তিনি বিভিন্ন মহাদেশে তাদের অস্তিত্ব খুঁজে পান। এ প্রসঙ্গে মনে করা যেতে পারে, ওয়েগনার জার্মান, জীববিজ্ঞানী মাইকেলসনের তৈরী মানচিত্রের সাহায্যে যথেষ্ট প্রভাবিত হন। মাইকেলসন লুমিসিড, মেগাসকেলিসিড পরিবারের অন্তর্গত কেঁচোজাতীয় প্রাণীর বন্টনের মানচিত্র তৈরী করেন। এই সমস্ত প্রাণী উত্তর দিকের এবং দক্ষিণ দিকের বিভিন্ন মহাদেশে ছড়িয়ে পড়েছিল। মাইকেলসন ইউরোপ ও উত্তর আমেরিকার প্রাণীদের সঙ্গে দক্ষিণ আমেরিকা, আফ্রিকা, অস্ট্রেলিয়া ও ভারতের প্রাণীদের সাদৃশ্য চিহ্নিত করেন।

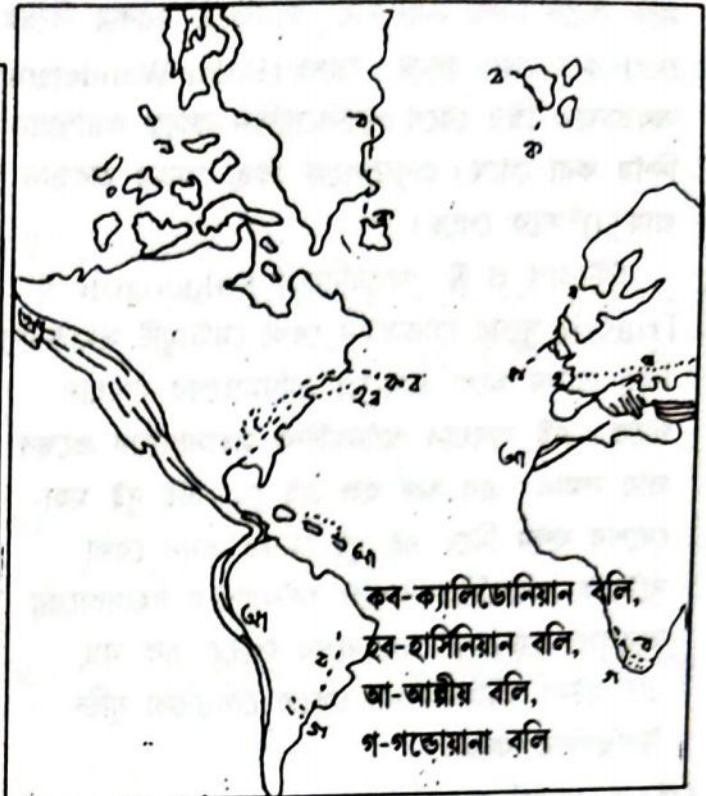
সরীসৃপ, উভচর প্রাণী এবং উদ্ভিদের জীবাশ্ম জীবন্ত প্রাণীদের বন্টনের প্রমানের ভিত্তিতে স্বাভাবিক-ভাবে ওয়েগনারের মনে হয়, ভূ-তাত্ত্বীয় অতীতে মহাদেশগুলো একসঙ্গে অবস্থান করতো এবং পরবর্তী সময়ে তাদের সরে যাওয়া ছাড়া এই বন্টন ব্যাখ্যা করা সম্ভব নয়। কারণ এসব মহাদেশের মাঝখানে 4800 কিমি চওড়া আটলান্টিক মহাসাগরের অথবা আরো বিস্তৃত প্রশান্ত মহাসাগরের অস্তিত্ব রয়েছে। ঐ সমস্ত ছোট ছোট প্রাণীর পক্ষে কখনোই আটলান্টিকের মতো মহাসাগর সাঁতার কেটে পার হওয়া সম্ভবপর নয়।

(c) ভূ-তাত্ত্বীয় প্রমানঃ- আটলান্টিক মহাসাগরের দুপারের মহাদেশের শিলাস্তর, স্তরক্রম এবং গঠন বৈশিষ্ট্যের মধ্যে যে যে মিল পাওয়া যায়, ওয়েগনার তার ওপর খুব জোর দেন। কারণ মহাদেশগুলির মধ্যে একটানা বিস্তৃতি ছাড়া একই স্তরক্রমে একই ধরনের শিলাস্তর সৃষ্টি সম্ভবপর নয়। তিনি লক্ষ্য করেন, দক্ষিণ আফ্রিকার অন্তরীপ অঞ্চলের পর্বতমালার সঙ্গে আর্জেন্টিনার বুয়েনস আয়ার্সের পর্বত মালার যথেষ্ট সাদৃশ্য পাওয়া গেছে। আবার আফ্রিকা মহাদেশের প্রাচীন নাইস শিলায় তৈরী মালভূমির সঙ্গে ব্রাজিলের নাইস শিলায় তৈরী মালভূমির মিল রয়েছে। বিশেষ ভাবে এই দুই প্রাচীন গঠনেই রয়েছে একই ধরনের আগ্নেয় শিলা ও কিম্বারলাইট। দক্ষিণ আফ্রিকার কারু পর্বতমালার সঙ্গে ব্রাজিলের স্যান্টা ক্যাথেরিনা গঠনের মিলও লক্ষ্যনীয়। এদের স্তরক্রম এক। বিশেষভাবে হিমবাহসৃষ্ট জীবাশ্মহীন কংগ্রোমারেট শিলায় দুটি গঠনেই যথেষ্ট মিল রয়েছে। উত্তর আটলান্টিকের দুপাশে পশ্চিম ইউরোপের উচ্চ প্যালিওজোয়িক যুগের ক্যালিডোনিয়ান এবং নিম্ন প্যালিওজোয়িকের, আমেরিকান পার্বত্য অঞ্চলের সঙ্গে তিনি নিউফাউন্ডল্যান্ড ও নোভাস্কোশিয়ার একই পার্বত্য অঞ্চলের সাদৃশ্য লক্ষ্য করেন। ওয়েগনার উত্তর আমেরিকা ও ইউরোপের মহাদেশীয় হিমবাহের প্রান্তদেশীয় গ্রাবরেখার মিলের ওপর বিশেষ জোর দেন।





চিত্র-ইউরোপ ও উত্তর আমেরিকার গ্রাবরেখার মিল



চিত্র-আটলান্টিক মহাসাগরের বিপরীত পাশের ভূ-ভাগের মধ্যে ভূ-তাত্ত্বিক সাদৃশ্য।

◆ **Jig-Saw-Fit:-**

সাধারণত ডেভোনিয়ান উপযুগে মহাদেশগুলির উত্তরদিকে সঞ্চারণ ও কার্বনিফেরাস উপযুগে দক্ষিণদিক সঞ্চারণ হলেও মহাদেশগুলির প্রান্ত দেশীয় খাঁজের মধ্যে এক অভূত সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায়। উ: আমেরিকা ও দ: আমেরিকার পূর্বাংশ এবং ইউরোপ ও এশিয়ার পশ্চিমাংশের প্রান্তভাগের মধ্যে এক অভূত সাদৃশ্য লক্ষ্য করা যায় এবং মনে করা হয় এদের একত্রিত করলে, তা খাপে মিলে যায়। একে Jig-Saw-Fit বলে। একরকম সাদৃশ্য আবার ভারত ও অস্ট্রেলিয়া ও আন্টার্টিকার মধ্যে বর্তমান। এই তথ্যগুলি থেকে মহাদেশগুলির একত্রিত থাকার প্রমাণ সুস্পষ্ট হয়।



Fig- Jig-saw-Fit of South America and Africa

◆ **Palaeomagnetism:-**

পুরা চুম্বকের অক্ষের দিক ও নতুনকোন থেকে প্রাচীন ভূ-তাত্ত্বিক যুগে কোন স্থানের অক্ষাংশ নির্ণয় সম্ভব। টার্সিয়ারী যুগের আগের শিলায়, পুরাচুম্বকের যে নিদর্শন রয়েছে সেগুলো থেকে বোঝা যায় যে, বর্তমান মেরু ও পুরাচুম্বকীয় মেরুর অবস্থানের অসংগতি রয়েছে। বিভিন্ন ভূ-তাত্ত্বিক যুগে কোথাও মেরু ছিল তা ঐ বিভিন্ন যুগের শিলায় পুরাচুম্বকগুলোর দিক ও

নতি থেকে নির্ণয় করা যায়, মানচিত্রে এরকম বিভিন্ন ভূ-তাত্ত্বীয় যুগের মেরুর অবস্থান রেখা দিয়ে যোগ করে মেরু ভ্রমন রেখা (Polar Wandering Curve) অঙ্কন করা যায়। ভারতের বর্তমান অবস্থানকে স্থির রেখে প্যালিয়োসিন থেকে ক্যাম্প্রিয়ান যুগের বিভিন্ন সময় মেরু কোথায় ছিল তা নির্ণয় করা গেছে। প্রকৃতপক্ষে কিন্তু মেরুর অবস্থান স্থির আছে। ভারতবর্ষ এই সময়ের মধ্যে প্রায় 50° সরে গেছে।

ইউরোপ ও উঃ আমেরিকার Palaeozoic ও Triassic যুগের মেরুভ্রমন রেখা মোটামুটি সমান্তরাল কিন্তু এদের মধ্যে প্রায় 30° দ্রাঘিমাংশের ব্যবধান থাকে। এই ব্যবধান আটলান্টিক মহাসাগরের প্রস্বের প্রায় সমান। এর অর্থ হল এই যে, এই দুই মহাদেশের ঘূর্ণন দিয়ে এই দুই মেরুর ভ্রমন রেখা দুটোকে সমাপতিত করলে আটলান্টিক মহাসাগরের অবলুপ্তি হয়। সব মহাদেশের ক্ষেত্রে এক নয়, এই ঘটনা মহীসঞ্চরনের ক্ষেত্রে জোড়ালো যুক্তি উপস্থাপিত করে।

(d) ভূ-পদার্থ সম্পর্কিত প্রমাণঃ- ওয়েগনারের এই প্রমাণ কিছুটা পরোক্ষ বলা যেতে পারে। সমস্থিতির মতবাদে ভূ-ত্বকীয় স্তরের বিভিন্ন খন্ড নিচের স্তরে অর্থাৎ ম্যান্টল বা গুরুমন্ডলের ওপর দিকের অংশে আংশিকভাবে ডুবে রয়েছে বলে মনে করা হয়। এই সব ভূ-ত্বকীয় খন্ডের ওপর বাড়তি চাপ দেওয়া হলে তারা নিচের স্তরের ভেতর চাপের অনুপাতে আরও কিছুটা ডুবে থাকে। আবার ঐ বাড়তি চাপ সরে গেলেই ভূ-ত্বকীয় অংশ আবার ক্রমশ ওপরে উঠে আসবে। সমস্থিতির মতবাদের এই ধারণার সমর্থন পাওয়া যায় স্ক্যান্ডিনেভিয়ার দেশগুলোর উপকূলরেখার পরিবর্তন থেকে। গত 100 বছরে বোথনিয়া উপসাগরের উপকূলরেখা প্রায় 48 সেমি. উঁচু হয়ে উঠেছে। কোয়ার্টারনারী উপযুগের অন্তর্গত প্লিস্টোসিন হিমযুগে প্রচুর পরিমাণ বরফ স্ক্যান্ডিনোভিয়ার দেশগুলোর ওপর জমা হয়। বর্তমান যুগে কয়েক হাজার বছর ধরে সেই বরফ গলতে থাকে। দেশগুলির উপকূলভাগ বা বোথনিয়া উপসাগরের উপকূলরেখা 48 সেমি. উঁচু হয়ে উঠতে থাকে।

আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের পশ্চিমে অবস্থিত বোনভিল হ্রদের (বর্তমান সময় থেকে 25000-11000 বছরের মধ্যে এই হ্রদে প্রচুর জল ছিল জল ক্রমশ নিষ্কাশিত হয়ে যাওয়ায় এই হ্রদের ভূমি প্রায় 30 মিটার. উঁচু হয়ে যায়।

ওয়েগনার বলেন, নিচের স্তরের মধ্যে দিয়ে মহাদেশীয় ভূ-খন্ড যদি উল্লঙ্ঘভাবে ওঠানামা করতে পারে, তাহলে যথেষ্ট পরিমাণ শক্তির উপস্থিতিতে মহাদেশীয় ভূ-খন্ডগুলি নিচের স্তরের ওপর দিয়ে অনুভূমিকভাবে চলাচল করতে পারবে না কেন? এ ধরনের বিপুল শক্তি বা বলের উপস্থিতি যে থাকে সম্ভব তা হিমালয়, আন্ডিস বা আন্দিল্ড পর্বতমালার শিলাস্তরে বিশাল আকারের অনুভূমিক থ্রাস্ট ভাঁজ দেখলেই বোঝা যায়।

ওয়েগনার জ্যোতির্বিদদের অবস্থান নির্ণয় পদ্ধতি এবং ভূগঠন অনুসন্ধানকারী বিজ্ঞানীদের

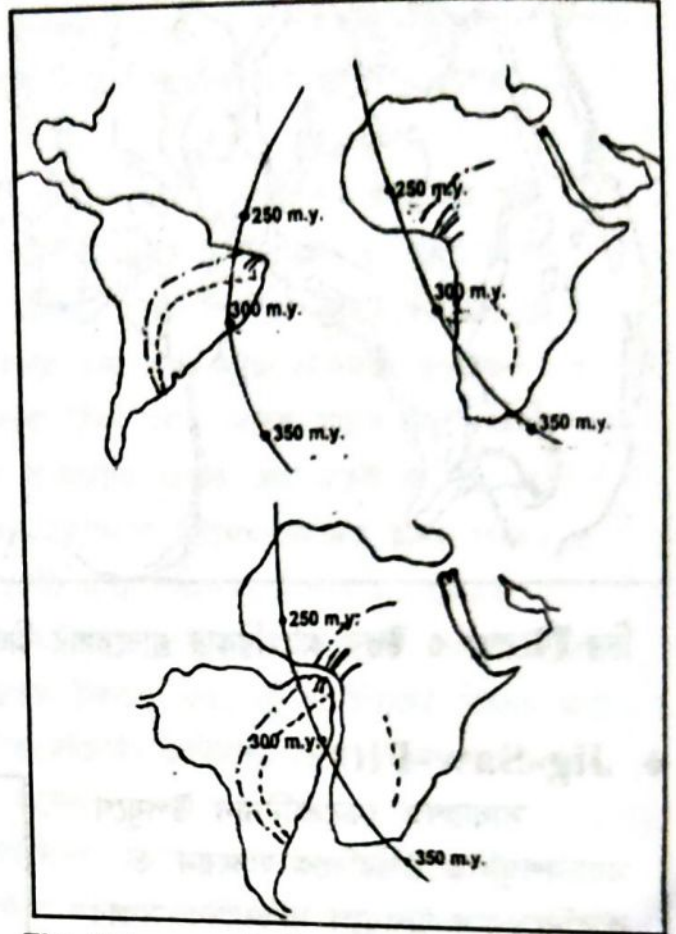


Fig- Polar wandering curve for Africa and South America. The Polar wandering curve of both continents coincide when they are juxtafixated.

গবেষণায় বিশ্বাস করতেন। তিনি লক্ষ রাখতেন কোথাও অবস্থানের পরিবর্তনের প্রমাণ পাওয়া যায় কিনা। অবশেষে 1929 সালে অনেক বছরের বেতার সম্প্রচারের সময়ের পার্থক্য থেকে তিনি প্রমাণ করেন গ্রীনল্যান্ড ইউরোপের তুলনায় কিছুটা পশ্চিমদিকে সরে গেছে।

### G. মতবাদের গুণ (Merits of the Theory):-

ওয়েগনারের তত্ত্ব বা ধারণা জেফ্রিস ও অন্যান্যদের বিরুদ্ধে সমালোচনায় প্রায় বাতিল বলে গন্য হয় তবে দুজন বিজ্ঞানী ওয়েগনারের ধারণাকে অনেকটাই সমর্থন করেন। এরা হলেন- আর্থার হোমস্ ও আলেকজান্ডার ডুটয়েট।

এই মতবাদের গুণগুলি হল-

- মহাসঞ্চারন মতবাদটি নবীন ভূগোল পর্বতের ব্যাখ্যা দিতে সক্ষম।
- এটি মহাদেশ ও মহাসাগরের উৎপত্তি ও বন্টনের যুক্তিসংগত ধারণা দেয়।
- পৃথিবীর মেরু প্রদেশ ও নিরক্ষীয় অঞ্চলের পরিবর্তনের দিক নির্দেশ করে।
- মহাসঞ্চারন তত্ত্বে, মধ্য অক্ষাংশ নিরক্ষীয় জলবায়ু ও পলিষ্টোসিন যুগে হিম জলবায়ুর ধারণা খুব গ্রহণযোগ্য।
- অতীত জীবের ভৌগোলিক বন্টনের উপর আলোকপাত করে।
- মহাসঞ্চারন ধারণা ভূতাত্ত্বিক ও প্রাকৃতিক বহু সমস্যা সমাধানের মুখ্য ভূমিকা পালন করে।
- এটির উপর ভিত্তি করে পরবর্তী কালে সমুদ্র বক্ষের বিস্তৃতি তত্ত্ব ও পুরাচুম্বকীয় তত্ত্বের বিকাশ ঘটে।

### H. মতবাদের দোষ (Demerits of the Theory):-

Wegener প্রদত্ত মহাসঞ্চারন মতবাদটির বিভিন্ন দৃষ্টিকোণ থেকে সমালোচনা হয়েছে। সমালোচনাগুলি নিম্নে উল্লেখ করা হল-

- মহাদেশগুলির সঞ্চারনের ক্ষেত্রে বৈষম্যমূলক মহাকর্ষ শক্তি ও জোয়ারী শক্তির কথা বললেও বৃহদায়তন মহাদেশগুলির সঞ্চারনের এই শক্তি দুটি কিস্তি যথেষ্ট নয়। উলরিজ ও মরগ্যানের মতে (1959) ওয়েগনার যে জোয়ারী শক্তির কথা উল্লেখ করেছেন তা ফলপ্রসূ হতে গেলে বর্তমান শক্তির 10,000 মিলিয়ন অধিকগুণ শক্তিশালী তাকে হতে হবে এবং এর ফলে পৃথিবীর আবর্তন শক্তি স্তব্ধ হয়ে যেতে পারে। সুতরাং Tidal force বা জোয়ারী শক্তি একটি অবৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা অনুরূপভাবে বৈষম্যমূলক অভিকর্ষজ বল এবং প্লবতা শক্তি মহাদেশগুলির সঞ্চারনের বিজ্ঞানসম্মত ব্যাখ্যা নয় কারণ শক্তিগুলি সঠিকভাবে ক্রিয়াশীল হলে সমস্ত মহাদেশগুলিকে নিরক্ষরেখার সন্নিবিষ্টে লক্ষ্য করা যেতো।
- Jig-Saw-fit ধারণাটি সর্বজন স্বীকৃত নয় কারণ কিছু কিছু ক্ষেত্রে মহাদেশগুলির প্রান্তবিভাগ পরস্পরের সঙ্গে খাপ খেলেও অনেক ক্ষেত্রে আটলান্টিক মহাসাগরীয় উত্তর অংশে অমিল রয়েছে।
- Wegener মহাদেশগুলির সঞ্চারনের সঠিক দিক (Direction) ভূতাত্ত্বিক ঘটনাগুলিকে (Geological sequence) নিয়ে সেরূপ কোনো ব্যাখ্যা উল্লেখ করেননি। বিশেষ করে কার্বনিফেরাস যুগে মহাদেশগুলির অবস্থান কিরূপ ছিল সে নিয়ে কোন ব্যাখ্যা উল্লেখ করেননি। "It is not a fair criticism say that any pre carboniferous mountain building can not be explain on wegener's hypothesis merely because he does not develop his scheme in earlier geological times (Steers 1961)"

(iv) Wegener মতবাদটির ব্যাখ্যা প্রসঙ্গে প্রাথমিক পরে উল্লেখ করেছিলেন Sial, Sima -র উপর স্বচ্ছন্দে ভাসমান কিন্তু পরবর্তী সময়ে তিনি Sima-র দ্বারা Sial র স্বচ্ছন্দ গতিপথে বাধার কথা বলেন সুতরাং, ওয়েগনারের মতবাদের মধ্যেই দ্বিমত খুঁজে পাওয়া যায়। স্টীয়ারসের মতে(1961) *"It is difficult to show how the sial blocks in their passage the sima would crumble at their frontal edge and produce mountains."*

(v) উদ্ভিদ ও প্রাণীদের জীবাশ্ম সংক্রান্ত যে সাদৃশ্যের কথা Wegener তাঁর মতবাদের অন্যতম যুক্তি হিসাবে স্থাপন করেছিলেন তা পরবর্তী সময়ে সমালোচিত হয়েছে। অনেকের মতে একই জলবায়ু যুক্ত অঞ্চলে একই ধরনের উদ্ভিদ ও প্রাণীগোষ্ঠীর উদ্ভব সম্ভব। সুতরাং উদ্ভিদ ও প্রাণী জীবাশ্ম সংক্রান্ত ধারণাটি সেরূপ বিজ্ঞানসম্মত নয়।

পরিশেষে বলা যায় ওয়েগনারের মতবাদটি প্রধানত দুভাবে মূল্যায়ন করা যায়। এগুলি হল-

- কিছু বিজ্ঞানী Wegener এর মতবাদের ত্রুটিগুলিকে বিজ্ঞানসম্মতভাবে মূল্যায়ন করার চেষ্টা করেছেন।
- কিছু বিজ্ঞানী তাঁর মতবাদের ধারণাগুলিকে সরাসরি সমালোচনা না করে পরিমাপ করেছেন। Steers -এর মতে (1961) *"Even if all the matter of his theory is wrong geologist and other can but remember that it is large to him that we are more recent views on world tectonics."* পাত সংস্থান মতবাদের আবিষ্কারকরা Wegener প্রদত্ত মহীসঞ্চরন মতবাদের সূত্র ধরেই অগ্রসর হয়েছেন। সুতরাং এই দিক দিয়ে স্বীকার করলে Wegener এর মতবাদটিকে Plate Tectonic এর উত্থানে গতিশীলতার একটি ধাপ হিসাবে চিহ্নিত।

### I. গুরুত্ব (Importance):-

- ওয়েগনারের তত্ত্ব থেকেই বর্তমান মহাদেশ ও মহাসাগর উদ্ভবের একটি চিত্র পাওয়া যায়।
- মহাদেশ গুলির স্থানান্তর একটি বাস্তব ঘটনা বলে পরবর্তী বিজ্ঞানীরা স্বীকার করেছেন- হ্যারি হেসের এই সমুদ্র তলদেশের সম্প্রসারণ তত্ত্ব মহাদেশীয় সঞ্চরনকে জোরালো ভাবে সমর্থন করে।
- আর্থার হোমস বলেছেন, গুরুমন্ডলে তাপ পরিবহনের জন্য পরিচলন শ্রোত আছে।
- ডুটয়েট আটলান্টিকের দু'দিকের মহাদেশগুলির উপকূলের মধ্যে সাদৃশ্য না খুঁজে তাদের মহীসোপান-গুলির মধ্যে শিলা উপর অনুসন্ধানের ওপর জোর দিয়েছেন।
- পাত ভূ-গঠন তত্ত্ব ওয়েগনারের মহাদেশীয় সঞ্চরন তত্ত্বকে দৃঢ়ভাবে প্রতিষ্ঠা করে।

### J. উপসংহার (Conclusion):-

উপরিউক্ত আলোচনার মাধ্যমে Wegener এর মতবাদটি সমালোচিত হলেও মহাদেশের সঞ্চরনের ব্যাপারটি যে মনগড়া নয়, তা বোঝা গিয়েছিল। পাত ভূ-গঠন তত্ত্ব তৈরী হওয়ার পর Wegener -এর কিছু কিছু ভুল ধারণা বাতিল করে গ্রহনযোগ্য অংশের পুনরুত্থান ঘটে। 1960 এর দশকের শেষের দিকে ওয়েগনারের মহীসঞ্চরন প্রসঙ্গে ধারণাগুলি পাত সংস্থান মতবাদ হিসেবে উন্নীত হয়।

## পাত-সংস্থান মতবাদ (Plate Tectonic Theory)

### A. ভূমিকা (Introduction):-

পাত সংস্থান মতবাদের তিনটি অনুমানকে বিশেষভাবে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে-

- (1) সমুদ্র প্রসারণ সর্বদা চলছে, ফলে নতুন সামুদ্রিক ভূ-ত্বক সর্বদাই সৃষ্টি হচ্ছে।
- (2) পৃথিবীর ভূ-ত্বকের আয়তন ধ্রুবক ধরা হলেও এটি উল্লেখযোগ্য যে, ভূ-ত্বকের উপরিভাগের পরিবর্তন যৎসামান্য হলেও ভূ-ত্বকের উৎপত্তির হার অধিক।
- (3) শৈলশিয়ার সন্নিহিতে সৃষ্ট ভূ-ত্বক মহাদেশীয় উপাদানের অন্তর্ভুক্ত হতেও পারে আবার নাও হতে পারে।

পাত সংস্থান মতবাদ হল পাতের অন্তর্ভুক্ত অংশের বিচ্যুতিগত সমীক্ষা অথবা দুটি পাতের সীমান্তগত পরিবর্তন। পাতের ঘনত্ব 100 - 150 কিমি। পাতের আয়তনগত প্রসার হল  $10^4$  বর্গকিমি থেকে  $10^8$  বর্গকিমি।

**B. প্রবক্তাগণ (Researchers):-** পাত ভূগঠন তত্ত্ব কোন একজন বিজ্ঞানীর মস্তিষ্কের প্রসূত ফল নয়। কয়েকজন বিজ্ঞানীর সম্মিলিত প্রচেষ্টায় তত্ত্বটি গড়ে উঠেছে। 1965 সালে কানাডার ভূ-পদার্থবিদ জে.টি.উইলসন (J.T.Wilson) সর্বপ্রথম “পাত” শব্দটি “নেচার” পত্রিকায় ব্যবহার করেন। পরে 1967 সালে ম্যাকেনজি (D.Mackenzie) ও পারকার (Parker) পাতের চলন সম্পর্কে বিস্তৃত বিবরণ দেন। এছাড়াও তালিকায় রয়েছেন আইজাকস, সাইকাস, মরগ্যান, হার্টজলার, লামন্ট, অলিভার প্রমুখ ভূবিজ্ঞানী। 1968 সালে ফরাসী বিজ্ঞানী জোড়িয়ার লা পিঁচো পাত ভূগঠন তত্ত্বকে এক পরিপূর্ণতা দান করেন। পিঁচোকে পাত ভূগঠনিক তত্ত্বের জনক বলা হয়।

**C. পাতের সংজ্ঞা (Definition of Plate):-** অ্যাসথেনোস্ফিয়ারে সান্দ্র ম্যাগমার উপর ভাসমান চলনশীল ভূত্বকের শীতল, কঠিন ও ভঙ্গুর খণ্ডগুলিকে পাত বলে।

#### ◆ বৈশিষ্ট্য (Characteristics):-

- (i) পাতগুলি 1 লক্ষ থেকে 100 কোটি বর্গকিমি. ক্ষেত্রমানে যুক্ত।
- (ii) এগুলি মহাদেশে 150 কিমি. এবং মহাসাগরে 70 কিমি. গভীরে প্রসারিত হয়।
- (iii) পাতগুলি বছরে 1-12 সেমি. হারে বিভিন্ন দিকে সঞ্চারণশীল।
- (iv) পাতগুলি মহাসাগর বা মহাদেশ ও মহাসাগর উভয় ভূত্বকের সমন্বয়ে গঠিত।
- (v) পাতগুলি চ্যুতিরেখা দ্বারা পরস্পর বিচ্ছিন্ন।
- (vi) প্রতিটি পাতের দুটি সীমানা থাকে, অগ্রগতি সীমানা সক্রিয় এবং পশ্চাদবর্তী সীমানা নিষ্ক্রিয়।
- (vii) পাতগুলি অ্যাসথেনোস্ফিয়ারের উপর ভাসমান অবস্থায় এবং পরিচলন স্রোতের প্রভাবে গতিশীল অবস্থায় রয়েছে।

**D. পাত প্রান্ত (Plate Margin):-** একটি পাতের শেষ অংশকে বলে পাত প্রান্ত বা Plate Margin। সাধারণভাবে এটি একটি একক ধারণা। প্রতিটি পাত-প্রান্ত ভূ-গাঠনিক দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ।

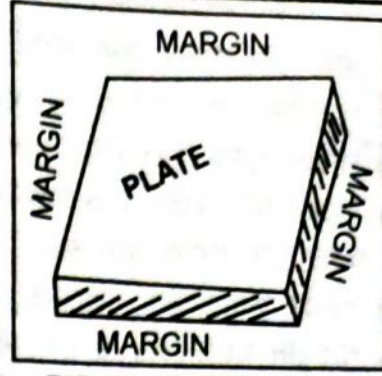
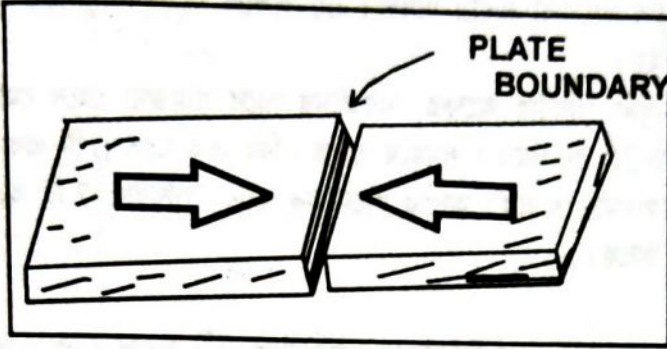


FIG- PLATE MARGIN

**E. পাত সীমানা (Plate Boundary):-**

যেখানে দুটি পাত একত্রে মিলিত হয় তাকে বলা হয় পাত সীমানা। পাত সীমানা নির্ভরশীল ধারণা। প্রতিটি পাত সীমানার নানান ভূ-গাঠনিক পরিবর্তন ও ভূমিরূপের উদ্ভব উল্লেখযোগ্য।



**F. পাত সংস্থান তত্ত্ব (Plate Tectonics Theory):-** সমগ্র পৃথিবীব্যাপী পাতের উদ্ভব, সৃষ্টি, চলন, বিবর্তন, বিকল্পন, বিভিন্ন ভূমিরূপ সৃষ্টি, আগ্নেয়গিরির উদ্ভব ও অবস্থান, তপ্তবলয় বৃত্ত চাপীয় দ্বীপমালা এবং মহাদেশগুলির ভৌগোলিক অবস্থার পরিবর্তন ও সমুদ্রবক্ষের আকার, আকৃতির পরিবর্তন যে তত্ত্ব বা মতবাদ দ্বারা প্রকৃতভাবে ব্যাখ্যা করা যায়, তাকে পাত সংস্থান তত্ত্ব বলে। আবার অন্যভাবে বলা যায় যে, পাতের বিবর্তন, প্রকৃতি, গতি ও তার ফলাফল এই সমস্ত পদ্ধতিগুলিকে একত্রে পাত সংস্থান তত্ত্ব বলে।

**G. পাত সঞ্চালন মতবাদের ভিত্তি (Basis of Plate Tectonics Theory):-** পাত সঞ্চালন কতকগুলি ধারণার উপর ভিত্তি করে গড়ে উঠেছে যেমন-

- সামুদ্রিক শৈলশিরা বরাবর সমুদ্র বিস্তৃত হচ্ছে। এর পক্ষ হিসাবে বলা যায়, মধ্যসামুদ্রিক শৈলশিরার শীর্ষদেশে চ্যুতিরেখা থেকে পাতলা সামুদ্রিক স্তর স্থলভাগের দিকে সঞ্চালিত বা চালিত হচ্ছে। এর ফলে যে ফাঁকের সৃষ্টি হয়, তা গুরুমন্ডল থেকে উঠে আসা ব্যাস্ট জাতীয় লাভা দ্বারা পূরন হয়।
- ভূপৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল মোটামুটি একই বা সমান থাকে আর যদি তা না হয় তাহলে ভূ-পৃষ্ঠের পরিধি যে হারে বদলায়, তার থেকে অনেক দ্রুত হারে সমুদ্রবক্ষে প্রসারণ হয়। এই প্রসঙ্গে বলা হয়, বিগত 600 মিলিয়ন বছরে পৃথিবীর ব্যাসার্ধ 5% এর বেশি বাড়েনি।
- নতুন ভূত্বক সৃষ্টি হলে তা দৃঢ় পাতে পরিণত হয়। এ সম্পর্কে বলা যায় যে, সামুদ্রিক ভূত্বক সৃষ্টির সময়ে তা ভাঁজ প্রাপ্ত হয় নি। সামুদ্রিক শৈলশিরার দু'পাশে বিভিন্ন পটির চৌম্বকত্ব অসংগতির সরল ও নিয়মিত অবস্থায় সংরক্ষিত আছে।
- পৃথিবীর গুরুমন্ডলের বাইরের অংশে বিভিন্ন পরিচলন তাপকোশ আছে। এদের পরিচলন তাপস্রোত বলে এই পরিচলন তাপস্রোতের ফলে ভূপৃষ্ঠের পাতগুলি গতিশীল প্রাপ্ত হয় এবং তখন পাতগুলি পরস্পর থেকে দূরে বা পরস্পরের কাছে চলতে শুরু করে।

**H. পাত সঞ্চালনের মূল নীতিসমূহ (Principles of Plate Tectonics):-**

- (a) পাত হল পুরু, বহু ও দৃঢ় শিলাখণ্ড যা অ্যাসথেনোস্ফিয়ারের উপর ভাসমান।  
 (b) পাতের পুরুত্ব 100-150 কিমি. এর মধ্যে হয়ে থাকে।  
 (c) পাতের গতি বছরে 1-6 সেমি মত হতে পারে। পাতের সম্প্রসারণ, পার্শ্বীয় ও সংকোচন তিন প্রকার গতি শনাক্ত করা যায়।  
 (d) পাতের অভ্যন্তরভাগ সাধারণত: ভূমিকম্প, অগ্ন্যুৎপাত এবং অন্যান্য টেকটনিক প্রক্রিয়া থেকে মুক্ত।  
 (e) পাতগুলি মহাসাগরীয় ও মহাদেশীয় ভূত্বকের সমন্বয়ে গঠিত।  
 (f) পাতের প্রান্তগুলি হল নির্দিষ্ট পাতের সীমান্তবর্তী অংশ। দুটি পাত প্রান্ত একটি সাধারণ পাত সীমানায় মিলিত হয়।  
 (g) পাত সীমানা হচ্ছে দুটি পাতের মধ্যবর্তী গভীর অঞ্চল। এই অঞ্চলে বা অঞ্চলগুলিতে ভূপৃষ্ঠের সর্বাধিক চ্যুতি বা ভূমিকম্প হয়।  
 (h) পাতগুলি সর্বদা গতিশীল। এগুলি পৃথিবীর অক্ষের আবর্তনের সাথে সামঞ্জস্য রেখে ঘোরে।  
 (i) Morgan এর মতে, ভূ-পৃষ্ঠে 20 টি পাতের সমন্বয়ে গঠিত। কিং এর মতে, 6 টি প্রধান পাতের সাথে ছোট ছোট পাতগুলি সহাবস্থান করছে। আবার অনেকের মতে, পৃথিবীর 7 টি বড়, 20 টি ক্ষুদ্র ও 8 টি মাঝারি পাত আছে।

**I. পাত সমূহের বন্টন(Distribution of Plate):-** পৃথিবীতে 7টি প্রধান পাত 20টি মাঝারি পাত এবং কিছু তৃতীয় পর্যায়ের যে সমস্ত ছোট পাত আছে। নিচে একটি সারণীর মাধ্যমে সেগুলির বন্টন তুলে ধরা হল-

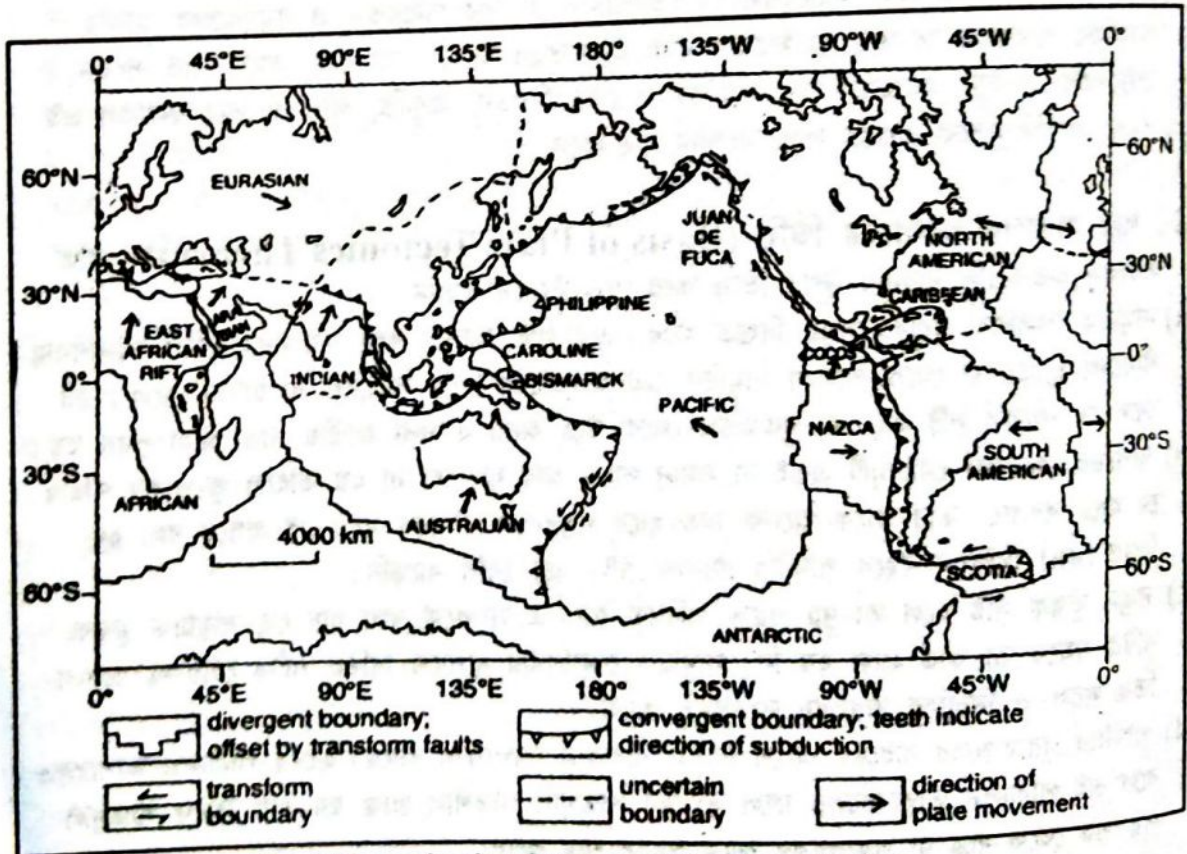


Fig -Lithospheric plates and the Boundaries

Lithospheric plates	
Major Plates	Approximate Area (million km <sup>2</sup> )
Pacific	100
African	80
Eurasian	70
North American	60
Antarctic	60
South American	40
Australian	40
Smaller Plates	Approximate Area (million km <sup>2</sup> )
Nazca	15
Indian	10
Arabian	9
Philippine	6
Caribbean	5
Cocos	5
Scotia	5
Juan de Fuca	2
Caroline	2
Bismarck	1

### J. প্লেট সমূহের গতির কারন ও চালিকা শক্তি (Driving Forces of Plates):-

প্লেটের উপর ক্রিয়াশীল নানা ধরনের শক্তির ফলেই প্লেটগুলি বা পাতগুলি গতিপ্রাপ্ত হয়।

প্লেট সমূহের গতির কারন:-

- পরিচলন স্রোত:-** আর্থার হোমসের পরিচলন স্রোত মতবাদ অনুসারে ক্ষুদ্রমন্ডলে সান্দ্র ম্যাগমাতে পরিচলন স্রোতের উদ্ভূত গলিত পদার্থ উপরে উঠে আসে এবং পরে পাশের দিকে প্রবাহিত হয়ে নিম্নগামী হয়। ফলে পরিচলন প্রকোষ্ঠ গঠিত হয়।
- অভিকর্ষীয় টান:-** পাতের মধ্য সামুদ্রিক শৈলশিরার উঁচু এলাকা থেকে সামুদ্রিক খাতের নিচু এলাকার মধ্যে ঢাল বরাবর অভিকর্ষ বল কাজ করে পাত সঞ্চালন ঘটায়। প্রতি 3000 একক দূরত্বে 1 একক উল্লম্ব উচ্চতার পার্থক্য ঘটলে পাত বছরে 4 সেমি করে সঞ্চালিত হয়।



চিত্র- ঢাল বরাবর অভিকর্ষীয় টান

- আকর্ষণ পদ্ধতি:-** আকর্ষণ পদ্ধতিতে বলা হয়েছে, পাত সীমানার কাছে মহাসাগরীয় তলদেশ ক্রমাগত ভূমিকম্পের প্রভাবে ভূগর্ভে নিম্নজ্ঞিত হতে থাকলে সীমানার পার্শ্ববর্তী পাতগুলি সীমানার দিকে সজোরে আকর্ষিত হয়। এভাবে পাতের নিম্নজ্ঞনের বিষয়টি মাধ্যাকর্ষণের দ্বারা প্রভাবিত হয়। যেমন-উত্তর আমেরিকা পাতের নিম্নজ্ঞমান প্রান্তভাগের অংশে গতিবেগ কম(1-3সেমি) /বছর।
- ঠেলা বা ধাক্কা পদ্ধতি:-** ঠেলা পদ্ধতির ধারণা অনুযায়ী পাত সীমানার নীচে অ্যাসথেনোস্ফিয়ারে পদার্থসমূহ গঠিত হলে তা উপরিস্থিত পাত সীমানায় প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগের মাধ্যমে সীমানার উভয়



- পার্শ্বের পাতগুলোকে বাইরের দিকে ঠেলে দিবে।
- (e) ম্যাগমার উদগিরনঃ- মধ্য সামুদ্রিক শৈলশিয়ার প্রতিসারী সীমানায় ম্যাগমা উখিত হয়ে নতুন পাত ও শৈলশিরা তৈরী হয় এবং তাদের চাপে দু'পাশের পাতের চলন ঘটে।
- (f) প্লিউম তত্ত্বঃ- ম্যাগমার উর্ধ্বমুখী প্রবাহকে বলে প্লিউম। বিজ্ঞানীদের মতে, ভূত্বকের নীচে 21টি হটস্পট আছে। যার থেকে অনবরত প্লিউম তৈরী হয়। প্লিউমগুলি ভাসমান প্লেটগুলির নীচে ধাক্কা দিতে প্লেট গুলি সচল হয়।

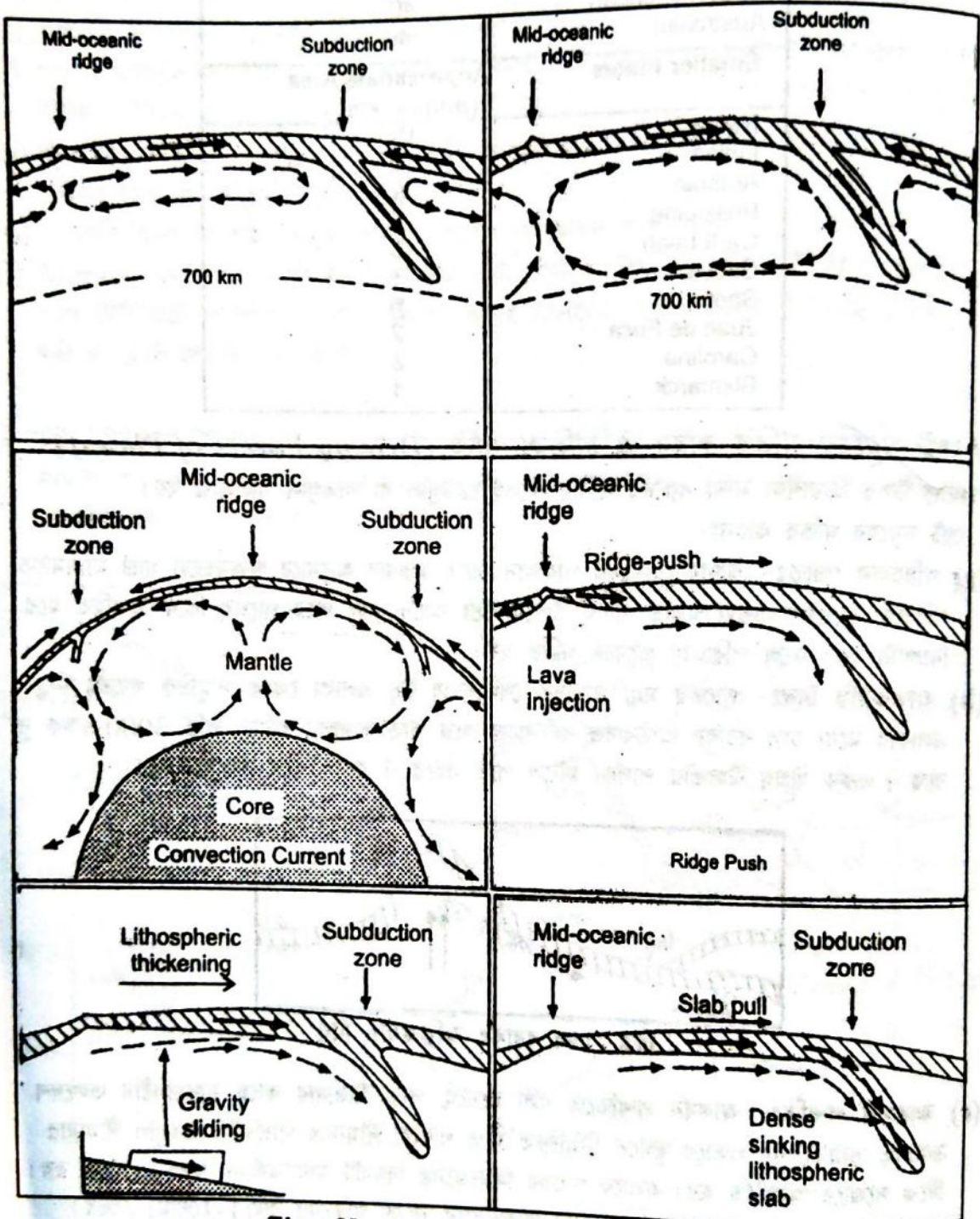


Fig:- Mechanism of plate Movement.

- (g) মহাসাগরীয় ভূত্বক সৃষ্টির প্রক্রিয়া:- এটি পাতের গতির অন্যতম কারন। মহাসাগরে নতুন ভূত্বক সৃষ্টিকালীন সময় নবসৃষ্ট ভূত্বক পুরাতন ভূত্বককে শৈলশিরা শীর্ষ থেকে সামনের দিকে ধাক্কা দেয় যা অক্ষমণ্ডলীয় প্লেট সম্প্রসারণের কারন।
- (h) মহাসাগরীয় ভূত্বক সৃষ্টি ও ধ্বংসের অনুপাত:- ভূত্বকের সৃষ্টি ও ধ্বংসের ভারসাম্যহীনতার কারনে পাতগুলি গতি প্রাপ্ত হয়। প্রতি বছর শৈলশিরার উপরিভাগে 1-6 সেমি ভূত্বক সৃষ্টি হয় এবং সমুদ্রখাতে 5-15 সেমি ভূত্বক ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়।



চিত্র- নিমজ্জনজনিত টানের ফলে পাতের চলন

মূলত চালিকা শক্তি যা বেগের সাথে জড়িত, তাকে তিনভাগে ভাগ করা যায়। যথা-

- গুরুমণ্ডলীয় গতি সম্পর্কিত চালিকা শক্তি।
- অভিকর্ষীয় সম্পর্কিত চালিকা শক্তি।
- পৃথিবীর আবর্তনজনিত শক্তি।

(a) গুরুমণ্ডলীয় গতি সম্পর্কিত চালিকা শক্তি:- বিংশ শতকের শেষ দিকে নেতৃত্ব স্থানীয় তত্ত্ব ধারণা করা হতো যে, অ্যাসথেনোস্ফিয়ার দিয়ে সঞ্চারিত হওয়া উর্ধ্ব গুরুমণ্ডলে সৃষ্টি হওয়া ব্যাপক পরিমাণে পরিচলন স্রোত ভূ-গাঠনিক প্লেটসমূহ সঞ্চালনের প্রধান চালিকা শক্তি। 1930 এর দশকে হোমস তত্ত্বটি উপস্থাপন করেন এবং অচিরেই এটি বিংশ শতকের প্রথম দিক থেকে আলোড়িত ওয়েগনারের তত্ত্বের গ্রহণযোগ্যতার সামাধান হিসাবে স্বীকৃতি লাভ করে। যদিও, এটি নিয়ে দীর্ঘ বিতর্ক ছিল, যাটের দশকে প্লেট টেকটোনিক তত্ত্ব সাফল্যের পূর্ব পর্যন্ত মহীসঞ্চারন মতবাদে স্থির পৃথিবীর কল্পনা করা হতো।

পৃথিবীর অভ্যন্তরভাগ থেকে ভূ-পৃষ্ঠের দিকে পরিচলন স্রোতের দ্বারা তাপ বহনের কারনে গুরুমণ্ডলের ধীর গতিতে চলাকে গুরুমণ্ডলের পরিচলন বলে। পৃথিবীর অভ্যন্তর ভাগের দ্বি এবং ত্রিমাত্রিক প্রতিচ্ছবি থেকে বোঝা যায় যে, গুরুমণ্ডলে পার্শ্বীয়ভাবে ঘনত্বের বন্টনে পার্থক্য রয়েছে। প্লেট সমূহ সঞ্চালনের জন্য দু'ধরনের বল থাকা প্রয়োজন-(i) সংঘর্ষ বল ;(ii) অভিকর্ষ বল।

- সংঘর্ষ বল:- এ পদ্ধতিতে অ্যাসথেনোস্ফিয়ারে পরিচলন স্রোত এবং উপরে ভাসমান দৃঢ় অক্ষমণ্ডলের মধ্যে সংঘর্ষের দ্বারা প্লেট সঞ্চারিত হয়।
- অভিকর্ষ বল:- স্থানীয় পরিচলন স্রোত গভীর সমুদ্রখাতের অবনমন অঞ্চলে প্লেটগুলির উপর নিম্নমুখী সংঘর্ষিত টানের সৃষ্টি করে। গুরুমণ্ডলীয় পরিচলন স্রোত ধারণার পরিবর্তে 1990 এর দশকে বিকশিত "শিখা ভূগাঠনিক তত্ত্ব" ব্যবহার শুরু হয় এবং গুরুমণ্ডলের ভিতর থেকে আসা অতিশিখা সমূহকে চালিকা শক্তির বিকল্প হিসাবে বিবেচনা করা হয়।

(b) অভিকর্ষীয় সম্পর্কিত চালিকা শক্তি:- অভিকর্ষীয় সম্পর্কিত শক্তিকে স্বাভাবিক ভাবে বেশি সাধারণ চালিকা নির্মাণ কাঠামোর মধ্যে দ্বিতীয় পর্যায়ের প্রমান হিসাবে অনুমান করা হয় অনেকের মতে, মহাসাগরীয় শৈলশিরার অধিকতর উচ্চতায় অবস্থিত প্লেট সমূহ প্লেট সঞ্চারের চালক। উত্তপ্ত গুরুমন্ডলীয় পদার্থ থেকে সম্প্রসারণশীল শৈলশিরায় মহাসাগরীয় অক্ষমন্ডল গঠিত হয় এবং সময়ের সাথে সাথে এটি ক্রমান্বয়ে শীতল ও পুরু হয়। শীতল মহাসাগরীয় অক্ষমন্ডল বৈশিষ্ট্য-পূর্ণভাবে গুরুমন্ডলীয় পদার্থ অপেক্ষা ঘনতর এবং পুরুত্ব বৃদ্ধির কালে ক্রমান্বয়ে গুরুমন্ডলে অবনমিত হতে থাকে। ফলে এটি শৈলশিরার অক্ষের সাথে সাথে পার্শ্বীয়ভাবে আনত হয়ে অবস্থান করে এবং অক্ষ থেকে দূরত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে আনতির পরিমান বৃদ্ধি পায়। একে দ্বিতীয় পর্যায়ের শক্তি হিসাবে বিবেচনা করা হয়। কখনও কখনও Ridge Push হিসাবে উল্লেখ করা হয়।

সাম্প্রতিক বৈজ্ঞানিক মতবাদ অভিমত হচ্ছে যে, অক্ষমন্ডলের ভিত্তিতে সংঘর্ষ দ্বারা গতি সৃষ্টির জন্য অ্যাসথেনোস্ফিয়ার প্রার্স্ট দৃঢ় নয়। সাম্প্রতিক ধারণা অনুসারে, শীতল ও ঘনতর প্লেট ওজন বৃদ্ধির কারণে গুরুমন্ডলীয় গভীরখাতে নিমজ্জিত হয়। আর এর ফলে সৃষ্ট টানই প্লেট সঞ্চালনের প্রধান শক্তি।

(c) পৃথিবীর ঘূর্ণন সম্পর্কিত চালিকা শক্তি:- ওয়েগনার তাঁর মহীসঞ্চারণ প্রকল্পে মহাদেশ সমূহের সঞ্চালনের চালিকা শক্তি, জোয়ারি শক্তি এবং মেরু স্থানান্তর শক্তির কথা উল্লেখ করেছিলেন। কিন্তু এ শক্তি মহাদেশীয় ভূখণ্ড দ্বারা মহাসাগর ভূত্বককে সঞ্চালনের মতো যথেষ্ট নয়। তবে সাম্প্রতিক সময়ের লেখনিতে প্লেট সমূহের চালিকা শক্তিকে নিম্নলিখিতভাবে উপস্থাপন করা হয় -

(i) পৃথিবীর ভূত্বকের উপর চাঁদের মহাকর্ষ শক্তির প্রভাব জোয়ার ভাটা জনিত টান।

(ii) ভূত্বকের প্রেক্ষিতে আবর্তনশীল মেরুর সামান্য বিচ্যুতির ফলে ভূ-আকৃতির বিস্তৃত।

• যখন প্লেটগুলো পৃথিবীর চারিদিকে অবস্থিত হয়, তখন কোরিওলিশ বলের প্রভাব।

• মেরু ভ্রমণ, আবর্তনের কারণে নিরক্ষীয় সঞ্চারণ এবং কেন্দ্রবিমুখ বলের প্রভাবে প্লেট গুলো মেরু থেকে নিরক্ষরেখার দিকে সঞ্চারিত হয়।

### K. পাত সীমানার বিবরণ (Concept of Plate Boundary):-

একটি পাতের শেষ অংশকে পাত প্রান্ত বলে। যে সীমানা বরাবর দুটি পাত এসে মিলিত হয়ে পারস্পরিকতা গড়ে ওঠে তাকে পাত সীমানা বলে।

সাধারণত তিন প্রকার পাত সীমানা লক্ষ্য করা যায়-

(a) অভিসারী পাত সীমানা

(b) প্রতিসারী পাত সীমানা

(c) নিরপেক্ষ পাত সীমানা

(a) অভিসারী পাত সীমানা:- যে সীমানা বরাবর ম্যাগমার নিঃস্রাবী স্রোতের প্রভাবে দুটি পাত পরস্পরের দিকে চালিত হয়ে পরস্পরের সঙ্গে সংঘর্ষে লিপ্ত হয়, তাকে বলে অভিসারী পাত সীমানা বলে।

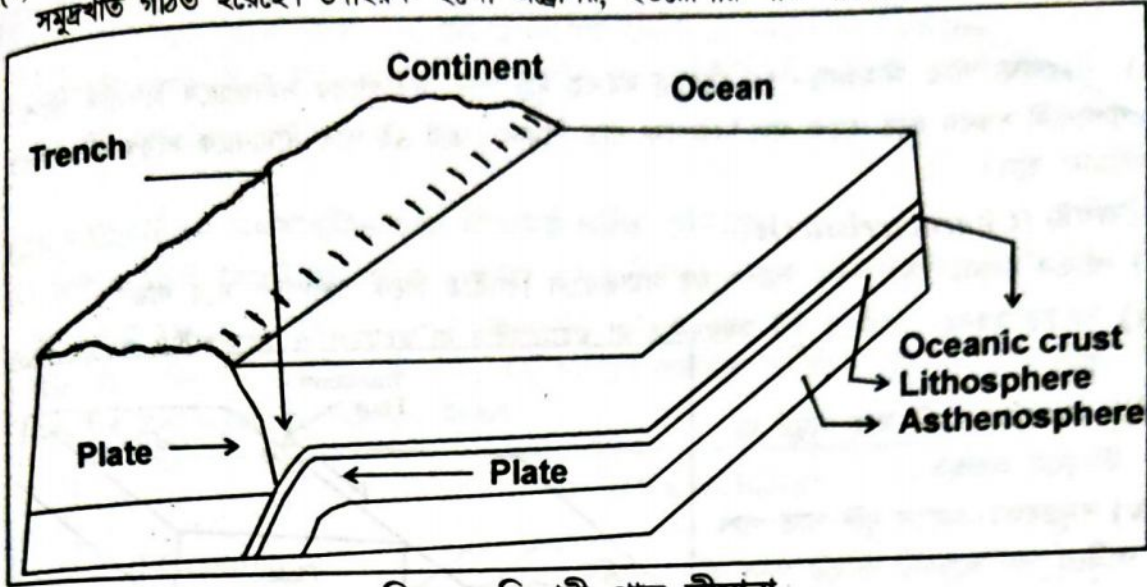
#### ◆ বৈশিষ্ট্য (Characteristics):-

(i) সঞ্চারণ- দুটি পাত যখন পরস্পরের অভিমুখে এগিয়ে আসে তখন তাকে অভিসারী পাত এবং এদের সীমানাকে অভিসারী পাত সীমানা বলে।

(ii) প্রকৃতি- অভিসারী পাত ধ্বংসাত্মক প্লেট এবং এদের সীমানাকে ধ্বংসাত্মক পাত সীমানা বলে কারণ দুটি প্লেটের মুখোমুখি সংঘর্ষ হলে সেখানকার সীমানা ধাক্কায় ধ্বংস হয়।

(iii) পাতের ধরন- অভিসারী পাত সীমানায় মহাসাগরীয় মহাসাগরীয় পাতের যেমন ধ্বংস হয় তেমনি মহাদেশীয় মহাসাগরীয় পাতের সংঘর্ষ ঘটে।

- (iv) গভীরতা- উপকূল অঞ্চলে এই পাত সীমানা অবস্থান করছে।  
 (v) ভূমিরূপ- দুটি অভিসারী পাতের সংঘর্ষের কারণে এই পাত সীমানা বরাবর ভঙ্গিল পর্বত, আগ্নেয়গিরি, সমুদ্রখাত গঠিত হয়েছে। উদাহরন- ইন্দো অস্ট্রেলিয়, ইউরোপীয় পাত সীমান্ত।

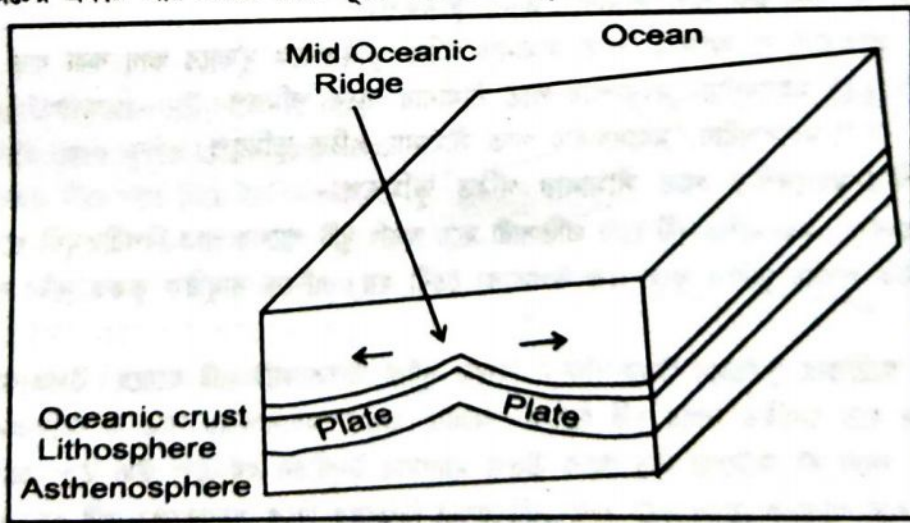


চিত্র- অভিসারী পাত সীমানা

(b) প্রতিসারী পাত সীমানা:- যে সমস্ত অঞ্চল বা সীমানা বরাবর দুটি পাত পরস্পর বিপরীত দিকে সরে যেতে থাকে। সেই অঞ্চল বা সীমানাকে প্রতিসারী পাত সীমানা বলে। উর্ধ্বমুখী অপসারী পরিচলন স্রোতের প্রভাবে দুই পাত পরস্পরের থেকে দূরে সরে যায়।

◆ বৈশিষ্ট্য (Characteristics):-

- (i) সঞ্চারন- যখন দুটি পাতের পরস্পরের বিপরীতমুখী সঞ্চারন ঘটে, তাকে বলে প্রতিসারী পাত এবং তাদের মধ্যবর্তী সীমানাকে প্রতিসারী পাত সীমানা বলে।  
 (ii) প্রকৃতি:- এইরূপ প্লেটকে গঠনকারী পাত এবং এদের সীমানাকে গঠনকারী প্লেট সীমানা বলে কারণ দুটি প্লেটের একটি আর একটি থেকে দূরে সরে গেলে ভূগর্ভের ম্যাগমা নতুন ভূমিরূপ সৃষ্টি করে।



চিত্র- প্রতিসারী পাত সীমানা

(iii) পাতের ধরন- প্রতিসারী পাত সীমানায় দুটি মহাসাগরীয় পাত পরস্পর দূরে সরে যায়।

- (iv) গভীরতা:- মহাসাগরের মাঝ বরাবর এই পাত সীমান্ত অবস্থিত।  
 (v) ভূমিরূপ- ভূ-অভ্যন্তরের লাভা উদগিরনের ফলে এই সীমান্ত বরাবর শৈলশিরা, আগেয় দ্বীপপুঞ্জ সৃষ্টি হয়েছে। উদাহরন- উত্তর আমেরিকা ও ইউরোপীয় পাত।

(c) নিরপেক্ষ পাত সীমানা:- যে সীমানা বরাবর দুটি পাত পরস্পরের সমান্তরালে বিপরীত দিকে পাশাপাশি সঞ্চরন করে তাকে বলে নিরপেক্ষ পাত সীমানা। তাই এই পাত সীমানাকে সংরক্ষনশীল পাত সীমানা বলে।

◆ বৈশিষ্ট্য (Characteristics):-

- (i) পাতের চলন:- দুটি পাত পরস্পরের সমান্তরালে বিপরীত দিকে পাশাপাশি সরে যায়।  
 (ii) পাতের ধরন:- এক্ষেত্রে দুটি মহাদেশীয় বা মহাসাগরীয় বা মহাদেশ ও মহাসাগরীয় পাতের সর্বদা হয়।

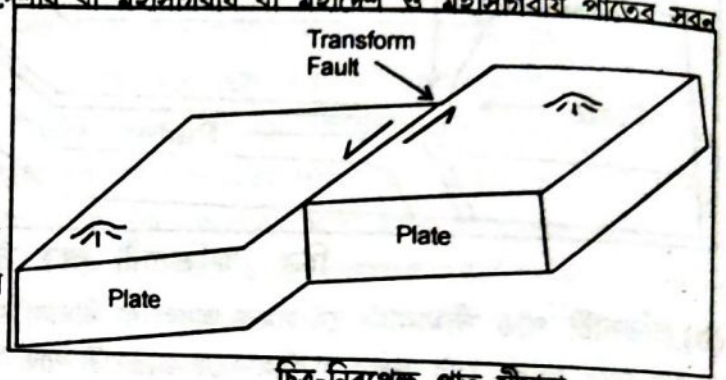
(iii) অবস্থান:- এটি মাঝ সমুদ্র বা উপকূলে অবস্থিত।

(iv) সমুদ্রবক্ষ:-এখানে দুটি পাত পাশ কাটিয়ে চলে যাওয়ায় পাতের গঠন বা ধ্বংস হয় না, তাই একে সংরক্ষনশীল পাত সীমানা বলে।

(v) ভূমিরূপ:- এই সীমানায় ট্রান্সফর্ম চ্যুতি সৃষ্টি হয়।

(vi) ভূমিকম্প:- এক্ষেত্রে অগভীর উৎসের ভূমিকম্প হয়।

উদাহরন:- ক্যালিফোর্নিয়ার সান আন্দ্রিজ চ্যুতি।



চিত্র-নিরপেক্ষ পাত সীমানা

L. পাত সীমানা ও ভূমিরূপ সমূহ (Plate Boundary & Landforms):-

(a) প্রতিসারী বা গঠনাত্মক পাত সীমানায় উদ্ভূত ভূমিরূপ:-

প্রতিসারী বা অপসারী পাত সীমানায় গঠিত ভূমিরূপকে দু'ভাবে ভাগ করা যায়-

- (1) মহাদেশীয়- মহাদেশীয় পাত সীমানায় গঠিত ভূমিরূপ।
- (2) মহাসাগরীয়- মহাসাগরীয় পাত সীমানায় গঠিত ভূমিরূপ।

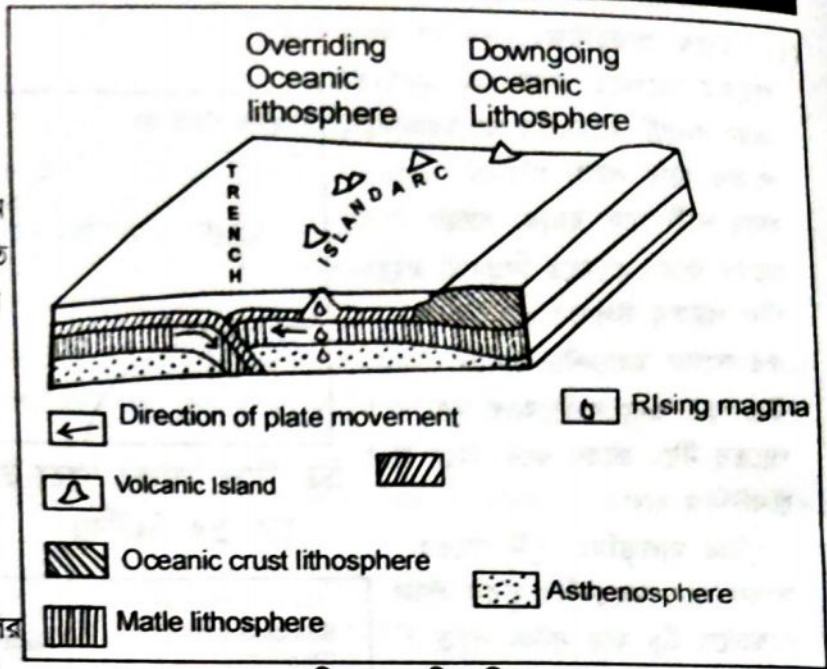
(1) মহাদেশীয়-মহাদেশীয় পাত সীমানায় গঠিত ভূমিরূপ:-

(i) গ্রন্থ উপত্যকা:- মহাদেশের দুটি প্লেট প্রতিসারী হয়ে অর্থাৎ দুটি পাশের পাত বিপরীতমুখী হয়ে অগ্রসর হলে প্রাথমিক পর্যায়ে চ্যুতির ফলে গ্রন্থ উপত্যকা তৈরী হয়। এটিকে সামুদ্রিক ভূত্বক সৃষ্টির সূচনা পর্ব বলা হয়।

উদাহরন:- আফ্রিকার পূর্বভাগে উত্তর-দক্ষিণে বিস্তৃত সুদীর্ঘ উপত্যকাটি সৃষ্টি হয়েছে। উপত্যকার উত্তর অংশ প্রশস্ত হয়ে লোহিত সাগর সৃষ্টি হয়েছে। আবার, ভারত মহাসাগরীয় পাত ও আফ্রিকান পাতের প্রতিসরনের ফলে সৃষ্ট ফটিলের নীচ থেকে উত্তর ম্যাগমার উদগীরন হয় এবং উচ্চ তাপমাত্রার প্রভাবে গ্রন্থ উপত্যকার প্রান্তভাগ ফুলে ওঠে এবং চ্যুতিরেখার ভিতরের দিকে খাড়াতলের সৃষ্টি হয়। এই অংশে ক্ষয়কার্য দ্রুত হয় এবং গ্রন্থ উপত্যকার মেঝেতে পলি জমা হয়। পরে সমুদ্র বিস্তৃত হলে গ্রন্থ উপত্যকার প্রান্তভাগ ম্যাগমা ও তাপের উৎস থেকে দূরে সরে যেতে থাকে এবং ক্রমশ ঠান্ডা হয়ে সমস্থিতি স্ত্রানুযায়ী নীচে বসে যায়।

(iv) বৃত্তচাপীয় দ্বীপমালাঃ-

সমুদ্রখাতগুলির স্থল পার্শ্বে এক সমান্তরাল বৃত্তচাপের আকারে আগ্নেয় গিরিভূমি দ্বীপমালা দেখা যায়। যেখানে দুটি মহাসাগরীয় পাত মিলিত হয় সেখানে একটি অপরটির নীচে অধঃপতিত হয় এবং আরো গভীরে চালিত হলে উপরিস্থিত শিলার ঘর্ষনে ভীষণ তাপের উদ্ভব হয় ও শিলার মধ্যস্থ নানান বিভিন্ন আংশিক চলন ঘটে এবং শিলার মধ্যস্থ নানান ফাটলের মধ্যে দিয়ে লাভার উদগিরন হয় এবং তা জমা হয়ে



চিত্র-বৃত্তচাপীয় দ্বীপমালা

অন্তঃস্থ আগ্নেয় দ্বীপমালার সৃষ্টি করে। যেমন- ফরমোসা দ্বীপপুঞ্জ।

- (v) ভূমিকম্পঃ- দুটি মহাসাগরীয় পাতের সংঘর্ষের ফলে সমুদ্র খাত বরাবর ঘন ঘন গভীর উৎসের প্রবল ভূমিকম্প হয়।
- (vi) আগ্নেয়গিরি- সংঘর্ষ তল বরাবর প্রবল চাপে ও তাপে পাত গলে গিয়ে বা ভূগর্ভস্থ ম্যাগমা বের হয়ে আগ্নেয়গিরি গড়ে ওঠে।

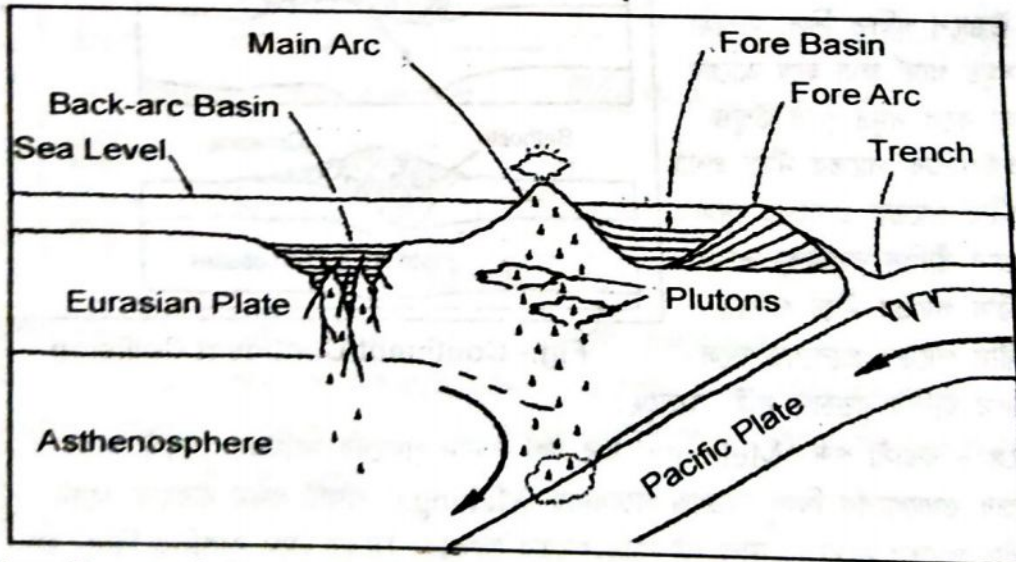
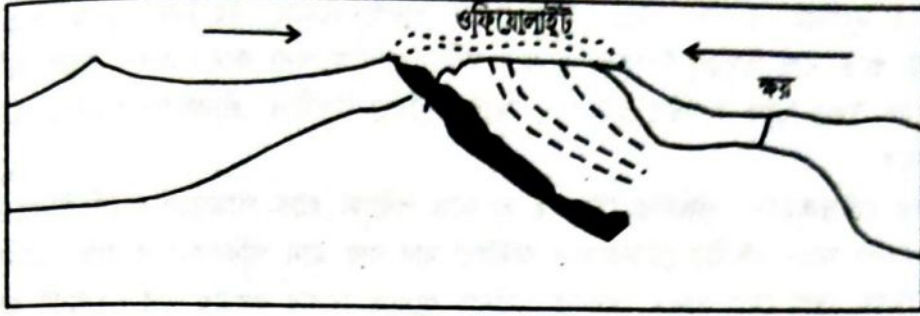


Fig:- Ocean-Ocean collision results in trench formation, subduction, earthquake, volcanic activity and Island Arc (forearc and backarc)

(3) মহাদেশীয়-মহাসাগরীয় পাতের সীমানায় গঠিত ভূমিরূপঃ-

- (i) আগ্নেয়গিরিঃ- অভিসারী পাত সীমান্তে মহাদেশীয় পাতের নীচে ঢুকে যাওয়া মহাসাগরীয় পাতটি প্রবল ঘর্ষণ ও চাপের কারণে উদ্ভূত তাপ ও ভূঅভ্যন্তরের চাপে গলে অ্যান্ডেসাইট জাতীয় ম্যাগমায় পরিনত হয়। পাত সীমানার দুর্বল সংযোগস্থল বা কোন ফাটল বরাবর ওই ম্যাগমা ভূপৃষ্ঠে নির্গত হয়ে বৃত্তচাপের

(viii) ওফিয়োলাইট:- দুটি পাত সীমান্তে যে খাতের সৃষ্টি হয় তার মধ্যে এক নতুন ধরনের পদার্থের সঞ্চয় লক্ষ্য করা যায়। যেটিতে মহাদেশীয় পাত অংশে গ্যাব্রো ও মহাসাগরীয় পাত খন্ডের সমন্বয়ে আর এক ধরনের পদার্থের অস্তিত্ব লক্ষ্য করা যায়। পাত সীমান্তে এই আগ্নেয় পদার্থের প্রধান্যযুক্ত মিশ্র পদার্থ ওফিয়োলাইট নামে পরিচিত।

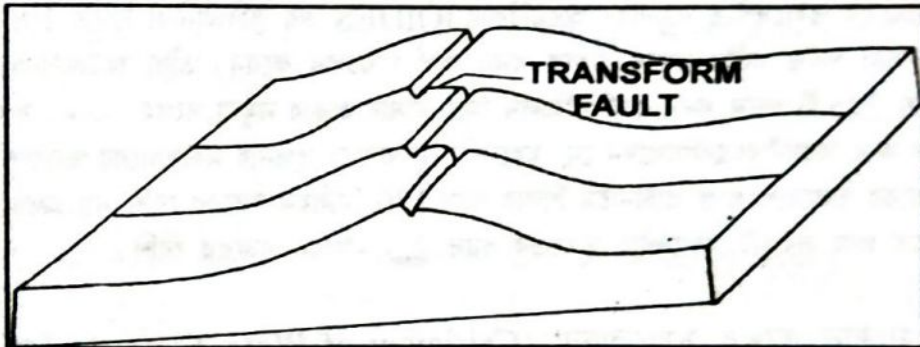


চিত্র-ওফিয়োলাইট

(c) নিরপেক্ষ পাত সীমানা ও ভূমিরূপ:-

(i) ট্রান্সফর্ম চ্যুতি:- দুটি পাত পরস্পরের সমান্তরালে বিপরীত দিকে গতিশীল হওয়ার পাত সীমানার ফটল ও আয়াম স্থলন চ্যুতি সৃষ্টি হয়। একে ট্রান্সফর্ম চ্যুতি বলে।

যেমন-(1) ক্যালিফোর্নিয়া অঞ্চলে উত্তর আমেরিকান পাত প্রশান্ত মহাসাগরীয় পাতের সীমানার অবস্থিত।



চিত্র-ট্রান্সফর্ম চ্যুতি

(ii) ভূমিকম্প:- দুটি পাত পরস্পর পাশ কাটিয়ে যাবার সময় পাতের প্রান্তভাগের সঙ্গে ঘষা লাগে।

চ্যুতিরেকা বরাবর দুটি পাতের প্রবল ঘর্ষনের ফলে ঘন ঘন অগভীর উৎসের ভূমিকম্প হয়।

যেমন- ক্যালিফোর্নিয়া অঞ্চল।

### M. পাত সঞ্চালন মতবাদের স্বপক্ষে প্রমাণ (Evidence of Plate Tectonics Theory):-

ভূত্বক যে কতগুলো পাতের সমন্বয়ে গঠিত হয়েছে এবং ঐ পাতগুলি সর্বদা গতিশীল রয়েছে। সে সম্পর্কে সন্দেহের অবকাশ নেই। পাত সঞ্চালন মতবাদের স্বপক্ষে প্রমাণগুলি হল নিম্নরূপ-

(a) পাতের সম্প্রসারণ গতি:- এই গতির প্রভাবে পাত সীমানা হতে পাতগুলি পরস্পর বিচ্ছিন্ন হয়ে যে আলাদা ভূখণ্ড গঠন করেছে তাদের প্রায় প্রতিটির বিপরীত দিকের ভূখন্ডের প্রান্তের সাথে যথেষ্ট মিল খুঁজে পাওয়া যায়। এদেরকে যদি সঙ্কুচিত করে পুনরায় একত্রে করা যায় তাহলে দেখা যাবে যে তারা পরস্পর অত্যন্ত সুন্দর ও সাবলিলভাবে মিলে যাবে। এভাবে উত্তর আটলান্টিক মহাসাগরের উভয় দিকে অবস্থিত ইউরোপ মহাদেশ, স্ক্যান্ডিনেভিয়ার উপদ্বীপ, গ্রীনল্যান্ড পরস্পরের সাথে মিলে যাবে।

আকারে অসংখ্য আগ্নেয়গিরি সৃষ্টি হয়।

যেমন- প্রশান্ত মহাসাগরীয় আগ্নেয় মেখলা।

(ii) আগ্নেয় দ্বীপঃ- বেনিয়ফ জোনে অগভীর সমুদ্র তলদেশের আগ্নেয়গিরিগুলি জলতলের উপর মাথা উঁচু করে পাত সীমানার সমান্তরালে বৃত্তচাপের আকারে আগ্নেয় দ্বীপ গঠন করে।

যেমন- প্রশান্ত মহাসাগরে মারিয়ানা খাত, হাওয়াই প্রভৃতি।

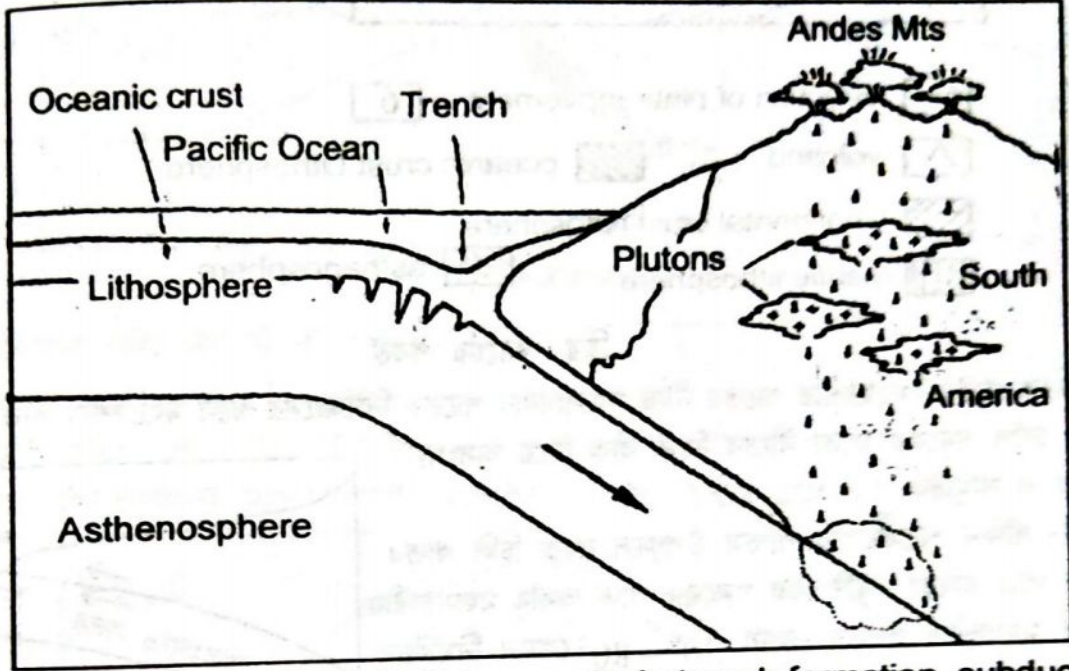


Fig:- Ocean-Continent Collision results in trench formation, subduction, earthquake, volcanic activity and mountain-building (Andean case)

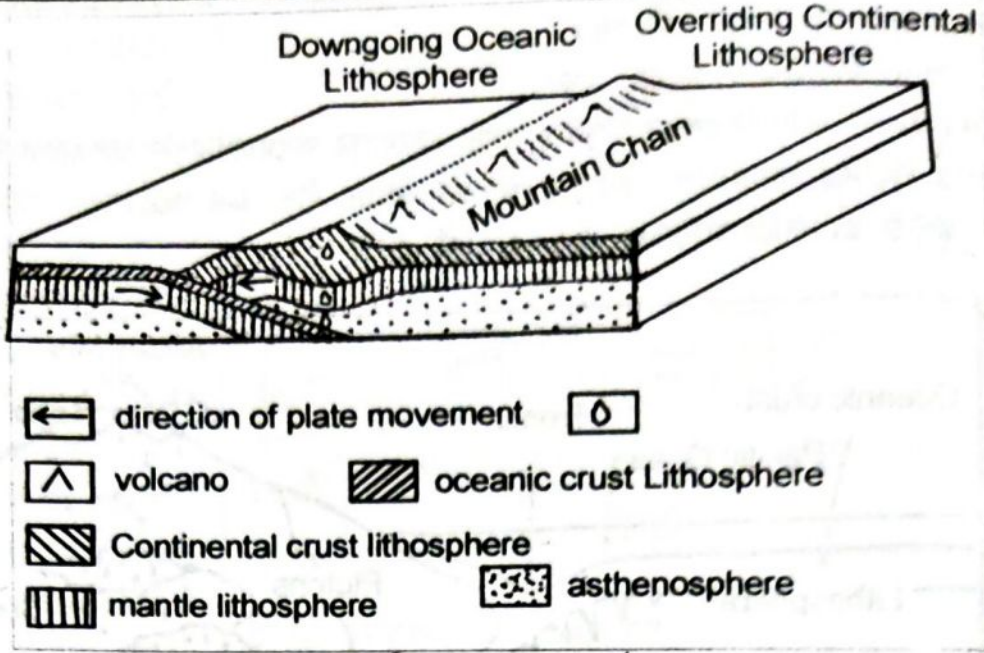
(iii) ভঙ্গিল পর্বতঃ- মহাদেশীয়- মহাসাগরীয় পাত সীমানায় সৃষ্ট মহীখাতে ক্রমাগত পলি সঞ্চিত হতে থাকে। পাতের পারস্পরিক চাপ বাড়তে থাকলে মহীখাতে জমা পলিরাশি ভাঁজ পড়ে ভঙ্গিল পর্বত গঠন করে। মহীখাতের প্রধান অংশ থেকে ভঙ্গিল পর্বত গঠিত হবার পরবর্তী সময়ে মহীখাতের অবশিষ্টাংশ জমা হয়ে পলিস্তরে ধীরে ধীরে ভাঁজ পড়ে ভঙ্গিল পর্বত গঠিত হয়। এইভাবে ওই স্থানে পরপর প্রায় সমান্তরালভাবে একাধিক ভঙ্গিল পর্বত শ্রেণি গঠিত হয়ে কর্ডিলেরার মত অবস্থা সৃষ্টি হয়। কর্ডিলেরা কথার অর্থ “শৃঙ্খল”। যেমন- রকি, আন্দিজ কর্ডিলেরা।



চিত্র- মহাদেশ-মহাসাগরীয় পাত

(iv) আগ্নেয় পর্বতঃ- দুটি পাত পরস্পরের অভিমুখে গতিশীল থাকলে অনেকসময় আগ্নেয় পর্বত সৃষ্টি হয়। যদি প্লেট দুটির একটি মহাদেশীয় এবং অন্যটি সামুদ্রিক হয় তাহলে ভারী সামুদ্রিক প্লেটটি সংঘর্ষের ফলে অন্য প্লেটের নীচে চলে গিয়ে উত্তপ্ত হয়ে অ্যাসথেনোস্ফিয়ারে প্রবেশ করে এবং সামুদ্রিক পাত গলে যায়। যেমন- দঃ আমেরিকার পশ্চিম তীর এবং নাজকা পাত।



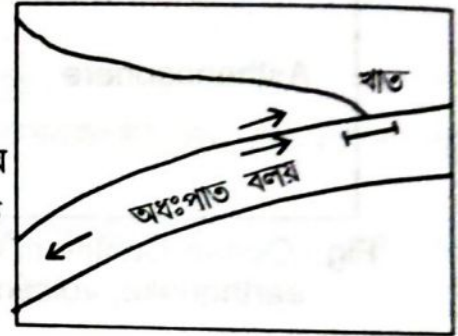


চিত্র- আগ্নেয় পর্বত

(v) সামুদ্রিক খাতঃ- মহাদেশীয় পাতের নীচে মহাসাগরীয় পাতের নিমজ্জনের স্থলে মহাদেশীয় পাত সীমানা প্রবল চাপে ধনুকের মতো নীচের দিকে বাঁক নিয়ে অসংখ্য ফাটল ও সামুদ্রিক খাত গড়ে ওঠে।

যেমন- দক্ষিণ আমেরিকার পশ্চিম উপকূলে পেরু চিলি খাত।

(vi) অধঃপাত বলয়ঃ- দুটি ভিন্ন ঘনত্বের পাত অর্থাৎ মহাসাগরীয় পাত মহাদেশীয় পাতের তলায়  $30^{\circ} - 80^{\circ}$  কোনে নিমজ্জিত হয়। অনেক সময় মহাসাগরীয় পাতটি অ্যাসথেনো-স্ফিয়ারের মধ্যে 700 কিমি পর্যন্ত প্রবেশ করে।



চিত্র-অধঃপাত বলয় খাত

(vii) বেনিয়ফ অঞ্চলঃ- মার্কিন ভূপদার্থবিদ হিউগো বেনিয়ফ

এই বেনিয়ফ মন্ডল নামকরণ করেন। অভিসারী পাত সীমান্তে যে ঢালু তল বরাবর ভারী মহাসাগরীয় পাত হালকা মহাদেশীয় পাতের নীচে অবনমন ও বিদারণ ঘটালে প্রবল ভূমিকম্প ও অগ্ন্যুপাত হয়, সেই অধঃপাত অঞ্চলকে বেনিয়ফ মন্ডল বলে।

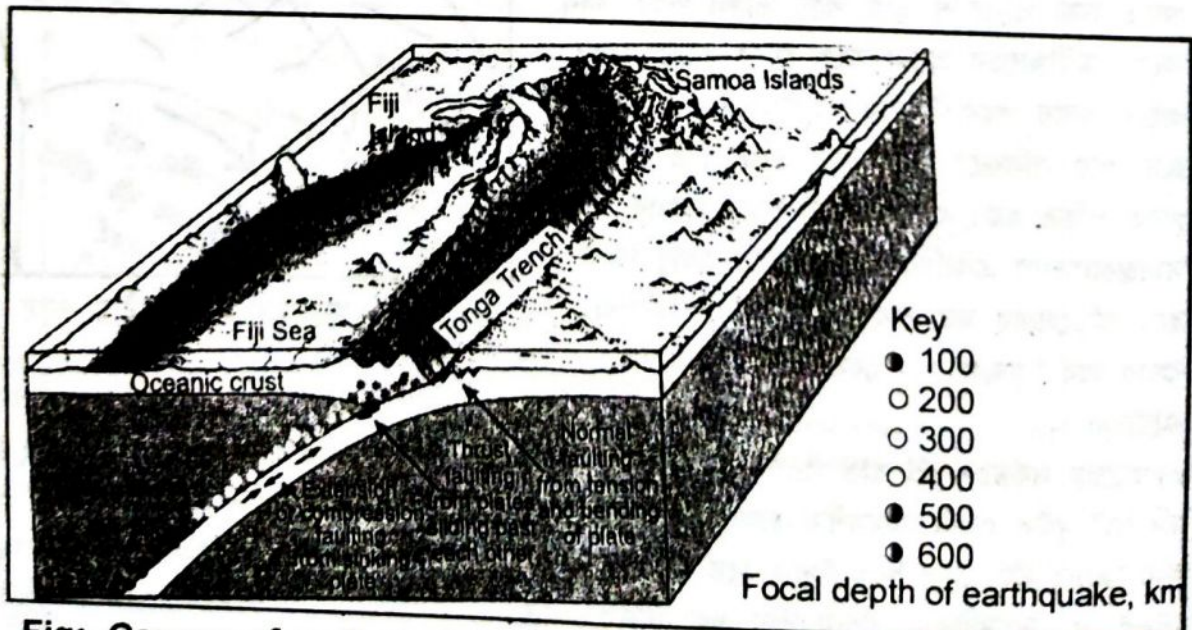


Fig:- Causes of earthquake in the Benioff Zone

**B. পেঙ্কের ক্ষয়চক্র মতবাদ (Penck's Cycle of Erosion)**

**ভূমিকা (Introduction):-** ডেভিসের সমালোচক হিসাবে *Walther Penck* জার্মান ভূমিরূপবিদ তাঁর "Die Morphologische Analyse" পুস্তকটিতে ভূমিরূপ বিবর্তনের একটি মৌলিক ধারনার অবতারণা করেন। তাঁর মতে, ভূমিরূপ বিবর্তনের জন্য অন্তঃস্থ: এবং বহিঃস্থ: বলের অনুপাত বিবেচনা করা উচিত।

◆ **ভিত্তি (Basis):-** Penck এর মতবাদ মূলত শিলার অবক্ষয়ের চর্চার উপর নির্ভরশীল। আবহবিকার ও ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থগুলির প্রক্রিয়ার উপর পেঙ্কের ধারণা প্রতিষ্ঠিত।

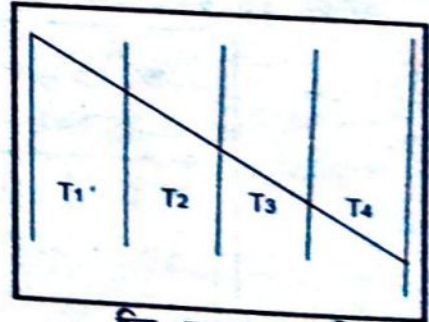
◆ **Principle/নীতিঃ-** Penck এর মতবাদে সাধারণ নীতিগুলি নিম্নরূপ-

- (1) কোনো একটি নির্দিষ্ট স্থানে ক্ষয়কার্যের তীব্রতা এই অংশের ঢালের সঙ্গে সমান অনুপাতে ঘটে।
- (2) ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থগুলির আয়তনের উপর কোনো অংশের ভূমির ঢাল নির্ভর করে।
- (3) ভূমির ঢাল বেশি হলে তার পরিবহন ক্ষমতা বেশী হয়।
- (4) ঢালের কোনো অংশের ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থগুলির পরিমাণ সমান থাকলে, তাহলে ক্ষয়কার্যের দ্বারা সমান্তরাল দিকে ঢালের পশ্চাদঅপসারণ ঘটে।
- (5) কোনো এক পশ্চাদগামী ঢালের পাদদেশে যদি কোনো ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থ সঞ্চিত হয়, তাহলে পূর্ববর্তী ঢালের সামনের দিকে অপেক্ষাকৃত কম ঢালযুক্ত অন্য এক ভূমির সৃষ্টি হয়।
- (6) Penck এর মতবাদে *Stage* বা অবস্থার কথা উল্লেখ না করে *Development* বা *Entwick lung* ধারণার উপর গুরুত্ব দেওয়া হয়েছে।
- (7) Penck এর মতবাদ সময় নির্ভর ধারণা নয়।

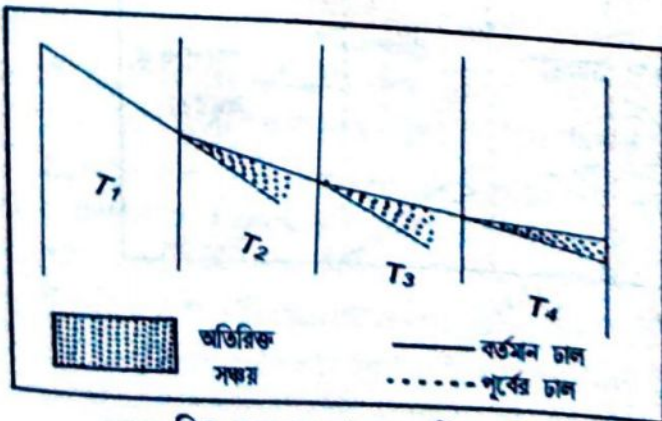
◆ **পেঙ্কের ক্ষয়চক্র মতবাদ (Penck's Cycle of Erosion):-**

Penck এর মতে ভূমিরূপের বিবর্তন, ভূ-অন্তঃস্থ: শক্তির দ্বারা উত্থানের হার এবং ভূ-বহিঃস্থ: শক্তির প্রভাবে ক্ষয়ের হারের আনুপাতিক সম্পর্কের উপর নির্ভর করে। এই সম্পর্ক তিন প্রকার হতে পারে-

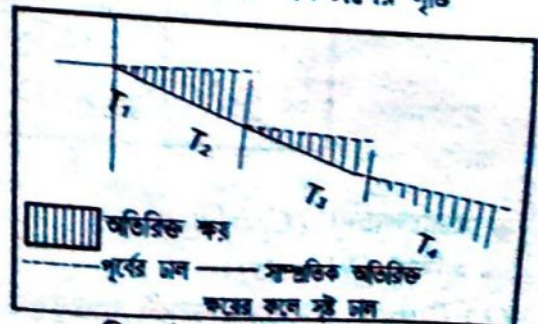
- (a) উত্থানের হার > ক্ষয়ের হার → এর ফলে উত্তল ঢালের সৃষ্টি হয়।
- (b) উত্থানের হার = ক্ষয়ের হার → এর ফলে Uniform slope বা সমঢালের সৃষ্টি হয়।
- (c) উত্থানের হার < ক্ষয়ের হার → এর ফলে অবতল ঢালের সৃষ্টি হয়।



চিত্র- সম-ঢালের সৃষ্টি



চিত্র- অবতল ঢালের সৃষ্টি পদ্ধতি



চিত্র- উত্তল ঢাল সৃষ্টি পদ্ধতি

■ **Description of Penck's Cycle of Erosion/ Penck-**এর ক্ষয়চক্রের খারনার বিবর্তন:-Penck এর মতে ভূমির বিবর্তনের গোড়ার দিকে সমুদ্রতলের কাছাকাছি এক বন্ধুরতাহীন নিম্ন সমপ্রায় ভূমি অবস্থান করে। এটিকে *Penck Primarumpf* বলেছেন। এই প্রাথমিক ভূমিতে ক্ষয়জনিত পলি সঞ্চয়ের নমুনা পাওয়া যায়। ভূমি উত্থানের হারকে Penck তিনভাগে ভাগ করেছেন-

(ক্রমবর্ধমান ভূমির উত্থান অবস্থা)

(1) **Aufsteigende Entwicklung**:-ক্রমবর্ধমান পর্যায়ে ত্বরণ সহকারে ভূমির উত্থান ও ক্রমবর্ধমান পরিমাণে ভূমির ক্ষয়কে বোঝায়। এই পর্বে ভূমির উত্থানের হারের থেকে উপত্যকা গভীরিকরণের হার কম থাকে এবং উপত্যকা গভীরিকরণের সঙ্গে সমতা রেখে উপত্যকার প্রশস্তিকরণ ও কম হয়। সাধারণভাবে নদীর নিম্ন ক্ষয়ের জন্য 'V' আকারের উপত্যকার সৃষ্টি হয়। উপত্যকার পার্শ্বদেশ উত্তল প্রকৃতির হয়। ভূমিরবন্ধুরতাও সাধারণভাবে বাড়তে থাকে। পরবর্তীকালে এই রূপ গঙ্গুজাকৃতির ভূমিতে *Piedmont trappen* সৃষ্টি হয়।

(স্বীয়স্ফিট জেন্ডি এনটুইকলাও)

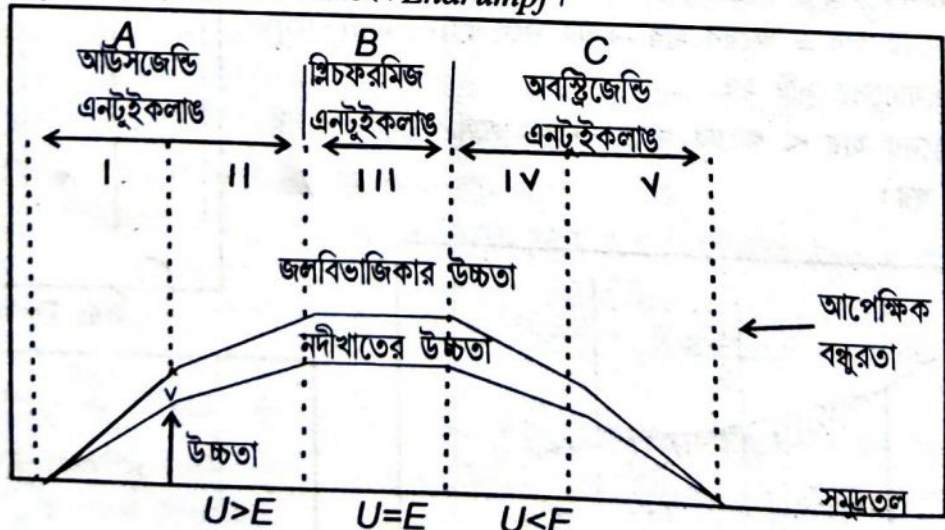
(ক্রমবর্ধমান ভূমির উত্থান অবস্থা)

ক্রমবর্ধমান ভূমির উত্থান অবস্থা:-

(2) **Gleichformige Entwicklung**:- এই পর্যায়ে ভূমির উত্থান সমভাবে ঘটে এবং ভূমিক্ষয়ও সমভাবে হয়ে থাকে। এই পূর্বে ভূমির বন্ধুরতা ও উপত্যকার ঢাল অপরিবর্তিত থাকে এবং উপত্যকার পার্শ্বদেশের ঢাল সমতল প্রকৃতির হয়।

ক্রমবর্ধমান ভূমির উত্থান অবস্থা:- (অর্ধস্ফিট জেন্ডি এনটুইকলাও)

(3) **Absteigende Entwicklung**:- এই অংশে ভূমির উত্থানের হার ক্ষয়ের হার অপেক্ষা কমে যায় ফলে ভূমিক্ষয় বাড়তে থাকে। উপত্যকার পার্শ্বদেশের ঢাল অবতল প্রকৃতির হয়। অপরদিকে সমান্তরালভাবে ভূমির ঢাল পশ্চাদ্অপসারণ করে। কারণ ঢালের উপর নির্মোচন সমহারে হয়। এই পর্বে উপত্যকার পার্শ্বদেশ দুটি অংশে বিভক্ত। উপরের খাড়া প্রকৃতির ঢালটিকে বলে *Boschung* এবং উপত্যকার নীচের মৃদু ঢালকে *Haldenhang* বলে। এই দুটি ঢাল একটি সূনির্দিষ্ট কোণে মিলিত হয়। এই পর্বে জলবিভাজিকার উর্ধ্ব অংশের ক্ষয় চলতে থাকে ফলে জলবিভাজিকার মস্তক এবং উপত্যকার নিম্ন অংশের মধ্যে উচ্চতার পার্থক্য কমেতে থাকে। ভূগুতটি ক্রমশ পিছিয়ে যেতে যেতে ইনসেলবার্জ ধরনের পাহাড় সৃষ্টি করে। ক্ষয়কার্যের শেষ পর্যায়ে প্রায় সমতল এই ভূমিরূপটির পেক নাম দিয়েছেন *Endrumpf*।



- ◆ সমালোচনা (Criticism):-
- সুবিধা (Merits):-

(1) *Penck* এর সমগ্র কাজটি পুঙ্খানুপুঙ্খ ভাবে বিচার করেই করা হয়েছে। কারণ তিনি আলস

পর্বতের উপর সমীক্ষা চালিয়েছিলেন।

- (2) ঢালের সমান্তরাল পশ্চাদ অপসারণ আধুনিক ভূমিরূপবিদ্যার প্রবক্তাদের যথেষ্ট জনপ্রিয়তা লাভ করেছে।
- (3) *Penck* এর ভূমির ঢালের সমান্তরাল পশ্চাদ অপসারণের ধারণার উপর *King* এর মতবাদ প্রতিষ্ঠিত।

• অসুবিধা (*Demerits*):-

- (1) *Penck*-এর মতবাদটি জার্মান ভাষায় হওয়ার জন্য এটি অনেক অংশেই অস্পষ্ট।
- (2) *Penck*-এর মতবাদটি অনেকটাই কাল্পনিক।
- (3) *Penck*-এর ভূমির বিবর্তন একটি জটিল অবস্থা পেশ করে।
- (4) ভূমির উত্থানের প্রকৃতির সঙ্গে ভূমির ঢালের যে সম্পর্ক আছে তা খুবই সরল এবং অবাস্তব।
- (5) *Piedmont trappen* সৃষ্টির যে ব্যাখ্যা *Penck* দিয়েছেন তা পুরোপুরি উপলব্ধি করা যায় না।
- (6) *Penck* এর ধারণায় ভূমির বিবর্তনের কথা উল্লেখ করা হয়নি।  
সুতরাং ভূমিরূপ বিবর্তন সম্বন্ধে *Penck* এর মতবাদটি আধুনিক ভূমিরূপবিদদের নতুন করে চিন্তাভাবনা করার সুযোগ দিয়েছে।

C. ডেভিস ও পেন্কেসের ক্ষয়চক্র মতবাদের পার্থক্য (*Distinguish between Davision concept and Penckian concept*)

ভূমিকা (*Introduction*):- *James Hotton* 1785 খ্রী: সর্বপ্রথম ক্ষয়চক্র ধারণার প্রবর্তন করেন। পরে 1850 থেকে 1934 খ্রী: এর মধ্যে *W.M. Davis*, *Hotton* -এর ধারণা এবং ডারউইনের '*Origin of The species*' এর দ্বারা প্রভাবিত হয়ে 1899 খ্রী: '*Geographical Cycle of Erosion*' ধারণাটির উদ্ভব ঘটিয়েছিলেন। *Davis*-এর ক্ষয়চক্র মতবাদটির সমালোচক হিসাবে *Penck* 1924 খ্রী: '*Die Morphologische Analyse*' প্রকাশ করেন। তাঁর মতবাদটি "*Morphological System*" বা "*Morphological Analysis*" হিসাবে পরিচিত।

◆ *Difference between model of Davis and model of Penck*:-

*Davis* এবং *Penck* উভয়েই ক্ষয়চক্র মতবাদে বিশ্বাসী হলেও এবং তাদের কাজের মধ্যেও নানান মিল পাওয়া গেলেও মতবাদের মধ্যে বেশ কিছু পার্থক্য চোখে পড়ে। পার্থক্যগুলি নিম্নে আলোচিত হল-

- (i) *Davis*- ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে যে তিনটি বিষয়ের উপর জোর দিয়েছিলেন তা হল-*Structure* (গঠন), *Process* (পদ্ধতি) এবং *Time* (সময়)। এই তিনটি বিষয়কে তিনি একত্রে বলেছিলেন- "*Trio of Davis*" এবং এই ধারণাটিকে তিনি প্রকাশ করেছিলেন নিম্নলিখিত উক্তির মাধ্যমে "

*Landscape is a function of structure, process and Stage*"

অপরদিকে *Penck* তাঁর *Morphological system* মতবাদটিতে *Time* বা সময় ধারণাটিকে বর্জন করেছিলেন এবং তিনি মূলত কোন অঞ্চলের (ভূমিরূপের উদ্ভবের) ক্ষেত্রে ভূ-আন্দোলন জনিত বিষয়টির সঙ্গে (*Tectonic Activities*) সম্পর্ক স্থাপনের চেষ্টা চালিয়ে ছিলেন তাঁর মতে-

*"Landform development should be interpreted by means of ratios between diastrophic processes (endogenetic) and erosional processes (exogenetic)"*

(ii) *Davis*-এর মতবাদটি মূলত *stage concept* বিষয়টির উপর নির্ভরশীল। তিনি ভূমিরূপের উদ্ভব সম্পর্কে যে ক্ষয়চক্র মতবাদটি প্রদান করেন তা তিনটি *stage* বা স্তরের মধ্যে দিয়ে লক্ষ্য করা যায়-

- (a) *Youth* বা যৌবন অবস্থা,
- (b) *Mature* বা পরিনত অবস্থা এবং
- (c) *Old* বা বার্ধক্য অবস্থা।

অপরদিকে *Penck* ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে সময় বা *stage concept* টির উপর বিশেষ আপত্তি জানিয়েছিলেন এবং তার পরিবর্তে তিনি "*Entwicklung*, বা *Development* কথাটি ব্যবহার করেছিলেন। তিনি *Youth*, *Mature*, এবং *Old* -এর পরিবর্তে যে তিনটি শব্দ ব্যবহার করেন তা হল- "*Aufsteigende entwicklung*, *Gleichformige entwicklung* এবং *Absteigende entwicklung*."

(iii) *Penck* মনে করেন যে ভূমির বিবর্তনের প্রাথমিকপর্বে সমুদ্রতলের কাছাকাছি এরা নিম্ন সমতল বা সমপ্রায় ভূমির অনুরূপ ভূ-ভাগে থাকে। এইরূপ বন্ধুরতাহীন প্রাথমিকপর্বের সমভূমিকে *Penck primarumpf* নামে অভিহিত করেন, *Davis*-এর ধারণা কিন্তু এর বিপরীত। তিনি এই রূপ কোন প্রাথমিক সমপ্রায়ভূমির কথা বলেননি। বরং ক্ষয়চক্র কালে ভূমিরূপের বিবর্তন ধারাকে সহজবোধ্য করার জন্য কতকগুলো রূপকে অবস্থায় ভাগ করে নিয়েছেন- যৌবন, পরিনত, বার্ধক্য অবস্থা।

(iv) *Davis* -এর ক্ষয়চক্র মতবাদের মূল কথা হল, "*There are sequential changes in land forms through time and these sequential changes are directed towards well defined end product- development of peneplain.*"

অপরদিকে ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে *Penck*-এর বক্তব্যটি হল- "*Geomorphic forms are an expression of the phase and rate of uplift in relation to the rate of degradation.*" তিনি ভূমির উত্থানের হারকে তিনটি ভাগে ভাগ করেন-

- (i) ক্রমবর্ধমান উত্থান।
- (ii) সমউত্থান।
- (iii) ক্ষীয়মান উত্থান।

তাঁর মতে ভূমিরূপের উদ্ভবের শেষ পর্যায়ে যে প্রায় সমতল ভূ-ভাগের সৃষ্টি এবং মাঝে মাঝে ছোট ছোট ইনসেলবার্জ (*Inselberg*-তীক্ষ্ণ শঙ্কু আকৃতি), সৃষ্টি হয়। একে *Endrumpf* বলা হয়।

(v) *Davis*-এর ক্ষয়চক্র মতবাদে একথা বলা হয়েছে, যে কোন একটি অঞ্চল যখন সমপ্রায় ভূমিতে পৌঁছায় তখন তা ভূ-আন্দোলনজনিত শক্তির প্রভাবে উত্থিত হয় বা পুনর্যৌবন লাভ করে। তার মতে, উত্থানের সঙ্গে সঙ্গে কোন প্রকার ক্ষয় লক্ষ্য করা যায় না।

অপরদিকে *Penck* মূলত ভূ-আন্দোলন জনিত শক্তি বা *Tectonic activity* র উপর বিশেষ জোর দিয়েছিলেন এবং তাঁর মতে ভূমির উত্থানের সঙ্গে সঙ্গে ক্ষয় একটি আনুসঙ্গিক প্রক্রিয়া। এই দৃষ্টিকোণ থেকে *Penck*-এর ধারণা *Davis*-এর থেকে অনেকটা বিজ্ঞান সম্মত।

(vi) ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে *Davis* প্রদত্ত ঢালের ধারণাটি অনেক বেশী সরল। তাঁর মতে, যৌবন অবস্থায় *Convex slope* বা উত্তল ঢাল লক্ষ্য করা যায়। পরিনত অবস্থায় সরল রেখাবৎ ঢাল লক্ষ্য করা যায় এবং সবশেষে বা বার্ধক্য অবস্থায় *Concave slope* বা অবতল ঢাল দৃশ্যমান হয়। অপরদিকে *Penck* প্রদত্ত ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে ঢালের উৎপত্তি সংক্রান্ত তথ্য অনেক বেশী জটিল এবং বিজ্ঞানসম্মত। তাঁর ধারণাটি *slope replacement theory* নামে পরিচিত।

তিনি মনে করেন মূলত যৌবন অবস্থায় *parallel retreat* পদ্ধতির মাধ্যমে *piedmont trap-pen* লক্ষ্য করা যায়। *Parallel Retreat* প্রক্রিয়ার শেষ পর্যন্ত *concave slope profile* এর জন্ম দেয়। এছাড়া তিনি উত্তল, অবতল এবং সরল রেখাবৎ ঢালের উৎপত্তির কথাও বলেন।

*Gravity slope* বা *Boschung* এবং *Wash slope* বা *Haldenhang* ধারণাটি ভূমিরূপ-বিদ্যায় অত্যন্ত বিজ্ঞানসম্মত হিসাবে স্বীকৃত।

(vii) ক্ষয়চক্র মতবাদে বার্ষিক্য অবস্থায় *Davis* নিম্নক্ষয় সীমার কাছাকাছি মোনাডনক সমন্বিত তরঙ্গায়িত সমভূমিটিকে সমপ্রায় ভূমি হিসাবে অভিহিত করেছেন।

*Penck* প্রদত্ত *Endrumpf* ধারণাটি *Davis* এরই অনুরূপ তবে তিনি মোনাডনকের পরিবর্তে ইনসেলবার্জ কথাটি ব্যবহার করেছেন। এই ইনসেলবার্জগুলি তীক্ষ্ণ শঙ্খ আকৃতির ক্ষয়জাত পর্বত। অপরদিকে মোনাডনকগুলি ইনসেলবার্জগুলির মত ততটা তীক্ষ্ণ নয় বরং *Convex-concave* প্রকৃতির।

(viii) *Davis*-এর মতবাদটির মূল্যায়ন প্রসঙ্গে আলোচনা করলে দেখা যায় যে এই ধারণাটির যেমন কিছু ভালো দিক রয়েছে। তেমনি কিছু নেতিবাচক দিকও রয়েছে।

*Davis*-এর মতবাদের কয়েকটি উল্লেখযোগ্য ভালো দিক হল-

- এই মতবাদটি সহজেই বোধগম্য,
- Model* টি পর্যবেক্ষনের (*field observation*) উপর নির্ভরশীল।
- Base Level* সংক্রান্ত ধারণাটি বিশেষ উল্লেখযোগ্য এবং
- সর্বোপরি এই *model* টির মাধ্যমে কোন একটি অঞ্চলের ভূমিরূপের উদ্ভব সংক্রান্ত ভূ-তাত্ত্বিক এবং ঐতিহাসিক ব্যাখ্যা সহজেই প্রদান করা যায়।

নেতিবাচক দিকের মধ্যে উল্লেখযোগ্য কয়েকটি হল-

- অল্প সময়ের মধ্যে উত্থান সংক্রান্ত ধারণা,
- উত্থানের সঙ্গে সঙ্গে ক্ষয় লক্ষ্য করা যায় না।
- দীর্ঘ সময় নির্ভর ভূমিরূপের উদ্ভব সংক্রান্ত ধারণা,
- বন্ধ প্রণালী (*Closed system*) এবং
- সর্বোপরি ভূ-আন্দোলনের স্থিরতা বা *Crustal stability* ইত্যাদি।

অপরদিকে *Penck*-এর ভূমিরূপ সংক্রান্ত *model* টিকে বিশ্লেষণ করতে গিয়ে প্রথমেই বলা যায় *Penck* প্রদত্ত ধারণাটি তাঁর হঠাৎ মৃত্যুতে সঠিকভাবে মূল্যায়ন করা সম্ভব হয়নি, কারণ পরবর্তী সময়ে জার্মানী ভাষা থেকে ইংরেজীতে যে অনুবাদটি করা হয় তা অনেকটাই আক্ষরিক। তবে *Davis*-এর ক্ষয়চক্র মতবাদটির সঙ্গে *Penck* এর *morphological system* মতবাদটির অনেক সাদৃশ্য খুঁজে পাওয়া যায়। যেমন- *endrumpf* ও *penplain* ধারণাটির মধ্যে বিশেষ পার্থক্য করা যায় না।

*Penck* প্রদত্ত পাদদেশীয় খাপ, ঢালের সমান্তরাল পশ্চাদপসারণ আধুনিক ভূমিরূপবিদ্যার প্রবক্তাদের যথেষ্ট স্বীকৃতি আদায় করেছে।

পরিশেষে বলা যায় কোন একটি অঞ্চলের ভূমিরূপের উদ্ভব প্রসঙ্গে ভূ-তাত্ত্বিক দৃষ্টিকোন থেকে *Davis* এর মতবাদ *Penck* এর মতবাদ অপেক্ষা বেশী স্বীকৃত। অপরদিকে *Penck* এর মতবাদ ঢালের উৎপত্তি প্রসঙ্গে অনেক বেশী বিজ্ঞান সম্মত *Davis* অপেক্ষা।