

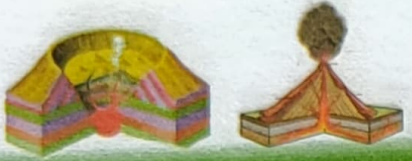
## ভারতের মৌসুমি বায়ু (Indian Monsoon)

ভারতবর্ষ—মৌসুমি বায়ুর আদর্শ বিচরণ ক্ষেত্র। মৌসুমি বায়ুর আগমন কাল ও প্রত্যাগমন কাল সুনির্দিষ্ট নয়। কোনো কোনো বছরে এর আবির্ভাব অনেক আগে ঘটে, আবার অনেক বছর এটি দেরিতে আসে। মৌসুমি বায়ু যে বছর আগে আসে, সে বছর আগে ফিরে যায়। কোনো বছরে পরে এলে ফিরেও যায় দেরি করে। এই বায়ুর আগমন কাল ও প্রত্যাগমন কালের কোনো ধারাবাহিকতা নেই। এই বায়ু পরপর দু-বছর একই সময়ে নাও আসতে পারে। এ ধরনের চরম অনিশ্চয়তার জন্য মৌসুমি বায়ুকে খামখেয়ালি চরিত্রের (Pulsatory Character) বলা হয়। মৌসুমি বায়ু প্রতি বছর সাধারণত 1 জুন তারিখে কেরালায় এসে পৌঁছায় এবং 15 জুলাই-এর আগেই সারা ভারত দখল করে নেয়। সাধারণত এর স্থায়িত্বকাল 100 দিন থেকে 120 দিন। 1 সেপ্টেম্বর থেকে এই বায়ু ফিরে যেতে শুরু করে এবং ধীরে ধীরে এক মাসের মধ্যে সমগ্র ভারত থেকে এই বায়ু চলে যায়। মৌসুমি বায়ু তার প্রত্যাগমন শুরু করে রাজস্থানে এবং শেষ করে কেরালা ও তামিলনাড়ুতে। ভারতের ঋতু পর্যায় এই বায়ুর আগমন ও প্রত্যাগমন দ্বারা চিহ্নিত হয়।

ভারতের মৌসুমি বায়ুকে সময়ের নিরিখে দু-ভাগে ভাগ করা যায়, যথা—(1) গ্রীষ্মকালীন বা বর্ষাকালীন মৌসুমি এবং (2) শীতকালীন মৌসুমি।

● (1) গ্রীষ্মকালীন বা বর্ষাকালীন মৌসুমি (Summer or Rainy Monsoon) : গ্রীষ্মকালীন মৌসুমি হঠাৎ এসে পড়ে না। এক স্বল্পকালীন অবস্থা বা পর্যায়ের মধ্য দিয়ে এই বায়ুর আগমন ঘটে। এই পর্যায়ে আবহাওয়া মণ্ডলের চরম উষ্ণ বাতাস ধীরে ধীরে হালকা বৃষ্টিপাত যুক্ত ভারী আর্দ্র বাতাসে পরিণত হয়। এই জলীয় বাষ্পপূর্ণ আর্দ্র বাতাস সাধারণত মে মাসের শেষ কিংবা জুন মাসের প্রথম থেকে বর্ষাকালীন মৌসুমি বায়ুরূপে ভারতবর্ষে প্রবাহিত হতে শুরু করে। দক্ষিণ ভারতের কেরালা ও তামিলনাড়ু উপকূলে এই বায়ু প্রথমে এসে পৌঁছায়। তারপর ধীরে ধীরে গোটা ভারতে বিস্তার লাভ করে এবং সবশেষে হাজির হয় রাজস্থানের পশ্চিমাংশে। এ সময়ে উত্তর-পশ্চিম ভারতে গভীর নিম্নচাপ ও সবল ট্রাফের অবস্থানের জন্য ভারত মহাসাগর থেকে জলীয় বাষ্পপূর্ণ দক্ষিণ-পূর্ব আয়ন বায়ু নিরক্ষরেখা অতিক্রম করে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুরূপে প্রবাহিত হয়। দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ু আরব সাগরীয় শাখায় ও বঙ্গোপসাগরীয় শাখায় বিভক্ত হয়ে প্রবাহিত হয়। জলীয় বাষ্প সমেত আরব সাগরীয় শাখা মালাবার উপকূলের পশ্চিমঘাট পর্বতে ও বঙ্গোপসাগরীয় শাখা পূর্ব হিমালয়ে আছড়ে পড়ে এবং হঠাৎ প্রচুর বৃষ্টিপাত ঘটায়। একে মৌসুমি বিস্ফোরণ (Burst of Monsoon) বলে। ভরা বর্ষাকাল শুরু হয় দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুর প্রভাবে। ভারতের শতকরা 90 ভাগ বৃষ্টি গ্রীষ্মকালীন মৌসুমি বায়ু দ্বারাই ঘটে থাকে।

মোটামুটি সেপ্টেম্বর মাসের প্রথম সপ্তাহ থেকে এই বায়ুর প্রভাব কমতে থাকে। ধীরে ধীরে বায়ুর প্রত্যাবর্তন শুরু হয় এবং অক্টোবর



মাসের প্রথম সপ্তাহের মধ্যে সমগ্র ভারত থেকে মৌসুমি বায়ু দক্ষিণে চলে যায় ও অবশেষে অন্তর্হিত হয়। মৌসুমি বায়ুর প্রত্যাবর্তন কালে স্থলভাগের উপর অবস্থিত নিম্নচাপটি দুর্বল হতে থাকে এবং দক্ষিণ দিকে সরতে থাকে। দুর্বল উচ্চচাপ নিম্নচাপের স্থান ক্রমশ দখল করে। এই অবস্থায় উত্তর দিক থেকে স্থলভাগের বায়ু দক্ষিণ দিকে অল্প অল্প বইতে শুরু করে। অথচ তখনও দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুর প্রবাহ বজায় থাকে। এর ফলে পূর্ব উপকূলবর্তী অঞ্চলে এই দুই বায়ুর সংঘর্ষে ঘূর্ণিঝড় সৃষ্টি হয়। অন্ধ্রপ্রদেশ, ওড়িশা ও পশ্চিমবঙ্গের উপকূল এলাকা এই ঘূর্ণিঝড়ের কবলে পড়ে। পশ্চিমবঙ্গে এই ঝড় আশ্বিনের ঝড় নামে পরিচিত।

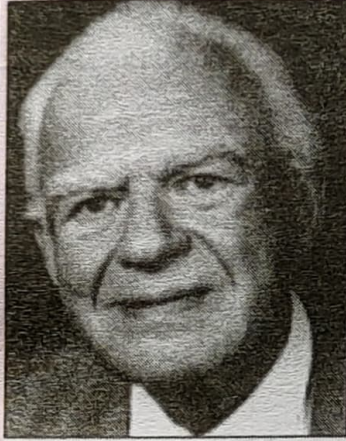
● (2) শীতকালীন মৌসুমি (Winter Monsoon) : মৌসুমি বায়ুর প্রত্যাগমনের পর ডিসেম্বর মাস থেকে সমগ্র ভারত উচ্চচাপ বলয়ের অন্তর্গত হয়। বায়ুচাপ বলয়গুলি আরও দক্ষিণে সরে যায়। জলভাগের ওপর নিম্নচাপ অবস্থান করে। এসময় উত্তর-পূর্ব আয়ন বায়ু হিমালয় পর্বত অতিক্রম করে ভারতের উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়। এই বায়ু শীতল ও শুষ্ক। ভারতে এই বায়ু প্রবাহ শীতকালীন মৌসুমি বায়ু নামে পরিচিত। বঙ্গোপসাগরের উপর দিয়ে এই বায়ু প্রবাহিত হয় ও প্রচুর জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করে। তামিলনাড়ু উপকূলে এসে এই বায়ু বৃষ্টিপাত ঘটায়। এভাবে শীতকালীন মৌসুমি ও গ্রীষ্মকালীন মৌসুমি বায়ুর প্রভাবের জন্য তামিলনাড়ুতে বছরে দু-বার বৃষ্টি হয়।

## বিশেষ কথা :

## মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি (Origin of Monsoon) :

মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি সম্পর্কে আবহবিদগণ বহু তত্ত্ব ও ধারণা প্রবর্তন করলেও কোনোটিই আজ পর্যন্ত সর্বজন গ্রাহ্য রূপে প্রতিষ্ঠিত হয়নি।

★ ১. ধ্রুপদি তাপীয় তত্ত্ব (Classical Thermal Concept) : ব্রিটিশ আবহবিদ এডমন্ড হ্যালি (১৬৫৬) বলেন, জলভাগ ও স্থলভাগের বৈষম্যমূলক ঋতুগত তাপ গ্রহণের কারণে স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ুর বৃহৎ সংস্করণরূপে মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি ঘটে। গ্রীষ্মকালে ক্রান্তীয় এশিয়ার স্থলভাগে লম্ব সূর্যকিরণের ফলে স্থলভাগ দ্রুত উত্তপ্ত হয়ে গভীর নিম্নচাপ কেন্দ্র এবং সংলগ্ন ভারত মহাসাগরীয় জলভাগে কম তাপের জন্য উচ্চচাপ কেন্দ্র গড়ে ওঠে। ফলে উষ্ণ ও আর্দ্র



হারমান ফন্

সামুদ্রিক বায়ুপুঞ্জ নিম্নচাপ কেন্দ্রের আকর্ষণে ফেরল-এর সূত্রানুসারে ডানদিকে বেঁকে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমিরূপে প্রবাহিত হয়। শীতকালে দ্রুত তাপ বিকিরণ করে দক্ষিণ এশিয়ার স্থলভাগ দক্ষিণে জলভাগ অপেক্ষা শীতল হয়ে শক্তিশালী উচ্চচাপ কেন্দ্র গড়ে ওঠে এবং জলভাগে নিম্নচাপ বিরাজ করে। শীতল ও শুষ্ক মহাদেশীয় বায়ুপুঞ্জ ফেরল-এর সূত্রানুসারে বামদিকে বেঁকে সম্পূর্ণ বিপরীত উত্তর-পূর্ব মৌসুমি বায়ুরূপে সমুদ্রের দিকে ধাবিত হয়।

★ ২. ITCZ তত্ত্ব (ITCZ Theory) : জার্মান আবহবিদ অধ্যাপক হারমান ফন্ বলেন, সূর্যের উত্তরায়ণ ও দক্ষিণায়নের কারণে বায়ুচাপ বলয় ও নিয়ত বায়ু বলয়ের স্থান পরিবর্তনের ফলে মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি ঘটে আয়নবায়ুর ক্ষুদ্র সংস্করণরূপে। গ্রীষ্মকালে সূর্যের উত্তরায়ণের ফলে ITCZ  $10^{\circ}$  উত্তরে সরে আসে। তখন মকরক্রান্তীয়

উচ্চচাপ বলয় থেকে আগত দক্ষিণ-পূর্ব আয়ন বায়ু  $10^{\circ}$  উত্তরে তাপবিষুবরেখার দিকে অগ্রসর হয়। তিনি এর নাম দেন উত্তর আন্তঃক্রান্তীয় অভিসরণ অঞ্চল (NITCZ)। এটি মৌসুমি অক্ষ নামেও পরিচিত। পৃথিবীর আবর্তন গতির ফলে প্রকৃত নিরক্ষরেখা অতিক্রমকালে ফেরল-এর সূত্রানুসারে ডানদিকে বেঁকে আর্দ্র আয়ন বায়ুটি দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমিতে পরিণত হয়। শীতকালে একইভাবে দক্ষিণায়নের সময় ITCZ  $5^{\circ}$  দক্ষিণে সরে উত্তর-পূর্ব মৌসুমিরূপে প্রবাহিত হয়।

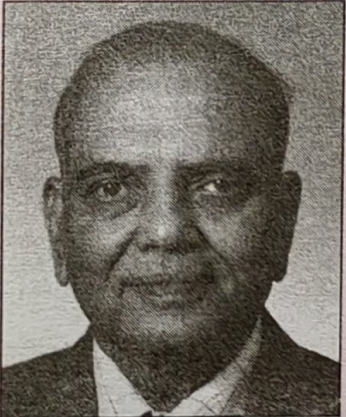
★ ৩. তাপীয় ইঞ্জিন তত্ত্ব (Thermal Engine Theory) : ভারতীয় আবহবিদ পাঞ্চেতি কোটেস্বরম (১৯৫৮)-এর মতানুসারে, ◆ ১. সমুদ্র পৃষ্ঠ থেকে ৪ কিমি উঁচু বিশ্বের বৃহত্তম মালভূমি তিব্বতে এপ্রিল-মে মাসে প্রচুর বজ্র ঝড় হয়। ফলে জলীয় বাষ্পের ঘনীভবনজাত লীনতাপ ও ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য তাপ বায়ুকে উত্তপ্ত করে। তিব্বত একটি উচ্চ তাপ দ্বীপে পরিণত হয়। ◆ ২. উষ্ণ ও হালকা বায়ুর একটি শক্তিশালী উর্ধ্বগামী পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয় এবং উচ্চ ট্রপোস্ফিয়ারে ৯-১২ কিমি



এডমন্ড হ্যালি



ফন-এর ধারণায় মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি

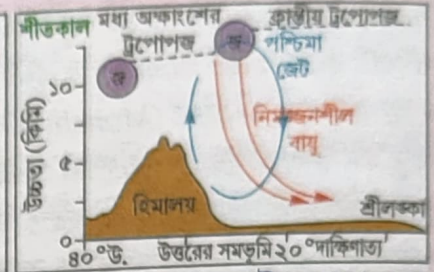
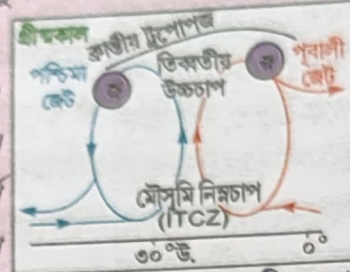


পাঞ্চেতি কোটেস্বরম

উচ্চতায় শীতল বায়ু দ্রুত বাইরে ছড়িয়ে একটি প্রতীপ ঘূর্ণবাত ও উচ্চচাপ ক্ষেত্র গড়ে ওঠে। ♦ ৩. বহির্গামী শীতল ও ভারী বায়ু অধোগামী হয়ে ভারত মহাসাগরীয় নিরক্ষীয় নিম্নচাপ অঞ্চলে নেমে আসে। ♦ ৪. তখন তিব্বত মালভূমির ওই শূন্যস্থান পূরণের জন্য নিমজ্জিত বায়ু ক্রমশ উন্মুক্ত বাষ্পপূর্ণ হয়ে ফেরল-এর সূত্রানুসারে ডানদিকে বেঁকে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুরূপে উপমহাদেশের দিকে খাবিত হয়। ♦ ৫. অক্টোবর মাসে তিব্বত মালভূমির প্রতীপ ঘূর্ণবাত বিলুপ্ত হয় এবং মৌসুমির আগমন বন্ধ হয়। এরপর ভারত মহাসাগরীয় নিম্নচাপের আকর্ষণে মৌসুমি উত্তর-পূর্ব দিক থেকে পশ্চাদ্দপসরণ করে।

★ ৪. জেট স্ট্রিম তত্ত্ব (Jet Stream Theory) : ১৯৭৩ সালে ভারত-রুশ যৌথ অনুসন্ধান Monex থেকে জানা যায়, দক্ষিণ এশিয়ায় এপ্রিল-মে মাসে

দুই ধরনের জেট বায়ুপ্রবাহ মৌসুমির উৎপত্তি ঘটায়। \* (অ) উপক্রান্তীয় পশ্চিমা জেট : এটি উত্তর ভারতে ২০°-২৪° উত্তর অক্ষাংশে, ৯-১২ কিমি উচ্চতায় ১৫০-৩০০ মিলিবার চাপ সমতলে পশ্চিম থেকে পূর্বে প্রবাহিত দ্রুত গতির তরঙ্গাকার বায়ুপ্রবাহ। ভারতীয় উপমহাদেশে শীতকালীন মৌসুমির উৎপত্তি ও প্রবাহে পশ্চিমা জেট গুরুত্বপূর্ণ প্রভাব বিস্তার করে। অক্টোবর মাসে তিব্বত মালভূমির উচ্চ ট্রপোস্ফিয়ারের প্রতীপ



**জেনে রেখো :** ★ মনেক্স (Monex) : মনেক্স

কথাটির অর্থ হল Monsoon Experiment বা মৌসুমি গবেষণা। বিশ্ব বায়ুমণ্ডল গবেষণা প্রকল্পের তত্ত্বাবধানে মৌসুমি জলবায়ু গবেষণার যে বিশেষ কার্যক্রম স্থির করা হয়, তাকে মনেক্স বলে। এটি যুক্তরাষ্ট্র, রাশিয়া, ফ্রান্স ও ভারত দ্বারা পরিচালিত। মার্কিন GOES INDIAN OCEAN উপগ্রহ নিরক্ষীয় ৬০° পূর্ব দ্রাঘিমায় অবস্থান করে বায়ুমণ্ডল সমীক্ষা করে। মৌসুমি বায়ুর উৎপত্তি, গঠন, আগমন ও প্রত্যাবর্তন সম্পর্কে বার্তা প্রদান করে এবং দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার জলবায়ু সম্পর্কে তথ্য প্রদান করে।

ঘূর্ণবাত অবলুপ্ত হলে পশ্চিমা দক্ষিণ এশিয়ার ওপর দ্রাঘিমা বরাবর মৌসুমি বায়ুপ্রবাহের উল্লম্ব প্রস্থচ্ছেদ জেট আবার উত্তর ভারতে প্রতিষ্ঠিত হয়ে উচ্চচাপ সৃষ্টি করে দ. প. মৌসুমি বায়ুকে পশ্চাদ্দপসরণে বাধ্য করে। এই জেট মে মাসের শেষভাগে তিব্বত মালভূমির তাপীয় প্রভাবে বাধা পেয়ে দুর্বল হয়ে পড়ে এবং হিমালয়ের উত্তরে ৪০° উত্তর অক্ষাংশে সরে ভারতে ক্রান্তীয় জেটকে প্রতিষ্ঠিত হতে সাহায্য করে, পরোক্ষভাবে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুর আগমনে ইন্ধন দেয়। \* (আ) ক্রান্তীয় পূবালি জেট : এটি দক্ষিণ ভারতে ১৫° উত্তর অক্ষাংশে, ৯-১২ কিমি উচ্চতায় ১৫০ মিলিবার চাপ সমতলে অবস্থিত পূর্ব থেকে পশ্চিমে প্রবাহিত দ্রুত গতির তরঙ্গাকার বায়ু প্রবাহ। তিব্বত মালভূমির তাপ সঞ্চালন ও প্রতীপ ঘূর্ণবাতের লীনতাপ এর শক্তির উৎস। ভারতীয় উপমহাদেশে গ্রীষ্মকালীন মৌসুমির উৎপত্তি ও প্রবাহে পূবালি জেট গুরুত্বপূর্ণ প্রভাব বিস্তার করে। উপক্রান্তীয় জেট উত্তরে সরে গেলেই ক্রান্তীয় জেট ভারতের মাঝা বরাবর নিম্নচাপ সৃষ্টি করে। বাষ্পপূর্ণ বায়ুকে ভারতীয় স্থলভাগের দিকে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুরূপে প্রবেশ ত্বরান্বিত করে বর্ষাকালের সূচনা ঘটায়।

হঠাৎ করে এর আগমন ঘটলে মৌসুমি বিস্তারণ প্রবল আকার ধারণ করে। জুন থেকে আগস্ট পর্যন্ত সক্রিয় থেকে দঃ পঃ মৌসুমির প্রবাহ বজায় রাখে। এই জেট স্বাভাবিকের চেয়ে বেশি উত্তরে সরে গেলে মৌসুমি বৃষ্টিপাতে ছেদ ঘটে। যে বছর ক্রান্তীয় জেট শক্তিশালী থাকে সে বছর বর্ষা ভালো হয়। অন্যথায় বৃষ্টির পরিমাণ হ্রাস পায়। সেপ্টেম্বর মাসে এটি ভারত থেকে সরে গেলে মৌসুমি দুর্বল হয়ে পড়ে ও বৃষ্টিপাতের তীব্রতা হ্রাস পায়।

(ক) পূবালি জেট : সাধারণত পূবালি জেট মৌসুমি বায়ুর প্রবাহ অনুসারে চারটি ঋতুর