ترجمه: فرهاد جعفری
دانشگاه تبریز
شماره مقاله: ۴۰۲

آب و هواهای سیلابی[۱]

Translated: F. Ja'afari

University of Tabriz

Flood Climates

Flood is a destructive natural agent. Knowing the facts of forming this morphologic phenomenon is the first step in controlling and environmental planning of it. In this article before classifying the regions from viewpoint of flood climates, the sources are surveyed which provide flood. On this basis, all of the water in the earth's atmosphere (vapour and water droplets) and its surface (ice and snow have been declared as the first and second reservoir of floods. In this field the distribution of water in atmosphere are shown by using the 25mm curve and the total water volume, distribution of snow and ice in different geographical regions are too. Discharging mechanism of atmospheric water reservoirs is also argued here. For discribing this process, first of all, atmosphere has been divided into two types;

-Barotropic which belongs to low latitudes in this section, causing the flood mechanism are convections and their clouds, thunderstorm and cyclonic motions.

-Baroclinic which belongs to high latitudes. In this section fronts especially polar fronts are from

---

۱- لازم به ذکر است این مقاله از کتاب Flood Geomorphlogy گرفته شده است. گردآورندگان این مجموعه آقایان: Victor R. Baker, Ricraig Kochel, Peter C. Patton می‌باشند و اوّلین سال انتشار آن ۱۹۸۸ بوده است.

discharging mechanism of atmosphere. The most important and most interesting part of this article is the Hyden's ***Flood climatic classification.***

مقدّمه

بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که تاکنون هیچ‌گونه طبقه‌بندی جهانی و یا حتی منطقه‌ای از اقلیمهای سیلابی انجام نشده و نقشهٔ جهانی آنها تهیه نشده است. هدف ما، در این مقاله آنست که اینگونه طبقه‌بندی و انواع اقالیم سیلابی مربوط به آن را ارائه داده و مبانی تهیهٔ آن را بیان کنیم.

اقلیم‌شناسی جهانی سیلاب را نمی‌توان بر مبنای آمارهایی مانند فراوانی و بزرگی دبی رودخانه‌ها تنظیم کرد. علت این مشکل تا حدی ناشی از آنست که فراوانی و بزرگی سیلابها به دلیل تغییرات خصوصیات حوضه‌ها (چه در محدودهٔ یک شبکهٔ زهکشی و چه در مقام مقایسهٔ شبکه‌های مختلف با یکدیگر) متغیّر است. تنوع سیستمهای موجد سیلاب نیز با توجه به ویژگیهای خاص آنها، بر پیچیدگی مسأله می‌افزایند. اگرچه تغییر ویژگیهای حوضهٔ زهکشی، از منطقه‌بندی جهانی سیلاب جلوگیری می‌کند، اما می‌توان عوامل هواشناسی و همچنین پتانسیل سیل را پهنه‌بندی کرد. در این نوشتار مناطق با آب و هوای سیلابی، براساس عوامل هواشناسی مشخص و معین می‌شوند.

منشأ اوّلیهٔ سیلابها

منشأ اولیهٔ سیلابها جو زمین است. آب موجود در سطح زمین، منبع ثانویهٔ ایجاد سیلاب می‌باشد. پتانسیل سیل بر حجم این منابع، میزان و طول مدت تخلیهٔ آب از آنها متکی است. در این جا قبل از پهنه‌بندی مناطق، ابتدا سعی شده تا ذخیرهٔ واقعی منابع فوق بررسی و سپس، مکانیسمهایی که عامل تخلیهٔ این ذخایر آبی هستند، مطالعه شوند.

مقدار آب موجود در جو زمین برابر با $۱/۴ \times ۱۰^{۴}$ کیلومتر مکعب است. این مقدار تنها قسمت ناچیزی ($۱۰^{-۵}$) از کل آب موجود در «کرهٔ آبی» می‌باشد (لَمب، ۱۹۷۲)[2]. براساس متوسط جهانی تنها حدود ۲۳ میلیمتر بخار آب در جو زمین وجود دارد. در مقابل، متوسط بارش جهانی در حدود ۱۰۰۰ میلیمتر در سال برآورد شده است. هر ساله تبخیر، باعث می‌شود تا آب موجود در جو، حدود ۴۰ بار تجدید شود. مجموع تبخیر سالیانه، تقریباً برابر آبی است که در دریاچه‌ها و رودها وجود دارد ($۰/۳ \times ۱۰^{۶}$ کیلومتر مکعب) (لمب، ۱۹۷۲).

بیشتر آب موجود در جو زمین در لایهٔ تروپوسفر قرار دارد. زیرا فرایندهای ایجاد بارش در درون

2-Lamb

این لایه اتفاق می‌افتد. لایهٔ مذکور در عرضهای گرمسیری (تروپیکال) دارای ضخامتی برابر با ۱۷ کیلومتر است. در عرضهای قطبی این ضخامت به ۱۱ کیلومتر می‌رسد. بنابراین ذخیرهٔ واقعی منابع آبی اتمسفری با عرض جغرافیایی، کاهش می‌یابد. میانگین درجهٔ حرارت نیز در لایهٔ تروپوسفر، با عرض جغرافیایی کم می‌شود. بنابراین از ظرفیت اتمسفر برای نگهداشتن بخار موجود، نیز کاسته می‌شود چرا که با کاهش درجهٔ حرارت، فشار بخار آب در هوای اشباع سیر نزولی می‌یابد اما هوای گرم می‌تواند، رطوبت بیشتری نسبت به هوای سرد، در خود نگهدارد. بعلاوه، تبخیر، فرایندی وابسته به درجهٔ حرارت است. بنابراین نواحی اصلی تغذیهٔ اتمسفر، در عرضهای پایین جغرافیایی به دلیل بالا بودن درجهٔ حرارت، قرار دارد. بیش از ۶۰٪ تبخیر آب در بین عرضهای ۳۰° جنوبی تا ۳۰° شمالی روی می‌دهد. در مقابل تنها ۵٪ از مجموع تبخیر سالیانه در نواحی بالاتر از مدار ۵۰° صورت می‌گیرد. این نابرابری مداری بخار آب اتمسفر، به وسیلهٔ پراکندگی آب و خشکی پیچیده‌تر می‌شود. بیش از ۶۰٪ تبخیر بر روی اقیانوسها انجام می‌گیرد. گردش مداوم و فعال اتمسفر تضادّ موجود بین ذخیرهٔ کل بخار آب منطقهٔ حارّه با قطب و دریاها با خشکیها را کاهش می‌دهد ولی کاملاً از بین نمی‌برد. تغییرات جغرافیایی آب موجود جو، با استفاده از پارامتر مجموع حجم آبی[3] قابل ارزیابی است. بنا به تعریف، مجموع حجم آبی اتمسفر، عمق آبی است که در نتیجهٔ تراکم تمام بخار آب اتمسفر به دست می‌آید. در مناطق برّی قطبی این عمق در زمستان ممکن است کمتر از ۵ میلیمتر باشد در صورتی‌که در نواحی اقیانوسی منطقه حارّه این مقدار در تمام فصول سال ۵۰ میلیمتر است. بدیهی است، اگر هوا حرکات افقی، همگرایی و صعودی نداشته باشد، بارش به حد کافی برای ایجاد سیل، نخواهد بارید.

جو باروتروپیک و باروکلینیک

جو زمین به دو تیپ عمده تقسیم می‌شود. باروتروپیک و باروکلینیک. تشخیص و تمایز آنها تا اندازه‌ای پیچیده است. اما عامل اساسی این تمایز گردش هوا به دور محور زمین است. بنابراین تشریح تفاوت آنها اهمیت دارد. اتمسفر هنگامی باروکلینیک است که دارای حرکات مارپیچی باشد. حرکات مارپیچی زمانی ایجاد می‌شود که گرادیانهای فشار و درجهٔ حرارت همدیگر را قطع کنند. نمونهٔ ماده‌ای از حرکات مارپیچی را در ظرف پرآبی که تنها حاشیهٔ آن حرارت داده می‌شود، می‌توان دید. در این حالت درجهٔ حرارت به طرف سطح آب و به طرف مرکز ظرف کاهش می‌یابد. از طرف دیگر فشار آب طبق روابط هیدرواستاتیک فقط به طرف سطح آب کاهش می‌یابد. به همین دلیل گرادیانهای مربوط به درجهٔ

3- Total Water Content

حرارت و فشار همدیگر را قطع می‌کنند. به محض وقوع این فرایند، چرخش آغاز می‌شود. در این موقع آب از اطراف و جدارهٔ ظرف صعود کرده، به سوی مرکز آن به جریان درمی‌آید. آب در نقطهٔ مرکزی، به دلیل دارا بودن درجهٔ حرارتی پایینتر از اطراف، به ته ظرف فرو رفته و سپس به سوی حواشی گرم آن جریان می‌یابد. شرایط باروکلینیک با حرکات مارپیچی آن، اغلب در جوّ باروتروپیک وجود ندارد. گرادیان درجهٔ حرارت و فشار ضعیف بوده و تقریباً موازی یکدیگر است. چرخشهای مارپیچی بندرت ایجاد شده و در ضمن، مکانیسمهای دیگری برای ایجاد چنین حرکاتی موردنیاز می‌باشد.

جو باروکلینیک و باروتروپیک با توده‌های مختلف خود به ترتیب مشخصهٔ بارز عرضهای بالایی و پایینی جو کره می‌باشد. در جو باروتروپیک، فشار روی سطوح با تراکم یکسان (هم تراکم)[4]، ثابت و یکنواخت می‌باشد. این وضع در مناطقی حاکم است که گرادیانهای افقی درجه حرارت ناچیز باشد. یکی از نتایج گرادیانهای افقی درجهٔ حرارت، فقدان تغییرات شدید سرعت باد همراه با افزایش ارتفاع می‌باشد. بنابراین جو باروتروپیک توسط دو ویژگی یعنی اختلاف کم درجهٔ حرارت افقی و نیز حرکت ناچیز عمودی در جهت مسیر باد، مشخص می‌شود. اما همین‌که حرکات بالارونده‌ٔ مربوط به گرمایش سطحی، جریان واگرایی هوا و یا اثرات اروگرافیک آغاز شد، حرکات عمودی و در نتیجه بارندگی در جو باروتروپیک صورت می‌گیرد. حرکات عمودی که منجر به تراکم و رشد عمودی ابرها می‌شوند ممکن است در هر دو شرایط جو باروکلینیک و باروتروپیک وجود داشته باشند. اما در جو باروتروپیک این حرکات به دلیل عدم حضور عواملی که منجر به انقطاع جهت باد می‌شوند، تقریباً عمودی خواهند بود. ابرهای کنوکتیوی (همرفتی) ناشی از این حرکات عمودی چنان گسترش می‌یابند که حتی ممکن است توسط بادهای قوّی فوقانی جو نیز از بین نروند. این همرفت در برخی از مواقع ضخامت زیادی از لایه‌های جو را تحت تأثیر قرارداده و قادر است بارندگی فراوانی را موجب شود.

هوای گرم و مرطوب که مشخصهٔ اصلی جو باروتروپیک عرضهای تحتانی است، تقریباً ناپایدار است. حرکات صعودی ناشی از این ناپایداری موجب افت درجهٔ حرارت، تراکم و نهایةً آزاد شدن گرمای نهان می‌شود. با آزاد شدن گرما، هوای صعودکننده، نسبت به محیط اطراف خود رقیقتر شده، تحت تأثیر فرایند فوق، سبکتر از هوای مجاور می‌شود. بنابراین، این حرکات خود موجب حرکات صعودی بیشتری می‌شود. این فرایند، «همرفت خود به خود» (همرفت اتوماتیک) نامیده می‌شود. به موجب این روند حرکات عمودی و نیز رشد عمودی ابرها که معرّف جو باروتروپیک عرضهای تحتانی

4- constant - density

است، تقویت می‌شوند. در نواحی مدارگانی، حرکات عمودی هرچند ناچیز در لایهٔ سطحی جو، می‌تواند ابرهای موجی شکل کومولوس و همچنین همرفتهای شدیدی را ایجاد کند. این فرایند عامل اساسی ایجاد باران در جو باروتروپیک می‌باشد. حتی هاریکانهای منطقهٔ مدارگانی نیز به صورت «چرخه‌ای»[5] (سیستم منظمی از هوا که دور محوری گردش می‌کند)، از عناصر همرفتی در نظر گرفته می‌شود.

در جو باروکلینیک که در واقع مشخصهٔ عرضهای جغرافیایی فوقانی می‌باشد، فشار روی سطوح هم تراکم، یکنواخت و ثابت نیست. بنابراین تضادهای گرمایش افقی اغلب شدید بوده و سرعت باد همراه با ارتفاع، البته متناسب با شدّت این تضاد، افزایش می‌یابد. برخورد سطوح فشار با سطوح مربوط به درجهٔ حرارت، منجر به چرخشهای مارپیچی در سطح افقی می‌شود. همگراییهای ایجاد شده در چرخش افقی نیز به نوبهٔ خود منجر به حرکات عمودی، کاهش درجهٔ حرارت، تراکم و در نهایت بارش می‌شود. جو باروکلینیک عرضهای میانی و فوقانی توسط هیدرودینامیک جریانات افقی جا به جا شده و این روند به نوبهٔ خود حرکات عمودی مولد بارندگی را تقویت می‌کند. اما حجم بارندگی آن در مقایسه با بارشی که توسط فرایندهای عمیق همرفتی جو باروتروپیک ایجاد می‌شود، کمتر خواهد بود. این اختلاف حجم تا اندازه‌ای توسط سیستمهای دیرپای جو باروکلینیک و در نتیجه دوام بیشتر بارش در آن کمتر می‌گردد. براین اساس سطح زمین به قسمتهای باروتروپیک در عرضهای پایین و باروکلینیک در عرضهای فوقانی تقسیم می‌شود. مرز بین این دو در مقیاس سینوپتیکی و همچنین فصلی تغییر می‌کند. اما محدودهٔ شمالی این مرز، توده هوای حارّه‌ای می‌باشد. در این مقاله، منحنی میزان ۲۵ میلیمتر مربوط به مجموع حجم آبی جو، این انتقال را نشان می‌دهد و اتمسفر را به دو قسمت تقسیم می‌کند. دو قسمتی که اساساً نیروی محرک در فرایندهای بارش آنها مختلف می‌باشد. همچنین توجه به این نکته از اهمیت برخوردارست که تفکیک فوق، مناطق پرباران با طول مدت کوتاه را از مناطقی که کم باران است اما تداوم بیشتری دارد، جدا می‌سازد.

تصویر شماره ۱ منحنی میزان ۲۵ میلیمتر مربوط به حجم آب جو را در ماههای ژانویه و ژوئیه نشان می دهد. موقعیت این خط بجز در نواحی افریقای شمالی بر خط پیشنهادی (لمب، ۱۹۷۲) منطبق است. در این نواحی شرایط باروتروپیک مهیاست اما موجودی آب از ۲۵ میلیمتر کمتر است. در این ناحیه موقعیت خط طوری اصلاح شده که نشان دهندهٔ توزیع شرایط باروتروپیک هم باشد. تصویر شماره ۱ موقعیت ماههای ژانویه و ژوئیه بادهای همگرای تجارتی را نیز ارائه می‌دهد. این کمربند

5- vortex

ابرناکی و همگرایی واقع در استوا، به عنوان «منطقهٔ همگرای بین مداری» (ITCZ) معروف می‌باشد. منحنی میزانهای ۲۵ میلیمتری آب جو در فصول زمستان و تابستان، مناطق واقع در کره را به سه منطقهٔ مجزا تقسیم می‌کند. ۱ـ در عرضهای بالای جغرافیایی، یعنی هر جا که میانگین حجم آبی کمتر از ۲۵ میلیمتر در سال باشد، شرایط باروکلینیک غالب می‌باشد. ۲ـ در عرضهای پایین جغرافیایی حجم آب اتمسفری بالغ بر ۲۵ میلیمتر است، لذا منطقهٔ باروتروپیک دائمی را خواهیم داشت. در عرضهای میانی شرایط باروتروپیک و باروکلینیک در مقیاسهای سینوپتیکی و فصلی تغییر می‌کند. براساس تصویر شماره ۱، منحنی میزان ۲۵ میلیمتر در ژانویه، بوضوح هجوم موسمیهای مرطوب را به آسیای شرقی و در تابستان نیمکرهٔ شمالی نشان می‌دهد. بعلاوه همین منحنی، نفوذ هوای اقیانوسی منطقهٔ حارّه را در اواسط تابستان و نیز شرایط باروتروپیک و نفوذ آن را به داخل دشتهای مرتفع امریکا بخوبی به نمایش می‌گذارد. در شمال قارهٔ افریقا شرایط باروتروپیک در ژانویه دقیقاً منطبق با منحنی ۲۵ میلیمتر نیست. حجم آبی این منطقه اگرچه شرایط باروتروپیک عارض آن می‌باشد، کمتر از ۲۵ میلیمتر است. خط بریدهٔ تصویر شماره ۱ در امتداد سواحل افریقای شمالی، متوسط حد شمالی محدودهٔ باروتروپیک را در زمستان نشان می‌دهد. این منطقه در این زمان دارای منحنی ۲۵ میلیمتر (لَمب) نمی‌باشد بلکه میزان حجم آبی آن بیشتر از ۲۵ میلیمتر محاسبه شده است. به هر حال در زمان فوق (زمستان) هوای موجود در مناطقی مانند افریقای شمالی، اُتبک[6] استرالیا و صحرای بجستان در شمال غربی هند به اندازهٔ کافی دارای رطوبت است. این مقدار رطوبت در صورت مهیا بودن شرایط، بارشهای فراوان و در نتیجه سیل ایجاد می‌کند. اما به دلیل عدم وجود مکانیسمهای جوی برای صعود هوا و تراکم، بارشی ایجاد نمی‌شود.

سیستمهای هوا در جوّ باروتروپیک

گرمایش و همگرایی افقی لایه‌های پایینی جو باروتروپیک، منجر به حرکات عمودی که لازمهٔ تراکم و بارش است، می‌شود. در جو باروتروپیک عنصر اصلی ایجاد بارش، ابرهای همرفتی است. تصویر شماره ۲ توزیع جهانی تندرها را همراه با گروههای فراوانی آنها نشان می‌دهد. این گروهها شامل: بیش از ۱۰۰ طوفان، بین ۵۰ و ۱۰۰ طوفان، بین ۲۰ و ۵۰ طوفان و کمتر از ۲۰ طوفان می‌باشد. وقوع مکرر تندرها در طی سال، مشخصهٔ دائمی و فصلی شرایط باروتروپیک می‌باشد. خانوادهٔ تندرها غالباً سیستمهای بزرگتری را تشکیل می‌دهند. این سیستمها مجموعه‌های بزرگ مقیاسی از عناصر همرفتی می‌باشند که نقش اساسی را در تشکیل سیلاب به عهده دارند.

6- Outback

سیستمهای منظم باروتروپیک که در عرضهای پایین باعث بارشهای مؤثّر و فراوان می‌شوند عبارتند از:

- همگرایی جریانهای بادهای تجارتی بین دو نیمکره (منطقه همگرایی بین مداری)
- چرخشهای سیکلونی حوضه‌های فشار (شامل طوفانهای تروپیکال و امواج استرلی)
- فرارفت اروگرافیک، به هنگام صعود توده‌های هوا از روی برجستگیها.

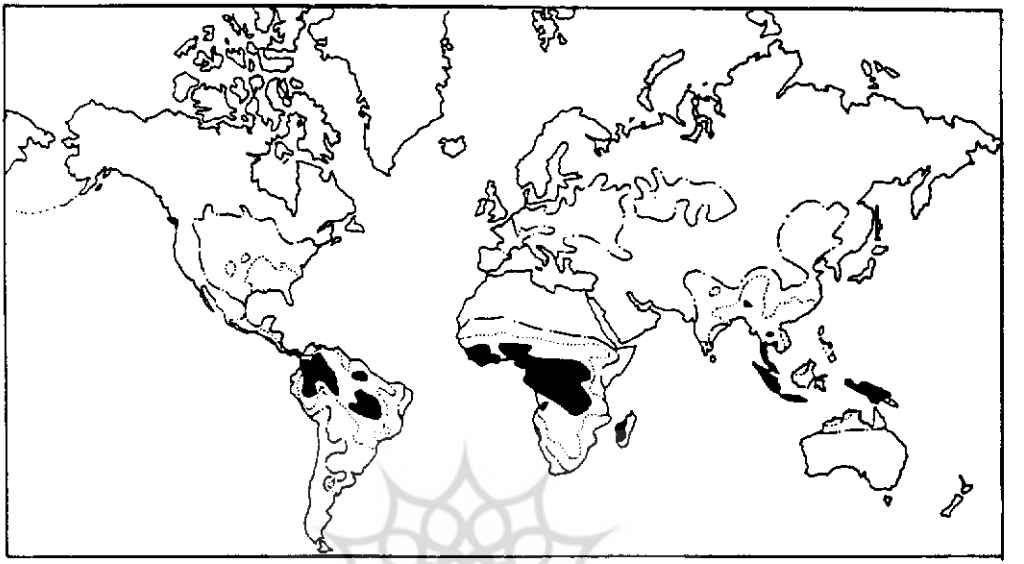
مناطقی که سیستمهای فوق در آن ضعیف یا کمیاب هستند ـ مانند افریقای شمالی ـ علی‌رغم حاکمیّت شرایط باروتروپیک جو، تحت سیطرهٔ هوای خشک خواهند بود.

کمربند همگرایی بین حارّه‌ای

کمربند همگرایی بین حاره (ITCZ)، که بعضاً استوای هواشناسی و «دُلدورم» خوانده می‌شود، همگرایی جریانهای باد را از دو نیمکره نشان می‌دهد. همگرایی و در نتیجه صعود هوا باعث تشکیل ابرهای «مشرف به استوا»[7] می‌شود. این ابرها در تصاویر ماهواره‌ای کاملاً مشخص می‌باشد (تصویر شماره ۳).

تصویرشماره ۱ : محدوده میانگین زمستانی (خط‌بریده) و تابستانی (خط ممتد) جو باروتروپیک و باروکلینیک.
این چهار خط براساس نظریهٔ (لاسب، ۱۹۷۲) ترسیم گردیده و موقعیت منحنی میزاد ۲۵ میلیمتر حجم آب جو را در ماههای ژانویه و ژوئیه نشان می‌دهد. نقطه‌چین‌ها نیز موقعیت منطقه همگرای بین مداری (ITCZ) را در ژوئیه و ژانویه به نمایش می‌گذارد. (این دو خط توسط Atkinson و Salder در سال ۱۹۷۰ ارائه شده است).

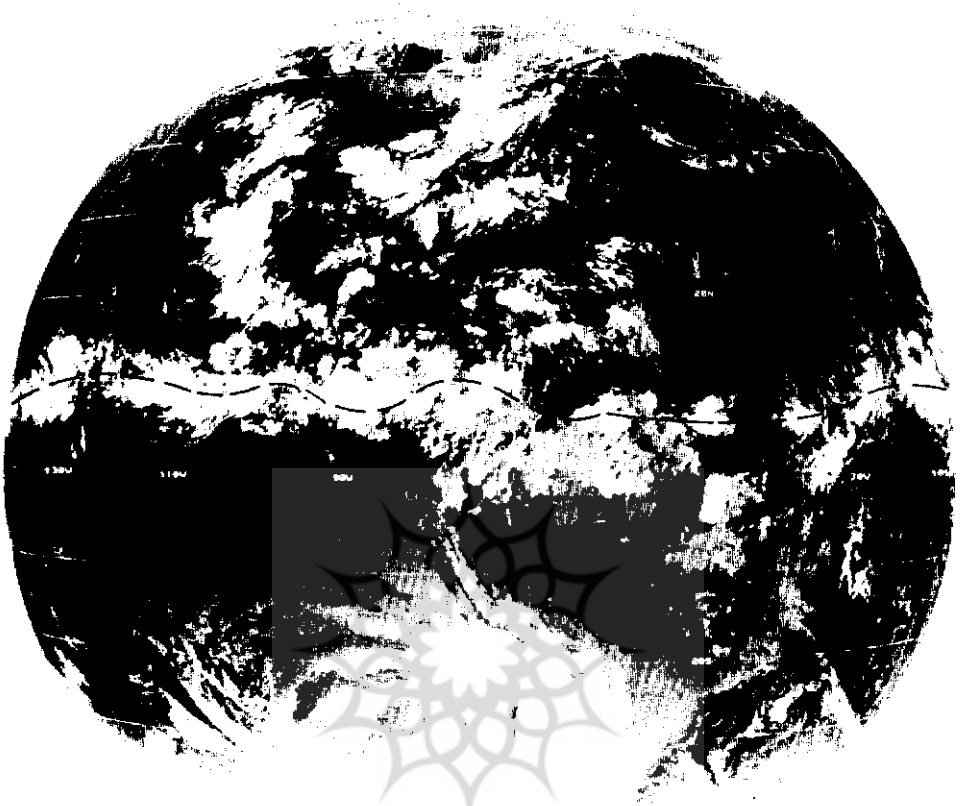
7- circumequatorial



تصویر شماره ۲: رده‌بندی فراوانی تندرها.

مناطق با بیش از ۱۰۰ تندر در سال به رنگ کاملاً سیاه نشان داده شده‌است. نقطه چینها نیز مناطقی را که در سال بیش از ۵۰ تندر دارند، محدود می‌کند و خط‌چین ـ نقطه نیز مناطق دارای حداقل ۲۰ تندر در سال را مشخص می‌کند (المب،۱۹۷۲).

منطقهٔ همگرای بین مداری و کمربند بارش مربوط به آن دارای حرکات منظم و سالیانهٔ شمالی ـ جنوبی است. موقعیت و حرکات روزانهٔ این منطقه و پیش‌بینی دقیق آن مشکل است. منطقهٔ ITCZ در طول تابستان نیمکرهٔ شمالی، در شمالیترین و در طول تابستان نیمکرهٔ جنوبی در جنوبیترین موقعیت خود قراردارد. به علّت چنین نوسانی در موقعیت مکانی ITCZ، بیشتر مناطق بین مداری دارای فصلی با بارندگی مشخص می‌باشد. اصطلاح عام «مانسون» اغلب با فصل بارندگی تابستانی مرتبط می‌باشد. اصطلاح و معنای خاص مانسون، به موسمیهای معروف آسیا برمی‌گردد. تصویر شماره ۱ محدودهٔ ITCZ را در ماههای ژانویه و ژوئیه نشان می‌دهد. منطقه تروپیکال از طریق نوسانهای فصلی کمربند همگرای بین حارّه مشخص می‌شود. این منطقه، محدوده‌ای را در برمی‌گیرد که معمولاً به عنوان منطقهٔ مرطوب گرمسیری شناخته شده است. اما در بعضی از مناطق این محدوده از جمله در افریقای شرقی و سواحل جنوبی شبه جزیرهٔ عربستان، قدرت همگرایی اغلب ضعیف، حرکات عمودی ناچیز و بارش کم است.



تصویر شماره ۳: منطقه همگرای بین مداری در ۲۱ ژوئیه.

خط بریده از روشنترین قسمتهای ابر عبور می‌کند. این عکس تصویر مادون قرمز می‌باشد، لذا سردترین و متراکمترین ابرها، به رنگ بسیار روشن جلوه می‌کند. مناطق با همرفت شدید، بطور وضوح در تصویر دیده می‌شوند.

وجود سرزمینهای مرتفع در مناطق بین مداری، سبب تقویت فرایندهای اروگرافیک شده و بعضاً مقادیر زیادی بارش ایجاد می‌کند. در چراپونجی هند (ژانویهٔ ۱۸۷۶) ۲۵۰۰ میلیمتر باران در ۱۰۰ ساعت فرو ریخت. بیشتر بارندگیهایی که باعث سیلابی شدن رودخانهٔ نیل می‌شوند، در طول تابستان نیمکرهٔ شمالی و با عبور ITCZ از فراز سرزمینهای مرتفع اتیوپی رخ داده است. در سالهایی که همگرایی ضعیف بوده یا ITCZ در این مناطق نفوذ نکند، خشکسالی آغاز می‌شود. خشکسالی عظیم و مشهور سالهای ۸۵ ـ ۱۹۸۱ حادثه‌ای غیرقابل پیش‌بینی در این نواحی و نتیجهٔ عدم نفوذ ITCZ در این منطقه بوده است. در اثر هجوم فصل منطقهٔ همگرای بین مداری، تنها چند درجه از عرض جغرافیایی ساحل

غربی امریکای جنوبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و بیشتر، محدود به کلمبیا و اکوادور می‌شود. اما در سالهای «ال‌نینو»[8] آبهای گرم منطقهٔ حارّه (به دلیل رانده شدن کمربند همگرای بین حارّه به جنوب) به طرف جنوب گسترش می‌یابند. پس از این واقعه بارشهای سنگین همرفتی ممکن است به ساحل خشک پرو برسند. بنابراین در سالهای «ال‌نینو» تشکیل سیلابها در پرو امری متداول است.

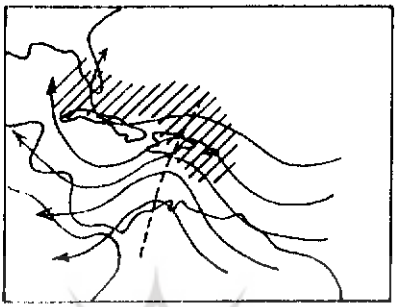
حرکات سیکلونی

گاهی، جریانهای باد در اتمسفر کاملاً باروتروپیک عرضهای پایین، چرخش سیکلونی (مثبت) ایجاد می‌کند. متداولترین نوع این سیستمها، امواج شرقی می‌باشد (تصویر شماره ۴). موج شرقی عبارتست از تغییر موجی شکل بادهای تجارتی. در داخل موجهای شرقی، ابرهای همرفتی (تندرها) شکل می‌گیرند و سبب ریزشهای شدید و طولانی مدت می‌شوند این امواج درکمربند «بادهای تجاری/ بسامان»[9] از شرق به غرب حرکت کرده و هنگامی که از روی جزایر یا حواشی قاره‌ها عبور کنند موجب بارشهای فراوانی می‌شوند. در این مناطق سطوح گرم قاره‌ها و ناهمواریهای مربوط به آنها، حرکات صعودی و بالمآل عوامل همرفتی را تقویت و تشدید می‌کنند.

مهمترین نوع حرکت سیکلونی در جو باروتروپیک، سیکلونهای تروپیکال می‌باشد. سیکلونهای این منطقه اغلب از طریق عملکرد (سیستم منظمی) از عناصر همرفتی واقع در یک موج شرقی به وجود می‌آیند. بطور روشن معلوم نیست که چرا تعداد ناچیزی از امواج شرقی، به طوفانهای تروپیکال تبدیل می‌شوند. همچنین دلیل این که چرا تمام امواج استرلی به طوفان تبدیل نمی‌شوند نیز مشخص نیست. این سیکلونها که در واقع بادهایی با سرعت ۱۱۶ کیلومتر در ساعت را به وجود می‌آورند به عنوان «هاریکان» معروف می‌باشند. این اصطلاح در امریکای شمالی، معمولاً به طوفانهای شدید تروپیکال، گفته می‌شود. همین پدیده در مناطق اقیانوس آرام با نام «تیفون» شناخته می‌شود. معمولاً این طوفانها در استوا به علت پایین بودن پارامتر مربوط به نیروی کوریولیس و عدم حضور سیستمهای چرخندی بسته و یا کمیاب بودن آنها، عملاً تشکیل نمی‌شود. پیدایش طوفانهای تروپیکال منوط به وجود مقادیر زیادی انرژی پنهان بوده، بنابراین منطقهٔ تکوین آنها تنها به اقیانوسهای جنب گرمسیری، جایی که درجه حرارت سطح آب بالغ بر ۲۷° است، محدود می‌شود. شرط دیگر برای تشکیل چنین طوفانهایی اینست که جو، عاری از عواملی باشد که از وزش عمودی باد جلوگیری می‌کند. اگرچه جو باروتروپیک بطور

8- El NiNo 9- Trade Winds

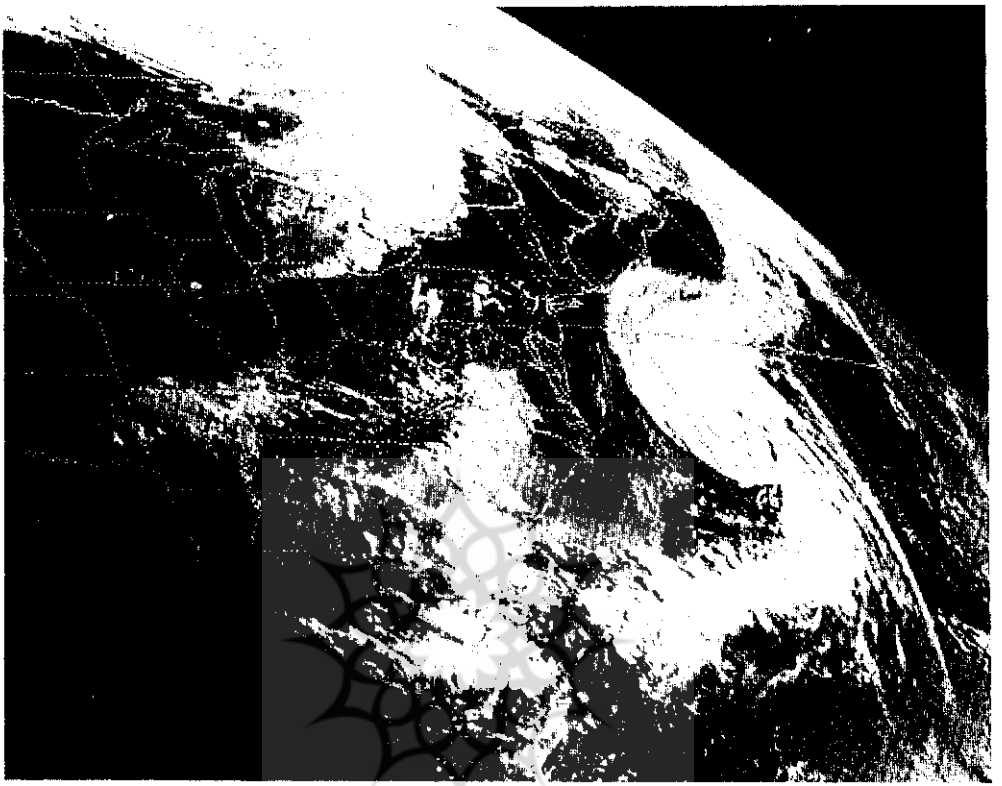
معمول فاقد چنین عواملی است (برش باد)[10] اما این مسأله در همه جا صادق نیست. بطور مثال مناطق جنب گرمسیری واقع در جنوب اقیانوس اطلس، دارای عواملی است که وزش عمودی بادرا مختل کرده و بر این اساس طوفانهای تروپیکال را در این منطقه محدود و کم‌اهمیت می‌کند.



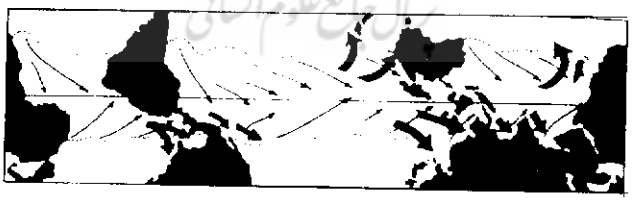
تصویر شماره۴:استقرار یک موج شرقی در ۱۳ آگوست ۱۹۶۹ روی جمهوری دومینیکن. خط بریده محور فرود موج شرقی را نشان‌می‌دهد. پیکانها جریانهای غالب را معین می‌کنند و ناحیهٔ هاشورخورده،محل تشکیل توده‌های ابر می‌باشد.

عدم حضور عامل از بین برندهٔ حرکات عمودی باد، منجر به حرکات همرفتی شدیدی می‌شود (تصویر شماره ۵). حرکات قوی بالارونده و آزادشدن گرمای پنهان، حرکات سیکلونی شدیدی را مهیا می‌کند. همین‌که سیکلونهای تروپیکال تشکیل شدند، از جانب غرب به درون کمربند بادهای تجارتی وارد شده و از جانب شرق و شمال به داخل مناطق باروکلینیک حرکت می‌کنند. در این جا سیکلونهای تروپیکال ممکن است با سیستمهای جبهه‌ای عرضهای میانی برخورد کرده و توسط هیدرودینامیکهای جو باروکلینیک تقویت شوند. در حالی که در اثر این تصادم برخی از ویژگیهای آنها به عنوان یک سیستم مدارگانی ممکن است از بین برود اما باعث ریزش مقادیر فراوانی باران می‌شوند. این پدیده در Harrican Camille, 1969) و Agnes, 1972) روی داده و براساس آن ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر باران در «دشت ساحلی اقیانوس اطلس»[11] باریده است. بیشترین مقدار بارش در هر دو طوفان فوق موقعی روی داد که بقایای طوفان تروپیک توسط بخشهای بیشتری از جو باروکلینیک قطع شد. شرایط مشابهی در جنوب شرقی چین دیده می‌شود. تصویر شماره ۶ توزیع بادهای تجارتی راکه امواج شرقی (استرلی) در آن رخ می‌دهد و همچنین مسیرهای اصلی چرخه‌های منطقهٔ مدارگانی را نشان می‌دهد.

10- wind shear 11- Atlantic Coastal Plain



تصویر شماره ۵: طوفان تروپیکال در ساحل کارولینا ـ ۲۷ جولای ۱۹۷۵. اگرچه طوفانها در این مرحله به عنوان هاریکان کامل تلقی نمی‌شوند، اما ابرهای همرفتی که به صورت گروههای مارپیچی نمودپیدامی‌کنند،بطورواضح دیده‌می‌شوند.



تصویر شماره ۶: منطقهٔ امواج شرقی و اغتشاشهای بادهای تجارتی. پیکانهای باریک مسیر عمومی بادهای تجارتی را نشان می‌دهد (گرو، ۱۹۴۹)[۱۲] و پیکانهای ضخیم مسیر اصلی هاریکان را مشخص می‌کند (سیمسون و ریل، ۱۹۸۱)[۱۳]

12- Crowe 13- Simpson and Richl

برخی از نواحی خشک دیگر، مانند آریزونا، بندرت شاهد طوفانهای تروپیکال هستند. بنابراین، این چشم‌اندازها نسبت به بارشهای فراوانی که حتی از طوفانهای نه‌چندان قوی تروپیکال ناشی می‌شوند، آمادگی لازم را ندارند. طوفانهای نسبةً آرام تروپیکال ممکن است در چنین نواحی باعث ایجاد سیلاب شوند. چنین طوفانهایی به تعداد زیاد در آریزونا روی می‌دهند. توزیع طوفانهای تروپیکال که در تصویر شماره ۶ نشان داده شده، باید به دو صورت تفسیر گردد:

اولاً مناطقی وجود دارند که به دلیل فراوانی چرخه‌های مدارگانی احتمال دارد شدیدترین طوفانهای تروپیکال را تجربه کرده و متحد وقوع سیلابهای متعدد ناشی از هاریکان باشند.

ثانیاً مناطقی وجود دارند که بندرت اثرات طوفانهای تروپیکال را به خود می‌بینند اما هنگامی که یک زبانه بطور اتفاقی وارد منطقه می‌شود، سیلابهای شدیدی را به وجود می‌آورد.

فرارفت اروگرافی

حرکتهای صعودی و فرایندهای شدید همرفتی اغلب به ناهمواریهایی که جریانهای هوا باید بر روی آنها جریان یابد بستگی دارد. در جو باروتروپیک این حرکتهای صعودی با فرایند تراکم همراه است و سبب آزاد شدن گرمای پنهان می‌شود و در نتیجه هوا ناپایدارتر می‌گردد. همچنین هوا در حالی که صعود می‌کند از محیط اطراف خود رقیقتر شده و حرکتهای صعودی آن بیشتر می‌شود. این همرفت اتوماتیکی بر روی سرزمینهای مرتفع تقویت شده و احتمال بارندگی را افزایش می‌دهد. بیشترین بارش اروگرافیک در پی حداکثر دوره گرمایش خورشیدی می‌باشد. ریزشهای اروگرافیک بطور منطقه‌ای در توده‌های خشکی با روند شمالی ـ جنوبی، رشته کوهها و مجمع‌الجزایری که بادهای تجارتی را در عرضهای جنب حارّه‌ای قطع می‌کند، ایجاد می‌شوند.

اتمسفر عرضهای میانی، در نیمهٔ تابستان، دارای شرایط باروتروپیک می‌شود. بارش همرفتی غالباً با تندرها همراه است. معمولاً سیلابهای شدید ناشی از این طوفانها، محدود به نواحی کم‌آب (خشک) می‌باشد. اما در مناطقی که تأثیرهای اروگرافیکی وجود دارد، طوفانها به شکل آنچه که امروزه به عنوان «گروههای همرفتی با مقیاس متوسط»[۱۴] نامیده می‌شوند، نیز تشکیل می‌گردند. مقدار بارش ناشی از این طوفانها مشابه طوفانهای مربوط به جو شدیداً باروتروپیک مناطق حارّه است. بنابراین بارش، تحت تأثیر متقابل دینامیک زمین و طوفان ایجاد می‌شود. این سیستمها (گروههای همرفتی متوسط مقیاس) ممکن است برای مدتی طولانی بی‌حرکت بماند. سیل "Rapidcity" (داکوتا) در سال ۱۹۷۲ و همچنین سیل

14- Meso - scale convective clusters

"Jhonstown" در پنسیلوانیا به سال ۱۹۷۹، سیلابهای مخربی از این نوع بوده‌اند. گروههای همرفتی متوسط مقیاس مشخصهٔ مناطقی است که شرایط باروتروپیک و باروکلینیک در مقیاسهای زمانی سینوپتیکی و فصلی جای خود را به یکدیگر می‌دهند. در حالی که در مورد این پدیدهٔ اتمسفری که بتازگی شناخته شده، اطلاع چندانی وجود ندارد، اما در سالهای اخیر از تصاویر ماهواره‌ای براحتی قابل دریافت می‌باشد.

اگرچه ترسیم و گنجاندن هر عنصر برجسته‌ای بر روی نقشهٔ مناطق دارای آب و هوای سیلابی مفید به نظر می‌رسد، اما نقشهٔ مذکور بسرعت از جزییات پرشده و لذا نمی‌توان آن را به عنوان یک نقشهٔ جهانی ارائه داد. از این رو تنها عناصر اصلی زمین نشان داده می‌شوند. طبقه‌بندی آب و هوای سیلابی با جزییات بیشتر به عهدهٔ خوانندگان گذاشته می‌شود تا براساس آن طبقه‌بندی به صورت منطقه به منطقه انجام شود. اما ضروری است که نقشهٔ هواشناسی سیلاب عناصر اصلی برجستگی چشم‌اندازها را در بر گیرد.

سیستمهای هوا در جو باروکلینیک

در جو باروکلینیک تغییر سرعت باد در سطوح عمودی و افقی بر اثر تضاد شدید حرارتی و حرکتهای مارپیچی حاصل از تلاقی سطوح هم‌فشار و سطوح هم‌دما، ایجاد می‌شود. فرایندهای همگرایی و واگرایی در سطوح مختلف جو به حرکات عمودی، تراکم و بارش منجر می‌شود. ذکر این نکته لازم است که آزاد شدن گرمای پنهان در جو باروکلینیک، فرایندی بی‌اهمیت است اما آغاز فعالیت نیروها ماهیتاً هیدرودینامیک هستند تا ترمودینامیک.

تضادهای شدید حرارتی به صورت افقی در قسمتی از جو باروکلینیک زمین باعث تشکیل جبهه می‌شود. در این جبهه‌ها، توده‌های هوا از مناطق مختلف به یک نقطه متوجه می‌شوند جبههٔ قطبی قویترین تضاد درجهٔ حرارت را نشان می‌دهد. این جبهه معمولاً جو باروتروپیک منطقه گرمسیری را از جو باروکلینیک عرضهای بالا، جدا می‌کند. در منطقهٔ تشکیل جبههٔ قطبی، تضادهای حرارتی توده‌های شمالی و جنوبی زیاد بوده و بادهای غربی به سرعت تشکیل شده و همراه با افزایش ارتفاع، بر شدت خود می‌افزایند. معمولاً همراه با جبههٔ قطبی، در ارتفاعات فوقانی جو، جت استریم مربوط به این جبهه تشکیل می‌شود. جبههٔ مزبور، منطقه‌ای با ناپایداری شدید هیدرودینامیکی ایجاد می‌کند. بنابراین در این منطقه، معمولاً سیکلونهای جبهه‌ای[15] تشکیل می‌شود.

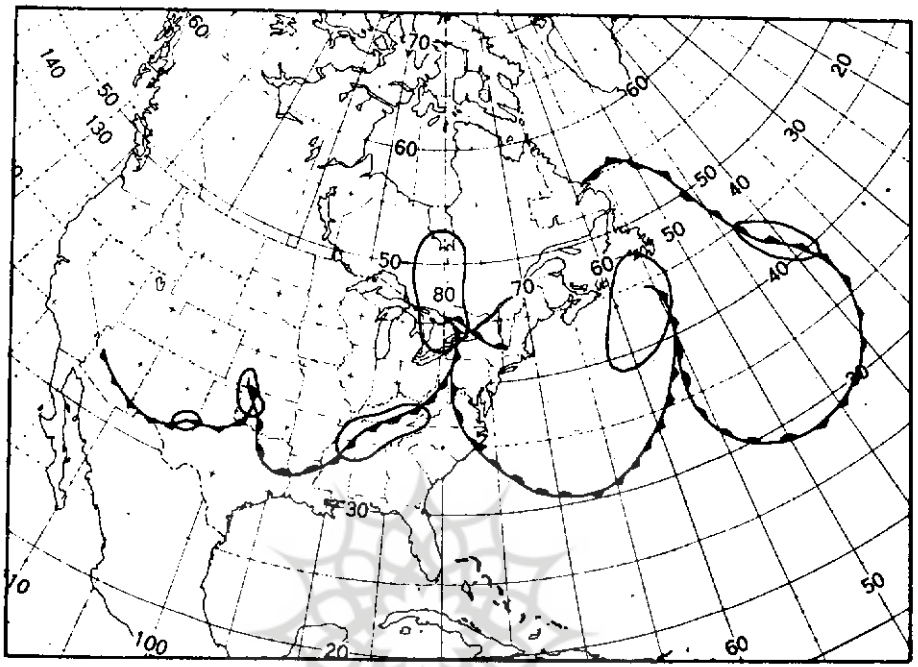
طوفانهای مربوط به جبههٔ قطبی به هوای باروتروپیک منطقه گرمسیری دسترسی داشته و انرژی پنهان خود را از هوای مرطوب آن می‌گیرند. طوفانها در امتداد این جبهه ممکن است به حداکثر اندازه و

15- frontal cyclones

شدت خود برسند. حرکات صعودی قوی در این مناطق ممکن است به بارندگی سنگینی منجر شود. لازم به ذکر است که این حرکتها در سطح زمین و در مرکز طوفان حالت همگرایی داشته و در بالا توسط جت استریم حالت واگرایی به خود می‌گیرند.

قطر طوفانهای جبهه‌ای از لحاظ اندازه، از چند صدکیلومتر تا بیش از یک هزار کیلومتر تغییر می‌کند. حرکت آنها از غرب به شرق و یا از جنوب غربی به شمال شرقی می‌باشد. بارش ناشی از این طوفانها، همچنین جبههٔ واقع در آن، معمولاً دارای عمری برابر با ۱۲ تا ۳۶ ساعت می‌باشد. طوفانهای جبهه‌ای از این نظر اهمیت دارند که به صورت گروهی حرکت می‌کنند، در واقع چندین طوفان در امتداد منطقه جبهه در فاصلهٔ چند صد کیلومتری از هم تشکیل می‌شوند. تصویر شماره ۷ نمونه‌ای از سیکلونهای جبهه‌ای را نشان می‌دهد. این طوفانها در عرضهای میانه از نظر ایجاد سیلاب دارای اهمیت می‌باشند، چراکه در این عرضها تناوب و تکرار طوفان و بارش متداول است. ابتدا، سطح زمین از رطوبت اشباع شده و به محض ایجاد طوفان، سیلابها ایجاد می‌شوند. طوفانهای عرضهای میانه به صورت گروهی طی مدت ۳/۵ روز از منطقه معینی عبور خواهند کرد. اما بارش شدیدتر برای طوفانهای بعدی امری متداول است. در نتیجه یک سیکل هفتگی در بارش مشاهده می‌شود (نامیاس، ۱۹۶۶)[16] این سیکل هفتگی را به عنوان پدیدهٔ «شبه ـ دوره‌ای»[17] می‌شناسد. اصطلاح رایجتر این تکرار منظم بارش، سیکل سینوپتیکی است. وقوع بارش به عنوان نمونه طی ۱۵ـ۱۰ سه‌شنبه متوالی پدیدهٔ کمیاب و غیر معمولی نیست.سیکلونهای جبههٔ قطبی غالباً به مناطقی که از نظر فصلی دارای جو باروکلینیک است، محدود می‌شوند (تصویر شماره ۱). اما اندک دقتی بر نقشهٔ هوای نیمکرهٔ شمالی، جبهه‌های دیگری را در شمال جبههٔ قطبی قابل تشخیص می‌سازد. این جبهه‌ها نیز توده‌های هوا را از مناطق با منشأ متفاوت جداکرده و بنابراین هر تودهٔ هوا با خصوصیات ترمودینامیک خود، از بقیه تشخیص داده می‌شود. بر خلاف طوفانهای جبههٔ قطبی، سیکلونهای جبهه‌ای این جبهه‌ها، برروی نواحی قارّه‌ای، بندرت به توده هوای مرطوب دسترسی پیداکرده و در نتیجه سیلابهای سنگین کمتر تشکیل می‌شود. اما اگر عوامل اروگرافیک وجود داشته باشد و براثر آن تراکم و بارش ایجاد شود، امکان وقوع سیلاب حتمی است. برای این که سیلاب ایجاد شود باید بارندگی نسبةً متوسطی از این چرخه‌های جبهه‌ای، به صورت برف و یخ در طول زمستان بر روی زمین ذخیره و متراکم شود.

16- Namias 17- quasi - priodic



تصویر شماره ۷: خانواده‌ای از سیکلونها در جبههٔ قطبی. مراکز کم‌فشار (سیکلونها) توسط دوایری نشان داده می‌شوند (همفشارهای بسته). توده هوایی که منشأ آن مناطق مدارگانی بوده و به سوی قطب حرکت می‌کند، جبههٔ گرم قطبی را تشکیل می‌دهد (نیم دایره‌ها). هوای سرد عرضهای فوقانی نیز جبههٔ سرد را ایجاد می‌کنند (مثلثها). خانوادهٔ سیکلونی از غرب به شرق حرکت می‌کنند.

بطور خلاصه، به سمت شمال منطقه‌ای که از نظر فصلی دارای شرایط باروکلینیک است، یعنی، منطقهٔ تشکیل طوفانهای قطبی، سیلاب معمولاً پدیده‌ای است که در فصول بهار و تابستان رخ می‌دهد. بعضی وقتها مناطق قطبی نیز دارای جو باروتروپیک می‌باشد. یعنی منحنی میزانهای فشار و درجهٔ حرارت همدیگر را قطع می‌کنند. اما نیروی کوریولیس در این جا شدید بوده و چرخشهای افقی دینامیکی معمولاً بیشتر از چرخشهای ترمودینامیکی می‌باشد. علاوه بر این، در این مناطق، هوا، دارای حجم کمی از آب است در نتیجه نمی‌تواند بارشهای سنگینی ایجاد کند.

منابع ثانوی تشکیل سیلاب

این منابع اصولاً یخ و برف انباشته شده در سطح زمین می‌باشد. سیلاب ناشی از این منابع به مقدار برف، میزان و فرکانس ذوب برفها بستگی دارد. در برخی مناطق مانند گرینلند و جنوبگان، پوشش

یخ و برف دائمی بوده و بنابراین دبی ناشی از فرساب تابستانی برای تشکیل سیلاب کافی نیست. بعلاوه مناطقی نیز وجود دارند که، سیلاب، علی‌رغم ریزش برف در زمستان و ذوب تدریجی آن در بهار، تنها به دلیل ناکافی بودن مقدار برف، ایجاد نمی‌شود. مناطق وسیعی از کانادا و قسمت زیادی از شمالگان آسیا در این ردیف قرار دارند. اما بیشتر مناطق موجود در عرضهای فوقانی دارای پوشش برف کافی بوده و بالتبع در فصل بهار و در اثر ذوب ناگهانی آن، سیلابهای سالیانه تشکیل می‌شود. در این مناطق که قبلاً آن را از نظر فصلی، باروکلینیک نامیدیم، پوشش برف با وجود قابل توجه بودن مقدار، کم دوام می‌باشد. این حالت به دلیل بارانی است که پس از ریزش برف می‌بارد. بنابراین تشکیل دبیهای عظیم و تخلیهٔ سریع آنها (سیلاب) در فصول زمستان و بهار در این مناطق امری معمولی و متداول است. با در نظر گرفتن این که این مناطق دائماً از نظر فصلی دارای شرایط باروکلینیک و بعضاً باروتروپیک می‌باشند، تشکیل سیل غالباً همراه با ذوب منابع و پشتوانه‌های ثانویه می‌باشد. مناطق چندگانه‌ای را که در بالا مورد بحث قرار گرفت، می‌توان با معیارها و عناوین زیر طبقه‌بندی کرد:

۱ـ مناطق با پوشش دائم برف. ۲ـ مناطق همراه با برف زمستانی، با پوشش کمتر از ۵۰ سانتیمتر که بالغ بر ۵۰ روز دوام دارد.۳ـ مناطق با برف زمستانی با ارتفاع بیش از ۵۰ سانتیمتر که بیش از ۵۰ روز دوام دارد. ۴ـ مناطق با پوشش ناچیز برف که بین ۱۰ تا ۲۰ روز در سطح زمین باقی می‌ماند. تصویر شماره ۸ وسعت جغرافیایی هر چهار طبقه را نشان می‌دهد. جزییات مربوط به پوشش یخ و برف واقع در کوهها و جزایر حذف شده است.

مناطق با آب و هوای سیلابی

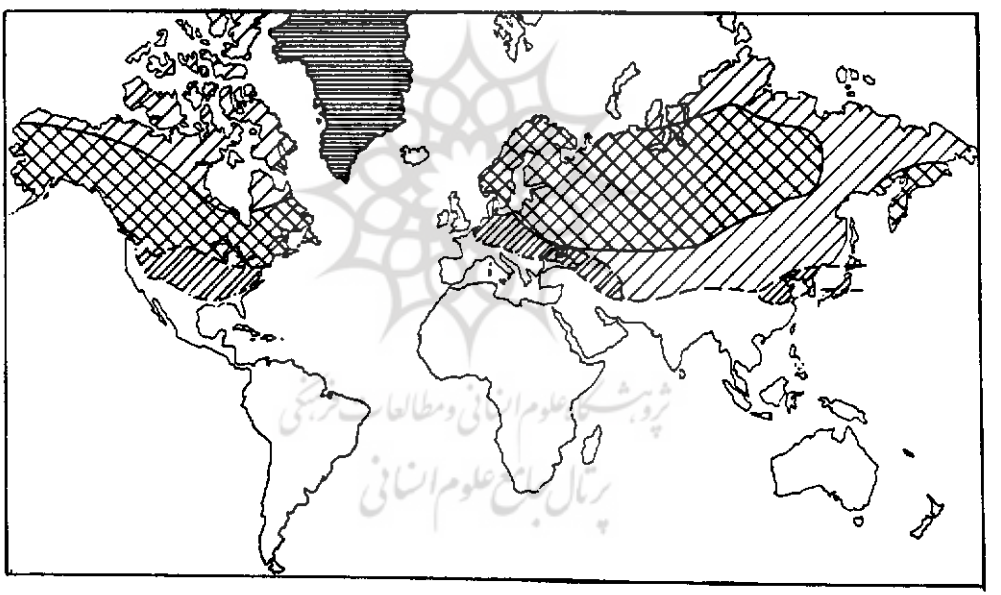
مناطق با آب و هوای سیلابی که در این جا بحث شده‌است، از مجموع تصاویر ۱، ۲، ۶ و ۸ گرفته شده‌است. نقشهٔ مجموعهٔ این تصاویر و نواحی آب و هوای سیلابی حاصل از آن، در شکل شماره ۹ آمده است. در این تصویر شانزده گونه (تیپ) ارائه شده است. در توضیح این تصویر (تصویر شماره ۹) مرز بین نواحی مشخص و در راهنمای نقشه، منحنی نمادهای مربوط به اصطلاحات ارائه شده است.

منابع اوّلیه تشکیل سیل اصولاً توسط جو باروکلینیکی (C) یا باروتروپی (T) مشخص می‌شود. این شرایط ممکن است در تمام سال (P) یا در برخی از فصول سال (S)، حاکم باشد. موقعی که شرایط باروتروپیک وجود دارد، تخلیهٔ آب موجود در این منابع، ممکن است مربوط باشد به: الف ـ همگرایی بین حارّه‌ای (Z) ب ـ فعالیت منظم همرفتی در مقیاس سینوپتیک (O) ج ـ فعالیت نامنظم همرفتی در طوفانهای منفرد (U).

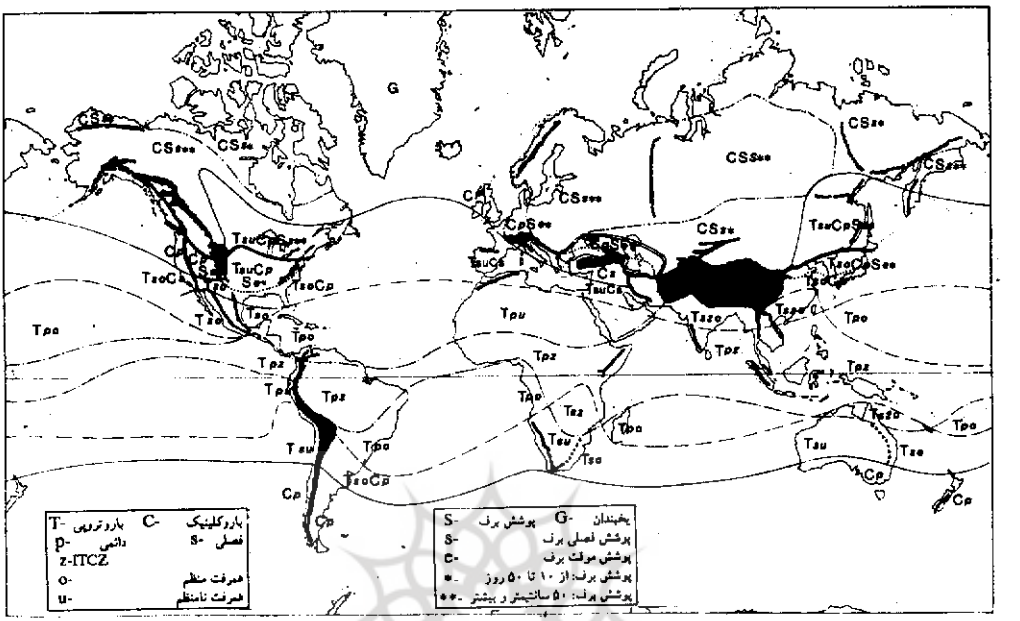
تخلیهٔ آب، در شرایط جو باروکلینیک به علت عملکرد سیکلونها و جبهه‌ها می‌باشد. این سیستمها

ممکن است در تمامی فصول (P) یا تنها در قسمتی از سال (S) وجود داشته باشند.

در عرضهای بالا که مجموع و شدت بارش حالت اعتدال دارد، تراکم برف در سطح زمین (S) و جریان آن پس از ذوب، مکانیزم اصلی سیل می‌باشد. هنگامی که برف طی فصل زمستان انباشته و سپس در فصل بهار ذوب شود، از اندیس (S) که در واقع معرّف ذوب برف و سیلاب فصلی است، استفاده می‌شود. همچنین، هنگامی که برف انباشته شده در فصل زمستان ناگهان ذوب شده و جاری شود از اندیس (e) استفاده شده که معرف پوشش موقت برف می‌باشد. پتانسیل سیل در اواخر فصل زمستان بستگی به ضخامت برف دارد. مناطقی که پوشش برف آنها کافی است (۵۰ سانتیمتر یا بیشتر) توسط دو ستاره (**) مشخص شده و نواحی با کمتر از ۵۰ سانتیمتر، توسط یک (*) نشان داده می‌شود.



تصویر شماره ۸: منابع ثانویه ایجاد سیلابها. ناحیهٔ با خطوط موازی و در عین حال افقی، ناحیهٔ همیشه یخبندان است. محدودهٔ هاشور خورده دارای حداقل ۵۰ روز پوشش برف با ۵۰ سانتیمتر مجموع ریزش برف می‌باشد. ناحیهٔ وسیع به شکل مربع، دارای حداقل ۵۰ روز پوشش برف فصلی است، اما مجموع برف کمتر از ۵۰ سانتیمتر ضخامت دارد. ناحیه‌ای که در جنوبیترین قسمت نقشه قرارگرفته و از خطوط مورّب تشکیل شده دارای کمتر از ۵۰ روز برف فصلی بوده و ریزش برف آن بیش از ۱۰ سانتیمتر است. از برفهای نواحی کوهستانی صرف‌نظر شده‌است.



تصویر شماره ۹: مناطق با آب و هوای سیلابی. راهنمای نقشه مفاهیم حروف را به شکل علائم سمبلیک ارائه می‌دهد. خطوط ـــ حد نهایی شرایط باروتروپیک را در تابستان و خطوط ـ ـ ـ نیز همین محدوده را در فصل زمستان نشان می‌دهد. خطوط ـ . ـ . موقعیت ژانویه و ژوئیه منطقهٔ همگرایی بین مداری را مشخص می‌کند. خطوط . . . محدودهٔ پوشش زمستانی برف (در مناطق نزدیک به استوا)را که دوام آن ۱۰ روز یا بیشتر است، نشان می‌دهد. خطوط ـ .. ـ .. نشانگر مناطقی است که پوشش برف فصلی بیش از ۵۰ روز و نیز مقدار برف بیش از ۵۰ سانتیمتر دارد. خط ـــ واقع درجنوب امریکای‌شمالی،محدودهٔ استوایی سیکلونهای جبهه‌ای و نواحی کاملاً سیاه،مناطق‌کوهستانی جهان‌رانمایش می‌دهند.

توصیف مناطق با آب و هوای سیلابی

حروفی که برای تبیین چنین مناطقی مورد استفاده قرار گرفته، در تصویر شماره ۹ نشان داده شده است.

Tpz: در این منطقه، شرایط باروتروپیک، دائماً تسلط داشته و منطقهٔ بین مداری نیز حرکات موردنیاز برای بارش را فراهم می‌کند. منطقه ITCZ در معرض حرکات شمالی ـ جنوبی بوده و بنابراین در این جا بطور معمول، فصلی بارانی و فصلی خشک وجود خواهد داشت و حالت استثناء تنها در امتداد ساحل غربی امریکای جنوبی (کلمبیا) وجود دارد چراکه در این منطقه حرکتهای شمالی ـ جنوبی ITCZ کم است بنابراین باران در تمامی فصول سال می‌بارد.

Tsz: در Tsz بارش فصلی دو برابر می‌شود. منطقهٔ همگرای بین مداری، هنگامی که در ژانویه به حداکثر موقعیت جنوبی خود می‌رسد، سبب بارشهای شدید فصلی می‌شود. ۶ ماه بعد منطقهٔ همگرای بین مداری در آخرین حدّ موقعیت شمالی خود بوده و بنابراین وضعیت باروتروپی، اگرچه حجم آب موجود در اتمسفر بیش از ۲۵ میلیمتراست، از بین می‌رود. در طول این فصل حتی طوفانهای منفرد همرفتی نیز نادر و کمیابند. شرایط Tsz تنها در جنوب افریقا روی می‌دهد و بر خلاف دیگر نواحی مشابه خود در این عرض، از منطقهٔ بادهای تجارتی و اغتشاشهای منظم مانند امواج استرلی و طوفانهای تروپیکال دور می‌باشند.

Tszo: مانند Tsz، این منطقه نیز از نظر تخلیهٔ آب موجود در اتمسفر فصل مشخصی ندارد. هنگامی که حجم آب لایهٔ تروپوسفر در زمستان به کمتر از ۲۵ میلیمتر کاهش می‌یابد، شرایط (از نظر فصلی) باروتروپیک است. اما بر خلاف منطقهٔ Tsz، منطقه Tszo ریزشهای فراوانی از سیستمهای منظم همرفتی، یعنی، امواج استرلی موجود در جریانهای بادهای تجارتی و طوفانهای تروپیکال، دریافت می‌کند. مناطق Tszo در آسیای جنوب شرقی، شبه قارهٔ هند و شمال استرالیا واقع شده‌اند.

Tpo: مناطق Tpo در تمام طول سال باروتروپیک هستند و در قسمت بیرونی حاشیه رو به قطب کمربند ITCZ قرار دارند. بارشهای منجر به سیلاب از سیستمهای منظم همرفتی یعنی امواج شرقی درون جریانهای بادهای تجارتی و طوفانهای حارّه‌ای حاصل می‌شوند. نواحی Tpo در محدودهٔ بادهای تجارتی قرار دارند و تشدید بارش براثر عوامل صعود ناشی از پدیدهٔ اروگرافی و گرمایش سطح زمین عامل مهمی در شروع بارش و سیلابها می‌باشد. بیشتر جزایر واقع در نواحی اقیانوسی جزء Tpo می‌باشند. این مناطق به علت فرایند مؤثر گرمایش روزانهٔ خورشیدی، دارای یک سیکل قوی روزانه در بارش می‌باشند. بارندگی در پایان روز و درست بعد از غروب خورشید روی می‌دهد.

Tpu: مناطق Tpu نیز در تمام فصول دارای شرایط باروتروپیک می‌باشند اما بر خلاف نواحی Tpo، امواج شرقی و طوفانهای حارّه‌ای در این مناطق کمیاب بوده و یا اصلاً وجود ندارند. عناصری که تحت تأثیر همرفت به وجود می‌آیند، معمولاً تندرهای منفرد یا جدا از یکدیگر را تشکیل می‌دهند. بنابراین این مناطق دارای آب و هوای خشک یا نیمه خشک می‌باشند و به همین دلیل رودخانه‌ها موقّتی هستند. در این منطقه، اروگرافی پدیدهٔ مهمی است که در مناطق کوهستانی Tpu ایجاد می‌شود. شرایط غیرعادی، ممکن است در این مناطق منجر به سیل شود. به عنوان نمونه سواحل پرو که در محدودهٔ Tpu قرار دارند، ممکن است چندین دهه را بدون بارندگی کافی برای تشکیل سیل سپری کنند اما پس از این مدت به علت نفوذ منطقهٔ همگرای بین حارّه‌ای که بندرت نیز صورت می‌گیرد، ریزش بارانهای فراوان،

سیلابهای شدیدی را در ساحل فوق ایجاد می‌کند. چنین نفوذی به احتمال زیاد در سالهای «ال‌نینو»، یعنی هنگامی که کمربند ITCZ و آبهای گرم استوایی به سواحل پرو حرکت کند، روی خواهد داد. منطقهٔ Tpu که بیشتر افریقای شمالی و قسمت جنوبی عربستان سعودی را پوشش می‌دهد، ممکن است طی رویدادهای نادر، بارندگیهایی را دریافت کند که در فصل تابستان از کمربند ITCZ (این کمربند در تابستان به طرف شمال رانده می‌شود) و در فصل زمستان از سیکلونهای جبهه‌ای، باشد. هنگامی که چنین رویدادهایی اتفاق افتد، به علت عدم آمادگی لازم زمینهای خشک برای دریافت بارشهای شدید، سیلابهای قابل توجهی به وجود می‌آید.

Tso: مناطق Tso به صورت فصلی باروتروپیک و باروکلینیک هستند. در مدت تسلط جو باروتروپیک ، امواج استرلی و طوفانهای حارّه‌ای مناسبترین مکانیزم تخلیه آب اتمسفر هستند، مکانیزمی که در واقع منجر به تشکیل سیل شود. همچنین در مواقع تسلط شرایط باروکلینیک، سیکلونهای جبهه‌ای منبع اصلی بارش برای تشکیل سیلاب می‌باشد. نواحی Tso معمولاً خشک یا نیمه خشک می‌باشند بنابراین چشم‌اندازهای این نواحی آمادگی دریافت بارشهای فراوان ناشی از طوفانهای حارّه‌ای را ندارند. خلیج کالیفرنیا و ساحل شرقی استرالیا، دو مورد از مناطق با آب و هوای سیلابی از تیپ Tso می‌باشند.

Tsu: مناطق Tsu مانند مناطق Tso در تابستان باروتروپیک و در زمستان دارای شرایط باروکلینیک می‌باشد. در مواقع باروتروپیکی سال، باران ناشی از طوفانهای منفرد، منشأ اصلی بارش می‌باشد. بارانهایی که بعضاً بطور اروگرافی نیز افزایش می‌یابند. به هنگام تسلط شرایط باروکلینیک در زمستان، بارندگیها، با مقادیر نه‌چندان زیاد آن، از جبهه‌ها و سیکلونها به وجود می‌آیند. این مناطق نیز جزء مناطق خشک بوده و تندرها عامل اصلی سیلاب می‌باشند. این طوفانها بر روی سطوح گرم و در امتداد جبهه‌هایی که از این منطقه عبور می‌کنند، تشکیل می‌شوند. استرالیای مرکزی، قسمتهایی از شیلی و پرو، دارای چنین آب و هوایی هستند.

TsoCp: این منطقه عمدةً در فصل تابستان، باروتروپیک است، اما جبهه‌ها و سیکلونهای جبهه‌ای در تمام ماههای سال وجود دارند. لذا طوفانهای حارّه‌ای در این مناطق متداول و معمولی هستند. دشت ساحلی و کوهپایه‌ای شرق ایالات متحده امریکا دارای چنین شرایط آب و هوایی است. طوفانهای باروتروپیک غالباً با سیستمهایی از نوع جبهه‌ای همراه می‌باشند. در این منطقه گروههای همرفتی با مقیاس متوسط، تعداد فراوانی از تندرها و طوفانهای موجّد تگرگ و ترنادو را تشکیل می‌دهند. جبهه‌های واقع در سیکلونها نیز ممکن است، باعث تشکیل بارانهای سنگین شوند چرا که، منشأ این

سیستمها مناطق حارّه‌ای می‌باشد. طوفانها، بطور مکرّر به وجود می‌آیند و مقدار بارش آنها نیز زیاد است. لذا سیلاب در تمامی فصول وجود خواهد داشت.

TsoCs: کالیفرنیای جنوبی و «بجا»ی[۱۸] شمالی در مکزیک نمونه‌ای از این مناطق می‌باشند. شرایط باروتروپیک، در فصل تابستان تسلط داشته و منطقه ساحلی توسط طوفانهای حارّه‌ای متأثر می‌شود. سیلابهای عظیم و غیرعادی تابستانی، ممکن است، ناشی از این طوفانهای حارّه‌ای باشد. همچنین در فصل زمستان، عملکرد سیکلونهای اقیانوس آرام در امتداد سواحل کالیفرنیا، باعث ایجاد سیلاب می‌شود. اگر حضور طوفانهای حارّه‌ای نبود این منطقه به عنوان TsuCs شناخته شده و در کنار مناطق مدیترانه‌ای و سواحل غربی استرالیا، طبقه‌بندی می‌شد.

*TsoCpSe: این منطقه مشابه با منطقهٔ TsoCp است. با این تفاوت که دارای تراکم برف زمستانی می‌باشد. برفها دوام کمی داشته و سیلابهای زمستانی را تغذیه می‌کنند. طوفانهای حارّه‌ای نیز متداول بوده و سیلابهای شدیدی را باعث می‌شوند. کوهپایه‌های شرقی (Blue Ridge) در این گروه قرار می‌گیرند اما وسعت این منطقه نسبت به مناطق دیگر نقشه کم است. تصویر شماره ۹ منطقه‌ای را بین نقطه‌چینها و کوههای نیوجرسی، پنسیلوانیا، هریلند، ویرجینیا و کارولینای شمالی نشان می‌دهد. این محدودهٔ کوچک به عنوان *TsoCpSe رده‌بندی می‌شود.

*TsuCpSe: این منطقه مشابه منطقهٔ *TsoCpSe می‌باشد جز این که در این منطقه طوفانهای حارّه‌ای بندرت اتفاق می‌افتد و یا اصلاً اتفاق نمی‌افتد. نمونه‌ای از این نوع منطقه در شرق کوههای راکی در مرکز ایالات متحده قرار داشته و شامل علفزارها و همچنین جنگلهای برگ‌ریز شرق ایالات متحده می‌باشد. مانند منطقهٔ *TsoCpSe، نفوذ برخی از سیستمهای آب و هوایی باعث ایجاد سیل در این منطقه می‌شود. همچنین ورود هاریکانهای پراکنده به این منطقه، وقوع سیل را حتمی می‌کند. این هاریکانها با جبهه همراه بوده‌اما تفاوت اندکی بین‌آنها و سیکلونهایی که به هوای مرطوب جنوب دسترسی دارند، وجود خواهد داشت. طی فصل زمستان، به علت ریزش باران بر روی برفهای متراکم و در نتیجهٔ ذوب آنها، سیلاب تشکیل می‌شود.

*TsuCpSs: این مناطق مشابه *TsuCpSs بوده با این تفاوت که برفهای زمستانی در طول این فصل ذوب نمی‌شود. اما پتانسیل سالیانه برای ذوب، در اواخر فصل زمستان وجود دارد. این نوع آب و هوا در چین شرقی دیده می‌شود. سیلاب زمستانی به دلیل ضخامت ناچیز برف در حد متوسط می‌باشد. در

18- Baja

عرضهای پایین توده‌های هوای مرطوب جو باروتروپیک باعث طوفانهای تابستانی می‌شود که گاه موجب جریان سیل می‌گردد. همچنین این توده‌ها، رطوبت لازم برای بارندگی بیشتر، در فصل تابستان را، از جبهه‌های فعّال واقع در سیکلونها دریافت می‌کنند.

**TsuCpSs: در این جا پوشش و تراکم برف زمستانه به اندازه‌ای است که امکان تشکیل سیلاب بهاری را فراهم می‌کند. جبهه‌ها و سیکلونها در تمام طول سال تشکیل می‌شوند. شرایط باروتروپیک و طوفانهای شدید همرفتی بطور پراکنده در طول تابستان روی می‌دهد. این تیپ آب و هوای سیلابی، به دلیل نفوذ هوای گرم و مرطوب بحری حارّه‌ای به داخل کانادا، تنها محدود به امریکای شمالی می‌باشد.

Cp: در این نواحی شرایط باروکلینیک در تمام سال وجود دارد و سیلابها از جبهه‌های فعال داخل سیکلونها ناشی می‌شوند. اگرچه ممکن است فرکانس این طوفانها فصلی باشد ـ وقوع فراوانترین آنها در فصل زمستان محتمل است ـ با وجود این، در تمام طول سال روی می‌دهند. مناطق فوق کمی بالاتر از عرضهای میانی و در حواشی قاره‌ها یافت می‌شوند و بنابراین به هوای مرطوب و سرد اقیانوسی دسترسی دارند. بعلاوه بیشتر محدوده‌هایی که در این مناطق قرار دارند، رشته کوههایی را در خود جای داده‌اند. بنابراین پدیدهٔ اروگرافیک در تولید باران کافی برای وقوع سیل و یا تراکم برف در کوهستانها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به علت استقرار این مناطق در مجاورت اقیانوسهای منطقهٔ معتدله، آب و هوا، حتی در فصل زمستان دارای تعادل است و ریزش برف بجز در نواحی کوهستانی بندرت اتفاق افتاده و در صورت بارش بسرعت ذوب می‌شود.

*CpSe: این تیپ دارای شرایطی مشابه با Cp است. در واقع بارندگیهای این منطقه از جبهه‌های واقع در سیکلونها ناشی می‌شود و در تمام طول سال شرایط باروکلینیک حکفرماست. بر خلاف Cp، زمستان مناطق با آب و هوای *CpSe تا حد قابل توجهی سردتر بوده و ریزش برف و ذوب آن، ممکن است باعث تشکیل سیلاب زمستانه‌شود. وجود سرزمینهای مرتفع در مناطق *CpSe، در زمستان، محل و منشأیی برای تجمع برف می‌باشد و به علت انباشته شدن مقدار متنابهی از برف، سیلابهای بهاری نیز متداول و رایج خواهد بود.

**CSs: این منطقه تحت تسلط کامل شرایط باروکلینیک است اما مقدار بارش و مدت حضور سیکلونها و جبهه‌های همراه آن، چندان زیاد نیست. عامل اصلی بارش کم این منطقه، رطوبت ناچیز موجود در اتمسفر و همچنین عدم نفوذ هوای مرطوب از مناطق باروتروپیک می‌باشد. به همین دلیل باران ناشی از سیکلونها چندان زیاد نیست، بنابراین بندرت باعث تشکیل سیل می‌شوند.

در این مناطق اثر بسیاری از سیکلونها، بدون تردید، از طریق تراکم برف بروز می‌کند. ریزش برف

قابل توجه بوده و پوشش فصلی برف در سطح زمین، طولانی می‌باشد. بنابراین وقوع سیل در پی ذوب بهاری برفها صورت می‌گیرد.

*CSs: شرایط جوی بطور دائم باروکلینیک است اما سیکلونهای موجود در این شرایط برای جاری شدن سیل، به حد کافی بارش ایجاد نمی‌کنند. حتی مجموع بارش برف نیز چندان زیاد نیست. در این مناطق و در عرضهای فوقانی آنها، تنها، به دلیل کم بودن میزان تبخیر، ذوب بهاری برف، باعث تشکیل آبهای راکد شده و همچنین باعث جریان سیلاب ناچیزی دژ توندرا می‌شود. از جمله مناطقی که در محدودهٔ *CSs قرار دارند، آسیای مرکزی است. این منطقه دارای شرایط آب و هوایی خشک است، هرچند تندرها در هنگام فعالیت سیکلونها نادرند اما می‌توانند به عنوان عامل اولیه واصلی تشکیل سیلاب، تلقی شوند. به علّت حاکمیت شرایط خشک، رودخانه‌ها غالباً موقتی می‌باشند.

ارتباط طبقه‌بندی آب و هوای سیلابی با دیگر طبقه‌بندیها

مناطق آب و هوای سیلابی ترسیم شده در این نوشتار شباهت زیادی با چارتهای مربوط به پهنه‌بندی پوشش گیاهی (امانوئل و دیگران ۱۹۸۵)[19] و با طبقه‌بندی متداولتر آقای (اودواردی، ۱۹۷۵)[20] دارد. این تشابه، تعجب‌آور نیست، چراکه طبقه‌بندیهای فوق مبتنی بر روابط آب و هوایی است. بدین معنی که، پوشش گیاهی، تا اندازه‌ای تابعی از بارش، درجهٔ حرارت، پوشش برف و پارامترهای فصلی آنهاست. با این وجود قبول این تشابه صحیح نیست چراکه پوشش گیاهی شرایط میانگین را طی هزاران سال، بیان می‌کند.

با مقایسهٔ تصویر شماره ۹ و نقشه‌های (کپن، ۱۹۳۶)[21] و (تُرنت وایت، ۱۹۶۸)[22] تشابه این طبقه‌بندیها با پهنه‌بندیهای اقلیمی قدیمیتر این دو دانشمند، آشکار می‌شود. در پهنه‌بندی آنها، درجهٔ حرارت نقش اساسی را ایفا می‌کند. در طبقه‌بندی آب و هوای سیلابی نیز که در این جا مطرح شد، شرایط باروکلینیک و باروتروپیک، بطور غیرمستقیم، نمایندهٔ درجهٔ حرارت می‌باشند.

وجوه تشابه طبقه‌بندی حاضر با طبقه‌بندیهای آب و هوایی مبتنی بر گردش عمومی جو بسیار زیاد است. خوانندگان این مقاله بهتر است طبقه‌بندی ارائه شده در این جا را، با طبقه‌بندی آب و هوای اقیانوسها (دیتریش، ۱۹۳۶)[23]، طبقه‌بندی مناطق ساحلی و دریایی جهان (هیدن، ۱۹۸۴)[24] و

19- Emanuel et al 20- Udvardy 21- Köppen 22- Trewartha

23- Dietrich

طبقه‌بندی آب و هوای امریکای شمالی (برایسون، ۱۹۶۶)[۲۵] که بر توده‌های هوا و جریانهای هوایی مبتنی است مقایسه کنند. هدف تمامی موارد فوق ایجاد طبقه‌بندی مبتنی بر دینامیکهای جوی است.

شرایط میانگین در مقابل حداکثرها و حداقلها

مانند بیشتر طبقه‌بندیهای آب و هوایی و هواشناسی، طرح پیشنهاد شده، مبتنی بر شرایط میانگین است. اما سیلاب اصولاً نسبت به شرایط میانگین خود انحراف اساسی دارد.

بنابراین بهتر است که در جلوی نام طبقات اقلیمهای سیلابی واژهٔ «بالقوه» هم افزوده شود. بوضوح، متغیرهایی وجود دارند که سیلاب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مرفولوژی حوضه، خاکها، پوشش گیاهی چنین متغیرهایی هستند، که در داخل این مناطق به یک شکل وجود ندارند و وقوع سیلاب در یک ناحیهٔ اقلیم سیلابی تحت تأثیر این متغیرها، یکسان نخواهد بود.

مرزهای بین پهنه‌های اقلیم سیلابی که در این جا عرضه شد، حضور یا عدم حضور سیستمهای هوایی، حرکت و نیز گردش جوی آنها را منعکس می‌کند. تمامی این مرزها دارای شرایط میانگین هستند. موقعیت واقعی آنها روز به روز تغییر می‌کند. در این نوشته، ما برای تغییرات فصلی شرایط میانگین مرزها دلائلی ارائه کردیم اما این دلایل نمی‌توانند برای تبیین تغییرات سالیانهٔ مرزها در شرایط میانگین نیز به کار روند. مرزها موجودیت ثابتی ندارند. برای مثال، هنگامی که منطقه همگرای بین مداری در امتداد افریقای شرقی به طرف شمال حرکت کند، باعث ریزش باران، حتی در ساحل[۲۶] و حواشی صحرای افریقا می‌شود. بنابراین مواقعی که چنین حرکاتی در مرزها مشاهده شود، وقوع سیلابها امری محرز و محتمل خواهد بود. طوفانهای حاره‌ای بندرت نفوذ عمیقی از خلیج کالیفرنیا به داخل آریزونا دارند اما هنگامی که این نفوذ انجام گیرد، نتیجهٔ آن سیلابهای شدید خواهد بود.

شواهد مربوط به آبشناسی دیرینه و ژئومرفولوژی دیرینه

این گونه تغییرات در گذشته‌های دور، در مرزها و محدوده‌های مناطق دارای آب و هوای سیلابی روی داده است. یافته‌های مربوط به هلوسن و پلیوستوسن بوضوح تفاوت رژیمهای هیدرولوژی را نسبت به آنچه که امروز وجود دارد، به اثبات می‌رسانند. طی ادوار یخچالی موقعیت جو باروکلینیک نسبت به امروز، در عرضهای بمراتب پایینتری قرار داشته و به استوا نزدیکتر بوده است. فراوانی سیکلونهای حاره‌ای احتمالاً کمتر و گسترش و دوام پوشش برف نیز با امروز تفاوت داشته است.

24- Hayden 25- Bryson 26- sahel

براساس جداولی که توسط (جوسوام و دیگران، ۱۹۸۴)[۲۷] منتشر شده است، آب باران منطقهٔ حاره در حدود ۲ـ واحد در هزار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ دارد. این مقدار برای نواحی TPO بین ۲ـ و ۳ـ قسمت در هزار است. معمولاً بارانی که در زمستان، در طرف شمال جبههٔ قطبی می‌بارد حدود ۸ـ واحد در هزار اکسیژن ۱۸ دارد که ممکن است تا ۲۸ـ در هزار نیز برسد. آبهای فسیلی که حاوی ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ هستند ابزار مناسبی برای داوری دربارهٔ شرایط اقالیم سیلابی هستند و می‌توان از آنها برای رمزگشایی یادگارهای آبشناختی و ژئومرفولوژیکی «هولوسن» استفاده کرد. مقایسه‌های مقدماتی از ظرفیت اکسیژن ۱۸ بخار آب اتمسفر، با استفاده از مدلهای گردش عمومی جو، بنحو مطلوبی از طریق بررسی ظرفیت اکسیژن ۱۸ آب باران ممکن شده است. بنابراین احتمال این وجود دارد که بتوانیم، نتایج حاصل از مدلهای چرخش عمومی در مورد اقالیم «هولوسن» را به اقالیم سیلابی پیشنهاد شده در این نوشتار مرتبط بسازیم. به همین صورت شواهد مربوط به فراوانی سیلاب دیرینه، ممکن است، ما را در بازسازی ساختارهای آب و هوای گذشته کمک کند.

نتیجه

مناطق با آب و هوای سیلابی، متکی بر پتانسیل آب موجود جو، زمین و درون سیستمهای هوا می‌باشد که نتیجهٔ آن تخلیهٔ منابع جوی و متراکم شدن آن به صورت برف و یخ بر روی سطح زمین است. وجود کوهستانهایی که بطور اروگرافی بارش را افزایش می‌دهند و محل ذخیرهٔ برف زمستانی هستند، تقارن نصف‌النهاری و مداری توزیع نواحی آب و هوای سیلابی را پیچیده‌تر می‌کنند. با وجود این مناطق به دست آمده باید درون محدوده‌های خود، از لحاظ عوامل موجّد سیلاب، مقدار رطوبت موجود و دیگر جنبه‌های منابع آبی همگون و متجانس باشند. هدف این نوشتار آن بود که دیدگاهی جهان شمول از سیلابها فراهم آورد. در همین راستا، نقشهٔ ارزشمند پهنه‌بندی سیلاب را می‌توان به نقشه‌های اقالیم جهان، پوشش گیاهی، خاک و پدیده‌های ژئومرفولوژیکی رودخانه‌ای که رایج و متداولند افزود.

27- Joussaume et al

منابع و مآخذ

1- Atkinson, G. D., and Sadler, J. C., "Mean - cloudiness and gradient-level-wind charts over the tropics". ***Air Weather Serv., USAF***, Tech. Re. 215, 1-149, 1970.

2- Bryson, R. A. "Airmasses, streamlines and the boreal forest": ***Geogr. Bull.*** 8, 228-269, 1966.

3- Crowe. P. R. "The trade wind circulation of the world": ***Trans. Inst. Br. Geogr.*** 15, 38-56, 1949.

4- Dietrich, D. "***General Oceanography: An Introduction***": Wiley-Interscience, New York, 1963.

5- Emanuel, W. R., Shugart, H. H., and Stevenson, M. P., "Climatic change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes": ***Clim. Change*** 7, 29-44, 1985.

6- Hayden, B. P., Ray, G. C., and Dolan, R. "Classification of coastal and marine environments": ***Environ. Conserv.*** 11, 199-207, 1984.

7- Joussaume, S., Sadourny, R., and Jouzel, J. "A general circulation model of water isotope cycles in the atmosphere": ***Nature (London)***, 311, 24-29, 1984.

8- Köppen, W. Das Geographishe System Der Klimate, Handbuch Der Klimatologie (W. Köppen and R. Geiger, eds.) Berlin, Gebrüder Von Borntraeger, 1936.

9- Lamb, H. H. "Climate: Past, Present and Future," vol. 1: Methuen, London, 1972.

10- Namias, J. "A weekly periodicity in eastern U. S. precipitation and its relation to hemispheric circulation": ***Tellus*** 18, 731-744, 1966.

11- Simpson, R. H., and Riehl, H. "The Hurricane and Its Impact": Louisiana State Univ. Press, Baton Rouge, 1981.

12- Trewartha, G. T. ***Introduction to Climate***, New York, McGraw-Hill, 1968.

13- Udvardy, M. D. F., "A classification of the biogeographical provinces of the world": Morges, Switzerland. ***IUCN Occas. Pap.*** 18, 1-49, 1975.

14- Wendland, W. M., Tropical storm frequencies related to sea surface temperatures: ***J. Appl. Meteorol.*** 16, 477-481. 1977.