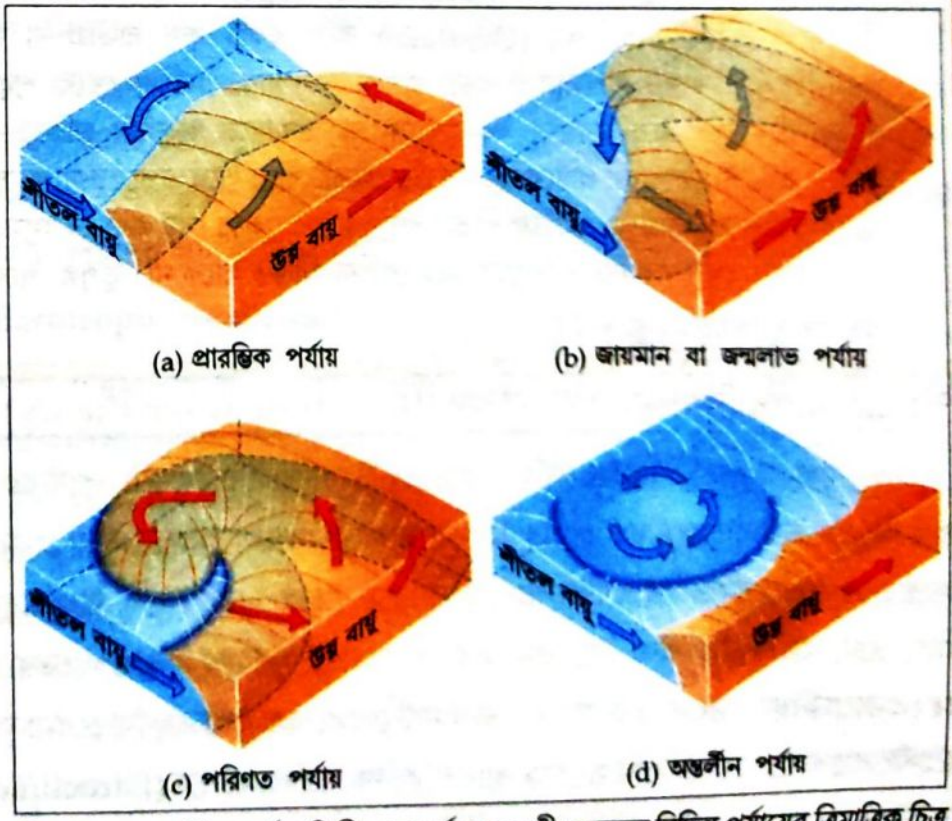
শীতল হওয়ায় ঊর্ধ্বমুখী শীতলবায়ু তার পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলীয় উষ্ণতার তুলনায় শীতল হয়ে পড়ে কিন্তু তা সত্ত্বেও ঘূর্ণবাতের মধ্যে তৈরি হওয়া গতিশক্তি অভিকর্ষজ বলের বিরুদ্ধে শীতলবায়ুকে ওপরে উঠতে সাহায্য করে। এভাবে শীতল বায়ুর ঊর্ধ্বপ্রবাহ ততক্ষণ চলতে থাকে যতক্ষণ গতিশক্তি সম্পূর্ণ নষ্ট না হয়। একসময় স্থৈতিক শক্তি শেষ হলে এর গতিশক্তিতে রূপান্তর বন্ধ হয়ে যায় এবং ধীরে ধীরে শীতলবায়ুকে ওপরে তুলতে সহায়তাকারী গতিশক্তির পরিমাণ শেষ হয়ে পড়ে। পরিণামে ঘূর্ণবাতের সমস্ত শক্তিই নিঃশেষ হয়ে যায়।

এভাবে মেরুবৃত্ত প্রদেশীয় অঞ্চলে সীমান্ত সৃষ্টির প্রক্রিয়া (frontogenisis) দ্বারা উষ্ণবায়ুকে সীমান্ত বরাবর ঊর্ধ্বমুখে চালিত করে বায়ুতে অবস্থিত স্থৈতিক শক্তিকে গতিশক্তিতে রূপান্তর দ্বারা নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাত সম্পূর্ণরূপে বিকাশ লাভ করে। আবার, অক্লুসনের পর ঊর্ধ্ববায়ুমণ্ডলে ঊর্ধ্বমুখী উষ্ণবায়ুর অ্যাডিয়াবেটিক শীতলীকরণের মাধ্যমে স্থিতিশীলতা লাভ করে গতিশক্তি পুনরায় স্থৈতিক শক্তিতে রূপান্তর এবং নিম্ন বায়ুমণ্ডলে সীমান্ত বরাবর শীতলবায়ুকে অভিকর্ষের বিপরীতে ওপরের দিকে চালিত করে গতিশক্তি ক্ষয়ের দ্বারা ঘূর্ণবাতটি সম্পূর্ণ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয়।

প্রচলিত মেরুসিমান্ত তত্ত্ব (Conventional Polar front theory) :

বার্কনেস প্রদত্ত মেরু সীমান্ত তত্ত্বটি পরবর্তীকালে স্ট্রলার (1965), ব্যারি ও চোরলে প্রমুখেরা সামান্য পরিবর্তন করে, সাধারণীকরণ (generalization) করার চেষ্টা করেন। তাঁরা মূলত বার্কনেস বর্ণিত ঘূর্ণবাত বিকাশের ৪টি পর্যায়কে 4টি পর্যায়ের মধ্যে সংঘবদ্ধ করেন এবং প্রতিটি পর্যায়ের ত্রিমাত্রিক অবয়ব (model) দেওয়ার চেষ্টা করেন। এই পর্যায়গুলি সম্মিলিতভাবে **ঘূর্ণবাতের জীবনচক্র** নামে পরিচিত। এদের সম্বন্ধে নীচে আলোচনা করা হল—

1. **প্রারম্ভিক পর্যায় (Initial Stage) :** ঘূর্ণবাত সৃষ্টির প্রারম্ভে (চিত্র—19.7a) মেরু অঞ্চল থেকে আগত ভারী, শীতল ও শুষ্ক মেরু বায়ুপুঞ্জ এবং ক্রান্তীয় অঞ্চল থেকে আগত হালকা, উষ্ণ ও আর্দ্র উপক্রান্তীয় বায়ুপুঞ্জ (পশ্চিমা বায়ু) নাতিশীতোষ্ণ অঞ্চলে উপস্থিত হওয়ার পর এই দুই বায়ুপুঞ্জ পরস্পরের বিপরীতে প্রবাহিত হয়। মেরু বায়ুপুঞ্জ পূর্ব দিক থেকে পশ্চিম দিকে এবং উপক্রান্তীয় বায়ুপুঞ্জ পশ্চিম থেকে পূর্ব দিকে প্রবাহিত হয়। এই দুই বায়ুপুঞ্জ খুব কাছাকাছি চলে এলে এদের মাঝখানে একটি সীমান্ত বা বায়ুপ্রাচীরের সৃষ্টি হয় এবং ওই সীমান্ত বরাবর অত্যন্ত মৃদু আলোড়ন শুরু হয়। এই পর্যায়ে সীমান্ত প্রায় একই জায়গায় স্থির থাকে। এ সময়ে বাতাসের কোনোপ্রকার স্থানান্তর ঘটে না।



চিত্র : 19.7 একটি আদর্শ নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাতের জীবনচক্রের বিভিন্ন পর্যায়ের ত্রিমাত্রিক চিত্র

উৎস : Barry and Chorley (2009), Atmosphere, weather and climate

2. **জায়মান বা জন্মলাভ পর্যায় (Incipient Stage) :** এই পর্যায়ে (চিত্র—19.7b) সীমান্তপৃষ্ঠে তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। আঞ্চলিকভাবে পাহাড়-পর্বতের অবস্থানের জন্য কিংবা বায়ুর চাপঢালের পরিবর্তনের ফলে উত্তর গোলার্ধে শীতল বায়ুপুঞ্জ দিক পরিবর্তন করে উত্তর থেকে দক্ষিণ দিকে প্রবাহিত হতে শুরু করে এবং গোঁজের আকারে উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের মধ্যে প্রবেশ করে। শীতল বাতাস উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের ভিতর ঢুকে শীতল সীমান্ত সৃষ্টি করে। শীতল বায়ুপুঞ্জ এভাবে উষ্ণ বায়ুকে ধাক্কা দিলে উষ্ণ বায়ুপুঞ্জ সংকুচিত হয় এবং দিক পরিবর্তন করে দক্ষিণ থেকে উত্তর দিকে প্রবাহিত হয়। উষ্ণ বায়ু শীতল বায়ুপুঞ্জকে সরিয়ে দিয়ে উষ্ণ সীমান্ত সৃষ্টি করে। এই অবস্থায় উষ্ণ ও শীতল সীমান্তের মিলন-বিন্দুতে একটি **তরঙ্গশীর্ষ** (Wave crest) সৃষ্টি হয়। এভাবে ঘূর্ণবাত জন্মলাভ করে।

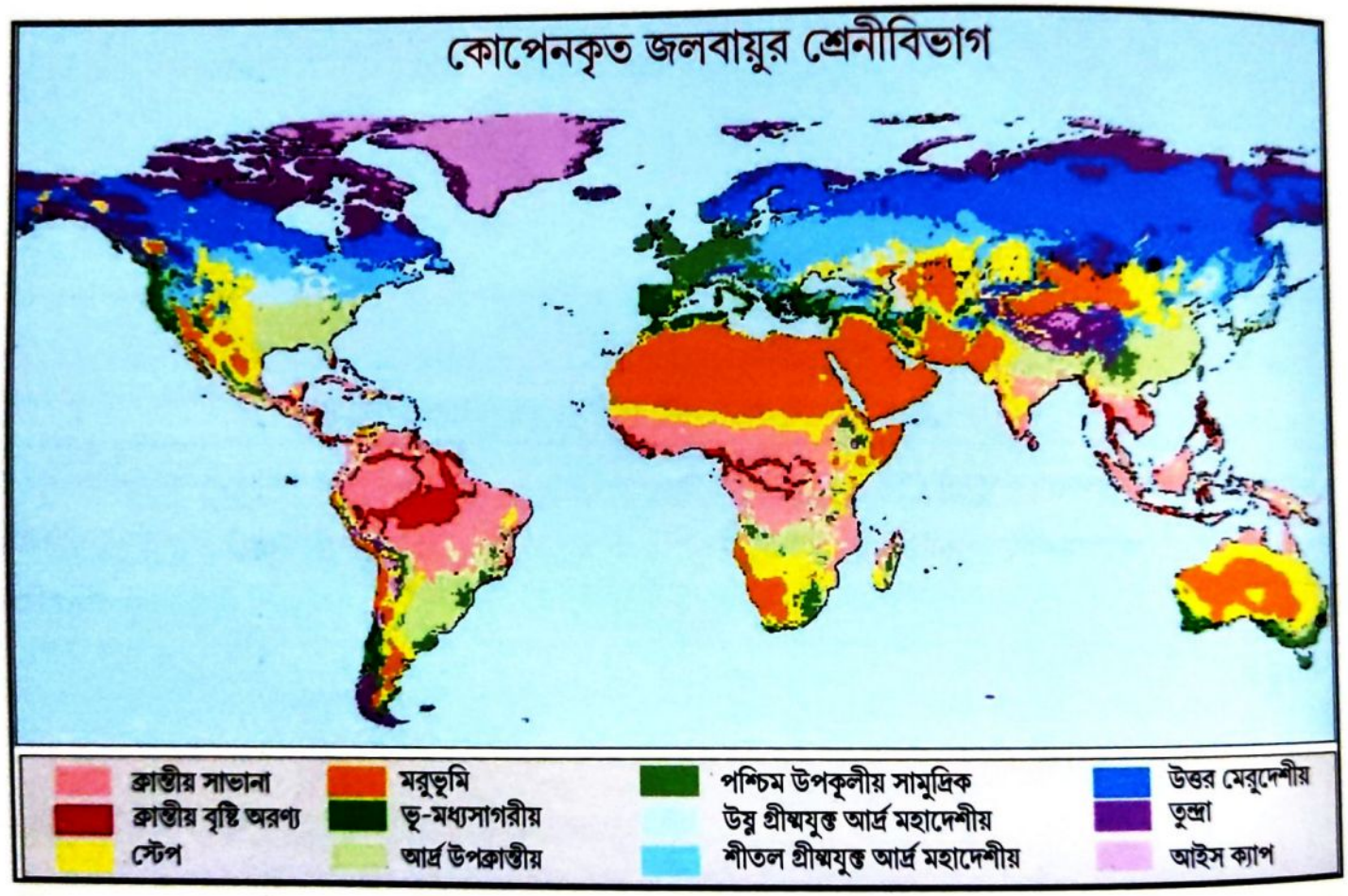
3. **পরিণত পর্যায় (Mature Stage) :** পরিণত পর্যায়ের প্রথম ভাগে (চিত্র—19.7c) সীমান্ত-বরাবর তীব্র আলোড়ন শুরু হয়। তরঙ্গদৈর্ঘ্যের বিস্তার ও বক্রতা উল্লেখযোগ্যভাবে বেড়ে যায়। এই সময়ে উষ্ণ ক্ষেত্র থেকে শীতল ক্ষেত্রে দিকে বাতাসের প্রবাহ শুরু হয়। ভারী শীতল বাতাস মাটি ঘেঁষে হালকা উষ্ণ বাতাসকে দ্রুত সরাতে থাকে, কিন্তু উষ্ণ বাতাস শীতল বাতাসকে ঠেলে দ্রুত অগ্রসর হতে পারে না। ফলে, তখন উষ্ণ বাতাস শীতল বাতাসের সঙ্গে গঠিত একটি তির্যক তল, অর্থাৎ, উষ্ণ সীমান্ত বরাবর ওপরের দিকে দ্রুত উঠতে থাকে এবং ধীরে ধীরে শীতল বায়ুপুঞ্জকে সরাতে থাকে। এই সময় তরঙ্গের বিস্তার এবং বক্রতা (চিত্র—19.7d) সবচেয়ে বেশি হয় এবং ঘূর্ণবাত পরিণতি লাভ করে, অর্থাৎ, ঘূর্ণবাত পরিপূর্ণভাবে বিকশিত হয়। এই অবস্থায় ঘূর্ণবাত উষ্ণ ও শীতল—এই দুটি ক্ষেত্রে সুস্পষ্টভাবে বিভক্ত থাকে। উষ্ণ বায়ু ওপরে উঠে ঘনীভূত হয় এবং প্রচুর বৃষ্টিপাত ঘটায়। উষ্ণ সীমান্তের বিস্তীর্ণ এলাকা জুড়ে ধারাবাহিকভাবে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয়। এই পর্যায়ের শেষ পর্বে উষ্ণ ক্ষেত্র দ্রুত সংকীর্ণ হতে শুরু করে, অর্থাৎ, আয়তনে ছোটো হয়ে আসে এবং অচিরেই শীতল সীমান্ত শীর্ষ বিন্দুর নিকটবর্তী উষ্ণ সীমান্তকে ধরে ফেলে বা উষ্ণ সীমান্তের নাগাল পেয়ে যায়। এ সময় থেকে **বন্ধ বাতাগ্র** বা **অন্তর্লীন পর্যায়** (Occlusion Stage) শুরু হয়।

4. **বন্ধ বাতাগ্র বা অন্তর্লীন পর্যায় (Occlusion Stage) :** এই পর্যায়ে শীতল সীমান্ত ধীর গতিসম্পন্ন উষ্ণ সীমান্তকে অবশেষে অতিক্রম (Overtake) করে একটি **বন্ধ বাতাগ্র** বা **অন্তর্লীন বাতাগ্র** (Occluded front) সৃষ্টি করে। অন্তর্লীন অবস্থা প্রথমে তরঙ্গের শীর্ষবিন্দু থেকে শুরু হয়, যেখানে উষ্ণ সীমান্ত ও শীতল সীমান্তের মধ্যে কোনো ফাঁক থাকে না। ক্রমান্বয়ে অন্তর্লীন প্রক্রিয়া তরঙ্গশীর্ষ থেকে নীচের দিকে অগ্রসর হয়। শীতল বায়ুর প্রবাহে এভাবে উষ্ণ ক্ষেত্রটি ধীরে ধীরে ভূপৃষ্ঠের সঙ্গে সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে ওপরে উঠে যায়। পরিশেষে, সমগ্র অঞ্চলটিকে শীতল বায়ুপুঞ্জ দখল করে নেয় এবং কেবলমাত্র শীতল বাতাসের একটি ঘূর্ণি থেকে যায়। তখন অন্তর্লীন বাতাগ্রের আর কোনো অস্তিত্ব থাকে না। ভূপৃষ্ঠ থেকে তাপশক্তির সরবরাহ বন্ধ হয়ে যাওয়ায় ঘূর্ণবাতের মৃত্যু ঘটে।

6. অবমেরু অঞ্চল	সারাবছর সীমিত অধঃক্ষেপণ।
7. সুমেরু, মহাদেশীয় উপবিভাগ	গ্রীষ্মকালীন বৃষ্টিপাত, সীমিত শীতকালীন তুষারপাত।
8. উচ্চ সুমেরু অঞ্চল	সামান্য অধঃক্ষেপণ; গ্রীষ্মকালীন বৃষ্টিপাত, শীতের শুরুতে তুষারপাত।

Strahler এর শ্রেণিবিভাগ ঃ আরও একটি সাধারণ কিন্তু অত্যন্ত কার্যকরী পৃথিবীর জলবায়ুর উৎপত্তিগত শ্রেণিবিভাগ করেছেন **Strahler**। তিনি তিনটি প্রধান শ্রেণিবিন্যাস করেছেন।

1. নিম্ন অক্ষাংশীয় জলবায়ুসমূহ, নিরক্ষীয় এবং ক্রান্তীয় বায়ুপুঞ্জসমূহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।
2. মধ্য অক্ষাংশীয় জলবায়ুসমূহ, ক্রান্তীয় এবং মেরুর বায়ুপুঞ্জসমূহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।
3. উচ্চ অক্ষাংশীয় জলবায়ুসমূহ কুমেরু এবং সুমেরু বায়ুপুঞ্জসমূহ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত।



● কোপেন-কৃত পৃথিবীর জলবায়ুর শ্রেণিবিভাগ ●

(Koppen's Classification of World Climate)

কোপেন জলবায়ুর শ্রেণিবিভাগ করেছেন বার্ষিক ও মাসিক উত্তাপ এবং বৃষ্টিপাতের গড়ের উপর নির্ভর করে। কোন অঞ্চলের স্বাভাবিক উদ্ভিদ সেই অঞ্চলের সামগ্রিক জলবায়ুর শ্রেষ্ঠ প্রকাশ। এই কারণে অনেক ক্ষেত্রেই জলবায়ুর সীমানা চিহ্নিতকরণের সময় স্বাভাবিক উদ্ভিদের সীমানার কথা মনে রাখা হয়েছে। কোপেন মনে করেন উদ্ভিদের জন্ম ও বৃদ্ধির উপর বৃষ্টিপাতের কার্যকারিতা কেবল বৃষ্টিপাতের পরিমাণের ওপর নির্ভর করে না, এটি বাষ্পীভবনের পরিমাণ,

যা উদ্ভিদ ও মৃত্তিকার জল হ্রাস করে, তার উপর নির্ভরশীল; কারণ যে পরিমাণ জল বাষ্পীভূত হয় তা উদ্ভিদের কোনো উপকারে আসে না। কোপেন-এর পদ্ধতি অনুযায়ী **বাষ্পীভবনের মাত্রা (Evaporation Intensity)** ও **বৃষ্টিপাতের কার্যকারিতা (Precipitation Effectiveness)** নির্দেশ করার উদ্দেশ্য হল বৃষ্টিপাত ও উত্তাপের সংযোগসাধন। এটি বুঝিয়ে দেয় যে, সম পরিমাণ বৃষ্টিপাত অধিক বাষ্পীভবন যুক্ত উষ্ণ অঞ্চল অপেক্ষা কম বাষ্পীভবনযুক্ত অপেক্ষাকৃত শীতল অঞ্চল উদ্ভিদের পক্ষে অধিক কার্যকর।

কোপেন পৃথিবীর জলবায়ুকে **পাঁচটি** প্রধান শ্রেণিতে ভাগ করেছেন, যেগুলি পাঁচটি প্রধান উদ্ভিদশ্রেণিকে অন্তর্ভুক্ত করে। পাঁচটি জলবায়ু শ্রেণির প্রতিটি এক- একটি ইংরাজী ক্যাপিটাল লেটার দ্বারা সূচিত হয়। এইগুলি হল ঃ

A ক্রান্তীয় বৃষ্টি জলবায়ু, শীত ঋতু অনুপস্থিত;
B শুষ্ক জলবায়ু;
C মধ্য-অক্ষাংশীয় বৃষ্টি জলবায়ু, মৃদু শীত ঋতুসহ;
D মধ্য-অক্ষাংশীয় অধিক শীতযুক্ত বৃষ্টি জলবায়ু;
E গ্রীষ্মহীন মেরুদেশীয় জলবায়ু।

এদের প্রত্যেকটিকেই আবার ঋতু-বিশেষে বৃষ্টিপাতের বণ্টন অথবা শুষ্কতা বা শৈত্যের মাত্রার উপর নির্ভর করে ক্ষুদ্রতর বিভাগে ভাগ করা হয়। ইংরাজী স্মল লেটার f, s ও w বৃষ্টিপাতের **ঋতুযোগ্যতা (Seasonability)**-কে নির্দেশ করে। শুষ্ক ঋতুহীন অবস্থা (f), শুষ্ক গ্রীষ্ম (s), শুষ্ক শীত (w)। ক্যাপিটাল লেটার S ও W শুষ্ক ঋতুর দুটি উপ-বিভাগ স্টেপ বা প্রায় মরু (Steppe or Semi-arid) (S) এবং মরু (W) প্রকৃতিকে নির্দেশ করে। ক্যাপিটাল লেটার T ও F অনুরূপভাবে তুন্দ্রা (T) ও আইস ক্যাপ (F) এই দুটি মেরুদেশীয় জলবায়ুকে নির্দেশ করে। নিম্নে প্রদত্ত সারণীতে কোপেন-কৃত পাঁচটি প্রধান জলবায়ুশ্রেণি এবং এগারো প্রকার জলবায়ু দেখানো হল। নিম্নোক্ত **বর্ণ সংযোগের (Letter Combination)** মধ্যে As ও Ds কদাচিৎ দৃষ্ট হয় এবং এই কারণে এদের প্রধান জলবায়ুর অন্তর্ভুক্ত করা হয় না।

কোপেন-কৃত জলবায়ুর শ্রেণি ও প্রকারভেদ

জলবায়ুর শ্রেণি (Climatic Group)	চিহ্ন (Symbol)	শুষ্ক ঋতু (Dry Period)	শুষ্কতা বা শৈত্যের মাত্রা (Degree of Dryness or Coldness)
ক্রান্তীয় বৃষ্টি জলবায়ু (Tropical Rainy Climates)	A	f (s) w	.....
শুষ্ক জলবায়ু (Dry Climates)	B	.....	S W

উষ্ণ নাতিশীতোষ্ণ বৃষ্টি জলবায়ু (Warm Temperature Rainy Climates)	C	f (s) w	.....
শীতল তুষারময় আরণ্যক জলবায়ু (Cold Snowy Forest Climates)	D	f (s) w	.....
মেরুদেশীয় জলবায়ু (Polar Climates)	E	.....	T F

A জলবায়ু

A : ক্রান্তীয় বৃষ্টি জলবায়ু (Tropical Rainy Climates); শীতলতম মাসের উত্তাপ ৬৪.৪° (১৮° সেঃ)। কিছু কিছু ক্রান্তীয় উদ্ভিদ এই উত্তাপের নীচে জন্মাতে পারে না।

Af : ক্রান্তীয় আর্দ্র জলবায়ু (Tropical Wet Climate); f : শুষ্কতম মাসের বৃষ্টিপাত অন্ততঃ ২.৪ ইঞ্চি (৬ সেমি)। এই জলবায়ুতে উত্তাপ ও বৃষ্টিপাতের ঋতুগত পার্থক্য ন্যূনতম এবং উভয়ই সারা বৎসর অধিক থাকে।

Aw : ক্রান্তীয় আর্দ্র ও শুষ্ক জলবায়ু (Tropical Wet Climate); w : শীতকাল শুষ্ক। ঋতু অনুযায়ী বৃষ্টিপাতের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে এবং অন্ততঃ একটি মাসে বৃষ্টি ২.৪ ইঞ্চির নীচে নামে। উত্তাপ Af- এর মতোই।

● A জলবায়ুর সঙ্গে ব্যবহৃত অন্যান্য স্মল লেটারগুলি হল ঃ

m (monsoon)	: স্বল্পস্থায়ী শুষ্ক ঋতু। কিন্তু বৃষ্টিপাত এত অধিক যে, সারা বৎসরই ভূমিভাগে বৃষ্টি অরণ্যের অনুকূল আর্দ্রতা বজায় থাকে। Am জলবায়ু Af ও Aw-র মধ্যবর্তী অবস্থা। বৃষ্টিপাতের পরিমাণ Af-এর ন্যায় এবং ঋতু অনুযায়ী বণ্টন Aw- এর মতো।
w′	: বৃষ্টিপাত সর্বাধিক শরৎকালে।
w″	: বৎসরে দুবার বৃষ্টির আধিক্য ঘটে, যাদের মধ্যবর্তী পর্যায়ে থাকে দুটি শুষ্ক ঋতু।
s	: শুষ্ক গ্রীষ্ম (বিরল)।
i	: উষ্ণতম ও শীতলতম মাসের মধ্যে উত্তাপের পার্থক্য ৯° (৫° সেঃ)- এর কম।
g	: বার্ষিক উষ্ণতার পরিবর্তন গাঙ্গেয় অববাহিকার ন্যায়। বর্ষা ঋতুর পূর্বে উষ্ণতা সর্বাধিক হয়।

B জলবায়ু

B	: শুষ্ক জলবায়ু (Dry Climates), যাতে বাষ্পীভবনের পরিমাণ বৃষ্টিপাত অপেক্ষা অধিক। B জলবায়ুর দুটি উপ-বিভাগ রয়েছে—মরু-প্রকৃতির BW ও স্টেপ বা প্রায়-মরু (Semi-arid) BS।
BW	: মরুভূমির জলবায়ু।
BS	: প্রায়-মরু বা স্টেপ।

● B জলবায়ুর সঙ্গে ব্যবহৃত অন্যান্য স্মল লেটারগুলি হল ঃ

h (heiss)	: বার্ষিক গড় উত্তাপ ৬৪.৪°-এর উপর।
k (kalt)	: বার্ষিক উত্তাপের গড় ৬৪.৪°-এর নিম্নে।
k′	: উষ্ণতম মাসের উত্তাপ ৬৪.৪°-এর নিম্নে।
s	: গ্রীষ্মকালীন খরা (Summer Draught) : গ্রীষ্মকালের শুষ্ক মাসের তুলনায় অন্ততঃ তিনগুণ বেশি বৃষ্টি শীতের আর্দ্রতম মাসে।
w	: শীতকালীন খরা (Winter Draught) : শীতকালের শুষ্কতম মাসের তুলনায় অন্ততঃ দশগুণ বেশি বৃষ্টিপাত গ্রীষ্মকালের আর্দ্রতম মাসে।
n (nebel)	: ঘন ঘন কুয়াশা। BWn এবং BSn প্রকৃতির জলবায়ু সাধারণতঃ দেখা যায় শীতল সমুদ্রস্রোত-সংলগ্ন উপকূল-বরাবর।

C জলবায়ু

C	: উষ্ণ নাতিশীতোষ্ণ বৃষ্টি জলবায়ু (Warm Temperature Rainy Climates); শীতলতম মাসের গড় উত্তাপ ৬৪.৪°-এর কম, কিন্তু ২২.৬°-এর (— ৩° সেঃ) অধিক। উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৫০° (১০° সেঃ) এর উপর।
Cf	: কোনো সুস্পস্ট শুষ্ক ঋতু নেই।
Cw	: শুষ্ক শীত; শীতের শুষ্কতম মাসের অন্ততঃ দশগুণ বেশি বৃষ্টিপাত গ্রীষ্মের আর্দ্রতম মাসে।
Cs	: শুষ্ক গ্রীষ্ম; গ্রীষ্মের শুষ্কতম মাসের অন্ততঃ তিনগুণ বেশি বৃষ্টিপাত শীতের আর্দ্রতম মাসে।

● C জলবায়ুর সঙ্গে ব্যবহৃত অন্যান্য স্মল লেটারগুলি হল ঃ

a	: উষ্ণ গ্রীষ্ম; উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৭১.৬° (২২° সেঃ)-এর অধিক।
b	: শীতল গ্রীষ্ম; উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৭১.৬° (২২° সেঃ)-এর নিম্নে।
c	: শীতযুক্ত স্বল্পস্থায়ী গ্রীষ্ম; চার মাসেরও কম সময় উত্তাপ ৫০° (১০° সেঃ)-এর উপর।
I	: A জলবায়ুর অনুরূপ।
g	: A জলবায়ুর অনুরূপ।
x	: সর্বাধিক বৃষ্টিপাত বসন্তের শেষে অথবা গ্রীষ্মের প্রারম্ভে ; গ্রীষ্মের শেষে শুষ্কতা বৃদ্ধি।
n	: B জলবায়ুর অনুরূপ।

D জলবায়ু

D	: শীতল তুষারময় আরণ্যক জলবায়ু (Cold Snowy Forest Climate) ; শীতলতম মাসের গড় উত্তাপ ২২.৬°(- ৩° সেঃ)-এর নিম্নে। উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৫০° (১০° সেঃ)-এর উর্ধ্বে।

Df	: আর্দ্র শীতযুক্ত শীতল জলবায়ু।
Dw	: শুষ্ক শীতযুক্ত শীতল জলবায়ু; উত্তর-পূর্ব এশিয়ার প্রতীপ ঘূর্ণাবর্তপ্রবণ অঞ্চলে এটি দেখা যায়।

● D জলবায়ুর সঙ্গে ব্যবহৃত অন্যান্য স্মল লেটারগুলি হল ঃ

d	: শীতলতম মাসের গড় উত্তাপ -৩৬.৪° (-৩৮° সেঃ)-এর নিম্নে।
b	: শীতল গ্রীষ্ম; উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৭১.৬° (২২° সেঃ)-এর নিম্নে।
f, s, w, a, b ও c	অক্ষরগুলি C জলবায়ুর অনুরূপ।

E জলবায়ু

E	: মেরুদেশীয় জলবায়ু (Polar Climates); উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৫০° (১০° সেঃ)-এর নিম্নে। E জলবায়ুর দুটি উপ-বিভাগ চিহ্নিত করা যায়—ET, যেখানে খুব স্বল্প সময়ের জন্য উদ্ভিদের বৃদ্ধির সুযোগ ঘটে এবং সামান্য উদ্ভিদের আবরণ চোখে পড়ে এবং EF, যেখানে চিরস্থায়ী তুষার ও একেবারেই উদ্ভিদশূন্য।
ET	: তুন্দ্রা জলবায়ু (Tundra Climates); উষ্ণতম মাসের গড় উত্তাপ ৫০° (১০° সেঃ)-এর নিম্নে, কিন্তু ৩২° (০° সেঃ)-এর উর্ধ্বে।
EF	: শুষ্ক (Perpetual Frost); সকল মাসের গড় উত্তাপই ৩২° (০° সেঃ)-এর নিম্নে।

❖ সমালোচনা (Criticism) ঃ

● **ত্রুটি (Demerits) ঃ** কোপেন-কৃত জলবায়ুগত শ্রেণিবিভাগকে ভৌগোলিকগণ বিভিন্ন দিক থেকে সমালোচনা করেছেন। ❶ কেউ কেউ মনে করেন যে পৃথিবীর কোনো বিস্তৃত অংশের জন্য আবহাওয়া-বিষয়ক তথ্যের অভাবে জলবায়ুর সীমানা-সংক্রান্ত কঠোরতা এইরূপ বিভাগকে ত্রুটিপূর্ণ করেছে। ❷ তাঁরা উল্লেখ করেছেন যে, এর ফলে জলবায়ু অঞ্চলের বৈশিষ্ট্যের সঙ্গে তথাকার প্রাকৃতিক ও সাংস্কৃতিক বৈশিষ্ট্যের অসঙ্গতি লক্ষ্য করা যায়। ❸ অন্যরা বলেন যে, কিছু কিছু জলবায়ুর শ্রেণিবিভাগে নির্দিষ্ট প্রাকৃতিক বৈশিষ্ট্যের কথা মনে রাখলেও অন্যত্র কোপেন কোনো সুশৃঙ্খল নীতি মানেন নি। ❹ এটাও বলা হয়েছে যে, কোপেন নিম্নভূমির জলবায়ুর বিভাগের জন্য যে সূত্র নির্দেশ করেছেন উচ্চভূমিতে তা প্রয়োগ করা সঠিক হয় নি। ❺ জলবায়ু সৃষ্টির মূল কারণগুলি এই শ্রেণিবিভাগে উপেক্ষিত থেকেছে।

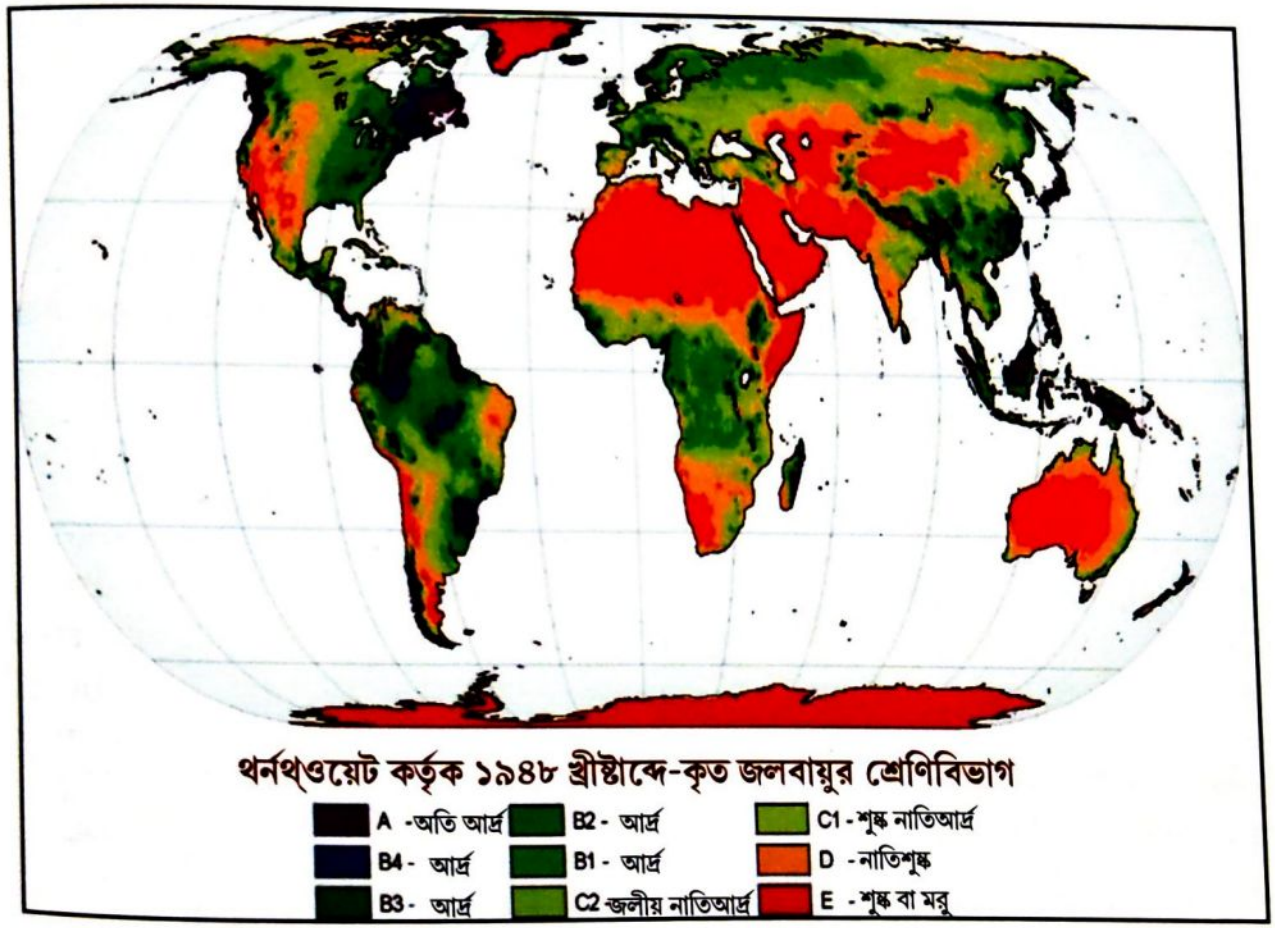
● **গুণাবলি (Merits) ঃ** যা হোক, কোপেন-কৃত জলবায়ুগত একটি চমৎকার বৈশিষ্ট্য হল, ❶ জলবায়ুর প্রকারভেদ নির্দেশে কতকগুলি আক্ষরিক চিহ্নের প্রয়োগ। এতে অহেতুক বর্ণনাতিশয্যকে পরিহার করা গেছে। প্রত্যেক প্রকার জলবায়ুই কতকগুলি অক্ষরের সংযোগে বর্ণিত হয়েছে, যে অক্ষরগুলির প্রতিটিই অর্থবহ। ❷ পৃথিবীর জলবায়ুর সাধারণ বিন্যাস সুন্দরভাবে কোপেন-এর শ্রেণিবিভাগে দেখানো যায় এবং উল্লেখযোগ্য সংখ্যায় জলবায়ু বিভাগই যথেষ্ট যুক্তিগ্রাহ্য বলে বিবেচিত হয়। ❸ উষ্ণতা ও বৃষ্টিপাত যে পরিসংখ্যানের উপর নির্ভর করে শ্রেণিবিভাগটি করা হয়েছে তা পরিমাপ করা বা তথ্য পাওয়া সহজ ব্যাপার। ❹ সংখ্যাতাত্ত্বিক দিকটি গুরুত্ব পাওয়ায় এই শেণিবিভাজন খুবই সুনির্দিষ্ট। ❺ নতুন ধরনের জলবায়ু এই শ্রেণিবিভাজনে সহজে যুক্ত হয়ে যেতে পারে।

সুতরাং কোপেন-কৃত জলবায়ুগত শ্রেণিবিভাগ ত্রুটিমুক্ত নয় একথা স্বীকার করে নিয়ে বলা যায় যে, জলবায়ুর শ্রেণিবিভাগ-সংক্রান্ত অধ্যয়নে এর গুণাবলীর তুলনায় ত্রুটিগুলি সামান্যই এবং যে কারণে এটি ভৌগোলিক ও আবহবিদগণের নিকট সর্বত্র ব্যাপকভাবে গৃহীত হয়েছে।

❖ থর্নথ্ওয়েট-কৃত পৃথিবীর জলবায়ুর শ্রেণিবিভাগ ❖

(Thornthwaite's Classification of World Climate)

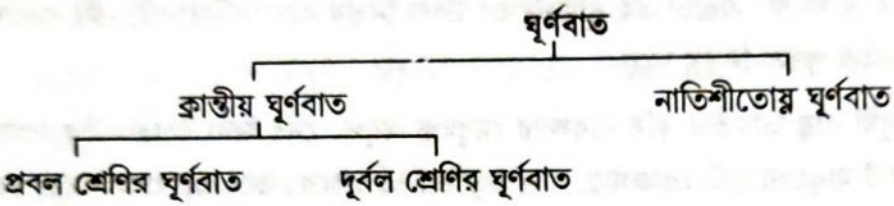
থর্নথওয়েট ১৯৩১-১৯৩৩ খ্রীষ্টাব্দে একটি এবং ১৯৪৮ খ্রীষ্টাব্দে অন্য একটি জলবায়ুগত যে শ্রেণিবিভাগ করেন সেই দুটিকে পৃথক করা প্রয়োজন। থর্নথ্ওয়েট-এর প্রথামোক্ত শ্রেণিবিভাগ সম্বলিত পৃথিবীর মানচিত্রটি আমরা পাই। কিন্তু ১৯৪৮ খ্রীষ্টাব্দে কৃত শ্রেণিবিভাগের কোনো মানচিত্র পাওয়া সম্ভব হয় নি।



সাধারনতঃ ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রে নিম্নচাপ এবং বাইরের চাপের মধ্যে পার্থক্য থাকে 10–20 mb। শীতকালে এর মাত্রা অনেক সময় বৃদ্ধি পেয়ে 35 mb পর্যন্ত হয়। ঘূর্ণবাতের উচ্চতা 9.6 কিমি., ব্যাস 16,000 km পর্যন্ত হয়, ঘণ্টায় এর গতিবেগ থাকে 48–108 কিমি.। ঘূর্ণবাত উত্তর গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে (বামাবর্তে) এবং দক্ষিণ গোলার্ধে ঘড়ির কাঁটার দিকে (দক্ষিণাবর্তে) প্রবাহিত হয়। ব্যারোমিটারের পারদ হঠাৎ নেমে গেলে ঘূর্ণবাতের আগমন বোঝা যায়। এর ফলে উষ্ণ অঞ্চলে বজ্র-বিদ্যুৎ সহ বৃষ্টিপাত এবং শীতল অঞ্চলে তুষারপাত ও বৃষ্টিপাত সংঘটিত হয়।

❑ **ঘূর্ণবাতের শ্রেণিবিভাগ [Classification of Cyclone] :**

উৎপত্তির স্থান, প্রকৃতি এবং চরিত্র অনুযায়ী ঘূর্ণবাত প্রধানত দুটি শ্রেণিতে বিভক্ত। যথা—



❑ **ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত [Tropical Cyclone] :**

উভয় গোলার্ধের 6°–20° অক্ষাংশের মধ্যে উষ্ণতার প্রভাবের ফলে গভীর নিম্নচাপ কেন্দ্রের সৃষ্টি হয়। একে ঘূর্ণবাতের চক্ষু [Eye of Cyclone] বলা হয়। ফলে চারদিক থেকে বায়ু প্রবল বেগে ঐ নিম্নচাপ কেন্দ্র ভরাট করার জন্য কেন্দ্রের অভিমুখে কুণ্ডলাকারে ঘুরতে ঘুরতে ছুটে আসে। কেন্দ্রে পৌঁছে ঐ বায়ু পর্যায়ক্রমে উষ্ণ ও উর্দ্ধগামী হয়। এই জাতীয় ঘূর্ণবাতকে উষ্ণমণ্ডলীয় বা ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত বলা হয়। World Meteorological Organization (W.M.O.) ক্রান্তীয় ঝঞ্ঝা (Tropical disturbance) কে তিন ভাগে ভাগ করেছেন। যেমন—

[i] ক্রান্তীয় নিম্নচাপ [Tropical depression]

[ii] ক্রান্তীয় ঝড় ঝঞ্ঝা [Tropical storm] এবং

[iii] ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত [Tropical Cyclone]

• **অবস্থান [Location] :** ক্রান্তীয় অঞ্চলে জলভাগের উপর হঠাৎ নিম্নচাপ কেন্দ্রের সৃষ্টি হলে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি হয়।

• **বৈশিষ্ট্য [Characteristics] :** ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলি হ'ল—

⇒ ক্রান্তীয় অঞ্চলের ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রকে বলা হয় ঘূর্ণবাতের চক্ষু।

⇒ ক্রান্তীয় অঞ্চলে বায়ু শান্ত থাকে এবং ঘূর্ণবাতের ব্যাসার্ধ থাকে প্রায় 20–60 কিমি.।

⇒ এই ঘূর্ণবাত অত্যন্ত প্রবল ও বিধ্বংসী কিন্তু স্বল্পস্থায়ী।

⇒ জলভাগ থেকে এই ঘূর্ণবাত যখন স্থলভাগে প্রবেশ করে তখন তা দূর্বল হয়ে পড়ে।

⇒ এই ঘূর্ণবাত পৃথিবীর বিভিন্ন অঞ্চলে বিভিন্ন নামে পরিচিত যেমন—

- টর্নেডো — আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের দক্ষিণ অংশে।
- টাইফুন — চীন ও জাপান উপকূল অঞ্চলে।
- কালবৈশাখী — ভারতের পশ্চিমবঙ্গ ও বাংলাদেশে।

- **উইলি উইলি** — উত্তর পশ্চিম অস্ট্রেলিয়ায়।
- **হ্যারিকেন** — পশ্চিম ভারতীয় দ্বীপপুঞ্জের ক্যারিবিয়ান উপসাগরেও উত্তর আটলান্টিক মহাসাগরে।

- **ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত সৃষ্টির অবস্থা [Formating Factors of Tropical Cyclone] :**

নিম্নলিখিত অবস্থাগুলোর উপর ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত নির্ভর করে।

[i] সমুদ্র জলের উষ্ণতা 26°–27°C এর মধ্যে হওয়া বাঞ্ছনীয়।

[ii] সমুদ্র উপকূলবর্তী অঞ্চলে জলের গভীরতা 60–70 মিটার হওয়া দরকার।

[iii] অঞ্চলটি আন্তঃ ক্রান্তীয় সম্মিলিত অঞ্চল (I.T.C.Z) এর অধীনে হওয়া বাঞ্ছনীয়।

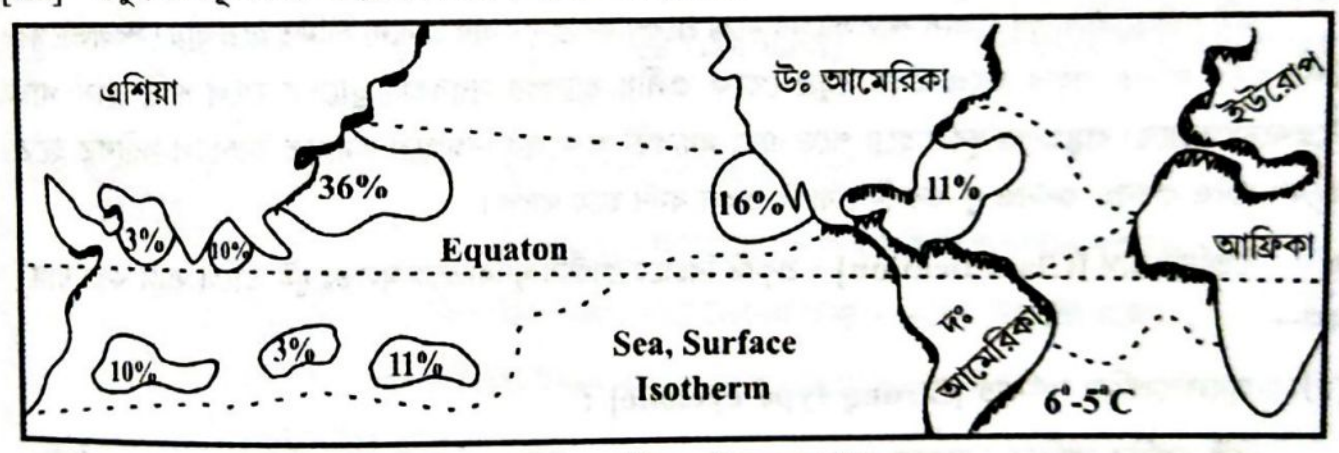
[iv] ট্রপোস্ফিয়ার (Troposphere) এর উচ্চ অংশে ঝঞ্ঝা থাকা আবশ্যিক।

[v] Coriolis Parameters গুলো অবশ্যই থাকা বাঞ্ছনীয়।

[vi] উচ্চ ক্ষুব্ধ মণ্ডলে [Troposphere] Divergence প্রক্রিয়া কাজ করা বাঞ্ছনীয়।

[vii] ক্ষুব্ধমণ্ডলে 50–60% আর্দ্রতা কমপক্ষে থাকা বাঞ্ছনীয়।

[viii] সমুদ্র উপকূলবর্তী অঞ্চলে নিম্নচাপ থাকা অবশ্যম্ভাবী।



চিত্র ৫.১৭ : ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের বন্টন

- **ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের গাঠনিক পর্যায় [Formation stages of Tropical Cyclone] :**

চারটি প্রাকৃতিক পর্যায়ের মাধ্যমে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত সৃষ্টি থেকে পরিসমাপ্তি পর্যন্ত পরিচালিত হয়। যথা—

(১) গাঠনিক পর্যায় [Formation Phase] :

গাঠনিক পর্যায়ে হাজার হাজার মাইল ব্যাপী সমুদ্রের উপর পরিবর্তনশীল বাতাস এলোমেলোভাবে প্রভাবিত হয়ে ব্যাপক বজ্রসহ বৃষ্টিপাত ঘটায়। ফলস্বরূপ ব্যাপক অঞ্চল জুড়ে চাপ ক্রমশ হ্রাস পায়। বাতাস ক্রমাগত ঘূর্ণমান হয়ে অবশেষে একটি ঘূর্ণীঝড়ের রূপ পরিগ্রহণ করে। একে বায়ুমণ্ডলের অস্থিতিশীল অবস্থা [Unstable Condition] বলা হয়। এর থেকে ঘূর্ণীঝড়ের সৃষ্টি হয়।

(২) বৃদ্ধির পর্যায় [Developing phase] :

এইরূপ পর্যায়ে বায়ুর চাপ ক্রমাগত বৃদ্ধি পেতে থাকে। ফলে বায়ুপ্রবাহের বেগও বৃদ্ধি পায়। মধ্যবর্তী নিম্নচাপ অঞ্চলকে কেন্দ্র করে বাতাস ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরতে আরম্ভ করে। ব্যাপক অঞ্চল জুড়ে আকাশ ঘন মেঘে আবৃত থাকে এবং পরবর্তী সময়ে প্রবল বেগে বৃষ্টিপাত সংঘটিত হয়। বাতাস ঘণ্টায় 24–40 কিমি. বেগে মধ্যবর্তী কেন্দ্রিয় অঞ্চলের চতুর্দিকে ঘুরতে থাকে। বিক্ষুব্ধ অঞ্চলে যতক্ষণ পর্যন্ত বাতাস 60 কিমি./ঘণ্টা

বা তার কম বেগে প্রবাহিত হতে থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত আবহাওয়া বিভাগ একে নিম্নচাপ বলে থাকে। এই নিম্নচাপের রেশ কখনও কখনও 85 কিমি.— 116 কিমি./ ঘণ্টা এর অধিক হয়ে থাকে।

(৩) পরিণত পর্যায় [Mature Phase] :

পরিণত পর্যায়ে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত প্রবল আকার ধারণ করে। এই সময় ঘূর্ণীঝড়ের চারটি পর্যায় লক্ষ্য করা যায়।

[i] 10–20km ব্যাসযুক্ত অঞ্চলের মধ্যবর্তী বাতাস মৃদু-মন্দভাবে প্রবাহিত হয় এবং আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকে।

[ii] এর পরবর্তী পর্যায়ে 50–150 কিমি. প্রস্থ অঞ্চলে বিক্ষুব্ধ বলয়ের সৃষ্টি হয়। যেখানে বায়ুর চাপ খাড়াভাবে নামে। এর ফলে বাতাস ঘণ্টায় 90 কিমি. বেগে প্রবাহিত হয় এবং প্রবল বৃষ্টিপাত সংঘটিত করে।

[iii] বিক্ষুব্ধ এলাকার বাইরের দিকে বাতাস প্রবল বেগে প্রবাহিত হয়, ফলে এই অঞ্চলটি নিম্নচাপ কেন্দ্রের চারিদিকে অপ্রতিসম অবস্থায় বিরাজ করে।

[iv] সর্ব বাইরের বলয়টিতে দুর্বল ঘূর্ণীবায়ু প্রবাহিত হয়। ফলে ঘূর্ণবাত্যা ধীরে ধীরে অদৃশ্য হতে থাকে।

(৪) অদৃশ্য অবস্থা [Disappear Phase] :

এই পর্যায়ে প্রবল ঘূর্ণ বাতাস স্থলভাগের মধ্যে প্রবেশ করার পর এর প্রাধান্য সীমিত হয়ে যায়। স্থলভাগের উপর ঘর্ষণ জনিত বাধার ফলে এবং সমুদ্র থেকে জলীয় বাষ্পের সরবরাহ হ্রাসের ফলে শক্তি হ্রাস পায় উল্লেখযোগ্যভাবে। বায়ুপ্রবাহ দুর্বল হয়ে পড়ে এবং মধ্যবর্তী অঞ্চলের নিম্নাংশে ক্রমাগত উচ্চচাপ পরিণত হতে থাকে। যদিও কখনও কখনও দু-এক দিন যাবৎ প্রবল বর্ষণ হয়ে থাকে।

- **শ্রেণিবিভাগ [Classification] :** প্রকৃতি বিচারে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতকে মূলতঃ দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা—

(১) সবল শ্রেণির ঘূর্ণবাত [Strong type cyclone] :

এই শ্রেণির ঘূর্ণবাত ভয়ঙ্কর ও ধ্বংসনাশক। যেমন— টাইফুন, হ্যারিকেন, সাইক্লোন এবং পৃথিবীর সর্বাপেক্ষা দ্রুতগামী ঘূর্ণীঝড়কে বলা হয় টর্নেডো [Tornado]। এইরূপ ঝড়ের গতিবেগ ঘণ্টায় 300 কিমি. এর বেশি। আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের মিসিসিপি নদীর মোহনার সন্নিকটে মাঝে মাঝেই এর প্রাদুর্ভাব ঘটে। আমাদের দেশেও কখনো কখনো টর্নেডোর আবির্ভাব লক্ষ্য করা যায়। যেমন 1983 সালে পশ্চিমবঙ্গের উত্তর 24 পরগনা জেলার গাইঘাটায় এবং 1999 সালে পশ্চিম মেদিনীপুর জেলার দাঁতনে এর প্রভাবে প্রচুর ক্ষয়-ক্ষতি হয়। এ জাতীয় ঝড়ের প্রবলতম অংশে বায়ুর কোন রকম স্থানান্তর ঘটে না। এখানকার বায়ু প্রবল গতিতে কুণ্ডলাকারে [Spiral Wheel] ঘুরতে ঘুরতে কেন্দ্র থেকে উপরে উঠে যায়। হ্যারিকেন [Harricane] ও টাইফুন [Typhoon] ঝড়ের উৎপত্তির কারণ, বৈশিষ্ট্য ও প্রকৃতি একই রকমের। এদের কেন্দ্র বা চক্ষুর ব্যাস 250–650 কিমি. পর্যন্ত হয়ে থাকে। এখানকার বায়ুকুণ্ডলী আকারে পাক খেতে খেতে ওপরে 9–14 কিমি. পর্যন্ত উঠে পড়ে। এতে প্রচুর বৃষ্টিপাত হয়, তবে এদের স্থায়িত্ব বেশি নয়।

(২) দুর্বল শ্রেণির ঘূর্ণবাত [Weak-type Cyclone] :

উষ্ণমণ্ডলের অন্তর্গত কোন কোন স্থানে কখনো কখনো অধিক উষ্ণতার ফলে মৃদু ধরণের [Mild type] নিম্নচাপ কেন্দ্রের সৃষ্টি হলে এ জাতীয় ঘূর্ণবাতের উৎপত্তি হয়। এরা ডিপ্রেশন (দুর্বল শ্রেণির ঘূর্ণবাত) নামে পরিচিত। এই ডিপ্রেশানের প্রধান বৈশিষ্ট্য হল একটানা কয়েকদিন বৃষ্টিপাত ঘটানো। এই প্রকার ঘূর্ণবাতে প্রবল

ঝঞ্ঝাবাত্যার সৃষ্টি হয় না। শুধুমাত্র জোরে বাতাস প্রবাহিত হতে থাকে। এরা সাধারণতঃ দীর্ঘস্থায়ী। তাই এদের প্রভাবে মাঝে মাঝে বন্যা ও প্লাবনের সৃষ্টি হয়। আমাদের দেশে প্রতি বছর বর্ষাকাল ও শরৎকালে কয়েকটি ডিপ্রেশনের আগমন ঘটে।

ঘূর্ণবাত হল এক প্রকার আকস্মিক বায়ু। এর প্রভাবে প্রতি বছর ভারতসহ সমগ্র বিশ্ব বিভিন্নভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয়। একে রোধ করা আমাদের পক্ষে সম্ভব নয়। তবে আবহাওয়া দপ্তরের আগাম সতর্কতা কিছুটা হলেও এর প্রকোপ হতে মানুষসহ সমগ্র জীবকুলকে রক্ষা করতে সম্ভব হবে। আর সেটা যাতে পূর্ণাঙ্গভাবে সম্ভব হয় তার জন্য সকলকে সচেতন হতে হবে।

(খ) নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলের ঘূর্ণবাত [Temparate Cyclone] :

মধ্য অক্ষাংশে বা নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলে উষ্ণ ও শীতল বায়ুপৃষ্ঠের মিলনস্থলে বা সীমান্তে যে অস্থিরতা সৃষ্টি হয় তাতে হালকা জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু উর্দ্ধে উঠে বৃষ্টি ঘটায়। একে নাতিশীতোষ্ণ মণ্ডলের ঘূর্ণবাত বলা হয়।

- **নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি [Development of Temparate Cyclone] :** দুটি ভিন্নধর্মী বায়ুপুঞ্জের সীমান্ত বরাবর এই ঘূর্ণবাত আত্মপ্রকাশ করে। এই বায়ুপুঞ্জ দুটির উষ্ণতা, ঘনত্ব এবং দিক ভিন্ন ভিন্ন প্রকৃতির হয়ে থাকে। বায়ুপুঞ্জের এই সীমান্তমেরু-সীমান্ত বা অন্য কোন সীমান্ত হতে পারে। সুতরাং পৃথিবীর যে সকল অঞ্চলে এরূপ অনুভূমিক ভিন্ন উষ্ণতা যুক্ত বায়ুপুঞ্জ (Airmass) পরস্পরের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়, সেই সকল অঞ্চলেই এই ধরণের ঘূর্ণবাতের সৃষ্টি হয়।

নিম্নলিখিত কারণে নাতিশীতোষ্ণমণ্ডলে ঘূর্ণবাতের উৎপত্তি ঘটে।

⇒ দুটি বিপরীতধর্মী বায়ুপুঞ্জ (Airmass) পরস্পরের বিপরীত দিকে অবস্থান করলে।

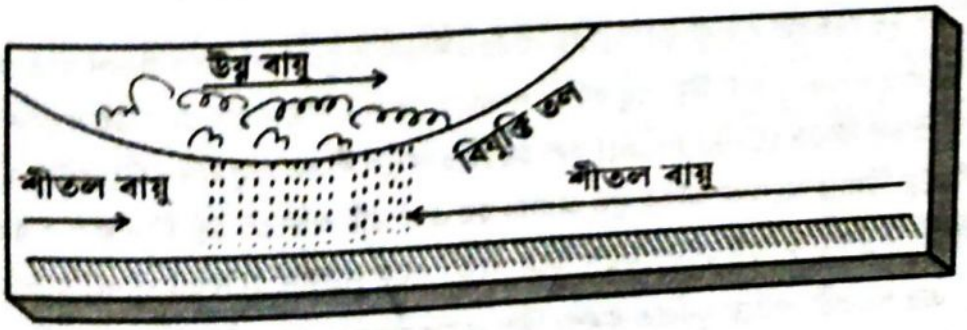
⇒ উষ্ণ ও শীতল সীমান্তের ঘর্ষণের ফলে আলোড়নের মাধ্যমে ঝড়ের উৎপত্তি হলে।

⇒ যখন উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের কিয়দংশ শীতল বায়ুপুঞ্জের অভ্যন্তরে বক্রাকারে ঢুকে পড়ে। তখন ঘূর্ণবাতটি পরিণত অবস্থায় পৌঁছায়।

⇒ উষ্ণ বায়ুপুঞ্জের নীচে শীতল বায়ুপুঞ্জ এসে তাকে ঠেলে ওপরে তুললে।

⇒ অবশেষে উষ্ণবায়ুপুঞ্জ ও শীতল বায়ুপুঞ্জের উষ্ণতা প্রায় সমান হয়ে আসে। তখন ঘূর্ণবাত প্রশমিত হয়।

- **ঘূর্ণবাত মডেল [Cyclone Model] :** জে বিজারকেনস্ [J. Bijerkness] বহুসংখ্যক নাতিশীতোষ্ণ ঘূর্ণবাত অনুসন্ধান করে একটি ঘূর্ণবাত মডেল প্রস্তুত করেন। যা একটি ঘূর্ণবাতের আবশ্যকীয় বৈশিষ্ট্যগুলি প্রদর্শন করে। এই মডেলটিকে একটি আদর্শ ঘূর্ণবাতের মানচিত্র রূপে গণ্য করা যায়।



কেন্দ্র, তখনও V ঋণাত্মক হবে এবং উচ্চচাপ কেন্দ্রের চতুর্দিকে ঘূর্ণবাত বিরোধী গতি দেখা দেবে, চিত্র ২ (খ)। এক্ষেত্রে বাতাসের তি পূর্ববর্তী উচ্চচাপ কেন্দ্রের চতুর্দিকে ঘূর্ণবাত বিরোধী গতির দ্রুতির চেয়ে অধিক। দ্বিতীয় মূল দ্বারা বর্ণিত গতিকে সাধারণ রীতি হির্ভূত বলা যায়, কারণ এই ধরনের গতি সচরাচর দেখা যায় না। এখন অবশ্য দেখা যাচ্ছে যে যতটা অনুমান করা গেছে তার চেয়ে ধিক এই ধরনের গতি দেখা দিতে পারে। এই ধরনের গতি কম দেখা দেওয়ার কারণ হল এই ধরনের প্রবাহের জন্য বাতাসের প্রবল তি প্রয়োজন।

এখন অপেক্ষাকৃত বেশি সাধারণ ঘটনাগুলি গণনা করা যাক।

$$V = -\frac{fr}{2} + \sqrt{\frac{f^2r^2}{4} + \frac{r}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}}$$

স্পষ্টত যখন $\frac{\partial p}{\partial r} > 0$, অর্থাৎ নিম্নচাপ কেন্দ্র যা বর্গমূল কখনই হতে পারে না এবং সেজন্য চাপ অবক্রমের সব মানই অনুমোদনীয়। নিম্নচাপ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে তাত্ত্বিকভাবে চাপ অবক্রমের কোনো সীমাবদ্ধতা নেই। কিন্তু উচ্চচাপ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে যেখানে $\frac{\partial p}{\partial r} < 0$, বর্গমূল হওয়া সম্ভব। V -এর জটিল মানের কোনো ভৌত ব্যাখ্যা নেই এবং বিবেচনাযোগ্য নয়। V বাস্তব হওয়ার শর্ত $\left|\frac{\partial p}{\partial r}\right| \le \frac{\rho f^2 r}{4}$, এর অর্থ উচ্চ কেন্দ্রবিশিষ্ট গতির ক্ষেত্রে চাপ অবক্রমের পরিমাণ নির্দিষ্ট মানের বেশি হতে পারে না এবং ঐ মান অক্ষাংশ ও কেন্দ্রের দূরত্বের উপর নির্ভরশীল। এথেকে স্পষ্ট যে r ক্ষুদ্র হওয়ার সাথে সাথে চাপ অবক্রমও অবশ্যই ক্ষুদ্র হবে এবং ইহাই উচ্চচাপ কেন্দ্রের নিকটে চাপ অবক্রমক ক্ষুদ্র এবং বাতাস হালকা হওয়ার ব্যাখ্যা। নিম্নচাপ কেন্দ্রের ক্ষেত্রে এ ধরনের কোনো সীমাবদ্ধতা নেই এবং চাপ অবক্রমক ও বাতাস কেন্দ্রের নিকটে খুব বৃহৎ হতে পারে, যা প্রায়শই হয়।

এই উচ্চ কেন্দ্রের সীমাবদ্ধতা উল্টে দেওয়া যায় এবং সেক্ষেত্রে সিদ্ধান্ত নিতে হবে যে চাপ অবক্রমকের জন্য প্রবাহের বক্রতা ব্যাসার্ধ অসমতা (inequality) দ্বারা প্রদত্ত ন্যূনতম মানের নীচে নামবে না।

11.3.4 ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের গঠন (Structure of tropical cyclones) : ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের আঞ্চলিক গঠন 6 টি সম্যক এবং প্রায় বৃত্তাকার বলয় (belts) থেকে হয়। এই বলয়ের মাঝে সুস্পষ্ট বিভাজক সীমা থাকে না, কারণ 6 টি বলয় অবিচ্ছিন্ন (continuous) থাকে এবং ঘূর্ণবাতের অভিন্ন অঙ্গ। ঘূর্ণবাতের কেন্দ্র থেকে বাইরের দিকে অবস্থিত বলয়গুলির কয়েকটি বৈশিষ্ট্য দেখা যায়, সেগুলি হল —

1) ঘূর্ণবাতের চক্ষু (eye) ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রকে নির্দেশ করে। বাস্তবে কেন্দ্রীয় অংশ ঘূর্ণবাতের কেন্দ্র অঞ্চল (core area) যাতে বায়ুর প্রবাহের বেগ ন্যূনতম হয়। উষ্ণতা সর্বোচ্চ এবং বায়ুচাপ ন্যূনতম হয়। আপেক্ষিক আর্দ্রতা সকল বলয়ের থেকে বেশি হয় কিন্তু আকাশ প্রায় মেঘমুক্ত থাকে, তাই আবহাওয়া পরিস্কার থাকে।

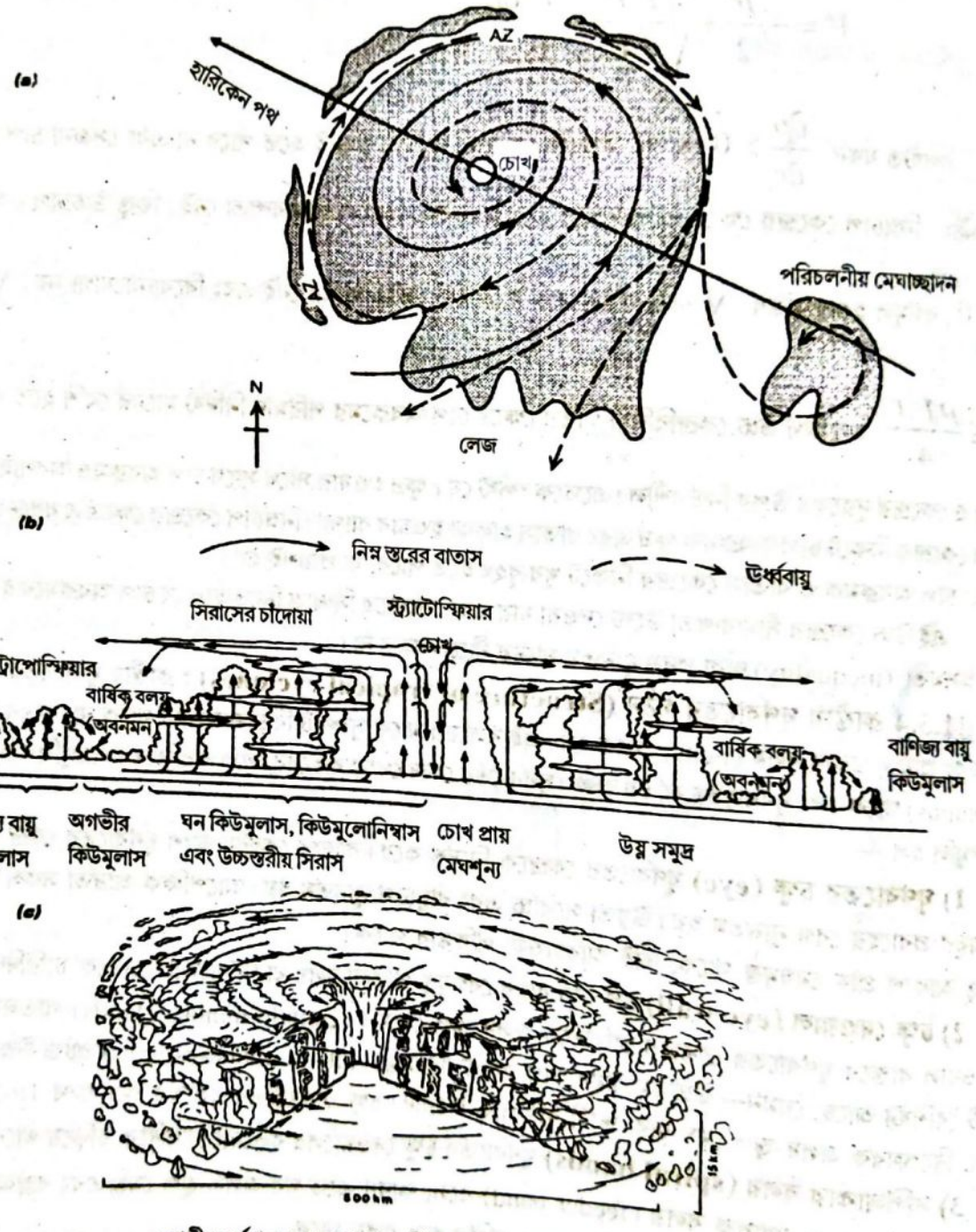
2) চক্ষু দেওয়াল (eye wall) হল উচ্চ বায়ুর বেগযুক্ত পাতলা বলয় যা ঘূর্ণবাতের 'চোখকে' চারিদিক থেকে ঘিরে থাকে। চক্ষু দেওয়াল বাস্তবে ঘূর্ণবাতের কেন্দ্রের চারিদিকে জলদ-স্তূপ মেঘের (cumulo-nimbus clouds) পাতলা বলয়। এই বলয়ের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য আছে, যেমন— উচ্চতম বায়ুর বেগ, প্রচণ্ড বজ্রঝঞ্ঝা (intense thunderstorms) প্রচণ্ড উল্লম্ব (ঊর্ধ্বমুখী) বাতাস সঞ্চালন, বিস্ফোরক জলদ-স্তূপ মেঘ দ্বারা ভারী বৃষ্টিপাত ইত্যাদি। চক্ষু দেওয়ালের বলয়ের গড় প্রস্থ 10-20 কি.মি. হয়।

3) সর্পিলাকার বলয় (spiral bands) ঘূর্ণবাতের চক্ষু দেওয়ালের বলয়ের চারিদিকে ছড়িয়ে থাকে। এই বলয়কে **বৃষ্টি বলয়** (rain bands) বা **পোষক বলয়** (feeder band) বলে, কারণ এতে ঘন জলদ-স্তূপ মেঘ এবং বজ্রঝঞ্ঝা থাকে যার থেকে ভারী বৃষ্টিপাত হয়। এই বলয়ে 50-80 কি.মি. দূরত্বে সর্পিলাকার বলয় থাকে।

সোসাইটির প্রকাশিত বই : 5. ভূগোলে পরিসংখ্যান পদ্ধতি (অমিতাভ মৈত্র), 6. দূর সংবেদ ও ভৌগোলিক তথ্য ব্যবস্থা (অমিতাভ মৈত্র), 7. জনসংখ্যা ভূগোল (পারমিতা দত্ত), 8.প্রতিভা (সাম্মানিকস্তরে ভূগোল টেস্ট পেপার), 9. আধুনিক জলবায়ুবিজ্ঞান, 10.ভূগোল Hons মডেল উত্তর

4) অঙ্গুরীয়াকার বলয় (annular belt) সর্পিলাকার বলয়কে বাইরে থেকে ঘিরে থাকে। এই বলয়ের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম হয়, মেঘাচ্ছাদন ভালোভাবে থাকে না। বায়ু ওপর থেকে নীচে নেমে আসে, তাই বৃষ্টিপাত খুব কম হয়।

5) বাহ্যিক পরিচলন বলয় (outer convective belt) অঙ্গুরীয়াকার বলয়ের চারিদিকে ছড়িয়ে যায়। এই বলয়ে বায়ুর অভিসরণের জন্য বায়ুমণ্ডলীয় অস্থিরতার কারণে পরিচলন ক্রিয়া তীব্র হয়। ফলে ঘন মেঘাচ্ছাদন থাকে, বৃষ্টিপাতও যথেষ্ট হয়। এই বলয়ের ওপর থেকে নীচে অবতলিত বায়ুপৃষ্ঠে বাহ্য প্রবাহ এবং বাইরের থেকে বায়ুর অভ্যন্তরীণ প্রবাহের জন্য দুই দিকযুক্ত বায়ুর অভিসরণ (convergence) হয়।



ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত (a) নকশা (b) পরিলেখ (c) ত্রিমাত্রিক চিত্র।

সোসাইটির প্রকাশিত বই : 1.সমকালীন ভূগোল (অমিতাভ মৈত্র) , 2.সামাজিক, রাজনৈতিক ও ভারতের আঞ্চলিক ভূগোল (পারমিতা দত্ত), 3. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তরে সাম্মানিক ভূগোল প্রথম খণ্ড (অমিতাভ মৈত্র), 4. সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তরে সাম্মানিক ভূগোল দ্বিতীয় খণ্ড (অমিতাভ মৈত্র),

6) সীমান্ত বলয (peripheral belt) বলতে ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের সবথেকে বাইরের অংশকে বোঝায়। এই বলয়ে অল্প অল্প মেঘ থাকে, পরিচলন ক্রিয়া দুর্বল হয়ে পড়ে, তাই বৃষ্টিপাত খুব কম হয়।

ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের উল্লম্ব গঠনে পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে ওপরের দিকে তিনটি বলয় বা মণ্ডল (zones) থাকে। সেই তিনটি মণ্ডল হল—

a) অভ্যন্তরীণ প্রবাহ স্তর (inflow layer) হল সব থেকে নীচের মণ্ডল, যার উচ্চতা পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে 3 কি.মি. উপর পর্যন্ত হয়। এই মণ্ডলের মুখ্য বৈশিষ্ট্য হল : বায়ুর সঞ্চালন কেন্দ্রের দিকে হয়, গরম সাগরীয় পৃষ্ঠ থেকে জলের বাষ্পীভবন হয়, জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন হয়, পরিচলন ক্রিয়ার বিকাশ হয়, মেঘ তৈরি হয়, ঘনীভবনের পর মুক্ত লীনতাপ ঘূর্ণবাতকে শক্তি প্রদান করে।

b) মধ্যবর্তী স্তব (middle layer) অভ্যন্তরীণ প্রবাহের ওপরের সীমা (পৃথিবীপৃষ্ঠ থেকে) 3 কি.মি. থেকে 6-7 কি.মি. উচ্চতা পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। এতে ঘূর্ণবাতের মুখ্য ঘূর্ণবাতীয় সঞ্চালন হয়, যা প্রায় বৃত্তাকার হয়।

c) ঊর্ধ্ব স্তর বা বাহ্যিক প্রবাহ স্তর (outer or outflow layer) মধ্যবর্তী স্তরের ঊর্ধ্বসীমা (6-7 কি.মি.) থেকে ট্রপোপস পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। এই স্তরে বায়ুর অপসারী বায়ু সঞ্চালন (divergent air circulation) অর্থাৎ প্রতীপ ঘূর্ণবাতীয় সঞ্চালন হয়, ওপরের অংশে ক্ষোভমণ্ডলীয় পশ্চিমা বায়ু প্রবাহিত হয়।

11.3.5 ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের সাথে সম্পর্কিত আবহাওয়া (Weather associated with tropical cyclones)

ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের আগমনের আগে বায়ু দুর্বল হয়ে যায়, কিন্তু উষ্ণতা শীঘ্র বাড়তে থাকে। বায়ুচাপ হ্রাস পায়, বায়ুর বেগ বাড়তে থাকে। আকাশে অলক মেঘ দেখা যায়, সাগরে উঁচু ঢেউ ওঠে। ঘূর্ণবাত যখনই কাছে আসে বায়ু তুফানের রূপ ধারণ করে, আকাশ কালো জলদ-স্তূপ মেঘে ঢেকে যায়, ভীষণ মুশলধারে বৃষ্টি শুরু হয়। বৃষ্টিপাতের স্বাভাবিক গড় হয় 10-25 সে.মি. কিন্তু এর পথ অবরুদ্ধ হওয়ার জন্য 75-100 সে.মি. পর্যন্ত বৃষ্টিপাত হয়। আকাশ সম্পূর্ণভাবে মেঘে ঢাকা পড়ে যার জন্য দৃশ্যমানতা নষ্ট হয়। এই অবস্থা কয়েক ঘণ্টা পর্যন্ত থাকে। এরপরে হঠাৎই বায়ু শান্ত হয়, আকাশ মেঘমুক্ত হয়ে পরিষ্কার হয়ে যায় ও বৃষ্টি বন্ধ হয়ে যায়। এই লক্ষণ ঘূর্ণবাতের চক্ষু বা কেন্দ্রের পরিচায়ক হয়। বায়ুচাপ কমে যায়। এই অবস্থা প্রায় আধঘণ্টা পর্যন্ত বজায় থাকে। এর পরে ঘূর্ণবাতের পৃষ্ঠভাগ এসে যায়। মুশলধারে বৃষ্টি শুরু হয়। এই অবস্থা দীর্ঘসময় পর্যন্ত বজায় থাকে। ঘূর্ণবাত যত এগোতে থাকে তত বায়ুচাপ বাড়তে থাকে। বায়ুর বেগ দুর্বল হয় এবং মেঘের আবরণ হালকা হওয়ার জন্য বৃষ্টিপাত ক্ষীণ বা দুর্বল হয়। ঘূর্ণবাত এগিয়ে যাওয়ায় আকাশে মেঘ সরে যায় এবং আবহাওয়া পরিষ্কার হয়।

11.3.6 ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাতের বণ্টন (Distribution of tropical cyclones)

ঃ ক্রান্তীয় ঘূর্ণবাত মুখ্যরূপে 5°-15° ...দেশের উপকূলবর্তী অংশকে প্রভাবিত করার পর শেষ হয়ে যায়। ক্রান্তীয়