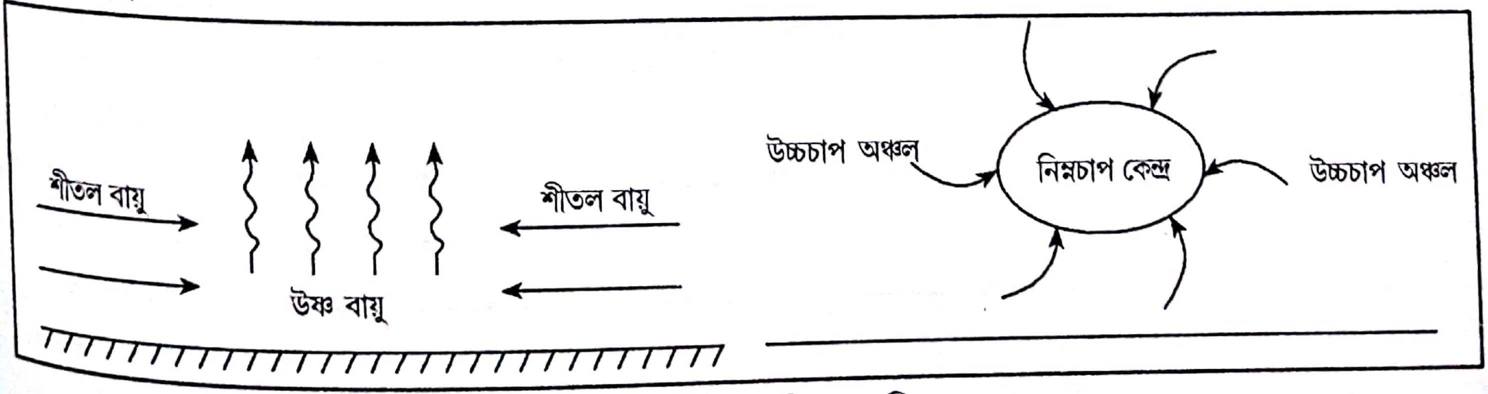
# বায়ুমন্ডলীয় অস্থিরতা ঃ ঘূর্নবাত ও প্রতীপ ঘূর্নবাত
# (ATMOSPHERIC DISTURBANCE : CYCLONE AND ANTICYCLONE)

## ■ ভূমিকা ঃ

পৃথিবীর বহিরাবরণকে বেষ্টনকারী বায়ুমণ্ডলের গতিশীলতা, বায়ুপ্রবাহের ধরণ, বায়ু প্রবাহের দিক প্রভৃতি নিয়তবায়ু প্রবাহের নীতি অনুযায়ী পরিচালিত হয়। কিন্তু স্থানীয় ভাবে বায়ুস্তরের উষ্ণতার প্রভাব কিংবা তাপের পরিবর্তন, বায়ুপুঞ্জের অসম প্রকৃতি, বায়ুচাপের পার্থক্য প্রভৃতি নিম্নবায়ুস্তরের অস্থিরতা সৃষ্টি করে। এই ধরনের আবহিক অস্থিরতা বায়ুপ্রবাহের সাধারণ নীতিকে অনুসরণ করে না। যে অঞ্চলের বায়ুস্তরে অস্থিরতা শুরু হয় সেই অঞ্চলের উপর এর প্রভাব সৃষ্টি হয়। জলবায়ুবিদদের মতানুযায়ী এরূপ আবহিক ঘটনা দ্বিতীয় শ্রেণীর বায়ুমণ্ডলীয় ঘটনা (Secondary circulation) নামে পরিচিত। বেশিরভাগ বায়ুমণ্ডলীয় অস্থিরতার ঘটনা গুলো উভয় উপক্রান্তীয় অঞ্চলের মধ্যে সংঘটিত হয়। মৌসুমী ঋতুর প্রভাব, ভিন্ন ধর্মী বায়ুস্তর দ্বারা সীমান্ত সৃষ্টি, তাপের পরিবর্তন, নিম্নচাপ ও উচ্চচাপের সৃষ্টি, ঘূর্নবাত ও প্রতীপ ঘূর্নবাত প্রভৃতি বায়ুমণ্ডলের অস্থিরতাকে নির্দেশ করে। এছাড়া উপকূলীয় অঞ্চলের সমুদ্রবায়ুর প্রভাব, উপত্যকার উপস্থিতি প্রভৃতিও বায়ুমণ্ডলের অস্থিরতা সৃষ্টির জন্য দায়ী। এই ধরনের প্রভাবক গুলো তৃতীয় শ্রেণীর প্রভাবক হিসাবে পরিচিত। বর্তমানে বিভিন্ন দেশের কৃত্রিম উপগ্রহ নির্ভর দূরসংবেদন ব্যবহার মাধ্যমে আবহিক অস্থিরতাকে চিহ্নিত করা সম্ভব হচ্ছে। তাছাড়া ঘূর্নবাত, শৈত্যপ্রবাহ, তাপ প্রভাব, নিম্নচাপের কেন্দ্র প্রভৃতি কোথায় সৃষ্টি হচ্ছে বা তার প্রভাব কতটা সেই সম্বন্ধে পূর্বাভাস দেওয়া সম্ভব হয়।

## ■ ঘূর্নবাতের ধারনা (Concept of Cyclone)

ক্ষুদ্র পরিসর ভৌগলিক অঞ্চল জুড়ে নিম্নচাপের সৃষ্টি হলে উক্তচাপ অঞ্চলের উষ্ণ বায়ুর উলম্ব উত্থান ঘটে। ফলে পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের অপেক্ষাকৃত শীতল ও ভারীবায়ু নিম্নচাপ কেন্দ্রের দিকে ছুটে আসে। এরূপ আবহিক অবস্থা স্থানীয় ভাবে বায়ুমণ্ডলের অস্থিরতা সৃষ্টি করে। তখন নিম্নচাপ কেন্দ্রের উষ্ণবায়ু কুন্ডলীর ন্যায় ঘুরতে ঘুরতে উলম্বভাবে উত্থিত হয়। এরূপ আবহিক ঘটনা ঘূর্ণবাত নামে পরিচিত। ঘূর্নবাতের ইংরেজী প্রতিশব্দ হল 'Cyclone' গ্রীক শব্দ 'Kyklor থেকে 'Cyclone' শব্দটির সৃষ্টি। যার আক্ষরিক অর্থ হল সাপের প্যাঁচের ন্যায় গঠন। ঘূর্নবাতের ক্ষেত্রে উষ্ণবায়ুর উর্ধ্বগমনের ফলে সৃষ্ট ফাঁকা অংশে পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের শীতল ও ভারীবায়ুর নিম্নচাপ কেন্দ্রমুখী অনুপ্রবেশ ঘটে। উত্তর গোলার্ধে ঘূর্নবাত সৃষ্টি হলে শীতল ও ভারীবায়ুর কেন্দ্রমুখী স্রোত ঘড়ির কাঁটার বিপরীতে ও দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার দিকে প্রবাহিত হতে থাকে।




চিত্র ঃ 10.1 ঘূর্ণবাত সৃষ্টির প্রাথমিক অবস্থা

Scanned by CamScanner

■ ঘূর্ণবাত সৃষ্টির পূর্বশর্ত (Basic conditions for cyclone)

বায়ুমণ্ডলীয় তাপ পরিবর্তনশীল হওয়ায় আবহিক অস্থিরতা যখন তখন ঘটতে দেখা যায়। ঘূর্ণবাতও এরূপ একটি আবহিক অস্থিরতা যা হঠাৎ বায়ুমণ্ডলীয় তাপের পরিবর্তনের ফলে সৃষ্টি হয়। যে কোন ভৌগলিক অঞ্চলে ঘূর্ণবাত সৃষ্টি হওয়ার ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত ধরনের আবহিক অবস্থার প্রয়োজন হয়।

**i) নিম্নচাপ অঞ্চলের সৃষ্টি (Creation of Low Pressure Area)**

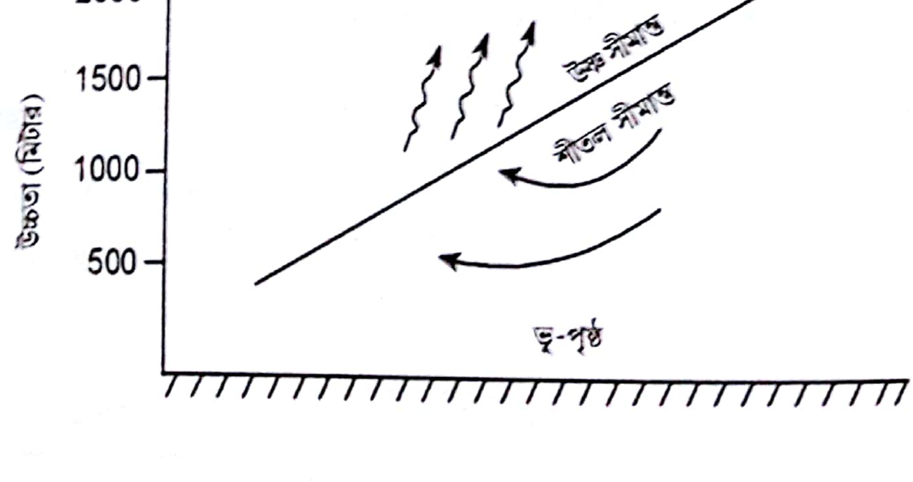
স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় পরিবেশে প্রমাণ বায়ুচাপ হল 1013.2 মিলিবার। কোন অঞ্চলে বায়ুর চাপ 1013.2 মিলিবার এর কম হলে তা নিম্নচাপ হিসাবে পরিচিতি পায়। সূর্যতাপের মাত্রা বেশি হলে বায়ু উষ্ণ হয় ও হালকা হয়ে ঊর্ধ্ব উত্থান শুরু করে। ফলে ঐ অঞ্চলের বায়ুরচাপ হ্রাস পায়। ক্রান্তীয়, উপক্রান্তীয় বা নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে গ্রীষ্মকালে সূর্যতাপ বৃদ্ধি পেলে স্থানীয় ভাবে নিম্নচাপ কেন্দ্র সৃষ্টি হয়। নিম্নচাপ অঞ্চল সৃষ্টি হলে পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের সঙ্গে বায়ুচাপের ঢালের পার্থক্য ঘটে। নিম্নচাপ অঞ্চলের সঙ্গে বায়ুচাপের ঢাল তীব্র হলে ঘূর্ণবাত সৃষ্টির পূর্বাবস্থার সূচনা হয়।

**ii) বায়ুপুঞ্জের পরিবর্তন (Modification of Air Mass)**

ভিন্ন উষ্ণতা যুক্ত বায়ুপুঞ্জ পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হলে বায়ুসীমানা সৃষ্টি হয় এবং মিলিত বায়ুপুঞ্জ দুটির মধ্যে তাপের বিনিময় হতে শুরু করে। অর্থাৎ উষ্ণ বায়ুপুঞ্জ থেকে শীতল বায়ুপুঞ্জের মধ্যে তাপের সংবহন শুরু হয়। বায়ুপুঞ্জের সীমানা বরাবর তাপের সংবহন জনিত কারনে কখনো কখনো নিম্নচাপ সৃষ্টি হয় ও ঘূর্ণবাতের সূচনা করে।

**iii) বায়ুচাপের পার্থক্য জনিত সীমান্ত গঠন (Different front formation)**

বায়ুর উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটলে বায়ুচাপেরও পরিবর্তন হয়। ফলে উষ্ণ ও শীতল উভয় ধরনের বায়ুপুঞ্জের সমচাপ রেখা গুলো (Isober) প্রাথমিক ভাবে ব্যারোট্রপিক (Barotropic) অবস্থার সৃষ্টি করে এবং বিষম চাপের বায়ুপুঞ্জের মিলনস্থল বরাবর সীমান্ত সৃষ্টি করে। উষ্ণবায়ু হালকা হয়ে উর্ধ্বমুখী হওয়ার ফলে সীমান্ত রেখাটি নিম্নচাপ অঞ্চলের কেন্দ্র থেকে সুক্ষ্ম কোন্ বরাবর শীতল বায়ুস্তরকে স্পর্শ করে ও নিম্নমুখী চাপের ঢাল সৃষ্টি করে। বায়ু সীমান্তের ঢালের নিম্নতল বরাবর শীতলসীমান্ত ও উর্ধ্বতল বরাবর উষ্ণসীমান্ত বিরাজমান হয়। বায়ুচাপের সমতা রক্ষার জন্য সীমান্ত অতিক্রম করে উভয় বায়ুস্তরের ব্যারোট্রপিক অবস্থা ব্যারোক্লিনিক পর্যায়ে পৌঁছায় ও ঘূর্ণবাতকে সম্পূর্ণ দশায় নিয়ে আসতে সহায়তা করে।




**চিত্র ঃ 10.2** ঘূর্ণবাত সৃষ্টির পূর্বের বায়ুসীমান্ত গঠন

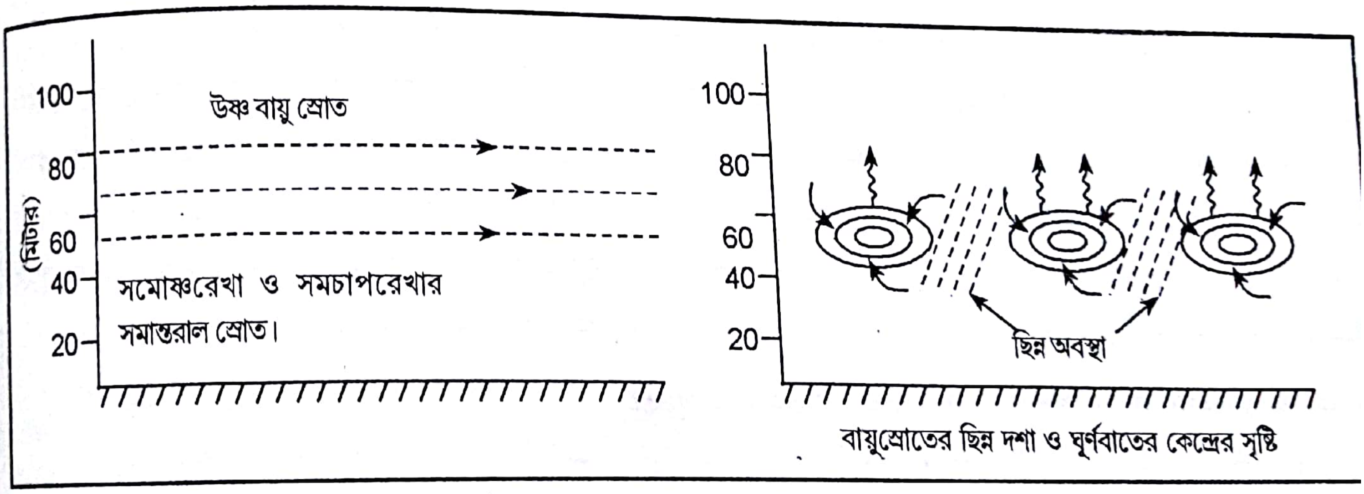
Scanned by CamScanner

### iv) Water spout গঠন

শীতল নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে কখনো কখনো উলম্ব ফানেলাকৃতির কিউমুলাসমেঘ ক্ষুদ্র পরিসর ভৌগলিক অঞ্চলে হঠাৎ বৃষ্টিকণা সৃষ্টি করায় ঘূর্নবাতের সৃষ্টি হয়। উলম্ব ফানেলাকৃতির কিউমুলাসমেঘ মধ্যস্থিত জলকণা সৃষ্টি Waterspout নামে পরিচিত। ইউরোপ, নিউজিল্যান্ড, গ্রেটলেক প্রভৃতি অঞ্চলের ঘূর্নবাতের জন্য Water spout দায়ী। সামুদ্রিক অঞ্চলের উপরেই সাধারণতঃ Waterspout সৃষ্টি হয়।

### v) বায়ুস্তরের ছিন্নদশা (Wind shear)

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে সামান্য উচ্চতায় উষ্ণবায়ু কখনো কখনো সমান্তরাল ভাবে প্রবাহিত হয়। সাধারণতঃ উষ্ণ বায়ুস্তরের উচ্চতা যদি প্রায় 60 মিটার (200 ফুট) পর্যন্ত হয় এবং এই স্তরের উষ্ণতা গড়ে প্রায় 26°C-30°C এর মধ্যে থাকে তখন উষ্ণবায়ু সমন্তরাল ভাবে প্রবাহিত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এরূপ বায়ুস্তরের উর্ধ্ব ও নিম্নস্তর শীতলবায়ু দ্বারা আবদ্ধ থাকে। তখন উষ্ণ বায়ুস্তরের সমোষ্ণ রেখা ও সমচাপরেখাগুলো অনুভূমিক তলের সঙ্গে সমান্তরাল ভাবে বিস্তৃত থাকে। এই ধরনের উষ্ণ বায়ুস্তরের মধ্যে অতিরিক্ত জলীয়বাষ্পের সরবরাহ হলে উষ্ণ বায়ুস্তর খণ্ড খণ্ড অংশে বিভক্ত হয়। ফলে সমোষ্ণরেখাগুলো ছিন্ন হয়ে গিয়ে সমকেন্দ্রিক বৃত্তের ন্যায় গঠন সৃষ্টি করে। সর্বোপরি উষ্ণ বায়ুস্তর ছোট ছোট নিম্নচাপকেন্দ্রীক বায়ুর চক্র সৃষ্টি করে ও ঘূর্নবাতের কেন্দ্রের সৃষ্টি হয়। ক্রান্তীয় অঞ্চলে উষ্ণ বায়ুস্তরের এই খন্ডিত অংশগুলোকে শীতলবায়ু চারিদিক থেকে ঘিরে উলম্ব উত্থান শুরু হয় ও পার্শ্ববর্তী শীতল বায়ুর কেন্দ্রমুখী প্রবাহ চলতে থাকে। বঙ্গোপসাগর, আরব সাগর, ইন্দোনেশিয়ার উপকূল বরাবর উষ্ণ বায়ুস্তরের ছিন্নদশা সৃষ্টির ফলে ঘূর্নবাত সৃষ্টি হতে দেখা যায়। ক্রান্তীয় অঞ্চলে এই ধরনের ঘূর্নবাত প্রায় 15-16 কিলোমিটার ব্যাস যুক্ত হয়।




চিত্র ঃ 10.3 বায়ু স্তরের ছিন্নদশার সৃষ্টি

### ■ ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত (Tropical cyclone)

ক্রান্তীয় অঞ্চলের মহাসামুদ্রিক অঞ্চলের উপর সৃষ্টি হওয়া নিম্নচাপকেন্দ্রিক অত্যন্ত গতিশীল ঘূর্ণবাতকে ক্রান্তীয় ঘূর্ণব বলে। দিনের বেলায় সূর্যতাপে সমুদ্র পৃষ্ঠের জলস্তর থেকে প্রচুর পরিমাণ জলীয়বাষ্প সৃষ্টি হয়ে বায়ুস্তরে মিশ্রিত ও বায়ুকে উষ্ণ ও হালকা করে দেয়। হালকাবায়ু উপরের দিকে উত্থিত হলে পার্শ্ববর্তী অঞ্চলের ভারী শীতলবায়ু ফাঁকা পুরনের জন্য ছুটে আসে ও ঘূর্নবাত সৃষ্টি করে। উভয় ক্রান্তীয় অঞ্চলের ঘূর্নবাত ঝড়, ঝঞ্ঝা ও প্রচুর বৃষ্টিপাত ঘট

● **বিস্তৃতি ঃ** নিরক্ষরেখার উভয় দিকে 15°-25° অক্ষরেখার মধ্যবর্তী অংশে ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত সৃষ্টি হয়। প্রধ সামুদ্রিক অঞ্চলের উপর কিংবা ক্রান্তীয় উপকূলীয় অঞ্চলে এই ধরনের ঘূর্নবাত সৃষ্টি হয়। এই ধরনের ঘূর্নবাত উৎ স্থলের চারিদিকে প্রায় 100 থেকে 4000 কিলোমিটার ব্যাস যুক্ত অঞ্চল জুড়ে প্রভাবিত হয়। সামুদ্রিক অঞ্চলের উ সৃষ্টি হলেও ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত ক্রমশ উপকূলের দিকে সরতে থাকে।

Scanned by CamScanner

ক্রান্তীয় অঞ্চলের বিভিন্ন দেশ যেমন দক্ষিণ এশিয়া, অস্ট্রেলিয়া, উত্তর ও দক্ষিণ আমেরিকার বিভিন্ন অংশে বজ্রবিদ্যুৎ সহ প্রবল বৃষ্টিপাত ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের ফলে আছড়ে পড়ে। পৃথিবীর অনান্য অঞ্চলে সৃষ্ট নিম্নচাপ সম্পন্ন ঘূর্ণবাতের তুলনায় ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত অধিক গতি ও ক্ষমতা সম্পন্ন। পৃথিবীর বিভিন্ন ক্রান্তীয় প্রদেশে সৃষ্ট হ্যারিক্যান, টাইফুন, সুপার সাইক্লোন, ট্রপিক্যাল স্ট্রম প্রভৃতি ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের উদাহরণ। পৃথিবীর বেশির ভাগ ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত Intertropical convergence zone (ITCZ) এবং মৌসুমী জলবায়ু অধ্যুসিত অঞ্চলে সৃষ্টি হয়। সামগ্রিক ভাবে লক্ষ্য করলে দেখা যায় যে আট্লান্টিক ও পূর্ব প্রশান্ত মহাসাগরীয় অঞ্চলের ক্রান্তীয় প্রদেশ বরাবর প্রায় 85% ক্রন্তীয় ঘূর্ণবাত সৃষ্টি হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে উত্তর গোলার্ধের $10^0$-$20^0$ অক্ষরেখার মধ্যে প্রায় 87 শতাংশ ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত সৃষ্টি হয়ে $30^0$-$35^0$ উত্তর অক্ষরেখা পর্যন্ত বিস্তার লাভ করে এবং প্রাকৃতিক ও মানবিক সম্পদের উপর ধ্বংসলীলা শুরু করে।

## ■ ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের উৎপত্তি (Origin of Tropical Cyclone)

ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতকে 'Heat Engine' এর সঙ্গে তুলনা করা হয়। উইলিয়াম এল ডন (William L.Donn) ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত সম্বন্ধে গবেষনা করে উল্লেখ করেছেন যে হ্যারিক্যান নামক ঘূর্নবাত সম্পূর্ন গঠন লাভ করার পরে যে পরিমাণ শক্তির মুক্তি ঘটায় তা আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের 6 মাস ধরে বিভিন্ন কাজে ব্যবহৃত মোট শক্তির সমান। ঘূর্নবাত সৃষ্টির ক্ষেত্রে কতকগুলি আবশ্যিক ঘটনা আলোচনা করা প্রয়োজন। কারন উক্ত কারন গুলোই সম্মিলিতভাবে ঘূর্নবাতের সৃষ্টি করে।

### i) উষ্ণআর্দ্র বায়ুর নিরবিচ্ছিন্ন সংযোজন (Continuous supply of warm and moist air)

ঘূর্নবাত সৃষ্টির ক্ষেত্রে অন্যতম গুরুত্বপূর্ণ ঘটনা হল উষ্ণ ও আর্দ্র বায়ুর সংযোজন। সূর্যের প্রখর তাপের কারনে জলপৃষ্ঠ থেকে যতবেশি পরিমাণ জলীয়বাষ্প বায়ুতে মিশ্রিত হবে তা তত দ্রুতই বায়ুর নিম্নচাপকে সৃষ্টি করবে ও বায়ুর উলম্বগতি পথের ঘূর্ণনকে ত্বরান্বিত করবে। জলীয়বাষ্পের নিরবিচ্ছিন্ন সংযোজনের ফলে উষ্ণ বায়ুস্তর দ্রুত উলম্ব উত্থান (Vertical aloft) করতে থাকবে। আবহবিগদগন বায়ুস্তরে উষ্ণআর্দ্র বায়ুর নিরবিচ্ছিন্ন সংযোজনকে ঘূর্নবাত সৃষ্টির প্রাথমিক অবস্থা হিসাবে উল্লেখ করেছেন। উদাহরণ হিসাবে বলা যায় যে আটলান্টিক ও প্রশান্ত মহাসাগরের পশ্চিম উপকূল বরাবর সমুদ্র পৃষ্ঠীয় তাপমাত্রা $26^0$-$28^0C$-এর কাছাকাছি পৌঁছালে প্রচুর জলীয়বাষ্প সৃষ্টি হয় ও ঘূর্নবাত সৃষ্টির সম্ভাবনাকে বাড়িয়ে দেয়। ভারত মহাসাগরীয় দক্ষিণ উপকূলে জলীয়বাষ্পের সৃষ্টিও ঘূর্নবাত সৃষ্টি করে।

### ii) কোরিওলিস বলের প্রভাব (Effect of Coriolis force)

কোরিওলিস বলের প্রভাবে নিরক্ষীয় অঞ্চলের বায়ুর বিক্ষেপ সবচেয়ে বেশি ঘটে। পৃথিবীর আহ্নিকগতি (পশ্চিম থেকে পূর্বদিকে ঘূর্ণন) নিরক্ষরেখা বরাবর বায়ু বিক্ষেপের মানকে বাড়িয়ে দেয়। উভয় গোলার্ধের $2^0$-$10^0$ অক্ষরেখার মধ্যে সৃষ্টি হওয়া নিম্নচাপ কেন্দ্রের উষ্ণবায়ুর উলম্ব উত্থান চলাকালীন কোরিওলিস বলের প্রভাবে বিক্ষেপিত বায়ুর অভিমুখ বদলে যায়। উত্তর গোলার্ধের বিক্ষেপিত বায়ু কিছুটা ডান দিকে ঘুরে গিয়ে ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতকে অতিরিক্ত শক্তি প্রদান করে। দক্ষিণ গোলার্ধের ক্ষেত্রে এই ঘটনা ঠিক বিপরীত। অর্থাৎ নিরক্ষীয় অঞ্চলের বিক্ষেপিত বায়ু কিছুটা বামদিকে ঘুরে দক্ষিণ ক্রান্তীয় অঞ্চলে প্রবেশ করে ও ঘূর্নবাতের প্রভাবকে বাড়িয়ে দেয়। কোরিওলিস বলের প্রভাব ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত গুলোকে উভয় গোলার্ধে $15^0$-$20^0$ অক্ষরেখা পর্যন্ত সরে যেতে সহায়তা করে।

### iii) দুর্বল প্রকৃতির ক্রান্তীয় অস্থিরতার সৃষ্টি (Origin of weak tropical disturbances)

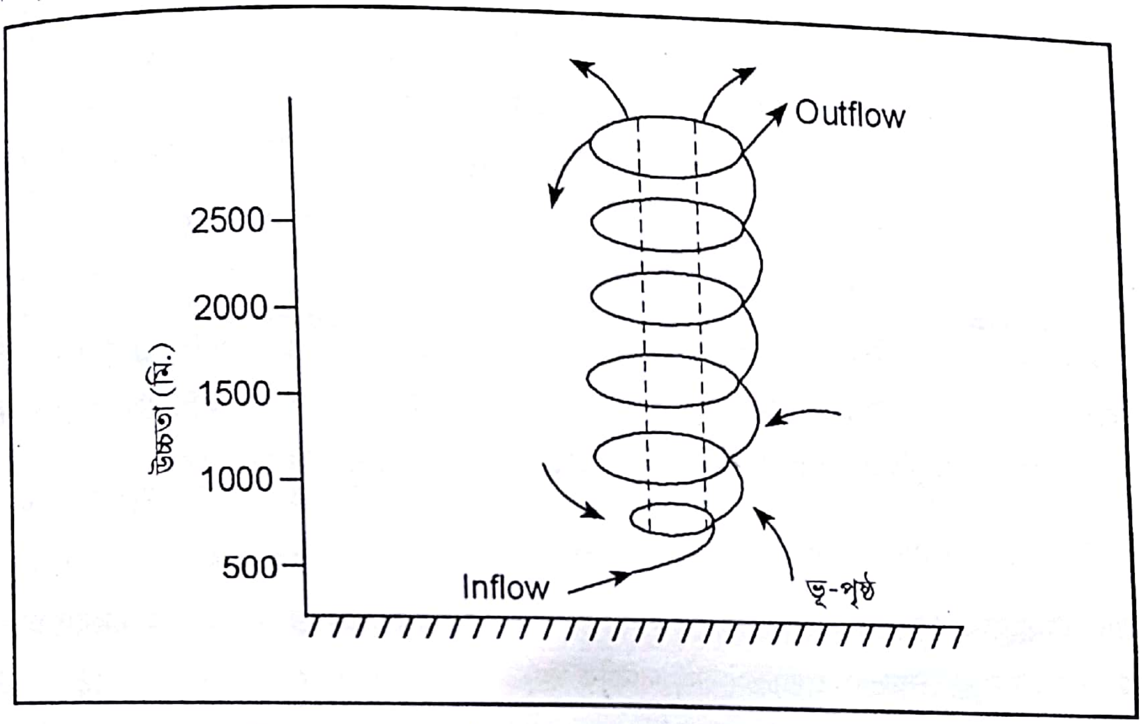
সমুদ্র পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ুস্তর হঠাৎ উষ্ণ হলে বায়ুর জলীয়বাষ্প ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় ও ক্ষুদ্র পরিসর অঞ্চলের মধ্যে নিম্নচাপ কেন্দ্র সৃষ্টি হয়। এই ধরনের নিম্নচাপ কেন্দ্রগুলোই হল দুর্বল প্রকৃতির আবহিক অস্থিরতা। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিম্নচাপ কেন্দ্রগুলো দুই ধরনের কাজে লিপ্ত হয়।

Scanned by CamScanner

যেমন একদিকে নিম্নচাপ কেন্দ্রগুলো জলীয়বাষ্প গ্রহণ করতে থাকে, অপরদিকে পার্শ্ববর্তী শীতল বায়ুস্তরের সঙ্গে সীমানা বরাবর দ্রুত লীনতাপের পরিবর্তন ঘটায়। লীনতাপের হ্রাসের মাত্রার তুলনায় জলীয়বাষ্পের সংযোজন মাত্রা বৃদ্ধি পেলে দুর্বল ঘূর্ণবাত ক্রমশ সক্রিয় হতে শুরু করে।

**iv) উচ্চ বায়ুস্তরের বর্হিমুখী প্রবাহ (Upper level outflow)**

ভূ-পৃষ্ঠ থেকে প্রায় 9-14 কিলোমিটার উচ্চতায় কুন্ডলীকৃতবায়ু বর্হিমুখী প্রবাহ সৃষ্টি করে। উষ্ণবায়ুর কুন্ডলীকৃত উলম্ব স্রোতকে প্যাচালো স্প্রিং এর সঙ্গে তুলনা করলে দেখা যায় যে বায়ু কুন্ডলীর নিচের দিকের অংশে উষ্ণবায়ু স্রোত অর্ন্তমুখী প্রবাহ সৃষ্টি করে। অপর দিকে উষ্ণবায়ুর অর্ন্তমুখী স্রোত যতক্ষন চলতে থাকে ঠিক ততক্ষন যাবৎ বর্হিমুখী বায়ুস্রোতও সক্রিয় থাকে। কুন্ডলীর মধ্যদিয়ে উপরের দিকে উঠলে সবচেয়ে উপরে বর্হিমুখী বায়ুস্রোত চলতে থাকে। এই ধরনের আবহিক অবস্থাও ঘূর্ণবাত সৃষ্টিতে সহায়তা করে।




**চিত্র ঃ 10.4** ঘূর্ণবাতের অন্তর্গত উষ্ণবায়ুর উর্ধ্বমুখী স্রোত।

## ● ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের গঠন (Structure of Tropical Cyclone)

নিম্নচাপ কেন্দ্রীক ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের গঠন জ্যামিতিবিদ্যায় বর্ণিত সমকৌনিক বাহুর গঠনের সঙ্গে তুলনা করা যায়। সমকোণ সৃষ্টিকারী দুটি বাহুর ছেদবিন্দুকে নিম্নচাপের কেন্দ্রস্থল হিসাবে উল্লেখ করলে উলম্ব দিকে প্রসারিত বাহু (Tangent) নিম্নচাপের অক্ষ এবং অনুভূমিক ভাবে প্রসারিত বাহুকে (Radial Extent) কেন্দ্রমুখী বায়ু প্রবাহের দিক হিসাবে উল্লেখ করা হয়। ক্রান্তীয় অঞ্চলের মহাসমুদ্রের উপর সৃষ্ট ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রীয় গঠন নির্ভর করে নিম্মচাপ কেন্দ্রের ব্যাসার্ধের উপর। আবহবিদদের গবেষনা অনুযায়ী উল্লেখ করা যায় যে বেশিরভাগ ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রীয় অঞ্চলের ব্যাসার্ধ 10-20 কিলোমিটার পর্যন্ত হয়। তবে এর চেয়ে বেশি বা কম ব্যাসার্ধের ঘূর্ণবাতও সৃষ্টি হতে দেখা যায়। ঘূর্ণবাতের গতিবেগ বৃদ্ধি পেলে পার্শ্ববর্তী বায়ুস্তর ও ঘূর্ণবাতের সঙ্গে ঘুরতে থাকে। এরূপ অবস্থায় সর্বাধিক 1000 কিলোমিটার পর্যন্ত বায়ুস্তর ঘূর্ণবাতের চেয়ে কিছুটা কম গতিতে ঘুরতে থাকে। ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের গঠনকে Heat Engine এর সঙ্গে তুলনা করলে দেখা যায় যে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর কেন্দ্রমুখী বায়ুপ্রবাহের বিস্তৃতি কম হলে উলম্ব অক্ষ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পেতে থাকে। এরূপ অবস্থায় নিম্নচাপটি দীর্ঘক্ষন স্থায়ী হয়। অর্থাৎ এটিকে জ্যামিতিক ভাবে পর্যবেক্ষন করলে দেখা যায় যে সমকোণের সম্মুখস্ত অনুভূমিক কোণের মান যত বেশি হবে শীর্ষকোণের মান ততই কমতে থাকে এবং নিম্নচাপ

Scanned by CamScanner

স্তম্ভটি সংকীর্ন ও দৃঢ় হতে থাকে। এরূপ অবস্থায় নিম্নচাপের কৌণিক ভরবেগের মান স্থির হয়ে ঘূর্নায়মান নিম্নচাপের বায়ুস্রোতকে আরও শক্তিশালী করে। তবে ভৌগলিকদের মতানুযায়ী ঘূর্নবাতের এরূপ জ্যামিতিক গঠন সবসময় লক্ষ্য করা যায় না। ঘূর্নবাত প্রাকৃতিক ঘটনা হওয়ায় অনান্য সহযোগী উপাদানগুলোর দ্বারা ইহা জটিলভাবেও সম্পন্ন হয়। উলম্ব অক্ষ থেকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর কর্নিয় (Diagonal) বায়ুচাপের ঢাল বরাবর লীনতাপের পরিবর্তন ও নিম্নস্তর থেকে (সমুদ্র পৃষ্ঠ) জলীয়বাষ্পের সরবরাহ ঘূর্নবাতটিকে ক্রমশ শক্তিশালী করে তোলে।

ঘূর্নায়মান বস্তুর কৌণিক ভরবেগের ধারনা অনুযায়ী ঘূর্নবাতকে ব্যাখ্যা করলে দেখা যায় যে নিম্নচাপ কেন্দ্রর সাপেক্ষে (Tangential axis) কৌণিক ভরবেগের মানকে স্থির করে নিম্নচাপ অক্ষটিকে দৃঢ় করতে সহায়তা করে।

গানিতিক ভাবে কৌণিক ভরবেগের মানকে ভৌগলিকগন নিম্নোক্ত ভাবে উল্লেখ করেছেন —

$$m = \left( rv + \frac{fr^2}{2} \right)$$

যেখানে - $m$ = কৌনিক ভর বেগের মান (Constant)

$r$ = ঘূর্ননের কেন্দ্র থেকে পরিধি পর্যন্ত ব্যাসার্ধের মান।

$v$ = উলম্ব অক্ষের সাপেক্ষে ঘূর্ণায়মান বায়ুর গতি।

$f$ = কোরিওলিস প্যারামিটার।

উপরিউক্ত সমীকরন অনুযায়ী ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের কৌনিক ভরবেগের মান নির্দিষ্ট (Constant) ধরা হলে ঘূর্নবাতের ঘূর্ননের মান যদি বৃদ্ধি পায় তবে ঘূর্ণায়মান বায়ুকুন্ডলীর অনুভূমিক প্রসারন (ব্যাসার্ধ) কমতে থাকে। বিপরীত ভাবে ঘূর্ননের গতি কমতে থাকলে অনুভূমিক প্রসারন বাড়ে ও উলম্ব অক্ষের উচ্চতা কমতে থাকে।

## ● ঘূর্নবাতের চক্ষু (Cyclonic Eye)

সম্পূর্ন গঠন যুক্ত ঘূর্নবাতের কেন্দ্রীয় অংশ যেখানের বায়ুর চাপ সবচেয়ে কম সেই অংশকে ঘূর্নবাতের চক্ষু বলা হয়। ঘূর্নবাতের চক্ষু অংশে বায়ুর উষ্ণতা অত্যন্ত বেশি থাকার ফলে উলম্ব উষ্ণবায়ুস্রোত দ্রুত গতিতে উপরের দিকে যেতে থাকে।

## ● বৈশিষ্ট্য ঃ

i) ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের চক্ষু অংশের উষ্ণতা সবচেয়ে বেশি ও বায়ুরচাপ সর্বনিম্ন।

ii) বায়ুর উষ্ণস্রোত বিধ্বংসী গতি সম্পন্ন।

iii) ঘূর্নবাতের চক্ষুটি কুন্ডলীকৃত উষ্ণবায়ুস্রোত দ্বারা সৃষ্টি হয়।

iv) ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের চক্ষুর গড় ব্যাসার্ধ প্রায় 30-40 কিলোমিটার পর্যন্ত হয় তবে সবচেয়ে ক্ষুদ্র পরিসরের ঘূর্নবাতের চক্ষুর ব্যাসার্ধ প্রায় 3 কিলোমিটার ও সবচেয়ে বৃহৎ পরিসরের ঘূর্নবাতের চক্ষুর ব্যাসার্ধ প্রায় 370 কিলোমিটার পর্যন্ত পর্যবেক্ষন করা গেছে।

v) ঘূর্নবাতের চক্ষু অংশে মেঘের উপস্থিতি থাকে না।

vi) ঘূর্নবাতের চক্ষুর পরিধি বরাবর তীব্র বেগে ঘূর্নায়মান বায়ুবেষ্টনী ঘূর্নবাতের চক্ষুর দেওয়াল (Eye wall) নামে পরিচিত।

vii) ঘূর্নবাতের চক্ষুর দেওয়াল বরাবর উলম্ব ভাবে ঘনীভূত বৃষ্টিস্তম্ভ (Rain Band) সৃষ্টি হয়।

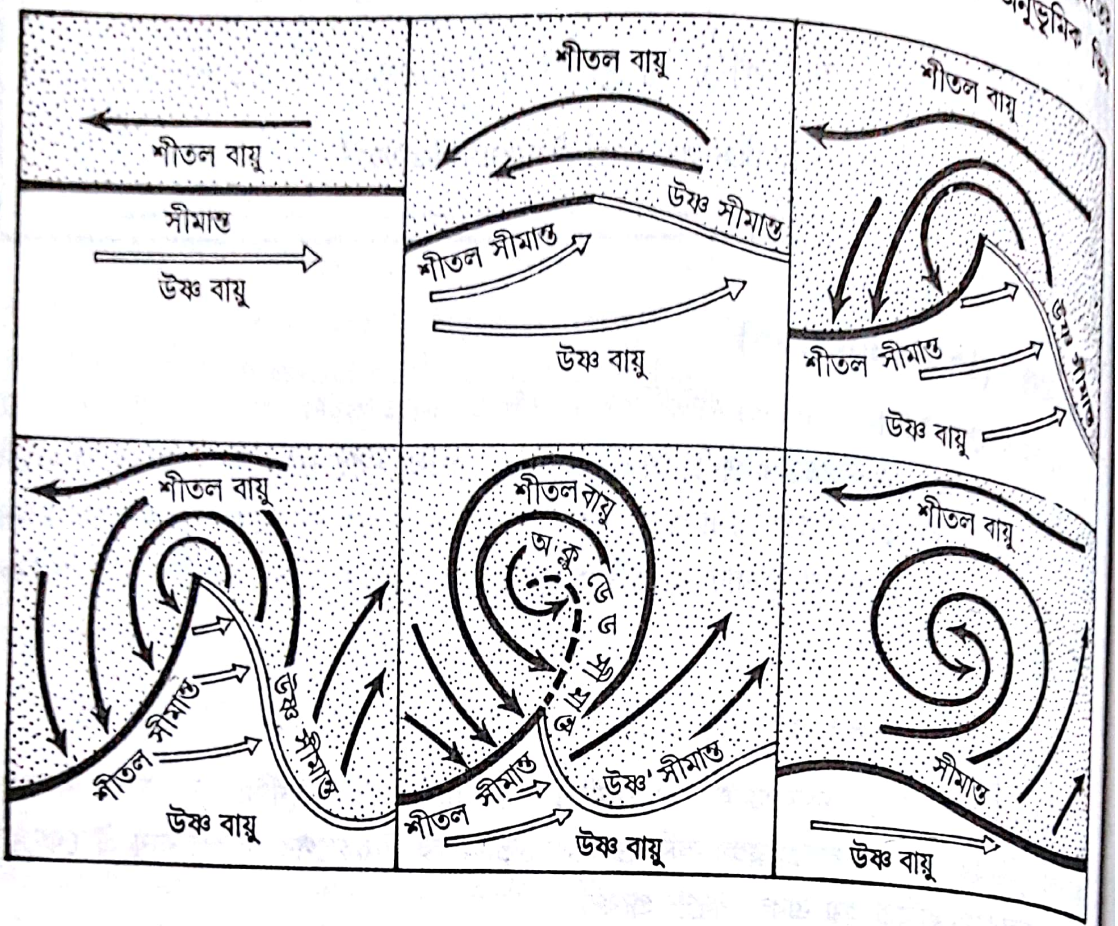
viii) বিধ্বংসী ক্রান্তীয় ঘূর্নবাতের চক্ষু অংশের উষ্ণবায়ুর উর্ধ্বগমন গতি প্রায় 5-10 মিটার প্রতি সেকেন্ডে পরিলক্ষিত হয়।

Scanned by CamScanner

**ঘূর্ণবাতের উৎপত্তি ও গঠন (Origin and Development of a Cyclone) ঃ** একই ...মুখী সম্পূর্ণ ভিন্ন উষ্ণতা ও ঘনত্ববিশিষ্ট দুইটি বায়ুস্রোত (*Air streams of contrasting* ...perature and density) পরস্পর অবস্থান করিলে তাহাদের স্পর্শতলে বা সীমান্তে (*Surface*

Scanned by CamScanner

Front) তরঙ্গের মাধ্যমে কিছুটা আলোড়নের (Disturbance) সৃষ্টি হয়। এই আলোড়ন হইতে ঘূর্ণবাতের উৎপত্তি হইয়া থাকে। সুতরাং, পৃথিবীর যে সকল অঞ্চলে এইরূপ অনুভূমিক তি




*চিত্র ঃ ১.২.২৭ □ ঘূর্ণবাত-চক্রের ছয়টি পর্যায়*

উষ্ণতাযুক্ত (Strong horizontal temperature contrast) বায়ুপুঞ্জ (Air Mass) পরস্পরের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়, সেই সকল অঞ্চলেই ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি হইয়া থাকে।

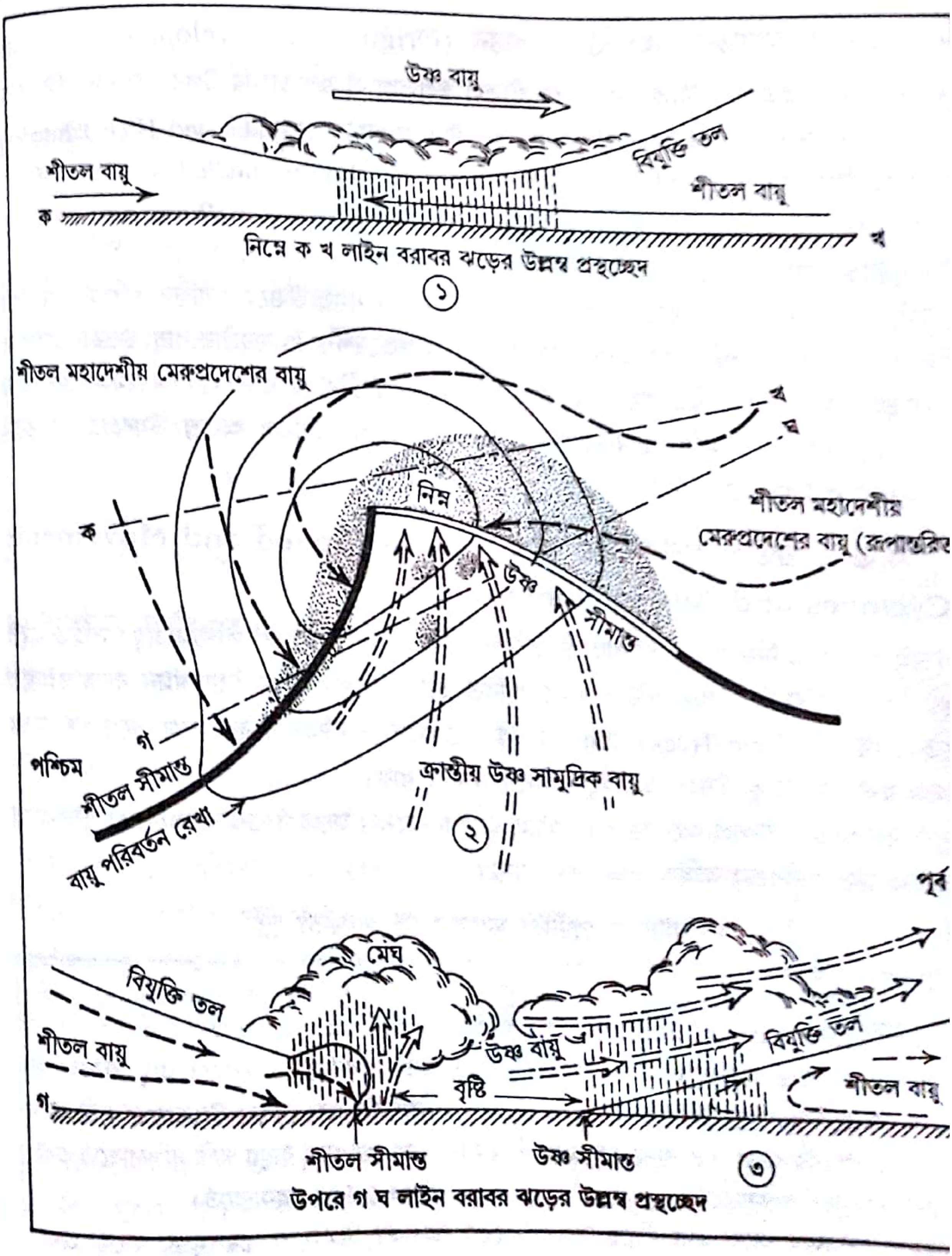
এইরূপ ঘূর্ণবাত এশিয়া ও আমেরিকার পূর্ব উপকূলে এবং অ্যান্টার্কটিকা মহাদেশের সীমান্তবর্তী অঞ্চলে বিশেষতঃ শীতকালে অধিক উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। তবে মধ্য-অক্ষাংশের প্রায় সর্বত্রই এই ঘূর্ণবাতের প্রভাব অনুভূত হয়।

১.২.২৭ নং চিত্রে ঘূর্ণবাতের উৎপত্তির বিভিন্ন পর্যায় দেখানো হইয়াছে। সর্বপ্রথম দুইটি ভিন্নধর্মী বায়ুপুঞ্জ পরস্পরের বিপরীতে অবস্থান করে এবং এই দুই বায়ুপুঞ্জের সীমান্তে (Front) তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। ইহার পর উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের কিয়দংশ শীতল বায়ুপুঞ্জের অভ্যন্তরে বক্রাকারে (Bulge) প্রবিষ্ট হয় (চিত্র নং ১.২.২৭)। দক্ষিণ ও পূর্বে ক্রান্তীয় সামুদ্রিক অঞ্চলের উষ্ণ আর্দ্র বায়ু মেরু-অঞ্চলের দিকে অভিক্ষিপ্ত (Projected) হয়। এই অভিক্ষিপ্ত ক্রান্তীয় উষ্ণ ও আর্দ্র বায়ু পশ্চিমে, উত্তরে এবং উত্তর-পূর্বে শুষ্ক ও শীতল বায়ুদ্বারা (যাহা কখনও কখনও মেরুপ্রদেশ হইতেও আসে) পরিবেষ্টিত হয়। আরও কিছুদূর অগ্রসর হইলে দেখা যায় উষ্ণ ও আর্দ্র বায়ুর এক অংশ (উষ্ণ বায়ু লঘু বলিয়া) শীতল বায়ুর উপর তির্যকভাবে উঠিয়া গিয়াছে এবং অন্য অংশ শীতল বায়ুর উপর উঠিতে সাহায্য করিতেছে। এইরূপে উষ্ণ ও আর্দ্র বায়ুরাশি শীতল বায়ুর উপর উঠিলে তাহা ঘনীভূত হইয়া বৃষ্টিপাত ঘটায় [চিত্র নং ১.২.২৮ (১)]।

এই দুই ভিন্নধর্মী বায়ুপুঞ্জের উষ্ণ বায়ু যেখানে শীতল বায়ুর মধ্যে বাঁকিয়া প্রবেশ করিতেছে সেই সীমান্তকে **উষ্ণ সীমান্ত** (Warm Front) এবং উষ্ণ বায়ুরাশির পশ্চাতে যেখানে শীতল বায়ু আসিয়া উষ্ণ বায়ুকে আঘাত করে, সেই সীমান্তকে **শীতল সীমান্ত** (Cold Front) বলা হয়। এই অংশে

Scanned by CamScanner

শীতল বায়ু অধিক উদ্যোগী (Aggressive) হয় এবং ইহা উষ্ণ বায়ুকে উপরে উঠিতে বাধ্য করে। সাধারণতঃ এই শীতল সীমান্ত উষ্ণ সীমান্ত অপেক্ষা অধিক দ্রুত অগ্রসর হয় এবং ইহা অচিরেই উষ্ণ সীমান্তকে ধরিয়া ফেলে। এইরূপ অবস্থায় মধ্যবর্তী উষ্ণ বায়ু ভূ-পৃষ্ঠ হইতে উর্ধ্বে উঠিয়া পড়ে। ইহাকে অক্লুসান (Occlusion) বলে (চিত্র নং ১.২.২৭)। ইহার পরবর্তী পর্যায়ে ঘূর্ণবাত ক্রমশঃ ক্ষীণ হইতে ক্ষীণতর হইতে থাকে এবং উষ্ণ সীমান্তের পরিবর্তে একটি শীতল সীমান্তে অবস্থান করে। ইউরোপ এবং উত্তর আমেরিকার পশ্চিমে আগত অধিকাংশ ঘূর্ণবাত এই অক্লুসান অবস্থায় (Occluded) আসিয়া উপনীত হয়।




চিত্র ঃ ১.২.২৮ □ একটি আদর্শ ঘূর্ণবাতের বিভিন্ন অংশের প্রস্থচ্ছেদ

Scanned by CamScanner

▶ **ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের প্রকারভেদ (Types of Tropical Cyclone)** ঃ ঝড়ের প্রকৃতি ও তীব্রতা ভেদে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত দুই প্রকার হইতে পারে। যথা—

● **(১) শক্তিশালী ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত (Strong Tropical Cyclone)** ঃ নিরক্ষরেখার ৫° উত্তর ও ৫° দক্ষিণ অক্ষাংশ পর্যন্ত বিস্তৃত সামুদ্রিক অঞ্চলে এই ধরনের ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি হয়। অতিরিক্ত তাপে ঝড়ের কেন্দ্রে একটি নিম্নচাপের সৃষ্টি হয় যেখানে অন্যান্য অঞ্চল হইতে শক্তিশালী বায়ু প্রবল বেগে ধাবিত হয়। ব্যারোমিটারে পারদ দ্রুত ৮৫০–৯৫০ মিলিবারে নামিয়া যায়। কয়েক ঘণ্টায় কখনও কখনও ইহা প্রায় ৪০ মিলিবারেও নামিয়া আসে। এই ঝড়ের কেন্দ্রটিই চক্ষু (Eye) নামে পরিচিত এবং শক্তিশালী ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের ক্ষেত্রেই ইহা প্রযোজ্য।

● **(২) দুর্বল ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত বা ডিপ্রেসন (Weak Tropical Cyclone or Depression)** ঃ বঙ্গোপসাগরে মৌসুমী বায়ুর আগমনে এই ধরনের ঘূর্ণবাত সৃষ্ট হইয়া থাকে। যখন আগুয়ান আর্দ্র মৌসুমী বায়ু শুষ্ক স্থলবায়ুর সংস্পর্শে আসে তখন এই ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি হয়। এইগুলি সাধারণতঃ খুবই দুর্বল প্রকৃতির। ঝড়ের গতিও খুব সামান্য, কখনও কখনও ইহা কোন নির্দিষ্ট অঞ্চলে অবস্থান করে এবং একাদিক্রমে কয়েকদিন ধরিয়া বৃষ্টিপাত ঘটায়।

▶ **ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের উল্লেখনীয় বৈশিষ্ট্যসমূহ (Important Features of Tropical Cyclones)**

(ক) ক্রান্তীয় অঞ্চলে ঝড়ের সমপ্রেষ রেখাগুলির মধ্যে একটি সামঞ্জস্য দেখিতে পাওয়া যায় এবং এইগুলি মোটামুটি গোলাকার। বায়ুচাপের পার্থক্য অধিক থাকায় (Steep Pressure Gradient) বায়ুর গতিবেগ প্রবলতর হয়। হারিকেন বাতাসের গতিবেগ সাধারণতঃ ঘণ্টায় ১২০ কিমি. বা ৭৫ মাইল-এরও বেশি হয়।

(খ) প্রবল বৃষ্টিপাত এবং স্থিতিশীল ঘূর্ণিঝড়ের কেন্দ্রে বৃষ্টিপাতের পরিমাণ সর্বত্র প্রায় সমপরিমাণে হয়।

(গ) ঘূর্ণবাত কেন্দ্রে উত্তাপের বিস্তারও সবদিকে সমান থাকে। মধ্য-অক্ষাংশের ঘূর্ণবাতে যেরূপ শীতল সীমান্ত এবং উষ্ণ সীমান্ত থাকে, এই অঞ্চলে সেইরূপ থাকে না।

(ঘ) ঝড়ের প্রবলতম অংশে বায়ুর বড় রকমের কোন স্থানান্তর হয় না। বাতাস মোটামুটি প্রবল গতিতে কুণ্ডলাকারে কেন্দ্র হইতে উর্ধ্বে ঘুরিতে ঘুরিতে উঠিতে থাকে।

(ঙ) ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে অধিক সংঘটিত হয়।

(চ) হারিকেন ঝড়ের কেন্দ্রের ৮-৪৮ কিমি. ব্যাসযুক্ত অঞ্চল মোটামুটি শান্ত ও বৃষ্টিহীন থাকে। এই অঞ্চলের বাতাস উপর হইতে নীচে নামে। এই ঝড়ের কেন্দ্রকে **ঝড়ের চক্ষু** বা Eye of the Storm বলে।

(ছ) নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাতের মতো ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের সহিত প্রতীপ ঘূর্ণবাতের আগমন হয় না।

Scanned by CamScanner

সারণী ঃ 9.3 ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত ও নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্নবাতের পার্থক্য ঃ

| ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত | নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্নবাত |
|---|---|
| i) গ্রীষ্মকালে সৃষ্টি হয় | i) শীতকালে সৃষ্টি হয়। |
| ii) সমুদ্র পৃষ্ঠের গড় উষ্ণতা প্রায় 28°C এর বেশি হলে ঘূর্নবাত সৃষ্টির পুর্বাবস্থা সৃষ্টি হয়। | ii) সমুদ্রপৃষ্ঠ সহ স্থলভাগের উপর সৃষ্টি হয়। |
| iii) ক্রান্তীয় ঘূর্নবাত সৃষ্টির সময় বায়ুসীমান্তের প্রয়োজন হয় না। | iii) এই ধরনের ঘূর্নবাত সৃষ্টির ক্ষেত্রে বায়ুসীমান্তের প্রয়োজন হয়। |
| iv) অধিক শক্তিশালী ও বিধ্বংসী প্রকৃতি হয়। | iv) এই ধরনের ঘূর্নবাত গুলো কম শক্তিশালী তাই ক্ষয়ক্ষতির পরিমাণ কম হয়। |
| v) ঘূর্নবাতের চক্ষুর বায়ু শান্ত প্রকৃতির। | v). ঘূর্নবাতের চক্ষুর বায়ু উর্ধ্ব গতি সম্পন্ন। |
| vi) ঘূর্নবাতের চক্ষুকে বেষ্টনকারী সমচাপ রেখাগুলো প্রায় বৃত্তাকার ভাবে বিস্তৃত হয়। | vi) ঘূর্নবাতের চক্ষু কেন্দ্রীক সমচাপ রেখাগুলো উপবৃত্তাকার। |
| vii) কম ব্যসার্ধ সম্পন্ন ঘূর্ণায়মান কুন্ডলী বিধ্বংসী আবহাওয়া ও বজ্রবিদ্যুৎ সহ প্রবল বৃষ্টিপাত ঘটায়। | vii) বিশাল ভৌগোলিক অঞ্চলজুড়ে সৃষ্টি হয় ও ক[illegible] ক্ষমতা সম্পন্ন। |

Scanned by CamScanner

## ■ নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাত বা মধ্য-অক্ষাংশীয় ঘূর্ণবাত (Temperate Cyclone or Extra-tropical Cyclone or Mid-latitudinal Cyclone)

ঘূর্ণবাত বলিতে নিম্নচাপবিশিষ্ট ঝড়কে বোঝায়। আবহ মানচিত্রে ইহা ঘনসন্নিবিষ্ট সমপ্রেষ রেখা-বেষ্টিত এক নিম্নচাপবিশিষ্ট অঞ্চলকে নির্দেশ করে। বায়ুপ্রবাহ, উষ্ণতা ও আর্দ্রতা ইত্যাদির গঠন নিয়মিত না হইয়া অধিকাংশ ঘূর্ণবাতেই অনিয়মিত হইয়া থাকে।

▸ **নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি (Development of Temperate Cyclone) ঃ** দুইটি বায়ুপুঞ্জের সীমান্ত-বরাবর এই ঘূর্ণবাত আত্মপ্রকাশ করে। এই বায়ুপুঞ্জ দুইটির উষ্ণতা, ঘনত্ব এবং দিক ভিন্ন ভিন্ন হইয়া থাকে। বায়ুপুঞ্জের এই সীমান্ত মেরু-সীমান্ত বা অন্য কোন সীমান্ত হইতে পারে। যে সকল অঞ্চলে অসমধর্মী বৃহদায়তন বায়ুপুঞ্জ মিলিত হয়, তাহাদের **উৎস-সীমান্ত** (Frontogenesis) বলে। বিপরীত পক্ষে, যে সকল অঞ্চলে বায়ুপুঞ্জ বিপরীত দিকে চালিত হয় এবং সীমান্ত বিনষ্ট হয়, তাহাদের বলে **বিশ্লিষ্ট সীমান্ত** (Frontolysis)।

জে. বার্কনেস্ (J. Bjerkness) বহুসংখ্যক নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাত অনুসন্ধান করিয়া একটি 'ঘূর্ণবাত মডেল' প্রস্তুত করেন, যাহা একটি ঘূর্ণবাতের আবশ্যকীয় বৈশিষ্ট্যগুলি প্রদর্শন করে। এই মডেলটিকে একটি আদর্শ ঘূর্ণবাতের নমুনাচিত্র রূপে গণ্য করা যায়।

● **ঘূর্ণবাত মডেল (Cyclone Model) ঃ** বার্কনেস্ দেখাইয়াছেন, একটি ঘূর্ণবাত সাধারণভাবে একটি সীমান্ত দ্বারা বিচ্ছিন্ন দুইটি বায়ুপুঞ্জ কর্তৃক গঠিত হয়। উষ্ণ বায়ুর একটি বর্ধিত ভাগ, প্রধানতঃ দক্ষিণ হইতে আসিয়া ঘূর্ণবাতের মধ্যস্থল পর্যন্ত অগ্রসর হইতে থাকে যেস্থানে বায়ুচাপ সর্বনিম্ন হয়। উষ্ণ বায়ুর এই বর্ধিত ভাগকে (Tongue) **উষ্ণ অংশ** (Warm Sector) বলা হয়।

উষ্ণ অংশ সাধারণতঃ মেরু-অঞ্চলে উৎপন্ন শীতল বায়ু দ্বারা বেষ্টিত থাকে এবং এই বায়ু উৎপন্ন হয় প্রধানতঃ ক্রান্তীয় অঞ্চলে। এইভাবে ভিন্ন ধরনের উষ্ণতা ও ভিন্ন জীবন-ইতিহাসযুক্ত দুইটি বায়ুপুঞ্জের দ্বারা একটি ঘূর্ণবাত গঠিত হয়। যেহেতু ইহা অবশ্যই মেরুবায়ুপুঞ্জের দক্ষিণ প্রান্তসীমাকে নির্দেশ করে, সেইহেতু যে সীমান্তটি ঘূর্ণবাতের দিকে ধাবিত হয়, তাহাকে **মেরু-সীমান্ত** (Polar Front) বলে। সীমান্তের দক্ষিণ অংশের উষ্ণতর বায়ু শীতলতর বায়ুর স্থান অধিকার করে, শীতলতর বায়ু উষ্ণতর বায়ুর স্থান দখল করে। সীমান্তের এই অংশটিকে বলে **শীতল সীমান্ত** (Cold Front)।

অধিকন্তু দেখা যায় যে, মুখ্য মেঘবিন্যাস এবং বর্ষণাঞ্চলসমূহ সীমান্ত-বরাবর শীতলতর অংশে প্রায় অবিচ্ছিন্নভাবে বিন্যস্ত হইয়াছে।

**উষ্ণ সীমান্ত (Warm Front) ঃ** শীতল বায়ু উষ্ণ সীমান্তের আগেই উর্ধ্বস্থিত উষ্ণ বায়ুর নীচে একটি **কীলক** (Wedge) গঠন করে। উষ্ণ বায়ু শীতল বায়ু অপেক্ষা হাল্কা বলিয়া ঢাল-বরাবর উঠিয়া যায়। যখন এইভাবে ইহা নিম্নচাপের অন্তর্গত হয় এবং প্রসারিত হইবার ফলে শীতল হয় (Cooled Adiabetically), তখন জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন ঘটে। এইভাবে উষ্ণ বায়ুর পুরোভাগের মেঘবিন্যাস

Scanned by CamScanner

প্রকৃতপক্ষে শীতল বায়ুর কীলক-এর উপর অবস্থান করে। উষ্ণ সীমান্ত-পৃষ্ঠের ঊর্ধ্বতম অংশে মেঘরাজি ঊর্ধ্বে হাল্কা স্তরে (Cirrus and Cirrostratus) অবস্থান করে। নিম্নদেশে মেঘমণ্ডলী ঘন (Altostratus) হয় এবং ক্রমশঃ তাহা বৃষ্টিমেঘে (Nimbostratus) মিশিয়া যায়।

**শীতল সীমান্ত** (Cold Front) ঃ শীতল বায়ু উষ্ণতর বায়ুকে পশ্চাৎ হইতে ধাক্কা দেওয়ায় উষ্ণ বায়ুর ঊর্ধ্বক্ষেপ ও শীতলীকরণের ফলে মেঘরাজির সৃষ্টি হয়। এই মেঘবিন্যাস উষ্ণ সীমান্তে সৃষ্ট মেঘপুঞ্জের মতো তত বিস্তৃত নহে। তবে শীতল সীমান্তের মেঘবিন্যাসে তারতম্য হইয়া থাকে।

**শক্তির উৎস** (Source of Energy) ঃ **বার্কনেস্**-এর ঘূর্ণবাত মডেলে কেবল একটি ঘূর্ণবাতের গঠন বা শারীরবৃত্তই নির্দেশিত হয় নাই, ইহার শক্তির উৎসও নির্দেশ করা হইয়াছে। এইভাবে শীতল ও উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের পাশাপাশি অবস্থানের ফলে একটি সম্ভাব্য শক্তি বা তাপীয় শক্তির উদ্ভব হইয়াছে, যাহা হইতে এক গতি-সঞ্চারক তাপীয় শক্তির (Kinetic Energy) সৃষ্টি হয়। অধিকন্তু, ঊর্ধ্বগামী বায়ুতে ঘনীভবন ঘটে, বাষ্পীভবনের ফলে লীনতাপ নির্গত হয় এবং প্রাপ্ত শক্তির সহিত তাহা যুক্ত হয়।

● **ঘূর্ণবাতোত্তর মডেল পর্যায়** (Post-cyclone Model Stage) ঃ পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, ঘূর্ণবাত তরঙ্গ ঘূর্ণবাত মডেল পর্যায়ে পৌঁছাইবার পরও বৃদ্ধি পাইতে থাকে। পরিশেষে, শীতল সীমান্ত উষ্ণ সীমান্তকে অতিক্রম করে এবং একটি অক্লুডেড সীমান্ত গঠিত হয় (চিত্র নং ঃ ১.২.২৭)।

যদি শীতল সীমান্তের পশ্চাতের বায়ু উষ্ণ সীমান্তের অগ্রবর্তী বায়ু অপেক্ষা শীতল হয়, তাহা হইলে শীতল সীমান্তের অনুরূপ একটি অক্লুসন তৈরি হয়। যদি উষ্ণ সীমান্তের অগ্রবর্তী বায়ু শীতল সীমান্তের পশ্চাতের বায়ু অপেক্ষা শীতল হয়, তাহা হইলে উষ্ণ সীমান্তের অনুরূপ একটি অক্লুসন গঠিত হয়। যেহেতু অক্লুসন প্রক্রিয়া চলিতে থাকে, অক্লুডেড সীমান্ত ভাঙ্গিয়া যায় (Dissolves) এবং ঘূর্ণবাত প্রায়-সমধর্মী বিস্তীর্ণ বাত্যাঞ্চলে আত্মপ্রকাশ করে, সেইহেতু তাহা একটি ঘূর্ণবাতের অবসান তথা মৃত্যুকেই নির্দেশ করে।

Scanned by CamScanner

## ■ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Thunderstorm)

স্থানীয় ঝড় যখন বজ্রবিদ্যুৎসহ হয়, তখন তাহাকে ইংরাজীতে Thunderstorms বলে। Thunderstorm হইল সর্বাপেক্ষা ভীষণ অস্থির বর্ষণ। কারখানার ধূম্ররাশি যেমন ভীষণ বেগে চিমনির মধ্য দিয়া ঊর্ধ্বে উৎক্ষিপ্ত হয়, একটি বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ে উষ্ণ বায়ু সেইভাবে ঊর্ধ্বে উত্থিত হয়। ইহা একটি আদর্শ কক্ষাকৃতি উল্লম্ব বায়ুপ্রবাহ, যাহার অভ্যন্তরে কতকগুলি পরিচলন কক্ষ থাকে।

**▶ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের অনুকূল অবস্থা (Conditions Favourable for Thunderstorm) :** বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের জন্য নিম্নলিখিত অবস্থাগুলির উপস্থিতি প্রয়োজন :

● **(i) উষ্ণ ও আর্দ্র অস্থির বায়ু (Warm Humid Unstable Air) :** বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সৃষ্টির জন্য উষ্ণ ও আর্দ্র অস্থির বায়ুর পর্যাপ্ত সরবরাহ অক্ষুণ্ণ থাকা প্রয়োজন, যাহাতে ঝড় বহিয়া যাইবার জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি বজায় থাকে। সাধারণভাবে বায়ুপুঞ্জের আপেক্ষিক আর্দ্রতা ৭৫%-এর বেশি থাকা দরকার। উচ্চতা বৃদ্ধির সহিত উষ্ণতা হ্রাসের হার (Lapse Rate) শর্তসাপেক্ষ বা পরিচলনগতভাবে ১০° সেঃ (১৮° ফাঃ) সমোষ্ণরেখার দিকে বা ইহার ঊর্ধ্বে অস্থির থাকিবে।

● **(ii) ঘনীভবন স্তর ও হিমায়ন স্তর ((Saturation Level and Iceing Level) :** বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সৃষ্টির জন্য ঘনীভবন স্তর ও হিমায়ন স্তরের মধ্যে মেঘের গভীরতা যথেষ্ট থাকা প্রয়োজন। সাধারণভাবে এই গভীরতা ৩,০০০ মিটারের অধিক হয়। মধ্য-অক্ষাংশে ঊর্ধ্বগামী বায়ু হিমায়ন স্তরে না পৌছানো পর্যন্ত সামান্যই বজ্রঝড় হয়।

**▶ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সৃষ্টির পর্যায়সমূহ (Stages in the Development of Thunderstorm) :** কোন একক বজ্রঝড়ের আয়ুষ্কাল খুবই কম এবং ইহার সমগ্র জীবন-চক্র মাত্র ১–২ ঘণ্টা স্থায়ী হয়। সৃষ্টিকালে বাহিরের বায়ু অপেক্ষা মেঘ উষ্ণতর থাকে, যাহাতে মেঘবাহী বায়ুর ঊর্ধ্বে উৎক্ষেপণ দ্রুততর হয়। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে উচ্চতা বৃদ্ধি পাইলে মেঘের উৎক্ষেপণ বৃদ্ধি পায় এবং যে উচ্চতায় উষ্ণতা হিমাঙ্কের নিম্নে থাকে, সেখানে দ্রুত মেঘ গড়িয়া উঠে। ইতিমধ্যে প্রচুর পরিমাণে মেঘবিন্দু, বৃষ্টিবিন্দু এবং বরফকুচি মেঘে জমা হয়। ক্রমে পুঞ্জীভূত জলের পরিমাণ এত বেশি হয় যে, উহা বায়ুর ঊর্ধ্বে বহন-ক্ষমতার তুলনায় ভারী হইয়া পড়ে। ইহার ফলে তখন মেঘের মধ্য দিয়া জল পড়িতে শুরু করে। পতনশীল জলের ঘর্ষণজনিত আকর্ষণ বায়ুর উৎক্ষেপণকে নিম্নক্ষেপে পরিবর্তন করে এবং এক ভারী বর্ষণ শুরু হয়, যাহা একটি ঝড়ের পরিণত পর্যায়ের শুরুকে চিহ্নিত করে।

পরিণত অবস্থায় **ঊর্ধ্বক্ষেপ** (Updraft) এবং **নিম্নক্ষেপ** (Downdraft) পাশাপাশি থাকে। পতনশীল তুষার ও বৃষ্টি (উপরের শীতল বায়ুপুঞ্জ হইতে আগত বলিয়া) বায়ুর নিম্নক্ষেপকে শীতল করে, যাহা ভূমির উপর অনুভূমিকভাবে এক আর্দ্র-শীতল বায়ুরূপে ছড়াইয়া পড়ে।

পরিণত অবস্থায় নিম্নক্ষেপ ঊর্ধ্বক্ষেপ অপেক্ষা অধিক হইবে এবং কিছুক্ষণ পরে ঝড় শেষ অবস্থায় পৌছাইবে। এই শেষ অবস্থাটিকে **ক্ষীয়মাণ পর্যায়** (Dissipating Stage) বলা হয়। ইহার

Scanned by CamScanner

পর মেঘে জলের সরবরাহ নিঃশেষিত হইবে, বৃষ্টির প্রগাঢ়তা কমিবে এবং ক্রমে মেঘ দ্রবীভূত হইবে বা অনিয়মিতভাবে খণ্ড-বিখণ্ড হইয়া নিম্ন আকাশে বিক্ষিপ্তভাবে অবস্থান করিবে। উপরের আকাশে তখন ঘন সিরাস মেঘের খণ্ডাংশ দৃশ্যমান হইবে।

▶ **বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ে বৃষ্টি** (Rain in Thunderstorm) ঃ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ে বৃষ্টি অধিকতর তীব্র (Intense) হইলেও ঘূর্ণিঝড়ের তুলনায় অপেক্ষাকৃত কম সময় ধরিয়া হয়। এই কারণে আমরা বজ্রবিদ্যুৎসহ বৃষ্টি (Thundershower) না বলিয়া সাধারণতঃ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের (Thunderstorm) কথাই বলি। এই ভারী বর্ষণ-প্রকৃতির অধঃক্ষেপণের শর্ত হইল ঃ

(ক) অধিকাংশ ক্ষেত্রে ঘূর্ণিঝড় অপেক্ষা অধিক দ্রুততরবেগে বায়ুর উল্লম্ব উর্ধ্বগমন (মিনিটে অন্ততঃ ৭৫০ মিটার উর্ধ্বগতি) এবং (খ) অধিকতর উষ্ণতা। এই কারণে গ্রীষ্মে যখন বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের আগমন ঘটে তখন বায়ুতে অধিকতর আপেক্ষিক আর্দ্রতা থাকে।

▶ **শিলাবৃষ্টি** (Hail) ঃ খুব নিবিড় প্রকৃতির বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় শিলাবৃষ্টি নামে পরিচিত। এই ঝড়ে সর্বাপেক্ষা ধ্বংসাত্মক প্রকৃতির অধঃক্ষেপণ ঘটে। সৌভাগ্য এই যে, এই অধঃক্ষেপণ কেবল কয়েকটি সীমিত অঞ্চলে এবং খুব সীমিত ক্ষেত্রে ঘটিয়া থাকে। সমগ্র ঝড়ের অধঃক্ষেপণের সহিত এই বৈশিষ্ট্য সম্পর্কিত না হইয়া ঝড়ের নির্দিষ্ট কক্ষের সহিত ইহা সম্পর্কিত। অতি হিমায়িত (Super Cooled) জল পরস্পর মিশ্রিত হইয়া মেঘের মধ্য দিয়া পতিত হইলে শিলাবৃষ্টির উদ্ভব হয়। ইহার পিঁয়াজের ন্যায় বা স্তরায়িত গঠনের কারণ হইল ভীষণ গতির কিউম্যুলাস মেঘের বিষম প্রকৃতি। বিমানের গায়ে জমাট বাঁধা বরফ লক্ষ্য করিলে শিলা (Hail) গঠনের প্রক্রিয়াটি বোঝা যায়। ইহাতে একটি স্তরায়িত গঠন লক্ষ্য করা যায়। শিলার আকৃতি কখনও কখনও একটি গল্‌ফ বল বা উহা অপেক্ষাও বড় হইতে দেখা যায়। যখন উর্ধ্বগতিসম্পন্ন বায়ু দুর্বলতর হয় তখন শিলাগুলি বেগে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়।

▶ **বিদ্যুৎ ও বজ্র** (Lightning and Thunder) ঃ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের সাধারণ বৈশিষ্ট্য তিনটি—বিদ্যুৎ, বজ্রপাত এবং ঝোড়ো বাতাস। বিদ্যুৎ ঝলকানির সৃষ্টি হয় বড় বৃষ্টিবিন্দুগুলি বিচ্ছিন্ন হইবার পর, দ্রুত উর্ধ্বগামী বায়ুস্থিত বিদ্যুতে শক্তিশালী 'চার্জ' (Charge) উৎপন্ন হইবার ফলে। শিলাবৃষ্টির মতো বিদ্যুৎ ঝলকানিও ভীষণ বেগসম্পন্ন পরিচলন ঝড়ের একটি বৈশিষ্ট্য, যাহা উষ্ণ অঞ্চলে উষ্ণ ঋতুতে সংঘটিত হয়।

ছড়াইয়া পড়িবার পূর্বে বৃষ্টিবিন্দুসমূহ বিদ্যুতের সমপরিমাণে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক 'চার্জ' বহন করে বলিয়া এইগুলি নিরপেক্ষ প্রকৃতির থাকে। কিন্তু বৃষ্টিবিন্দু ভীষণ গতির পরিচলন বায়ুস্রোতে বিচ্ছিন্ন হইলে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক 'চার্জ'-সহ মেঘপুঞ্জের এক অংশে কেন্দ্রীভূত হয়। ইহার ফলে মেঘ ও পৃথিবী-পৃষ্ঠের মধ্যে এবং মেঘেরই বিভিন্ন অংশের মধ্যে সম্ভাব্য বিদ্যুতের এক বিরাট ব্যবধান সৃষ্ট হয়। যখন বিদ্যুৎ সম্ভাবনা অতিমাত্রায় বৃদ্ধি পায় তখন বিদ্যুৎ ঝলকানি ঘটে। এইরূপ বিদ্যুতের ৬৫% মেঘমণ্ডলীর মধ্যেই ঘটিয়া থাকে। বিকট শব্দ বা বজ্র এই বিদ্যুৎঝলকের অনুগামী হয়, কারণ শব্দের গতি আলোর গতি অপেক্ষা ধীরগামী।

▶ **ঝঞ্ঝাবাত্যা** (Thunder Squall) ঃ ঝড়ের উষ্ণ বায়ু নিকটস্থ নিম্নগামী শীতল বায়ুর সহিত মিশ্রণে নিম্ন উচ্চতায় একটি ঝঞ্ঝাবাত্যা সৃষ্টি করে এবং বজ্রঝড়ের সম্মুখে ঝঞ্ঝাবাত্যারূপে নামিয়া আসে।

Scanned by CamScanner

**▶ বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের প্রকারভেদ (Types of Thunderstorm) :** খুব আর্দ্র বায়ুতে উচ্চতা বৃদ্ধির ফলে উষ্ণতা হ্রাসের হার খুব দ্রুততর হইলে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের উদ্ভব ঘটে। সুতরাং প্রক্রিয়াভেদে এই ঝড়কে কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়।

**বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়**

- (ক) বায়ুপুঞ্জের প্রকৃতিভেদে (Airmass Type)
  - (i) স্থানীয় বা তাপীয়
  - (ii) শৈলবাধাজনিত
  - (iii) অনুভূমিক প্রবাহজনিত
- (খ) সীমান্তের প্রকৃতিভেদে (Frontal Type)
  - (i) শীতল সীমান্ত
  - (ii) উষ্ণ সীমান্ত

### *(ক) বায়ুপুঞ্জের প্রকৃতিভেদে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Airmass Type Thunderstorm)*

- **(i) স্থানীয় বা তাপীয় বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Local or Heat Thunderstorm) :** সূর্যরশ্মির তাপে ভূ-পৃষ্ঠ উত্তপ্ত হইয়া উঠিয়া যে উষ্ণ বায়ুর পরিচলন ঘটায়, উহার ফলে উষ্ণ ঋতুতে দিনের উষ্ণভাগে এই ঝড় হয়।

- **(ii) শৈলবাধাজনিত বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Orographic Thunderstorm) :** পরিচলনগত অস্থির বায়ুপুঞ্জ পর্বত বা মালভূমিতে বাধাপ্রাপ্ত হইলে উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের যে যান্ত্রিক উত্থান ঘটে, তাহাতে এই ঝড়ের সৃষ্টি হয়। পূর্ব হইতেই অস্থির উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের এইরূপ উত্থানের ফলে বায়ু যে বিপুল লীনশক্তি (Latent Energy) ধারণ করিয়াছিল তাহা মুক্তি পায়। এই কারণে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সমভূমি অপেক্ষা পার্বত্য অঞ্চলে এবং শীতকাল অপেক্ষা গ্রীষ্মকালে বেশি হইতে দেখা যায়।

- **(iii) অনুভূমিক প্রবাহজনিত বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Advective Thunderstorm) :** নিম্নে উষ্ণ বায়ুর পরিবহন (Advection) অথবা ঊর্ধ্বে শীতল বায়ুর পরিবহন (Advection)-এর ফলে এই ঝড় হইতে পারে। যদি নিম্ন অংশে উষ্ণ বায়ু অনুভূমিকভাবে প্রবাহিত হয় এবং ঊর্ধ্ব বায়ুর তাপমাত্রা একই থাকে, তাহা হইলে উষ্ণতা হ্রাসের হার (Lapse Rate) যথেষ্ট বেশি বা খাড়াই (Steep) হয়, যাহাতে শক্তিশালী পরিচলন বায়ুর সৃষ্টি হয়। সমভূমি অঞ্চলসমূহে রাত্রিকালীন যে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় হয় তাহা সাধারণতঃ ১ হইতে ২ মিটার উচ্চতায় উষ্ণ বায়ুর অনুভূমিক প্রবাহের ফলে সংঘটিত হয়।

### *(খ) সীমান্তের প্রকৃতিভেদে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Frontal Thunderstorm)*

- **(i) শীতল সীমান্তের বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Cold Front Thunderstorm) :** এই ঝড় সরাসরি শীতল সীমান্তের কার্যকলাপে উৎপন্ন হয়। সুগঠিত V-আকৃতির গ্রীষ্মকালীন ঘূর্ণিঝড়ের বায়ু-স্থানান্তর রেখা বরাবর (Wind shift line) এই ঝড় গঠন শীতল সীমান্তের বৈশিষ্ট্য।

Scanned by CamScanner

• (ii) **সীমান্তপূর্ব বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Pre-frontal Thunderstorm) ঃ** একটি শীতল সীমান্ত হইতে ৩৫০–৫০০ কিলোমিটার দূরে এই ঝড়ের উদ্ভব হয়। এই ঝড়গুলি শীতল সীমান্তের মোটামুটি সমান্তরাল রেখায় (Line) গঠিত হয়। কখনও কখনও সুগঠিত একটি Thunder Squall Line-এর পরিবর্তে প্রায় সমান্তরাল রেখায় একাধিক বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের সৃষ্টি হয়। এইরূপ সীমান্তপূর্ব বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় দিন বা রাত্রির যে কোন সময়ে হইতে পারে ; তবে প্রধানতঃ অপরাহ্নের শেষভাগে বা সন্ধ্যায় বেশি হয়। গভীর শীতল সীমান্তে ঝড়ের সাধারণ বৈশিষ্ট্যগুলি এই ঝড়ে লক্ষ্য করা যায়।

• (iii) **উষ্ণ সীমান্তের বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় (Warm Front Thunderstorm) ঃ** এই ঝড় শীতল সীমান্তের ঝড়ের মতো অধিক সংখ্যায় হয় না ; কারণ উষ্ণ সীমান্তে ছেদপৃষ্ঠ (Warm Discontinuity Surface) বেশি পাওয়া যায় না। এই ঝড় সবসময় অত্যন্ত উষ্ণ আর্দ্র এবং অতি অস্থির বায়ুর সহিত সংঘটিত হয়।

► **বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় অঞ্চল (Thunderstorm Region) ঃ** ক্রান্তীয় মণ্ডলের অভ্যন্তরে নিরক্ষরেখার সংলগ্ন অঞ্চলে উষ্ণ বায়ুপুঞ্জ মিলিত হয়। এই অঞ্চলে অধিক উষ্ণতা এবং অধিক আর্দ্রতা বরাবর বজায় থাকে, যাহা বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সৃষ্টির জন্য আদর্শ অবস্থার সৃষ্টি করে। এই কারণে নিরক্ষীয় অঞ্চলেই সর্বাধিক বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড় সংঘটিত দিবস লক্ষ্য করা যায়। নিরক্ষরেখা হইতে মেরুদ্বয়ের দিকে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের সংখ্যা আনুপাতিক হারে কমিতে থাকে।

৬০°–৭০° অক্ষাংশের বাহিরে বজ্রবিদ্যুৎসহ ঝড়ের সংখ্যা নগণ্য। মেরুপ্রদেশের দিকে এই ঝড়ের সংখ্যার স্বল্পতা শক্তিশালী পরিচলন বায়ু সৃষ্টিতে অধিক উষ্ণতার গুরুত্বের কথাই প্রমাণ করে।

Scanned by CamScanner