الفصل الحادي عشر

الغلاف الجوي لكوكب الأرض

الفصل الحادي عشر

الغلاف الجوي لكوكب الأرض

تعريف الغلاف الجوي وأبعاده:

الغلاف الجوي أو الغازي عبارة عن غطاء سميك من الغازات يحيط بالكرة الأرضية من جميع الجهات ويتراوح سمكه من ١٠٠ إلى أكثر من ٢٠٠ ميل. ومن المعلوم أن الهواء Air لا لون له ولا رائحة ولا طعم له كذلك، كما لا يشعر الإنسان بالهواء إلا عند تحركه، ويسمى في هذه الحالة بالرياح Wind. ويتميز الهواء بقدرته على الحركة Mobile وقابليته للمرونة Elastic والانضغاط Compressible والتمدد Expansible، كما ينقل الهواء الموجات المنضغطة Compression wave والغلاف الجوي شفاف Transparent بالنسبة للأنواع المختلفة من الإشعاع الشمسي التي تخترقه. وعلى الرغم من أن الهواء أقل كثافة من المياه ومن صخور الأرض، إلا أن له وزنا ويتولد عنه ضغط تبعًا لمدى ثقله. وحيث إن الطبقات السفلى من الغلاف الجوي تنضغط بدرجة أكبر من تلك في طبقاته العليا، فإن كثافة الهواء تقل بسرعة مع الارتفاع عن سطح الأرض[١].

ويقدر العلماء وزن الكتلة الإجمالية للغلاف الجوي بنحو ٥٦ × ١٠^١٤ طن، ويلاحظ أن نصف هذه الكتلة الهوائية لا تبعد عن سطح الأرض بأكثر من ١٨,٠٠٠ قدم[٢]، بل إن أكثر من ٩٩٪ من جملة كتلة الغلاف الجوي لا تبعد

---

(١) Howard, J. Critchfield, "General Climatology", Prentice- Hall, N.J. 2end edi (1966) p. 8-13.

(٢) Barry R.G. and Chorley, R.J., "Atmosphere, Weather and Climate", Methuen, London (1969) p. 17-20.

بأكثر من ٢٠ ميلا فقط من سطح الأرض. ويحمي الغلاف الجوي سطح الكرة الأرضية من تساقط بقايا الشهب والنيازك من الفضاء الخارجي، حيث ينتج عن احتكاك هذه البقايا الكونية بالغلاف الجوي احتراقها قبيل وصولها على سطح الأرض. وبدون وجود الغلاف الجوي حول الكرة الأرضية تنعدم الحياة على سطح الأرض، حيث إن الهواء هو مصدر تكوين السحب وهبوب الرياح والعواصف وسقوط الأمطار، وتكوين الموارد المائية على سطح الأرض، كما أن بعض غازات الهواء (الأكسجين) يعتمد عليه كل من الإنسان والحيوان في عمليات التنفس[١]. هذا وينظم الغلاف الجوي القوة الكاملة Full Force للإشعاع الشمسي الساقط على الأرض، كما يمنع الفقدان الكلي للإشعاع الأرضي المرتد من سطح الأرض إلى أعالي الغلاف الجوي. ومن ثم ينظم الغلاف الجوي درجات الحرارة، بحيث تصبح مناسبة تمامًا لحياة الإنسان. وإذا ما تخيلنا عدم وجود الغلاف الجوي حول الأرض لارتفعت درجة حرارة سطح الأرض إلى نحو ٢٢٠° ف أثناء النهار، وانخفضت هذه الحرارة إلى أقل من ـ ٣٠٠° ف أثناء الليل، ويصبح المدى الحراري اليومي كبيرًا جدًّا كمثل ذلك الذي يتمثل فوق بعض كواكب المجموعة الشمسية، وتحت هذه الظروف الأخيرة تنعدم الحياة البشرية على سطح الأرض[٢].

وينحصر الغلاف الغازي لكوكب الأرض بين سطح الأرض والسماء وسخر الله ـ عز وجل ـ كل ما فيه حتى الطير لمنفعة الإنسان. يقول تبارك وتعالى ﴿ **ألم يروا إلى الطير مسخرات في جو السماء ما يمسكهن إلا الله** ﴾ النحل (٧٩).

---

(١) Herbert Riehl, "Introduction to the atmosphere", Mc Graw-Hill, N.Y. (1972) p. 3-30.

(٢) Byers, H. R., "General meteorology", Mc Graw-Hill, N.Y. 3rd edi (1959) p. 7.

فإذا كانت السماء هي ما يعلو سطح الأرض من جميع الجهات فإن «جو السماء» هو الأطراف أو الهوامش الدنيا السماوية التي تؤلف الغلاف الجوي للأرض وتلامس سطح الأرض. والطير مسخر بأمر الله يطير من مكان إلى آخر في جو السماء وينتقل ويهاجر في جماعات من موقع ما إلى موقع آخر خلال فصول السنة المختلفة لخدمة الإنسان ومنفعته ومعيشته على الأرض. والاحتجاج في هذه الآية الكريمة بتسخير الطير وجو السماء وما يمسكهن إلا الله ـ مثل الاحتجاج بخلق السموات والأرض في آيات متعددة في القرآن الكريم ـ يظهر بجلاء بأن القرآن يعمد إلى تنبيه الحواس البشرية وإحياء المشاعر الإنسانية وفتح العيون والقلوب وشحذ الأفكار والاستبصار والاستدلال على ما في الكون من غرائب وصور وظواهر هي كلها من صنع الخالق الواحد الأحد ومسخرة بمشيئته لمنفعة الإنسان.

نشأة الغلاف الجوي:

حاول العلماء معرفة كيفية نشوء الغلاف الجوي بمقارنة الخصائص العامة لكوكب الأرض وبقية كواكب المجموعة الشمسية. وقد اتضح بأن معظم كواكب المجموعة الشمسية ليس لها غلاف جوي. وأن الغازات التي تتمثل عند الأطراف العليا للغلاف الجوي لكوكب الأرض تتألف من غازات خفيفة جدًّا تتألف من الأيدروجين Hydrogen والهليوم Helium، ويندر وجود هذه الغازات الخفيفة بالقرب من سطح الأرض. وعلى ذلك رأى العلماء أن الغلاف الجوي لكوكب الأرض والذي يتألف أساسًا من النيتروجين N_2 والأكسجين O_2 تكوّن عند بداية ميلاد الكرة الأرضية نفسها وأثناء مراحل تكوين القشرة الصخرية لسطح الأرض[1]. فعند انبثاق الغازات الأولية نتيجة لتفاعل المواد المشعة في

(1) Landsberg, H.E., "Origin of the atmosphere" Scient. Am. vol. 189, 2 (1953) p. 82-86.

باطن الأرض، تصاعدت الغازات إلى أعلى، وأخذت ترتب نفسها رأسيًّا بحسب كثافتها ومدى ثقلها. ومن ثم تركز النيتروجين والأكسجين بالقسم الأسفل من الغلاف الجوي في حين صعد الهليوم والأيدروجين عند الأطراف العليا لهذا الغلاف. وربما أتاحت هذه الظروف القديمة أيضًا الفرصة لتراكم بعض الغازات الفضائية Cosmic gases وتجمعها حول سطح الكرة الأرضية[1].

ويجدد الغلاف الجوي نفسه سنويًّا وبصورة تدريجية وذلك عن طريق تصاعد الغازات الباطنية الأولية (أي التي تظهر على سطح الأرض لأول مرة) عند انبثاق المصهورات البركانية على سطح الأرض (يلاحظ أن فعل النشاط البركاني كان هائلاً خلال حدوث الحركات التكتونية الكاليدونية والهرسينية والألبية خلال فترات التاريخ الجيولوجي الطويل). كما تضاف بعض الغازات إلى الغلاف الجوي مع انبثاق مياه النافورات الحارة، وعند حدوث بعض التفاعلات الكيميائية لبعض المواد على سطح الأرض، ونتيجة لتحلل بعض النباتات والحيوانات والمواد العضوية المختلفة وتحلل بعض التكوينات الصخرية واحتراق مواد الوقود. هذا ويمر النيتروجين بدورة مركبة في النشاط الذي تقوم به البكتيريا في التربة، وينتقل إلى أنسجة الحيوانات ويظهر كذلك عند تحلل المواد العضوية، ثم يعود النيتروجين في النهاية إلى الغلاف الجوي. وعلى ذلك فإن كلاً من النباتات والبكتيريا وبعض التفاعلات الكيميائية في التربة والمياه ما هي إلاّ عوامل تساعد على الاحتفاظ بتوازن كمية النيتروجين في الغلاف الجوي وعلى استمرارية الحياة لكل الكائنات الحية على سطح الأرض، بل وفي باطن التربة وفي الغلاف المائي وفي الهواء.

---

(1) Howard, J. Critchfield, "General Climatology", Prentice- Hall, N.J., 2nd edi, (1966) p. 9.

تركيب الغلاف الجوي:

يتركب الهواء الجاف Dry air من عدة غازات بحيث يمكن أن يصل كل منها على حدة منفصلاً عن بقية الغازات الأخرى. وقد اعتقد الإغريق أن الهواء مكون من عنصر واحد. وظل هذا الاعتقاد قائمًا حتى القرن الثامن عشر الميلادي عندما نجح الكيميائيون في فصل الغازات المختلفة للهواء بعضها عن البعض الآخر وتمييز كل غاز منها على حدة.

ويتألف الغلاف الجوي أساسًا من أربعة غازات هي النيتروجين والأكسجين والأرجون وثاني أكسيد الكربون، حيث تكون هذه الغازات أكثر من ٩٩,٩٪ من جملة حجم الهواء ويكاد يؤلف النيتروجين نحو ٧٨٪ من حجم الهواء في حين يكون الأكسجين نحو ٢١٪ من حجم الهواء. أما الغازات النادرة التي يتألف منها الغلاف الجوي فتتمثل في النيون Neon (١٨ جزء في المليون)، والهليوم Helium (٥ أجزاء في المليون) والميثان Methane والكربتون Krypton (جزء واحد لكل مليون) والهيدروجين Hydrogene ($\frac{١}{٢}$ جزء في المليون) وأكسيد النيتروز Nitrous oxide ($\frac{١}{٢}$ جزء في المليون) والزنون Xenon، ومن الغازات غير المستقرة النادرة في الغلاف الجوي الأوزون Ozone، والرادون Ra-don. ويوضح الجدول الآتي أهم غازات الغلاف الجوي ونسبتها المئوية بحسب الحجم volume والوزن weight بالنسبة لمجموع غازات الغلاف الجوي [١].

---

(١) a - Herbert Riehl, "Introduction to the atmosphere", Mc Graw-Hill, N. Y. (1972) p. 19.

b - Byers, H.R., "General meteorology" Mc Graw-Hill, N.Y., 3 rd edit. (1959) p. 21.

الغازات	نسبتها المئوية بحسب جملة الحجم	نسبتها المئوية بحسب جملة الوزن
النيتروجين N2	٪٧٨,٠٨٨	٪٧٥,٥٢٧
الأكسجين O2	٪٢٠,٩٤٩	٪٢٣,١٤٣
الأرجون A	٪٠,٩٣٠	٪١,٢٨٢
ثاني أكسيد الكربون CO_2	٪,٠٣٠	٪٠,٠٤٥
المجموع	٪٩٩,٩٩٧	٪٩٩,٩٩٧

ويعد الأكسجين أظهر كل هذه الغازات من حيث أهميته بالنسبة لحياة الإنسان وإتمام عمليات التنفس، ويتحد الأكسجين بسرعة مع كثير من العناصر الكيميائية كما أنه يعد ضروريًّا لحدوث عمليات الاحتراق Combus-tion. أما ثاني أكسيد الكربون فينتج عند حدوث عمليات الاحتراق وعند عمليات الزفير التي يقوم بها الحيوان والإنسان في حين تمتصه النباتات وتعيد إلى الجو غاز الأكسجين. ويمتص ثاني أكسيد الكربون جزءًا من موجات الإشعاع الأرضي الطويلة. أما النيتروجين فلا يتحد بسرعة مع غيره من العناصر الأخرى إلا أنه يدخل في تركيب كثير من المركبات العضوية. ومن بين أهم تأثيراته في الغلاف الجوي قدرته على إذابة الأكسجين، ومن ثم ينظم النيتروجين عمليات الاحتراق وعمليات الأكسدة Oxidation. ويعد الأوزون من العناصر المؤكسدة إلا أنه يتمثل بكميات محدودة جدًّا في الغلاف الجوي، كما أنه يحتل ارتفاعات عالية جدًّا من الغلاف الجوي مما يجعل تأثيره مقصورًا على مناطق محدودة جدًّا من الغلاف الجوي. ومن أهم مميزات الأوزون قدرته على امتصاص بعض الأشعة فوق البنفسجية، ولا يسمح إلا بمرور القسم المناسب من هذه الأشعة إلى سطح الأرض.

ولا يتركب الغلاف الجوي من الهواء الجاف فقط، بل يدخل معه أيضًا نسب مختلفة من بخار الماء Water vapour، وتختلف نسبة وجود بخار الماء في الهواء من كميات محدودة جدًّا إلى ما يقدر بنحو ٤٪ من جملة وزن الهواء، وذلك عندما يكون الهواء مشبعًا بالرطوبة. وقد يظهر بخار الماء على شكل صور مختلفة منها الغاز والسائل والصلب، كما أنه هو مصدر عمليات التساقط. ويقوم بخار الماء بعمليات امتصاص بعض الموجات الطويلة الصادرة من الإشعاع الشمسي، ثم يعمل على انعكاسها وتشتتها. ومن ثم يشترك بخار الماء مع كل من الأتربة وثاني أكسيد الكربون في خاصية حفظ الإشعاع الأرضي بالقرب من سطح الأرض وعدم تشتته أو تبدده في الفضاء الخارجي.

وقد أوضحت نتائج الأبحاث المتيورولوجية بأن تركيب الغلاف الغازي على ارتفاع ٥٠ ـ ٦٠ ميلا (٨٠ ـ ١٠٠ كم) من سطح الأرض يظل شبه ثابت لدرجة كبيرة. ويلاحظ أن نسبة وجود غاز الأوزون عند هذه الارتفاعات العالية تأخذ في الزيادة التدريجية، في حين تقل مع الارتفاع عن سطح الأرض نسب وجود غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والأتربة والغبار.

ويدخل في تركيب الغلاف الجوي كميات كبيرة كذلك من المواد الصلبة ممثلة في حبيبات الأتربة الدقيقة الحجم Dust particles والغبار البركاني والرمال الدقيقة الحجم وذرات الدخان، وتبدو كل هذه الأتربة معلقة في الهواء in sus-pension وتختلف كمياتها اختلافًا كبيرًا من منطقة إلى أخرى(١).

وقدر العلماء مقدار تجمع هذه الأتربة الدقيقة الحجم فوق المسطحات المائية المحيطية بنحو عدة مئات من حبيبات الأتربة الدقيقة لكل سنتيمتر مكعب من

---

(١) Blair T.A., "Weather elements", Fourth edition, Englewood Ciffs, Prentice-Hall, New Jersey (1960) p. 6-7.

الهواء . ولا تُرى هـذه الأتربـة الدقيقـة الحجم بالعين المجـردة، ذلك لأن القسم الكبير منها شبه ميكـروسكوبي الحجم . وتعمل الأتربة على امتصـاص جزء من الإشعاع الشمسي Solar insolation، وكعامل مساعـد لعمليات الانعكاس Re-flection وانتشار الأشعة Scattering وحفظ الإشعاع الأرضي Terrestial Radia-tion داخل طبقـة التروبوسفير. هـذا ويعـزى اللون الأزرق للسماء واللـون الأحمر لغروب الشمس إلى أثـر اختلاط الأتربـة مع بعض الغازات وقـدرتها على انتشار الأشعة الزرقاء والأشعة البنفسجية . ومعنى ذلك أنـه لولا انتشار الأتربة الدقيقة الحجم وبخار الماء في الغلاف الجوي، لظهرت السماء على شكل فضاء لا نهائي أسود اللـون، يلمع فيه قرص الشمس تمامًـا كما يرى المشاهد النجـوم المضيئة في السماء أثناء الليالي القاتمة اللون[١].

وتساعد ذرات الأتربة بخـار الماء عند حدوث عمليات التكاثف Condensa-tion، ومن ثم فإن هذه العمليات الأخيرة يتركـز حدوثها في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي تبعًا لوفـرة وجود نوايات التكاثف من ذرات هذه الأتـربة العالقة بالهواء[٢]. وتتمثل مصادر هـذه الأتربة الجويـة في مصادر عضويـة وأخرى غير عضويـة . ومن بين الأتربة غير العضـوية النشأة ذرات التربـة المفككة، وذرات الدخان الكـربونية والرماد والأتربـة الكونية Meteoric dust والذرات الملحية الدقيقـة الحجم التي تتطاير في الجو عند ارتطـام أمواج البحر بـالشاطىء . ومن بين الأتـربـة العضـويـة النشـأة ذرات البكتيريـا، وذرات بعض المواد النبـاتيـة والحيـوانية المفتتـة . وتصعد الأتـربة من سطح الأرض إلى الغـلاف الجوي لتحل محل الأتربة التي تسقط على الأرض عند حدوث عمليات تساقط المطر والثلج .

---

(١) Howard, J. Critchfield, "General Climatology", Prentice-Hall, New Jersey, 2 nd edi. (1966) p. 10.

(٢) محمود حامد محمد «المتيورولوجية» القاهرة (١٩٤٦م)، ص ٧٠ ـ ٧٢ .

الطبقات الرأسية للغلاف الجوي:

يتألف الغلاف الجوي من عدة طبقات غازية ترتب نفسها رأسيًّا حسب اختلاف كثافتها. ويتألف سمك الغلاف الغازي ـ كما سبقت الإشارة من قبل ـ من ١٠٠ ـ ٢٠٠ ميل؛ وذلك لأنه من الصعب أن يحدد العلماء بشيء من الدقة الامتداد الرأسي لنهايات الغلاف الجوي حول الكرة الأرضية، حيث لا توجد حدود فاصلة واضحة بين كل من الأطراف العليا للغلاف الجوي من جهة وبداية الفضاء الخارجي Outer Space أو السماء التي تقع فوقه من جهة أخرى. يقول المولى عز وجل:

﴿ الله الذي خلق سبع سمٰوات ومن الأرض مثلهن يتنزل الأمر بينهن. . . ﴾ الطلاق (١٢).

وقد اختلف المفسرون في تفسير السمٰوات السبع والأرضين السبع (راجع الفصل الأول ـ السماء)، وفي تفسير الأرضين السبع يوضح الكاتب أن الغلاف الجوي لكوكب الأرض يتألف من ست طبقات متمايزة ويعلوها الفضاء الخارجي أو السماء كطبقة سابعة لا نهائية الامتداد. وعلى أساس الاختلاف الرأسي في درجات حرارة ومكونات الغلاف الجوي وأنواع غازاته وكثافتها ينقسم الغلاف الجوي إلى الطبقات الآتية:

١ ـ طبقة التروبوسفير: Troposphere

وهي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي التي تلامس سطح الأرض مباشرة، ويختلف سمكها من خمسة أميال عند القطبين إلى أحد عشر ميلا عند المناطق المدارية. وترجع زيادة سمك هذه الطبقة عند المدارين إلى تسخين الهواء بشدة وحدوث عمليات تيارات الحمل الصاعدة في هذه المناطق. كما يزداد سمك طبقة التروبوسفير عند المناطق الاستوائية خلال الاعتدالين. وتعد طبقة

التروبوسفير منطقة نشوء كل من السحب والعواصف والتيارات الصاعدة والتساقط من الأمطار والثلج والبرد. وتنخفض درجة حرارة الهواء طبقة التروبوسفير انخفاضًا تدريجيًّا وشبه منتظم مع الارتفاع عن سطح الأرض وذلك بمعدل ١°م لكل ارتفاع قدره ١٠٠٠ متر.

٢ ـ طبقة التروبوبوز: Tropopause

وهي الطبقة الهامشية الفاصلة بين طبقة التروبوسفير السفلية وطبقة الاستراتوسفير التي تعلوها. وفي هذه الطبقة تصل درجة حرارة الهواء إلى ٨٠° ف وتتعرض هذه الطبقة لتيارات هوائية شديدة السرعة تعرف باسم «التيارات النفاثة» Jet Streams. وتعمل الطائرات التي تحلق عند مثل هذه الارتفاعات العالية على تجنب الطيران في عكس اتجاه هذه التيارات النفاثة حتى لا تؤثر على سرعتها في الفضاء.

٣ ـ طبقة الاستراتوسفير: Stratosphere

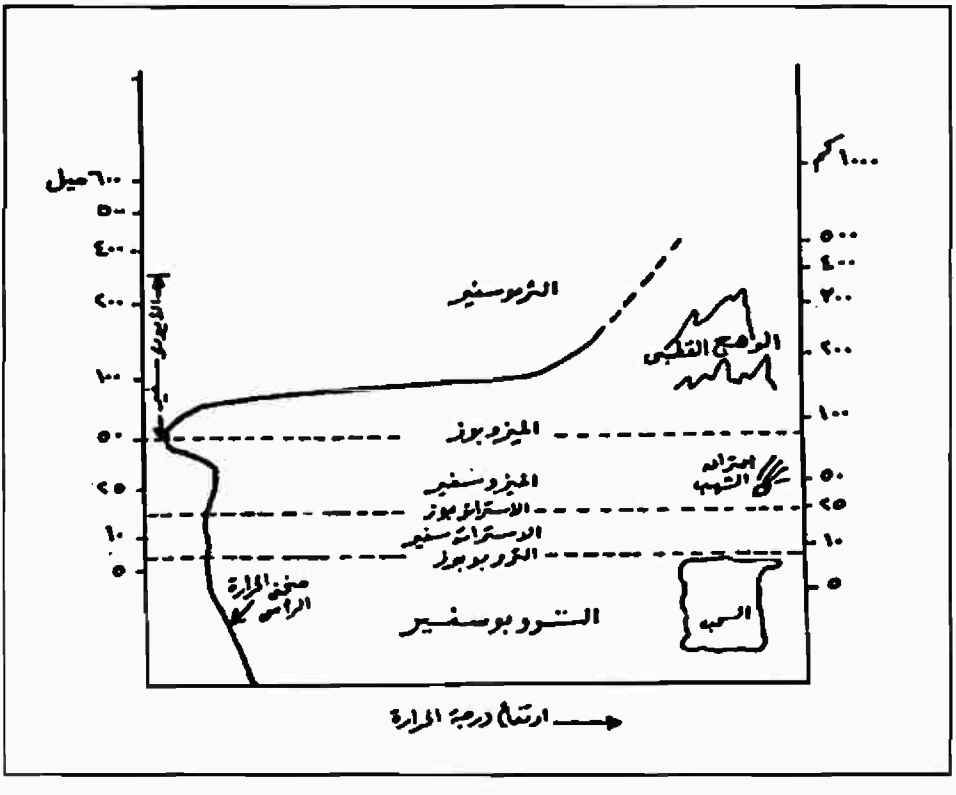
تقع هذه الطبقة فوق طبقة التروبوسفير التي سبقت الإشارة إليها من قبل، ولا يتعرض هواء طبقة الاستراتوسفير إلا لتغيرات بسيطة في درجة حرارته. ويمكن أن نشبه هواء طبقة الاستراتوسفير بالهواء الشتوي في المناطق القطبية إلى حد كبير. وقد تبين أن طبقة الاستراتوسفير تبدو أكبر سمكًا عند المناطق القطبية في حين قد تختفي معالمها تمامًا فوق المناطق الاستوائية. وعند الأطراف العليا لطبقة الاستراتوسفير يتجمع غاز الأوزون، ونادرًا ما تتكون السحب عند هذه الارتفاعات العالية. ويطلق العلماء على النهايات العليا لطبقة الاستراتوسفير اسم «طبقة الاستراتوبوز» Stratopause. ويقدر سمك طبقة الاستراتوسفير ـ فيما بين الأطراف العليا لطبقتي التروبوبوز والاستراتوبوز ـ بنحو ١٥ ميلاً [١].

---

(١) Hare, F. Kenneth, "The Stratosphere", Geog. Rev. vol. 52, part 4 (1962) p. 525-547.

٤ ـ ٥ طبقة الميزوسفير: Mesosphere وطبقة الميزوبـوز:

تقع هذه الطبقة الهوائيـة فيما وراء الأطراف العليا لطبقة الاستراتـوبوز، وترتفع درجة حـرارة الهواء في القسـم الأسفل منها، ثم سرعـان ما تنخفض درجـة حرارة بالتـدريج مع الارتفاع إلى أعلى حتى النهايـات العليا لطبقة الميزوسفير والمعـروفة باسم طبقة الميزوبوز Mesopause. وتبعد هـذه الطبقة الأخيرة عن سطح الأرض بارتفـاع يتراوح من ٤٥ ـ ٥٠ ميـلا. ويرجـع الفضل إلى هذه الطبقـة الهوائية في حدوث عمليـات احتراق بقايا الشهب والنيـازك الساقطـة من الفضاء الخارجي والمتجهة إلى سطـح الكرة الأرضية. ونتيجـة لاحتراق بقايـا الشهب هنا، تـرتفع درجة حرارة الهواء في القسـم الأسفل من الميزوسفير (شكل ٣٥).



(شكل ٣٥) الطبقات الرأسية للغلاف الجوي وبعض ظواهرها الجوية

٦ ـ طبقة الثروموسفير: Thermosphere

أكدت الدراسات المتيورولوجية الحديثة للطبقات العليا من الغلاف الجوي بأن هواء طبقة الثروموسفير يتميز بارتفاع درجة حرارته، بل قد تصل درجة حرارة الهواء هنا إلى نحو ٢٠٠٠° ف، ثم تزداد درجة حرارة الهواء تدريجيًّا مع الارتفاع داخل نطاق هذه الطبقة الهوائية التي يصعب كثيرًا تحديد أطرافها العليا. ومن ثم يختلف التغير الرأسي في درجة حرارة الهواء هنا عنه في طبقة التروبوسفير القريبة من سطح الأرض. ويستعين الباحثون بأجهزة خاصة تحملها الطائرات والصواريخ والأقمار الصناعية وبالونات الراديوسوند Radio sonde لقياس درجة حرارة هواء الطبقات العليا من الثرموسفير. وقد استطاعت هذه الوسائل الحديثة الكشف عن خبايا هذه الطبقة الهوائية [١]. ويرجح العلماء أن من بين أسباب ارتفاع درجة حرارة هواء الثرموسفير هو تصادم جزيئات بقايا الشهب والنيازك والأجسام الكونية الساقطة من الفضاء الخارجي واحتراقها وانصهارها في هذه الطبقة الهوائية.

وعلى الرغم من أن سمك طبقة الثرموسفير قد يزيد عن ٣٠٠ ميل إلا أنها تتركب من غازات خفيفة الوزن جدًّا، كما سبقت الإشارة من قبل، وخاصة غاز النيون والهليوم. وعلى ذلك تتميز طبقة الثرموسفير بعظم تخلخل الضغط الهوائي فيها إلى حد يكاد يقترب من الفراغ، وأن هواء هذه الطبقة يكاد يكون معظمه في حالة تأين، أي أن ذرات الهواء تتحلل إلى مركباتها الكهربية (البروتونات والنيوترونات والإلكترونات). وتنعكس الموجات اللاسلكية الكهرومغناطيسية

---

(١) a - Robert, J., "Artifical Satellites and the earth's atmosphere", Scient. Am., vol. 201 part 2 (1959) p. 37-43.

b - Herbert Riehl, "An Introduction to the atmosphere" Mc Graw-Hill, N. Y (1972) p. 16.

وترتد نحو سطح الأرض، إذا ما اصطدمت هذه الموجات في الطبقات الهوائية من الثرموسفير والتي يزداد فيها درجة تركيز الإلكترونات [1].

ويطلق على القسم الأسفل من طبقة الثرموسفير اسم طبقة الإينوسفير Ionosphere أو طبقة الأثير، ويقدر العلماء سُمك هذه الطبقة الأخيرة بنحو ٢٠٠ ميل، وتبعد أطرافها السفلى عن سطح الأرض بنحو ٥٠ ميلا، في حين تبتعد أطرافها العليا عن سطح الأرض بنحو ٢٥٠ ميلاً، واستطاع العلماء تحديد أبعاد هذه الطبقة الهوائية بفضل تركز الجزيئات الأيونية فيه Ionized Particles، وأثرها على انعكاس الموجات اللاسلكية الكهرومغناطيسية.

ويعلو هذه الطبقات الست من الغلاف الجوي الفضاء الخارجي، أو السماء اللانهائية الامتداد endless space or sky، وينتج عن تفاعل الغلاف الجوي مع الأغلفة الطبيعية الأخرى لكوكب الأرض (الغلاف المائي Hydrosphere والغلاف الصخري Lithosphere والغلاف النباتي Natural Vegetation) حدوث تنوع كبير في درجات حرارة الهواء الملامس للأجزاء المختلفة من سطح الأرض، ومن ثم اختلاف كبير كذلك في مقدار الضغط الجوي واتجاه الرياح وسرعتها وكمية الأمطار الساقطة من جزء إلى آخر على سطح الأرض. وتبعًا لتنوع هذه العناصر الجوية تتنوع حالة المناخ Climatic Condition من مكان إلى آخر على سطح الأرض.

وجعل الله سبحانه وتعالى مناخ سطح الأرض متنوعًا حتى تتنوع الكائنات النباتية والحيوانية من مكان إلى آخر، وتتزايد نعم الله تبارك وتعالى التي لا تعد ولا تحصى والتي أنعم بها على الإنسان وسخرها لمنفعته لتسير حياته على سطح الأرض.

---

(١) أ ـ د. فهمي هلال أبو العطاء «الطقس والمناخ»، الإسكندرية (١٩٧٠م) ص ٨٨.
ب ـ د. محمد جمال الدين الفندي، «الطبيعة الجوية»، القاهرة ١٩٦٢م.

ولا نستطيع أن نحدد حالة المناخ في منطقة ما من سطح الأرض إلا بدراسة طبيعيات الغلاف الجوي Physics of the Atmospheric ورصد التغيرات اليومية لعناصره المختلفة ومعرفة حالة الطقس اليومي Daily Weather Condition، ثم حساب المتوسطات الشهرية والسنوية لعناصر حرارة الهواء والضغط الجوي واتجاه الرياح وسرعتها وكميات التساقط، وذلك لمدة لا تقل عن ٣٥ عامًا حتى يمكن معرفة الصورة العامة لحالة المناخ.

عناصر المناخ

يتشكل مناخ سطح الأرض بعناصر متعددة يتفاعل كل منها مع الآخر ويؤثر فيه ويتأثر به، وتتضمن هذه العناصر الإشعاع الشمسي وحرارة الهواء والضغط الجوي والرياح والرطوبة والتبخر والنتح. وتؤثر هذه العوامل في حدوث التكاثف ومظاهره المختلفة مثل سقوط المطر والثلج والبرد. وقد سبقت الإشارة من قبل (في الفصل الثالث ـ الشمس) إلى أن الشمس وأشعتها هي المصدر الرئيسي لحرارة الغلاف الغازي وتسخينه، وألقينا الضوء حول العلاقة بين الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي والعوامل التي تؤثر في تنوع الإشعاع الشمسي وفي الميزانية الحرارية لسطح الأرض. ومن ثم ستقتصر الإشارة هنا إلى بعض عناصر المناخ الأخرى التي لم يُشَر إليها من قبل في هذا الكتاب.

الضغط الجوي

يقصد بالضغط الجوي Atmospheric pressure فوق أي نقطة ما من سطح الأرض، وزن عمود الهواء الممثل فوق هذه النقطة حتى نهاية الأطراف العليا للغلاف الجوي. ويقدر العلماء وزن عمود الهواء الرأسي للغلاف الجوي فوق مساحة محددة قدرها بوصة مربعة بنحو ١٤,٧ رطلاً. ويعادل هذا الوزن ـ عند سطح البحر ـ عمودًا من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سم (مساحة مقطعة ١ سم^{٢}) أو ٢٩,٩٢ بوصة أو ١٠١٣,٢ ملليبار [١]. وقد تبين أن وزن الهواء أو الضغط الجوي يختلف من وقت إلى آخر بالنسبة للمكان الواحد، كما يختلف من مكان إلى آخر خلال نفس الفترة الوقتية الواحدة.

ومن بين أهم العوامل التي تؤثر في اختلاف مقدار الضغط الجوي [٢] ـ خاصة عند المستويات الأفقية القريبة من سطح الأرض ـ هي درجة حرارة الهواء، فقد تبين أن الضغط الجوي يتناسب تناسبًا عكسيًّا مع درجة حرارة الهواء. فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة يتمدد الهواء إلى أعلى وتقل كثافته، ومن ثم يتناقص وزنه وضغطه، والعكس صحيح، حيث إذا ما انخفضت درجة الحرارة ينضغط الهواء ويزداد وزنه ويهبط إلى أسفل وعلى ذلك تبين أن من أهم الصفات الطبيعية للهواء هو رداءة توصيله للحرارة، حيث تقدر قابلية الهواء لتوصيل الحرارة بنحو جزء من ٢٠ ألف جزء من قابلية توصيل معدن النحاس للحرارة، وتبلغ الحرارة النوعية للهواء نحو $\frac{١}{٤}$ الحرارة النوعية للماء، كما أن الهواء يمكن

---

(١) Howard, J., Critchfield, "General Climatology", Prentice- Hall. N.J. (1966) p. 70.

(٢) تبعًا لتغير مقدار الضغط الجوي من ساعة إلى أخرى، فإن محطات الأرصاد الجوية تقوم بتسجيل مقدار الضغط الجوي ثلاث مرات في اليوم الواحد، وذلك في الساعة ٨ صباحًا، والساعة ٢ بعد الظهر، والساعة ٨ مساء.

أن يشغل الحيز الذي يتاح لـه، وعلى ذلك إذا سمحت الظروف بانتشار الهواء، فإنه ينتشر في كل الحيز المتاح له وتنخفض درجة حرارته، والعكس صحيح. أما إذا حفظت حرارة الهواء دون تغيير وتعرض للضغط فـإن حجمه يتغير ويتناسب تناسبًا عكسيًّا مع ضغطه، وعلى ذلك تتضح هذه العلاقة في المعادلة التالية:

الضغط × الحجم = عدد ثابت × درجة الحرارة المطلقة.

وحيث إن الجو الجاف يعد غـازًا متماثل الصفات، فإنـه يتبع قانـون الغازات الذي يرتبط فيه الضغط مع درجة الحرارة والكثافة[1] كما يلي:

$$\text{الكثافة} = \text{عدد ثابت} \times \frac{\text{الضغط}}{\text{درجة الحرارة}}.$$

كما ينخفض مقدار الضغط الجوي كذلك مع الارتفـاع رأسيًّا صوب الطبقات العليـا من التروبوسفير. وعلى الـرغم من انخفـاض درجـة حرارة هـذه المنـاطق العاليـة من الغلاف الجوي إلا أن الضغط الجوي عندها ينخفض وزنـه كذلك، ويعزي ذلك إلى نقص مكونات الهواء من الغازات الثقيلة وخفة وزن غازاته وقلة انضغاط الهواء وتخلخلـه عند هذه الارتفاعـات العالية. وعند صعـود بخار الماء من سطح الأرض إلى أعلى (بعد عمليات التبخر من المسطحات المائية الواسعة) وتجمعه في الطبقات العليـا من التروبوسفير، ينخفض مقدار الضغط الجوي مع الارتفاع الرأسي، وكذلك مع زيادة نسبة وجود بخار الماء.

ويـلاحظ أن بخار الماء العـالق في الهواء يعـد أخف وزنًـا منه، أي أن زيـادة

---

(١) للدراسـة التفصيلية راجع: د. حسن أبـو العينين، «أصول الجغـرافيا المناخيـة»، الطبعة السـادسة ـ الإسكندرية (١٩٨٨م)، مرجع سابق، ص ١٤١ ـ ١٦٦.

كمية بخار الماء في الهواء تؤدي إلى انخفاض مقدار ضغط الهواء وخفة وزنه. وتؤثر هذه العوامل في اختلاف مقدار الضغط الجوي من مكان إلى آخر على سطح الأرض؛ وكذلك في التغير الرأسي لمقدار الضغط الجوي على طول قطاع رأسي لعمود الهواء في طبقة التروبوسفير. وتتشكل حركة الرياح تبعًا لاختلافات الضغط الجوي، حيث تنتقل الرياح من مراكز الضغط الجوي المرتفع وتتجه صوب مراكز الضغط الجوي المنخفض.

التغير الرأسي في الضغط الجوي:

ترتفع كثافة الهواء بالقرب من سطح الأرض وتقل كثافته وينخفض مقدار ضغطه كلما ارتفعنا إلى أعلى في طبقات الجو العليا من الغلاف الجوي، ويرجع ذلك كما سبقت الإشارة من قبل إلى انضغاط الطبقات السفلى من الغلاف الجوي تحت تأثير الكتل الهوائية العلوية، وإلى قلة وزن غازات الهواء العلوي وتخلخله[1]. وقد تبين أن حوالي نصف كتلة الغلاف الجوي تقع على ارتفاع ١٨,٠٠٠ قدم فقط من سطح البحر، وعلى ذلك فإن مقدار الضغط الجوي عند هذه الارتفاعات، يبلغ حوالي نصف مقدار الضغط الجوي المقاس عند سطح البحر. كما تتوقف الكثافة الفعلية للهواء على التغير في درجة حرارته ونسبة رطوبته، وأثر فعل الجاذبية الأرضية. وتبعًا لتغير قيّم هذه العوامل رأسيًا على طول قطاع رأسي في الغلاف الجوي، فإنه من الصعب إيجاد علاقة منتظمة توضح مدى انخفاض مقدار الضغط الجوي مع الارتفاع رأسيًا عن سطح البحر، ومع ذلك رجح بعض العلماء أن معدل انخفاض الضغط الجوي مع

(١) a - Kendrew, W. G., "Climatology", 3rd edi Oxford Univ. Press (1949).
b - Landsberg, H., "Physical Climatology", Pennsylvania (1941).

الارتفاع يقدر بنحو $\frac{١}{٣٠}$ من مقدار الضغط الجوي لكل زيادة رأسية قدرها ٩٠٠ قدم (في نطاق طبقة التروبوسفير)، أو بمعنى آخر أن مقدار الضغط الجوي على ارتفاع ٩٠٠ قدم يبلغ نحو $\frac{٢٩}{٣٠}$ من مقدار الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر، وإن مقدار الضغط الجوي على ارتفاع ١٨٠٠ قدم يبلغ نحو $\frac{٢٩}{٣٠}$ من مقداره عند منسوب ٩٠٠ قدم فوق سطح البحر. ويوضح الجدول الآتي متوسط مقدار الضغط الجوي (بالملليبار والبوصات) على ارتفاعات رأسية مختلفة من سطح البحر وتحت الظروف الجوية العادية[١].

الارتفاع عن سطح البحر (قدم)	مقدار الضغط الجوي (ملليبار)	مقدار الضغط الجوي (بوصات)
سطح البحر	١٠١٣,٢٥	٢٩,٩٢١
٤,٠٠٠	٨٧٥,١٠٠	٢٥,٨٤٠
٥,٠٠٠	٨٤٣,١١٠	٢٤,٨٩٧
١٠,٠٠٠	٦٩٦,٩٤٠	٢٠,٥٨١
١٥,٠٠٠	٥٧٢,٠٦٠	١٦,٨٩٠
٢٠,٠٠٠	٤٦٦,٠٠٠	١٣,٧٦٠
٢٥,٠٠٠	٣٧٦,٠٠٠	١١,١١٠
٥٠,٠٠٠	١١٦,٦٤٠	٣,٤٤٠
١٠٠,٠٠٠	١١,٠٥٠	٠,٣٢٦
٢٥٠,٠٠٠	٠,٠٢٠	٠,٠٠٠٦

ويلاحظ من دراسة هذا الجدول الانخفاض الكبير في مقدار الضغط الجوي كلما ارتفعنا رأسيًا عن مستوى سطح البحر، فإذا كان مقدار الضغط الجوي عند

(١) Howard, J. Critchfield, "General Climatology", Prentice-Hall, N. J., (1966) p. 74.

سطح البحر يبلغ ٢ , ١٠١٣ ملليبار (٢٩ , ٩٢ بوصة) فإنه عند ارتفاع ٥٠٠٠ قدم (من سطح البحر) يبلغ نحو ١ , ٨٤٣ ملليبار (٨٩ , ٢٤ بوصة).

وتتفق هذه النتائج العلمية التي توصل إليها العلم الحديث مع ما أشار إليه القرآن الكريم منذ أكثر من أربعة عشر قرنًا من الزمان، حيث يصاب كثير من الناس بدوار الجبال Mountain Sickness ويعانون من ضيق التنفس عند صعود المناطق الجبلية العالية تبعًا لانخفاض مقدار الضغط الجوي وتخلخل الهواء عند هذه الارتفاعات العالية من سطح الأرض. يقول المولى عز وجل:

﴿ **فمن يرد الله أن يهديه يشرح صدره للإسلام ومن يرد أن يضله يجعل صدره ضيقا حرجا كأنما يصعد في السماء** ﴾ الأنعام (١٢٥).

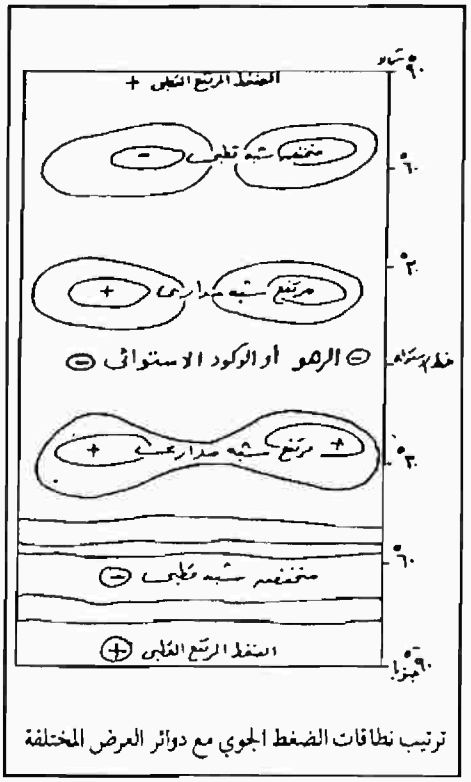
﴿ **كلا إنه كان لآياتنا عنيدا * سأرهقه صعودا** ﴾ المدثر (١٦ ـ ١٧).

﴿ **ومن يعرض عن ذكر ربه يسلكه عذابًا صعدًا** ﴾ الجن (٧).

التوزيع الأفقي (الجغرافي) للضغط الجوي على سطح الأرض:

سبقت الإشارة من قبل إلى بعض العوامل التي تؤثر في الاختلافات الأفقية لدرجة حرارة هواء سطح الأرض، وقد تبين أيضًا بأن نفس هذه العوامل (الموقع المحلي)، وعدد ساعات شروق الشمس فوق المكان، والتيارات البحرية المتنوعة، والغطاء النباتي ومدى الارتفاع عن سطح البحر، والكتل الهوائية، وتأثير الرياح المحلية والتوزيع الجغرافي لليابس والماء . . .) تؤثر أيضًا في مقدار الضغط الجوي وتنوعه من مكان إلى آخر على سطح الأرض، إلا أن لموقع المكان بالنسبة للدائرة الاستوائية، واختلاف التوزيع الجغرافي بين اليابس والماء لهما أكبر الأثر في حدوث التغيرات الأفقية للضغط الجوي على سطح الأرض. وإذا اعتبرنا أن متوسط مقدار الضغط الجوي عند سطح البحر ١٠١٣ ملليبار، فإنه إذا

انخفض الضغط الجوي عن هـذا المقـدار، فيرمز إليـه على أنـه ضغط منخفض (–) Low، أمـا إذا ارتفع الضغط الجوي عن هذا المقـدار المتـوسط، فيرمز إليـه على أنه ضغط مـرتفع (+) High. وينبغي أن نشير كذلك إلى أن تعبير «ضغط منخفض» أو «ضغط مـرتفع» يعـد تعبيرًا نسبيًّـا، وعلى ذلك فإنـه ليس من الضروري أن يكـون الضغط الجوي المنخفض عنـد المنـاطق الاستـوائيـة أشـد انخفـاضًـا من الضغط الجوي المنخفض الـذي يتمثل عند العـروض الـوسطى خـلال فصل الصيف. وقد نتج عن مـدى بعـد المكان عن الـدائرة الاستوائيـة اختلاف درجة حرارة وتنوع مقدار ضغطه بالنسبة للأماكن الأخرى، وتكون نظام ثابت من الضغط الجوي. ويـوضح شكل ١٥ الترتب المثالي لنطـاقات الضغط مع دوائر العرض المختلفة. وتكـاد هذه النطاقات تتفق مع النطـاقات الحرارية الكبرى فـوق سطح الأرض ويتلخص هذا النظام فيما يلي:



ترتيب نطاقات الضغط الجوي مع دوائر العرض المختلفة

أ – نطـــــاق الضغط المنخفـض الاستوائي:

Equatorial low or doldrums

ويمتـد هـــذا النطـاق فيما بين دائرتي عـرض ٥° شمالاً وجنـوبًـا، ويقل فيـه الضغط الجوي عن ٢٩,٩٢ بـــوصـــة (١٠١٣,٢ ملليبـــار)، ويطلق عليـه اسم نطاق الضغط المنخفض الاستوائي الدائم أو الـرهو الاستـوائي، وتنجذب نحوه الرياح التجارية الآتية من المناطق المدارية.

ب - نطاقا الضغط المرتفع شبه المداري بنصفي الكرة الأرضية :

Subtropic highs

في هذين النطاقين بنصفي الكرة الأرضية يهبط الهواء من أعلى إلى أسفل فيما بين دائرة عرض ٢٥ - ٣٥° شمالاً وجنوبًا . وتسمى هذه العروض «عروض الخيل» Horse latitudes ، وتخرج منهما الرياح التجارية الشمالية الشرقية في نصف الكرة الشمالي ، والرياح التجارية الجنوبية الشرقية في نصف الكرة الجنوبية وتتجه هذه الرياح نحو مناطق الرهو الاستوائي ، لتحل محل الهواء الذي يصعد إلى أعلى عند هذه المناطق الأخيرة .

جـ - نطاقا الضغط المنخفض شبه أو دون القطبي : **Sub polar lows**

ويتمثل هذان النطاقان فيما بين دائرتي عرض ٦٠ - ٦٥° شمالاً وجنوبًا تقريبًا . ويتكون الضغط المنخفض الفصلي هنا تبعًا لصعود الهواء إلى أعلى من جهة ولزيادة نسبة الرطوبة من جهة أخرى ، وتتجه إلى هذين النطاقين الرياح العكسية الغربية والرياح القطبية (الشمالية في نصف الكرة الشمالي والجنوبية في نصف الكرة الجنوبي) .

د - نطاقا الضغط المرتفع عند القطبين : **Polar highs**

يتكون عند القطبين نطاقان من الضغط المرتفع تبعًا لهبوط الهواء من أعلى إلى أسفل لشدة برودته ، وتتجه من هذين النطاقين الرياح القطبية (الشمالية والجنوبية في نصف الكرة الأرضية) نحو نطاقي الضغط المنخفض شبه القطبي في نصف الكرة الأرضية .

وإذا كانت نظم الضغط الجوي المختلفة انعكاسًا لاختلافات درجة حرارة الهواء في طبقة التروبوسفير، فإن اختلافات مقادير الضغط الجوي من مكان إلى آخر تؤثر بدورها في نشوء نظم الحركة Systems of motion ، في الغلاف الجوي ومن ثم في نظم حركة الرياح وفي اتجاهاتها الدائمة والفصلية وفي مدى سرعتها ، بل وفي نشوء الزوابع والأعاصير المدارية والانخفاضات الجوية .

الريـــاح

على الرغم من أن الإنسان لا يرى الهواء أو الرياح إلا أنـه يشعر بوجود الرياح واتجاه حركـاتها، وذلك بملاحظته لـلاتجاه الذي تتحرك إليـه السحب السفلية، وألسنـة الـدخـان، وأغصـان الأشجـار وأمـواج البحـار. بل يمكن للمـلاحظ المتمرس أن يشاهد تحرك هذه الظاهرات السابقة ويحدد اتجاه الرياح Wind direc-tion وكذلك سرعتها Speed . وقد وضع فرنسيس بيوفورت Francis Beaufort في عام ١٨٠٥ مقياسًا نسبيًّا يقيس به سرعة الرياح [١]، واعتمدت فكرة هذا المقياس على تصنيف الـريـاح إلى أنـواع مختلفـة بحسب مـدى استجـابـة تحرك الأشيـاء والظاهرات لها. وقسم بيوفورت الريـاح بحسب اختلاف سرعتها إلى ١٢ نوعًا، بحيث تبدأ بحالة الهواء الساكن (الدرجة صفر) وتنتهي بحالة الإعصار (الدرجة ١٢). ويتلخص مقياس بيوفورت في الجدول الآتي:

---

(١) أ ـ محمود حامد محمد «المتيورولوجية» القاهرة (١٩٤٦) ص ١٩٨.

ب ـ عبـد العـزيز طريح شرف «الجغرافيـا المناخيـة والنباتية» الجـزء الأول ـ الإسكندريـة (١٩٦١م) ص ٨٣.

c - Blair, T.A., "Weather elements", N.J. (1960) p. 3.

d - Trewartha, G.T., "An introduction to climate", N.Y. (1954) p. 62.

e - Byers, H.R. "General meteorology", 3rd edit. Mc Graw-Hull, N.Y. (1959) p. 88.

درجة الرياح	نوع الرياح		السرعة (ميل في الساعة)	السرعة (بالعقدة)	مدى استجابة الأشياء للرياح
صفر	هواء ساكن	Calm	أقل من ١	١	ارتفاع الدخان إلى أعلى .
١	هواء خفيف	Light air	١ ـ ٣	١ ـ ٣	يُحرك الدخان أفقيًا .
٢	نسيم طفيف	Light breeze	٤ ـ ٧	٤ ـ ٦	يحرك أوراق الأشجار ودوارة الرياح .
٣	نسيم هادىء	Gentle breeze	٨ ـ ١٢	٧ ـ ١٠	يُحرك رايات الأعلام .
٤	نسيم معتدل	Moderate breeze	١٣ ـ ١٨	١١ ـ ١٦	يثير الأتربة وتتطاير أوراق الأشجار.
٥	نسيم عليل	Fresh breeze	١٩ ـ ٢٤	١٧ ـ ٢١	يحرك أغصان الأشجار الكبيرة .
٦	نسيم قوي	Strong breeze	٢٥ ـ ٣١	٢٢ ـ ٢٧	يحرك أغصان الأشجار الكبيرة والأمواج .
٧	رياح عالية	Moderate gale	٣٢ ـ ٣٨	٢٨ ـ ٣٣	يصعب السير في الاتجاه المضاد للرياح .
٨	هوجاء	Fresh gale	٣٩ ـ ٤٦	٣٤ ـ ٤٠	يكسر بعض أغصان الأشجار.
٩	هوجاء شديدة	Strong gale	٤٧ ـ ٥٤	٤١ ـ ٤٧	يكسر السواريات وتقع المداخن .
١٠	هوجاء عاصف	Whole gale	٥٥ ـ ٦٣	٤٨ ـ ٥٥	يقتلع الأشجار ويسبب الدمار.
١١	عاصفة	Storm	٦٤ ـ ٧٥	٥٦ ـ ٦٥	تدمير شديد وتتطاير أسقف المنازل .
١٢	أعصار (هريكين)	Hurricane	أكثر من ٧٥	أكثر من ٦٥	تخريب عام شديد، قد تسقط الطائرات وتغرق السفن .

وحسب ما ذكر في أساطير العهد القديم نجد أن هناك وعيدًا بالعناصر الطبيعية وتخويف الإنسان منها، فالبحر يرتبط بالشر، والأرض باللعنة، والإله يسكن الجبال وينتقل مع الضباب والرياح أي أن هناك تلابسًا بين الإله والطبيعة. أما القرآن الكريم فقد بَرُؤَ من ذلك، وحبب الطبيعة إلى الإنسان وقربه منها وجعل بينهما انسجامًا ومحبة وألفة، فالبحر نعمة ورحمة، والأرض مسكن الإنسان وكل ما عليها وما فيها وما حولها مسخر لمنفعته.

والصلة التي تربط بين الرياح والإنسان في القرآن الكريم هي صلة الرحمة والخير والمنفعة، ولذلك جاء وصف الرياح على أنها «بشرى» وشفعها الله عز وجل بإنزال الماء الطاهر المبارك من السماء.

وحدد القرآن الكريم استعماله لألفاظ عناصر الطبيعة تحديدًا دقيقًا لا نجده في غيره. ففرقت آياته بين «الرياح» الطيبة «والريح» العاصف العاتية. والرياح جمع ريح، وجاءت في القرآن مجموعة مع الرحمة، ومفردة مع العذاب إلا في سورة يونس الآية (٢٢) في قوله تعالى: ﴿ وَجَرَيْنَ بهم بريح طيبة ﴾.

وفي الحديث كان رسول ﷺ إذا هبت الريح يقول: «اللهم اجعلها رياحًا ولا تجعلها ريحًا»(١).

فالرياح خير وبركة ومنفعة للإنسان، تأتي بالنسيم العليل والهواء الطيب النقي الذي يحل محل الملوثات الجوية التي تقذفها المصانع والمنشآت العمرانية، وهي التي تأتي بالمطر وتكون بشرى وبركة للناس أجمعين. يقول المولى عز وجل:

---

(١) أبو محمد عبد الحق الغرناطي: «المحرر الوجيز في تفسير الكتاب العزيز»، تحقيق وتعليق الأستاذ أحمد الملاح، ج٣/ ٤٦٩ مرجع سابق.

﴿ وهو الذي يرسِلُ الرياح بُشرًا بين يَدَي رحمته حتى إذا أقلت سحابًا ثقالاً سقناه لبلد ميت فأنزلنا به الماءَ فأخرجنا به من كل الثمرات كذلك نخرج الموتى لعلكم تذكرون ﴾ الأعراف (٥٧).

ونفس هذا المعنى تكرر في سور الكهف ٤٥، والفرقان ٤٨، والنمل ٦٣، والروم ٤٦، وفاطر ٩، والجاثية ٥.

يقول تبارك وتعالى:

﴿ ومن آياته أن يرسل الرياح مبشرات وليذيقكم من رحمته ولتجري الفلك بأمره ولتبتغوا من فضله ولعلكم تشكرون ﴾ الروم (٤٦).

﴿ الله الذي يرسل الرياح فتثير سحابًا فيبسطه في السماء كيف يشاء ويجعله كسفًا فترى الودق يخرج من خلاله فإذا أصاب به من يشاء من عباده إذا هم يستبشرون ﴾ الروم (٤٨).

﴿ والله الذي أرسل الرياح فتثير سحابًا فسقناه إلى بلد ميت فأحيينا به الأرض بعد موتها كذلك النشور ﴾ فاطر (٩).

﴿ وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماء فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين ﴾ الحجر (٢٢).

وتدل هذه الآيات الكريمات على أن حركة الهواء ليصير رياحًا هي حركة مباركة فيها منفعة للناس وحركة مقدرة بتقدير العزيز الحكيم، وأن الرياح أرسلها الله عز وجل خيرًا وبشرى للناس، وأنها أحد عناصر المناخ التي تتفاعل في الغلاف الجوي (جو السماء)، وإن هذا الجو بما فيه من سحب مسخر لمنفعة الإنسان وينزل منه المطر (عند حدوث عمليات التكاثف في السحب) ليحيى الله به الأرض بعد موتها.

وقد اختلف المفسرون في تفسيرهم لقوله تعالى: ﴿ **وأرسلنا الرياح لواقح** ﴾. فيقول الأخفش [1] جعلها على «لاقح» كأن الرياح لَقِحَت لأن فيها خيرًا فقد لقحت بخير. وقال بعضهم: الرياح تلقح السحاب فقد يدل على ذلك المعنى لأنها إذا أنشأته وفيها خير وصل ذلك إليه. ويقول البعض الآخر: إن الرياح لواقح للنباتات المختلفة التي يتم تلقيحها بانتقال حبوب اللقاح فيما بينها مع حركة الرياح. ويضيف الكاتب إلى هذين التفسيرين رؤية أخرى تتلخص في أن الرياح هي حركة الهواء بالقرب من سطح الأرض ويتحرك الهواء عند تسخينه من أسفل إلى أعلى. وعند صعود الهواء الساخن إلى أعلى يحمل معه شحنات كهربائية موجبة وينتج عن تصادم هذه الشحنات بتلك السالبة الموجودة بالسحب حدوث تفاعلات كهربائية أقرب إلى التلقيح بين السالب والموجب، ويؤدي ذلك إلى حدوث عواصف الرعد والبرق وهطول المطر. ، ومن ثم جاء الفعل «فأنزلنا» من السماء ماء معطوفًا على ما قبله، وهو أن الرياح لواقح وهي من أسباب سقوط المطر.

كما أشارت الآيات القرآنية إلى حركة الرياح فوق سطح الأرض وانتقال الرياح من مراكز الضغط المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض، وتكوين ما يسميه العلم اليوم بالرياح التجارية والموسمية والعكسية والقطبية والرياح المحلية. وتسهم حركة الرياح في عدم تركز التلوث الجوي في منطقة محددة فوق سطح الأرض، فكل عامل من عوامل الطبيعة متلازم مع الآخر، وتتفاعل كل من هذه العناصر مع بعضها البعض، فالأشعة الشمسية هي التي تؤثر في درجة حرارة الهواء بصورة مباشرة، وتؤثر درجة حرارة الهواء الملامس للأرض في مقدار الضغط

---

(١) الأخفش، مرجع سابق ج٢/ ٦٠٢.

الجوي ونوعه، ويؤثر الضغط الجوي في تصريف الرياح على سطح الأرض، حيث تنتقل الرياح من مراكز الضغط المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض لتحل محل الهواء الساخن الصاعد إلى أعلى. ويؤثر تصريف الرياح في كمية الأمطار الساقطة وتوزيعها الجغرافي على سطح الأرض، وتزداد كمية الأمطار الساقطة عند عبور الرياح لمسطحات مائية واسعة الامتداد فتتشبع بكميات كبيرة من الرطوبة وتسقط الأمطار عند هبوبها على اليابس وخاصة إذا ما صادفتها مرتفعات جبلية. يقول المولى عز وجل: ﴿ . . **وتصريف الرياح والسحاب المسخر بين السماء والأرض لآيات لقوم يعقلون** ﴾ البقرة (١٦٤).

﴿**واختلاف الليل والنهار وما أنزل الله من السماء من رزق فأحيا به الأرض بعد موتها وتصريف الرياح آياتٌ لقوم يعقلون** ﴾ الجاثية (٥).

ويذكر لفظ «الريح» مفردًا في القرآن في مقام العذاب والتخويف. يقول سبحانه وتعالى:

﴿ **إنا أرسلنا عليهم ريحًا صرصرًا في يوم نحس مستمر** ﴾ القمر (١٩).

﴿ **ولئن أرسلنا ريحًا فرأوه مصفرًّا لظلوا من بعده يكفرون** ﴾ الروم (٥١).

وبنفس معنى هذه الآية الكريمة نجده في الأحزاب (١٩)، وفصلت (١٦).

﴿ **مثل ما ينفقون في هذه الحياة الدنيا كمثل ريح فيها صر أصابت حرث قوم ظلموا أنفسهم فأهلكته** ﴾ آل عمران (١١٧).

واللفظ بمعناه هذا في يونس (٢٢)، والأحقاف (٢٤).

﴿ . . . **أعمالهم كرماد اشتدت به الريح في يوم عاصف** ﴾ إبراهيم (١٨).

وكذلك ما ورد في الأنبياء (٨١) والحج (٣١)، وسبأ (١٢)، والشورى (٣٣).

﴿ . . . فيرسل عليكم قاصفًا من الريح فيغرقكم بما كفرتم . . . ﴾ الإسراء (٦٩).

﴿ . . . وفي عاد إذ أرسلنا عليهم الريح العقيم﴾ الذاريات (٤١).

﴿ وأما عاد فأهلكوا بريح صرصر عاتية . . . ﴾ الحاقة (٦).

ويشير العلم الحديث إلى الريح الصرصر العاتية بأسماء مختلفة منها الانخفاضات الجوية Depressions التي تحدث في العروض المعتدلة، والزوابع أو الأعاصير المدارية Tropical cyclones والعواصف الترابية Dust storms .

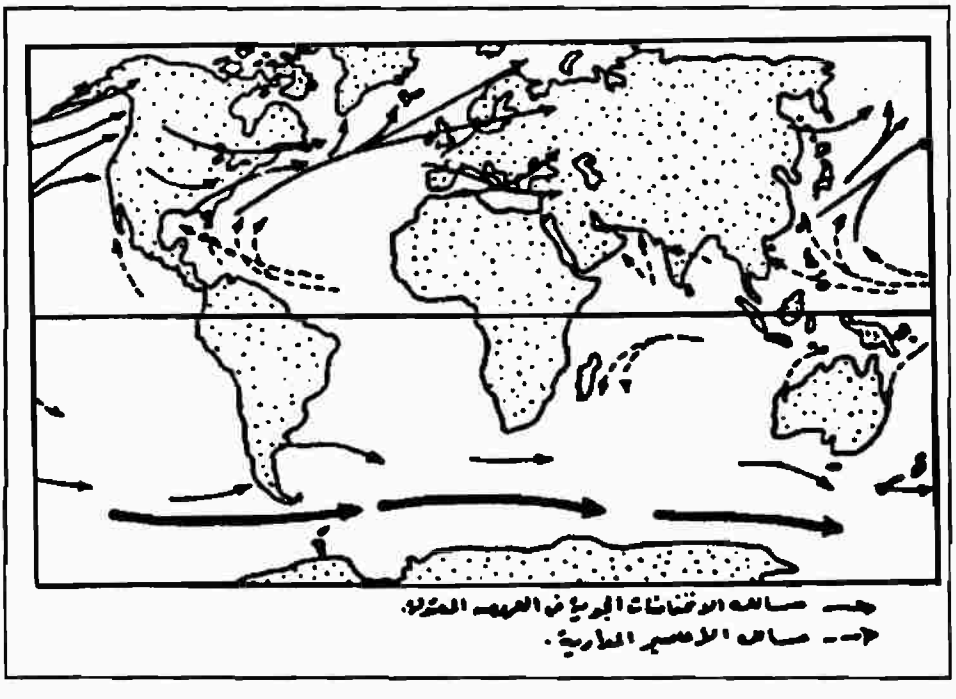
(١) الانخفاضات الجوية : Depressions or Cyclones

عندما ترتفع درجة الحرارة فوق موقع ما ويصعد الهواء الساخن إلى أعلى ويخف وزنه يتكون فوق هذا الموقع منطقة من الضغط المنخفض تظهر على خرائط الطقس (باستخدام خطوط الضغط المتساوية) على شكل مقعرات شبه مستديرة الشكل، يقل مقدار الضغط الجوي فيها في اتجاه مراكزها، ويكون الضغط المنخفض شديدًا كلما كانت خطوط الضغط المتساوية متقاربة ومركزة في منطقة محدودة المساحة، في حين يكون الضغط الجوي المنخفض بسيطًا إذا كانت خطوط الضغط المتساوية متباعدة بعضها عن البعض الآخر. وتشغل منطقة واسعة الأبعاد. هذا وتدور الرياح حول مركز الضغط المنخفض في اتجاه ضد عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي، ومع اتجاه عقرب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. وتكون سرعة الرياح شديدة جدًّا في حالة إذا ما كان الضغط المنخفض عميقًا، وتقل سرعتها إذا ما كان الضغط المنخفض ضحلا.

(٢) الزوابع أو الأعاصير المدارية : Tropical Cyclones

تعرف الانخفاضات الجوية في العروض المدارية باسم الأعاصير المدارية أو بالزوابع المدارية، كما أن لها أسماء محلية مختلفة فتعرف في البحر الكاريبي وعلى

طول السواحل الشرقية للمكسيك باسم الهريكين Hurricanes، وفي بحر الصين باسم التيفون Typhoons، وفي بحر اليابان وحول جزر الفلبين باسم باجايو Baguio وفي المحيط الهندي باسم السيكلونز Cyclones وعند سواحل شرق استراليا تعرف باسم الويلي ويلز Willy Willies. (شكل ٣٦). وعلى الرغم من أن الزوابع أو الأعاصير المدارية تتشابه مع الانخفاضات أو الأعاصير الجوية في العروض المعتدلة، من حيث أنهما انخفاضات جوية تهب الرياح نحو مراكزهما وتدور حول مراكز الضغط المنخفض ضد اتجاه عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي ومع اتجاهه في نصف الكرة الجنوبي [١]. إلا أنه لا توجد جبهات للزوابع المدارية، وأن خطوط الضغط الجوي حول مركزها يكون شديد التقارب، ولا يحدث فيها البرد كما أنها تتمركز أساسًا فوق المسطحات البحرية.



(شكل ٣٦) مسالك الانخفاضات الجوية والأعاصير المدارية.

(١) a - Blair, T.A., "Weather elements", 4 th edi. Prentice- hall, N.J.

وتتركز مناطق نشوء الزوابع المدارية في المناطق الآتية :

١ ـ فوق مياه البحر الكاريبي وخليج المكسيك وخاصة حول جزر الباهاما Bahamas.

٢ ـ فوق مياه الساحل الغربي للمكسيك وأمريكا الوسطى بمياه المحيط الهادي .

٣ ـ فوق مياه بحر الصين وبالمسطحات المائية المجاورة لجزر الفلبين .

٤ ـ فوق مياه خليج بنغال وبدرجة أقل فوق مياه البحر العربي .

٥ ـ فوق القسم الجنوبي من المحيط الهندي وخاصة شرق جزيرة مدغشقر.

٦ ـ فوق مياه المحيط الهادي الجنوبي وبوجه خاص حول جزر ساموا Samoa وجزر فيجي Fiji .

نشأة الزوابع المدارية ومسالكها :

تنشأ الزوابع المدارية أساسًا بفعل عمليات التسخين المحلي في الهواء الحار الرطب بمناطق الرهو الاستوائي وما يجاورها وخاصة عند الجوانب الغربية من المسطحات المحيطية . ويعتقد بعض الباحثين أن قوة كوريوليس ربما تكون مسئولة عن البداية الأولى لنشأة تلك الموجات الهوائية الساخنة (١). في حين يؤكد الأستاذ ريل Riel (٢) بأن الزوابع المدارية تنشأ فوق المسطحات المحيطية ذات المياه الدافئة والتي لا تنخفض درجة حرارة مياهها السطحية عن ٧٩°ف

---

(١) a - Byers, H.R., "General meteorology", N.T. 3 rd edi (1959) p. 458- 479.

b - Strahler, A.N., "Introduction to physical geography", Wiley, N. J. (1969) p. 117.

(٢) Riehi, H., "Introduction to the atmosphere", Mc Graw- Hill, (1972)p. 127-164.

(٢٦°م). ومن ثم لا تتمثل الزوابع المدارية بالقسم الجنوبي من المحيط الأطلسي، ونادرًا ما تحدث بالقسم الشرقي من المحيط الهادي الجنوبي، حيث توجد هناك التيارات البحرية الباردة التي تقلل من درجة حرارة المياه السطحية في المحيطات. وعند انتقال الزوابع المدارية من مناطق نشأتها فوق المسطحات المائية إلى أراضي اليابس المجاور تصبح أكثر اتساعًا، وتتباعد خطوط الضغط المتساوي بعضها عن البعض الآخر نسبيًا، ومن ثم تضعف قوتها ويقل خطرها، ويرجع ذلك إلى قلة وجود الهواء الرطب الساخن فوق اليابس بالنسبة للمسطحات المائية عند هذه العروض شبه الاستوائية.

وتبعًا لشدة سرعة الرياح في الزوابع المدارية فإن السفن تحاول دائمًا أن تتجنب التعرض لها، وتؤدي الزوابع المدارية إلى مصرع أعداد كبيرة من البشر كما يحدث في الصين الشعبية وجزر الفلبين وجزر ساموا وشبه جزيرة فلوريدا. ومن أشد الزوابع العنيفة في الولايات المتحدة الأمريكية تلك التي حدثت فوق جالفستون وأراضي تكساس في سبتمبر عام ١٩٠٠م وأدت إلى مصرع ٦٠٠٠ شخص، وتلك التي حدثت فوق شبه جزيرة فلوريدا وبلغت سرعة الرياح ١٥٠ ميلاً (٢٤٤ كم) في الساعة، وارتفع منسوب بحيرة أوكي شوبي Okee Chobee بأكثر من ١٥ قدمًا عن المستوى العادي لسطح البحيرة، وأدى ذلك إلى حدوث الفيضانات المدمرة وإغراق المدن والمراكز العمرانية.

(٣) العواصف الترابية والرملية : Dust an sand storms

يتركز حدوث العواصف الترابية والرملية في العروض المدارية والانتقالية نتيجة لاختلاف نظم الضغط الجوي المحلي، ومرور الانخفاضات الجوية التي تنساب مع الرياح العكسية أو الغربية في حوض البحر المتوسط من الغرب إلى الشرق. وينجذب نحو المقدمات الدفيئة لهذه الانخفاضات الأخيرة رياح محلية حارة

آتيـة من الجنوب محملـة بكميات هـائلـة من الأتربـة والـرمال النـاعمة . وعنـد حـدوث هذه الـريح الصرصر المحلية تـرتفع درجة حـرارة الهواء الملامس لسطح الأرض وينتشر الغبار الـدقيق الحجم والرمال الصحـراوية الناعمـة في الجو، مما يؤدي إلى صعوبة الـرؤية وتعذرها أحيانًا واختنـاق الجو. ويؤثر ذلك على الحالة النفسية والصحيـة للسكان وعلى مدى إقبالهم على العمل، وقـد تغلق المطارات وتتوقف حركة السير فوق الطرقات .

وبسبب هـذه العـواصف الـرمليـة تنتشر أمـراض العيـون، والحسـاسيـة، والبلعوم، والحنجرة، والأكزيما الجلديـة، هذا إلى جانب حدوث الحرائق كما هو الحال في القرى المصرية . وتسمـى الرياح المحلية الترابية بـأسماء مختلفة ـ إلا أن نشأتهـا جميعًا متشـابهة كما سبقت الإشارة من قبـل ـ وتعـرف في مصـر بـاسم الخماسين وبـالسمـوم في شمال الجزيـرة العـربيـة والقبلي في ليبيـا والسيروكـو في المغرب وتـونس والجزائر والطوز في الكويت والشميلي والغربي في دولـة الإمارات العربية المتحدة .

بعض مظاهر التكاثف في الغلاف الجوي

يقصد بالتكاثف تحول بخار الماء الموجـود في الجو من حالته الغازية إلى جسم سـائل أو صلب، بحيث يمكن رؤيتـه بـالعين المجـردة وذلك مثل النـدى والضباب والسحاب والمطر. ولا يتوقف حـدوث عملية التكاثف على انخفاض درجة حـرارة الهواء إلى نقطة التجمـد فقط ولكن أيضًـا على مدى تـوافر نـوايات التكـاثـف التي سبقت الإشـارة إلى أهميتهـا من قبل. ويمكن القـول بـأنـه إذا انخفضت درجة حرارة الهواء إلى نقطة التجمد أو إلى نقطـة الندى، وبالقرب من سطح الأرض، فقد يتعرض بخـار الماء الممثل من الهواء لعمليات التكاثف التي تتخذ عـدة صور مختلفـة منها النـدى Dew والصقيع Frost والضباب Fogs بأنواعـه المختلفة. أما إذا انخفضت درجـة حرارة الهواء عند المستويـات المرتفعة جدًّا من سطح الأرض (أكثر من ١٠,٠٠٠ قدم) إلى أقل من نقطة الندى، فقد يتعـرض بخار الماء الممثـل في الهواء لعمليات التكـاثف التـدريجيـة والفجائيـة، وتتخذ مظاهر التكاثف عند صور مختلفة منها البَرَد Hail والثلج Snow والسحب Clouds والمطر Rainfall. ويستخدم المتيورولـوجيون تعبير «التساقط» Precipitation ليـدل على كل ما يسقط من أمطـار وثلج وبَـرَد بفعل تكاثف بخـار الماء في الجو.

أولاً: بعض مظاهر التكاثف بالقرب من سطح الأرض: وتشمل:

١ ـ الندى **Dew** : الذي يشاهـد في الصباح الباكر على شكل قطـرات مائية متجمعة على أسوار الحدائق وفوق أسطح الأجسام المعدنية الصلبة المعرضة للجو وعلى شكل قطرات من الماء فـوق أوراق الأشجار خاصة أثناء الليـالي التي تخلو فيها السماء من السحب والتي تهدأ فيها حركة الرياح.

٢ ـ **الصقيع Frost** : وهو يشبه الندى من حيث أوقات ومواقع تكونه إلا أنه يختلف عنه في طريقة التكوين. فيتألف الصقيع من بلورات صغيرة الحجم من الثلج، ويعزى ذلك إلى انخفاض درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض في هذه الحالة إلى أقل من الصفر المئوي وغالبًا ما يكون هذا الانخفاض، انخفاضًا فجائيًا يؤدي إلى تجمد الغازات الملامسة لسطح الأجسام المعدنية تجمدًا مباشرًا دون المرور على الحالة السائلة أي من غازات إلى جسم صلب وهو ما يعرف باسم عملية التسام Sublimation.

٣ ـ الضباب **Fog** : يعد الضباب هو الآخر مظهرًا من مظاهر تكاثف بخار الماء في الهواء القريب من سطح الأرض. والضباب ما هو إلا ذرات مائية خفيفة الوزن تتطاير في الهواء ويزداد ثقلها مع اقترابها من سطح الأرض. ولا تختلف مكونات الضباب عن مكونات السحب المنخفضة الطبقية Low Stratus إلا أنه يقع قريبًا من سطح الأرض. وتقل فيه الرؤية عن ١ كم أو أقل، أما إذا كانت الرؤية أكثر من ١ كم فيعرف بخار الماء المتكون في الهواء في هذه الحالة باسم «الشابورة Mist»، وهذه الحالة الأخيرة سرعان ما تنقشع عند سطوع الشمس في الصباح الباكر [١]. وعلى ذلك فإن قياس الضباب يجري عن طريق قياس مدى الرؤية السائدة في المنطقة Prevailing Visibility. ولتقدير مدى الرؤية في الممرات الرئيسية بالمطارات الجوية يستخدم جهاز يعرف باسم ترانسيميسومتر Transmissometer لقياس سرعة انتقال الضوء Transmission of light على طول ممر ثابت. وقد تتأثر الرؤية في هذه الحالة بكل ما يتعلق في الهواء من أتربة ودخان وبخار وماء [٢].

---

(١) a - Trewartha, G.T., "An Introduction to climate", N.Y. (1954) p. 120-125

b - Howard, J. Critchfield, "General climatology", Prentice Hall, N.J. (1966) p. 56-59.

(٢) محمود حامد محمد «المتيورولوجية» القاهرة (١٩٤٦م) ص ٢٣٦.

ثـانيًـا : بعض مظاهـر التكـاثف التي تحدث بعيـدًا عن سطح الأرض : ومن بينها :

البَرَد : يتركب البرد من حبات مستديرة من الثلج Lumps of ice وتتألف الحبة الواحدة من عـدة طبقات ثلجية يتراكب بعضها فـوق البعض الآخر مثل تركيب البصلة . ولا يظهر ثلج البَردَ بالصـورة المألوفة عن الثلج العادي ، أي على شكل القطن المنـدوف ، بل يكـون في هذه الحالـة شـديد التجمـد وعلى شكل حبـات ثلجيـة مستـديرة الشكل وصلبـة يطلق عليـه اسم «حجـر البَردَ» Hail stones ويختلف قطر حبة البَردَ من ٢ , ٠ إلى ٢ بوصة .

وقـد عـرف العِلم مـؤخـرًا بأن نشأة البَردَ تـرتبط بحـركـة التيـارات الهوائيـة الصـاعـدة ، ويشيـع حـدوث البَردَ في منـاطق تكـويـن سحب المزن الركاميCumulonimbus clouds التي تبدو هامـاتها على شكل السندان أو جبال غـازية هـائلـة الحجم . وعند صعـود الهواء الـرطب إلى أعلى يتعرض بخـار الماء للبرودة والتكاثف ، وتتكون بلورات ثلجية صغيرة الحجم عند أعالي سحب المزن الركامي في حين يحدث التكاثف على شكل قطرات من الماء بالقسم الأوسط من هـذه السحب ، وعند سقـوط بلورات الثلج من أعـالي سحب المزن الركـامي تمر بـالقسم الأوسط من هذه السحـابـة وتصطدم البلـورات الثلجية بقطـرات الماء المبردة ، وتتجمع هذه القطرات المائية فوق البلورات الثلجية ، وتعمل الأخيرة على تجمـدها هي الأخـرى (ولكن بـدرجة أقل) وتبـدو في النهـاية على شكل كـرات ثلجيـة بصلية الشكـل تتألف من نـواة ثلجية شـديـدة التجمـد وتغطيها عـدة طبقات من الثلج أقـل تجمدًا ويقع بعضها فـوق البعض الآخر. يقـول المولى عز وجل :

﴿وينزل من السماء من جبال فيها من بَـرَدٍ فيصيب به من يشاء ويصرفه عن من يشاء . . .﴾ النور (٤٣) .

فالبَرَدَ إذن هو عبارة عن حبات ثلجية تتكون في الجبال الغازية العالية في سحب المزن الركامي، وجاء ذكره في القرآن الكريم عند نزوله منذ نحو أربعة عشر قرنًا ولم يكن يعرف العلم عن نشأة البرد شيئًا . حتى إن بعض الكتاب في يومنا هذا [١] أوضحوا بأن البَرَدَ ليس مصدره جبال برد في السماء، وأن كلمة جبال يراد بها هنا الكثرة كما يقال فلان يملك جبالاً من ذهب .

٢ ـ الثلج : Snow

يعد الثلج مظهرًا من مظاهر التكاثف نتيجة لتجمد بخار الماء في طبقات الجو العليا، وظهوره على شكل جسم صلب Solid، ولا يحدث ذلك إلا إذا انخفضت درجة حرارة الهواء إلى أقل من درجة التجمد . ويمكن للثلج أن يتكون إذا ما تعرض رزاز الماء في السحب للتجمد كما قد يتكون الثلج بصورة مباشرة عن طريق عملية التسام Sublimation . وقد تختلط بلورات الثلج أحيانًا بماء المطر، أو قد تتعرض قطرات المطر عند سقوطها في المناطق الباردة إلى التجمد، ويطلق على الثلج أو المطر المتجمد جزئيًا اسم «قِطقِط» Sleet [٢].

ويتكون الثلج عند بداية سقوطه على سطح الأرض من قشور هشة خفيفة الوزن، وتتطاير في الجو كالقطن المندوف، ولكن عند تجمع الثلج بعضه فوق البعض الآخر يتعرض بدوره للانضغاط، ويتماسك بشدة ويصبح شديد

---

(١) د. كاصد الزيدي : «الطبيعة في القرآن الكريم» مرجع سابق (١٩٨٠م) ص ٢٦٠ .

(٢) Trewartha, G.T., "An Introduction to climate", N.Y. (1954) p. 136.

الصلابة، وتبدو أسطحه كأسطح الزجاج وهنا يعرف باسم جليد Ice[1] خاصة إذا لم يتعرض الثلج للذوبان أو الانصهار.

ويتركب الثلج من بلورات سداسية ومسطحة أو مبططة الشكل، ومع ذلك فإن لها أشكال هندسية متعددة رائعة [2]. وتتألف قشرة الثلج الصغيرة المبططة من مئات من البلورات الثلجية التي يلتحم بعضها بالبعض الآخر عن طريق المياه الرقيقة التي تقع فيما بين هذه البلورات. وحيث إن الهواء البارد تقل فيه الرطوبة، فإن الثلج المتساقط بشدة heavy snow falls يرتبط هو الآخر بانخفاض حرارة الهواء القريب نسبيًا من سطح الأرض، إلى ما دون نقطة الندى. وعلى ذلك فإن تساقط قشور الثلج الكبيرة الحجم الرطبة تحدث عادة في المناطق المعتدلة، بل وفوق القمم الجبلية العالية (كما هو الحال فوق مرتفعات لبنان، ومرتفعات أطلس التل في الجزائر، ومرتفعات المغرب) في المناطق شبه المدارية. أما الثلج الذي يسقط على شكل قشور صلبة شديدة التجمد فهذا يقتصر حدوثه في المناطق القطبية وشبه القطبية والباردة.

وإذا تكون الثلج عند ارتفعات عالية وكانت درجة حرارة الهواء القريب من سطح الأرض أعلى من نقطة الندى (الصفر المئوي)، فإن هذا الثلج يتعرض للانصهار أثناء سقوطه من أعلى إلى أسفل، وربما يذوب أو ينصهر قبل أن يصل إلى سطح الأرض بصورته المتجمدة الأصلية، وإنما يصل إليه على شكل قطرات من المطر. ولذلك فإن كمية كبيرة من الأمطار الساقطة في العروض المدارية كانت

---

(١) ومن ثم سمي العصر الذي تجمع فيه الجليد على سطح الأرض دون أن يتعرض قسم كبير منه للانصهار باسم العصر الجليدي Ice Age ويتفادى الإنسان السير فوق أسطح الجليد الزجاجية المظهر حتى يتجنب الانزلاق والسقوط على سطح الأرض.

(٢) يمكن مشاهدة أشكال البلورات الثلجية المتنوعة عند فحص قشور الثلج تحت عدسة مكبرة.

في البداية عبارة عن بلورات ثلجية في طبقات الجو العليا؛ وذلك قبل سقوطها على سطح الأرض. وعلى ذلك فإن الثلج يزداد تساقطه في المناطق الباردة، وتلك التي ينخفض فيها المتوسط الشهري لدرجة الحرارة عن ٢٧° (أقل من نقطة الندى).

٣ـ السحب: Clouds

السحب: جمع سحابة وسمي بذلك؛ لأنه ينسحب كما قالوا: حَبِي (أي السحاب الذي يشرف من الأفق على الأرض) لأنه يحبو! (١).

تعد السحب المصدر الرئيسي لبخار الماء اللازم لعمليات التكاثف التي تحدث خاصة في الهواء العلوي؛ كما أنها تنظم عمليات سقوط الإشعاع الشمسي عند نفاذه إلى سطح الأرض. وتحد السحب من تشتت الإشعاع الأرضي وانتشاره إلى أعلى، وتحفظه إلى أسفل منها ليرفع من درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض. كما تعد السحب بالنسبة للراصد الجوي مؤشرًا مهمًا لحالات الطقس المتغير Indicators of weather conditions. والسحب مظهر من مظاهر التكاثف التي تحدث في الهواء الصاعد المحمل ببخار الماء إلى أعلى في طبقات الجو العليا، وإن كان بعض أنواع السحب تتكون بالقرب من سطح الأرض وذلك مثل مجموعة السحب الطبقية المنخفضة Low Stratus. ويمكن تشبيه مكونات السحب بمجموعاتها المختلفة بمكونات الضباب الكثيف، إلا أن تتكون أساسًا في طبقات الجو العليا (٢).

ويلاحظ أن السحب التي تتكون بفعل صعود الهواء إلى أعلى بسرعة، تنمو رأسيًا، وتتمدد إلى أعلى وتبدو منفوشة المظهر puffy appearance، في حين أن

---

(١) الغرناطي: «المحرر الوجيز. . .» مرجع سابق، ج١/ ٤٧١.

(٢) Douglas, A.C., "Cloud reading for pilots", London (1946) p. 27.

تلك السحب التي تتكون بفعل صعود الهواء إلى أعلى ببطء، أو تبعًا لتبريد الهواء فيغلب عليها الانتشار في شكل طبقات layers. وتتركب السحب من الهواء المشبع ببخار الماء والذي تعرض بدوره لعمليات التكاثف Condensation والتسام Sublimation وتتكون من قطرات صغيرة الحجم من المياه ومن بلورات خفيفة من الثلج. كما أن كلا من مجموعات السحب المختلفة لا تستقر في مواقع نشأتها، بل قد تتحرك كل منها إما رأسيًا من أعلى إلى أسفل أو العكس، وإما أفقيًا من مكان إلى آخر في الغلاف الجوي وذلك بفعل التغيرات الحرارية التي تتعرض لها السحب من عمليات التمدد الهوائي إذا ما ارتفعت حرارة الهواء، ولعمليات الهبوط والانضغاط والتكاثف إذا ما انخفضت درجة حرارة الهواء. هذا إلى جانب تأثير بعض العوامل الأخرى في تحرك السحب وفي مراحل تطور نموها بأشكالها المختلفة، وخاصة أثر تحرك الكتل الهوائية المختلفة الخصائص الطبيعية واتجاهات الرياح وهبوب الأعاصير والانخفاضات الجوية. وقد تحجز السحب أشعة الشمس وتسبب حدوث الغيوم [1].

وجاء ذكر السحب في القرآن الكريم في آيات متعددة ـ كما سبقت الإشارة من قبل ـ وأظهرت هذه الآيات البينات أثر حركة الهواء في نشوء الرياح وتكوين السحب وتجمعها مزنا وركامًا ومعصرات، وكيفية حدوث عمليات التكاثف في السحب ونزول المطر وتكوين عواصف الرعد والبرق والثلج والبرد. يقول المولى جل وعلا:

---

(١) يكون مقدار الضوء في اليوم المغيم نحو $\frac{1}{60}$ من الضوء في النهار الصافي تمامًا، وقد تبقى الغيوم ساعة في الجو ولا تقترب إلى سطح الأرض (بفعل الجاذبية) نتيجة لتأثرها بدفع الهواء الصاعد لها. أما إذا توقفت حركة الهواء الصاعد، فإن الغيوم تأخذ في الهبوط وربما تتعرض للتبخر وقد تختفي بسرعة، بينما تكون بعض النقط المائية لا تزال في طريقها إلى سطح الأرض وتصلها بعد اختفاء الغيوم تمامًا، وينجم عن هذه الظاهرة تكوين ما يسمى بمطر السماء الزرقاء، حيث تسقط نقاط الأمطار في جو صحو تمامًا. راجع محمود حامد محمد، «المتيورولوجية» القاهرة (١٩٤٦م) ص ٢٤٠.

﴿ألم تر أن الله يزجي سحابًا ثم يؤلف بينه ثم يجعله ركامًا فترى الودق يخرج من خلاله وينزل من السماء من جبال فيها من برد فيصيب به من يشاء ويصرفه عن من يشاء يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار﴾ النور (٤٣).

﴿والله الذي أرسل الرياح فتثير سحابًا . . .﴾ فاطر (٩).

﴿أفرأيتم الماء الذي تشربون * أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون﴾ الواقعة (٦٨، ٦٩).

﴿وأنزلنا من المعصرات ماء ثجاجًا﴾ النبأ (١٤).

وحدد القرآن الكريم موقع السحاب الذي يتراكم بين سطح الأرض والأطراف الدنيا للسماء. ويحيط السحاب المتراكم بأشكاله المختلفة في الغلاف الغازي حول سطح الكرة الأرضية من جميع الجهات، وإن السحاب مثله كغيره من مخلوقات الله مسخر لمنفعة الإنسان. ومثل تصريف الرياح التي تهب من منطقة إلى أخرى بمشيئة الله عز وجل يُساق السحاب كذلك من موقع إلى آخر حاملا معه الرطوبة التي تتعرض بدورها للتكاثف، وتتساقط الأمطار والثلج والبرد. يقول تبارك وتعالى: ﴿. . . وما أنزل الله من السماء من ماء فأحيا به الأرض بعد موتها وبث فيها من كل دابة وتصريف الرياح والسحاب المُسخر بين السماء والأرض لآيات لقوم يعقلون﴾ البقرة (١٦٤).

أنواع السحب:

اتفق المتيورولوجيون على تصنيف السحب أربع مجموعات مختلفة على أساس اختلاف ارتفاعها بالنسبة لسطح الأرض، وتنقسم كل مجموعة منها إلى عدة أنواع ثانوية (يبلغ عددها في مجموعات السحب المختلفة عشرة أنواع) بحسب اختلاف أشكالها وخصائصها العامة وظروف نشأتها، وتتلخص هذه المجموعات فيما يلي:

١ ـ السحب المرتفعة :

ويتراوح ارتفاعها من ٢٠,٠٠٠ إلى ٣٥,٠٠٠ قدم وتشمل :

أ ـ سحب السمحاق Cirrus Ci

ب ـ سحب السمحاق الطبقي Cirrostratus Cs

جـ ـ سحب السمحاق الركامي Cirrocumulus Cc

٢ ـ السحب المتوسطة الارتفاع :

ويتراوح ارتفاعها من ٦٥٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ قدم وتشمل :

أ ـ سحب الطبقي المتوسط الارتفاع Altostratus As

ب ـ السحب الركامية المتوسطة الارتفاع Altocumulus Ac

٣ ـ السحب المنخفضة :

قد تحدث بالقرب من سطح الأرض وحتى ارتفاع ٦٥٠٠ قدم وتشمل :

أ ـ السحب الطبقية الركامية Stratocumulus Sc

ب ـ السحب الطبقية Stratus St

جـ ـ سحب الزمن الطبقي Nimbostratus Ns

٤ ـ سحب تنمو رأسيًّا على ارتفاعات مختلفة :

يتراوح ارتفاعها من ١٦٠٠ قدم من سطح الأرض، وقد تمتد أعاليها رأسيًّا حتى مناطق نشوء سحب السمحاق العالية عند ارتفاع ٢٥ ألف قدم وتشمل :

أ ـ سحب ركامية Cumulus Cu

ب ـ سحب المزن الركامي Cumulonimbus Cb

ويقسم بعض الكتاب هذه الأنواع العشرة السابقة الذكر من السحب إلى فصائل ثانوية بحسب اختلاف شكل السحب، والذي إن دل على شيء فإنما يدل على كيفية نشوء السحب ومراحل نموها المختلفة. ومن بين أهم الأشكال التي تبدو بها فصائل السحب هي الأشكال الوبرية والليفية Fibratus والفوجيّة أو السربية Floccus والطبقية Stratiformis والعدسية Lenticularis والدخانية السديمية Nebulosus والشعرية Capillatus.

عواصف الرعد والبرق : Thunderstorms

إذا ما سُمع الرعد من أي عاصفة جوية يمكن أن تسمى مثل هذه العواصف بعواصف الرعد. وقد يحدث الرعد Thunder في حالة تكوين الزوابع أو العواصف المدارية، ومع الانخفاضات الجوية والترنادو، إلا أن تعبير «عواصف الرعد والبرق» بمعناه الخاص يدل على العواصف التي تنشأ بفعل التيارات الهوائية الصاعدة Convectional خلال فترة وقتية قصيرة Short duration. وتتخذ عواصف الرعد والبرق مراحل أدوارها في سحب المزن الركامية التي تبدو أعاليها على شكل السندان Anvil-shaped cumulonimbus clouds ، وتسقط بسببها أمطار غزيرة جدًّا (قد يسقط خلال العاصفة الواحدة نحو $\frac{1}{3}$ مليون طن من مياه الأمطار) خلال وقت قصير، وقد يصاحب هذه الأمطار سقوط البَرَد وأحيانًا الثلج [1]. وعلى ذلك ينتشر حدوث عواصف الرعد والبرق في مناطق متفرقة من سطح الأرض وخاصة في المناطق المدارية الحارة الرطبة التي تتعرض بكثرة للهواء الانقلابي الصاعد الحار الرطب، وللانخفاض الملحوظ في معدل

---

(١) Flora, S.d., "Tornadoes of the United States..." Norman Okla. Univ. of Oklahoma, Press (1953) p. 37-50.

Blair, T.A. "Weather elements", 4th edi, Prentice-Hall, N.J. (1959) p. 221-230.

الانخفاض الرأسي لحرارة الهواء مع الارتفاع large lapse-rate، في حين لا تحدث عواصف الرعد والبرق في المناطق التي تتعرض للهواء الهابط البارد كما هو الحال عند القطبين. وكثيرًا ما تحدث عواصف الرعد والبرق خلال فترة ما بعد الظهر في العروض المدارية الرطبة وتتكون معها سحب المزن الركامي. وعند ظهور هذه السحب الأخيرة الداكنة اللون، تنتشر الغيوم في وقت لا يزيد عادة عن نصف الساعة، ثم يصحو بعدها الجو وتصفو السماء وتهب الرياح الخفيفة (١).

أنواع عواصف الرعد والبرق وأسباب حدوثها:

يمكن أن نميز عدة أنواع مختلفة من عواصف الرعد والبرق تبعًا لظروف نشأة كل منها، وتتمثل أهم العوامل التي تؤدي إلى نشأة عواصف الرعد والبرق فيما يلي:

١ ـ تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض (خاصة في المناطق القارية الهائلة الاتساع خلال فصل الصيف) للحرارة الشديدة، فيصعد الهواء الانقلابي الساخن الرطب إلى أعلى مؤديًا إلى حدوث ما يسمى بعواصف الرعد والبرق الحرارية Convectional or Heat thunderstorms ويكثر حدوث هذه العواصف فيما بعد الظهر.

٢ ـ تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة الناتجة عن حدوث الحرائق في الغابات وفي المصانع وصعود الهواء الساخن الرطب إلى أعلى وتكوين ما يسمى بعواصف الرعد والبرق الحرارية الصناعية Artificial heat thunder-storms.

---

(١) Byers. H.R. and Braham, R.R. Jr. "The Thunderstorm", Washington D.C., U.S. Dept. Of Commerce (1949).

٣ ـ تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة الناتجة عن نشاط الثورانات البركانية المحلية، وهذا يؤدي إلى تكوين عواصف الرعد والبرق المحلية البركانية Volcanic thunderstorms .

٤ ـ تعرض الهواء الساخن الصاعد لكتل هوائية باردة في الطبقات العليا من الجو، وقد يؤدي ذلك إلى حدوث عواصف الرعد والبرق الباردة Cold air thu-ndrstorms ، وتكثر هذه الحالة خلال ليالي الشتاء في المناطق المدارية بنصف الكرة الجنوبي.

٥ ـ قد تحدث عواصف الرعد والبرق على طول نطاق الجبهات الباردة النشيطة Active cold front في العروض المعتدلة، ويحدث مثل هذا النوع من عواصف الرعد والبرق نهارًا أو ليلاً وخلال أي فصل من فصول السنة، إلا أنها نادرة الحدوث فوق سطح اليابس، وتعرف باسم عواصف الرعد والبرق على أسطح الجبهات Frontal thunderstorms (١).

٦ ـ قد تحدث عواصف الرعد والبرق عند صعود الهواء الساخن فوق السفوح الجبلية، وتعرف في هذه الحالة باسم عواصف الرعد والبرق التضاريسية Orographic thunderstorms ويكثر حدوثها مساء.

٧ ـ قد تحدث عواصف الرعد والبرق كذلك عند تقابل كتل هوائية مختلفة الخصائص الطبيعية، وهي التي تعرف باسم Air-mass thunderstorms.

وعلى ذلك تكاد تنتشر عواصف الرعد والبرق فوق معظم أجزاء سطح الأرض فيما عدا المناطق القطبية (٢)، ويمكن أن نلخص أشد المناطق تأثرًا بها فيما يلي:

---

(١) Blair, T.A., "Weather elements", 4th edi, Prentice-Hall, N.J. (1959) p. 224.

(٢) Riehl, H., "Introduction to the atmosphere", Mc Graw-Hill (1972) p. 145.

١ ـ مناطق العروض المدارية الرطبة، حيث يصل عدد مرات حدوث عواصف الرعد والبرق فوق كل من جمهورية بنما، وجزر أندونيسيا أكثر من ٢٠٠ مرة في السنة.

٢ ـ الساحل الشرقي لشبه جزيرة فلوريدا والساحل الجنوبي من الولايات المتحدة الأمريكية ويصل عدد مرات حدوثها هنا نحو ٧٠ عاصفة في السنة، ويتركز حدوث معظمها خلال الفترة الممتدة من يونيو إلى سبتمبر.

٣ ـ منطقة جنوب مرتفعات الروكي ومنطقة سنتافي Santa Fe وأواسط المكسيك، حيث يصل عدد مرات حدوث عواصف الرعد والبرق هنا إلى أكثر من ٧٥ مرة في السنة.

٤ ـ منطقة أفريقيا الاستوائية وجزيرة مدغشقر، حيث يصل عدد مرات حدوثها إلى أكثر من ٩٠ مرة في السنة.

٥ ـ منطقة جنوب شرق البرازيل وأراضي كولومبيا، حيث يصل عدد مرات حدوثها إلى نحو ٦٠ مرة في السنة.

ويقدر العلماء عدد عواصف الرعد والبرق بنحو ٤٠ ألف عاصفة في اليوم الواحد بكل أنحاء العالم (١)، ومن دراسة خريطة المتوسط السنوي لعدد أيام حدوث عواصف الرعد والبرق الرئيسة في العالم يتبين أن أظهر مناطق حدوثها هي المناطق الاستوائية والمدارية، حيث يتراوح عدد مرات حدوثها من ٤٠ إلى أكثر من ٨٠ مرة في السنة. ويقل حدوث عواصف الرعد والبرق في المناطق الباردة، ولا تظهر في المناطق القطبية.

---

(١) a - Howard, J. Crichfield, "General climatology", N.J. (1966) p. 119.

b - Blair, T.A., "Weather elements", Prentice-Hall, N.J. (1959) p. 225.

المتوسط السنوي لعدد أيام حدوث عواصف الرعد والبرق الرئيسة في العالم

ويختلف مدى ارتفاع عواصف الرعد والبرق عن سطح الأرض بخلاف فصول السنة، وهي تتمثل على ارتفاعات عالية خلال فصل الصيف في العروض المدارية عنها خلال فصل الشتاء. ويتراوح متوسط ارتفاعها من ١٢,٠٠٠ - ٦٠,٠٠٠ قدم فوق مستوى سطح البحر، وتتميز قاعدة عواصف الرعد والبرق بلونها الداكن، وبخط من السحب يعرف باسم خط النوات [١] Squall line وهو الذي يتكون بفعل الهواء الصاعد إلى أعلى. كما تتميز حبة رخات المطر في عواصف الرعد والبرق بكبر حجمها large drops of rain وقد يصاحبها سقوط البرد Hail. إلا أن المشاهد لهذه العاصفة ينبهر بشدة عند مشاهدته للبرق وسماعه للرعد.

---

(١) يعرف هذا الخط أيضًا باسم خط نثيج الرياح وهو عبارة عن خط طويل يتكون من سحب المزن الركامي ويسبق مجيء الجبهة الباردة.

يقول تبارك وتعالى :

﴿ألم تر أن الله يزجي سحابًا ثم يؤلف بينه ثم يجعله ركامًا فترى الودق يخرج من خلاله وينزل من السماء من جبال فيها من برد فيصيب به من يشاء ويصرفه عن من يشاء يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار﴾ النور (٤٣).

﴿هو الذي يريكم البرق خوفًا وطمعًا وينشئ السحاب الثقال ويسبح الرعد بحمده والملائكة من خيفته ويرسل الصواعق فيصيب بها من يشاء وهم يجادلون في الله وهو شديد المحال﴾ الرعد (١٢ ، ١٣).

﴿ومن آياته يريكم البرق خوفًا وطمعًا وينزل من السماء ماء فيحيي به الأرض بعد موتها إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون﴾ الروم (٢٤).

﴿أو كصيب من السماء فيه ظلمات ورعد وبرق يجعلون أصابعهم في آذانهم من الصواعق حذر الموت والله محيط بالكافرين﴾ البقرة (١٩).

﴿يكاد البرقُ يخطف أبصارهم كلما أضاء لهم مشوا فيه وإذا أظلم عليهم قاموا ولو شاء الله لذهب بسمعهم وأبصارهم إن الله على كل شيء قدير﴾ البقرة (٢٠).

وتنبه هذه الآيات الكريمات الإنسان في ضخامة حسية بالغة وتناسق أخاذ وتسلسل منظم إلى تسخير الله سبحانه وتعالى الرياح وحركة الهواء التي تسهم في تكوين السحب ونشوئها وتجمعها بأشكال مختلفة ، ويتكون في بعض منها عواصف الرعد والبرق وجبال عالية من السحب ينشئ البرد عند هاماتها . وتدعو هذه الآيات إلى التأمل الشفاف الواعي فيما وراءها من قدرة كامنة وعظمة مستترة .

يقول الزمخشري [1] إن الله عز وجل سخر السحاب لينزل من المطر، وهو الله الذي يقسم رحمته بين خلقه ويفيضها ويبسطها على ما تقتضيه حكمته ويفيضها ويبسطها على ما ما تقتضيه حكمته ويريهم البرق في السحاب الذي يخطف الأبصار ليعتبروا ويحذروا، وجعل في السحاب جبالاً من برد. وأشار الزيدي [2] إلى أن البَرَدَ هو قطرات الماء المتجمد في الفضاء النازلة إلى الأرض وليس مصدرها جبال برد في السماء.

ويذكرنا القرآن الكريم بأن الرعد يسبح بحمد الله مثله كمثل غيره من بقية سائر مخلوقات الله عز وجل، إلا أن الزمخشري [3] فسر هذه الآية على أن الرعد ليس هو المسبح، بل قدر له محذوفا «العباد الراجين للمطر» وقال: «بأنه يُسبح سَامِعُ الرعد مع العباد الراجين للمطر حامدين له» ويرى كثير من المفسرين أن هذا التفسير الأخير يخرج عن معنى النص.

يقول المفسرون في تفسير الآيتين ١٩ و٢٠ من سورة البقرة ﴿ **أو كصيب من السماء فيه ظلمات ورعد وبرق . . .** ﴾.

الصيب: المطر من صاب يصوب، إذا انحط من علو إلى أسفل، ومنه قول علقمة بن عَبدَة:

كأنهم صابت عليهم سحابةٌ صَواعِقها لطيرهن دَبيبُ

ظلمات: بالجمع إشارة إلى ظلمة الليل.

واختلف العلماء في تفسير كيفية حدوث الرعد، فقال ابن عباس ومجاهد وشهر بن حوشب وغيرهم: هو ملك يزجر السحب. فهذا الصوت المسموع كلما خالفت سحابة صاح بها، فإذا اشتد غضبه طارت النار من فيه فهي

---

(١) الزمخشري «الكشاف» ج/ ٢، ص ٣٩١.

(٢) كاصد الزيدي: «الطبيعة في القرآن الكريم»، مرجع سابق (١٩٨٠م) ص ٢٦٠.

(٣) الزمخشري، مرجع سابق، ج٢/ ١٦١.

كالصواعق واسم هذا الملك الرعد. وقال آخرون: إن الرعد ملك، وهذا الصوت هو تسبيحه، وقيل: الرعد اسم الصوت المسموع، قاله علي بن أبي طالب ـ رضي الله عنه ـ وهذا هو المعلوم في لغة العرب. وقد قال لبيد في جاهليته:

فَجعنِي الرعدُ والصواعِقُ بالفارس يومَ الكَريهة النَجدِ

وروى ابن عباس أنه قال: الرعد ريح تختنق بين السحاب فتصوت ذلك الصوت. وقيل: الرعد اصطكاك أجرام السحاب. وأكثر العلماء تتفق على أن الرعد ملك وذلك صوته يسبح ويزجر السحاب [1].

واختلفوا في البرق: فقال علي بن أبي طالب رضي الله عنه: هو مخراق حديد بيد الملك يسوق به السحاب، وأنشد في ذلك بيت عمرو بن كلثوم:

كأن سيوفنا منا ومنهم مخاريق بأيدي لاعبينا

وهو في الأصل عند العرب ثوب يلف ويضرب به الصبيان بعضهم بعضا. وقال ابن عباس: هو سوط نور بيد الملك يزجي به السحاب، وروي عن ابن عباس: أن البرق ملك يتراءى، وقال قوم: البرق ماء، وهذا قول ضعيف

أسباب حدوث الرعد والبرق:

يرى العِلم الحديث أن البرق Lightning هو عبارة عن وميض الضوء Flash of light الذي يحدث نتيجة عمليات الشحن الكهربي في الغلاف الجوي، أما الرعد Thunder فهو عبارة عن الصوت The sound الذي يحدث نتيجة للتمدد الفجائي للهواء بفعل الحرارة الشديدة الفجائية الناجمة عن حدوث البرق. فقد أكدت الدراسات المتيورولوجية الحديثة أن سحب المزن الركامي عبارة عن مولد

---

(١) الغرناطي، «المحرر الوجيز...»، مرجع سابق ج١/ ١٨٢ـ١٨٤.

كهربي ثابت Static electricity generator لها القدرة على بناء ملايين من وحدات الجهد الكهربي (فولت) خلال وقت قصير. فعند انقسام ذرات مياه الأمطار، تكتسب الذرات المنفصلة عن الذرات المائية الأصلية شحنات موجبة في حين تبقى الذرات المائية الأصلية بشحناتها السالبة والتي تتساوى في مقدارها مع الشحنات الموجبة. ومن ثم تتمثل معظم الشحنات الموجبة في القسم الأسفل من سحب المزن الركامي، أما في القسم الأعلى منها وعند مستوى نقطة الندى، فإن تساقط حبات الثلج يكسب البلورات الثلجية شحنات سالبة، ويشحن الهواء المحيط بها بشحنات سالبة. وعند صعود الهواء الساخن إلى أعلى فإنه يحمل معه الشحنات الموجبة إلى أعالي المزن الركامي، ونتيجة لاصطدام الشحنات الموجبة مع الهواء الصاعد بالشحنات السالبة المتمثلة عند أعالي السحابة يحدث التفريغ الهوائي داخل هذه السحب ويتكون البرق والرعد.

والبرق عبارة عن شحنات كهربائية مباشرة متوالية يبلغ المدة الزمنية للشحنة الواحدة منها ٠,٠٠٠٢ من الثانية، وتتراوح شدة تياره من بضعة آلاف إلى نحو ١٠٠,٠٠٠ أمبير، ومتوسط الجهد الكهربي نحو ١٠٠ ألف فولت. ويتخذ وميض البرق أشكالاً متعددة: فقد يكون شوكي المظهر Forked أو متعرج الامتداد ZigZag أو مخططًا أو مقلَّمًا Streak أو صفائحيًّا Sheet وقد يكون وميض البرق على شكل كرات ضوئية كبيرة الحجمBall Lighting.

ويتضح أن البرق والرعد يحدثان في وقت واحد تقريبًا بفعل التفريغ الكهربي داخل سحب المزن الركامي. ولكن لما كانت سرعة الضوء تبلغ ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية، وسرعة الصوت في الهواء ٣٣٠ مترًا في الثانية، وإن سرعة سقوط المطر دون ذلك بكثير، فإن المشاهد لهذا النوع من العواصف يرى البرق أولاً، ثم يسمع الرعد ثانيًا وبعدها بقليل يستقبل هطول المطر.

ويرى الأستاذ هوارد كريتشفيلد (1966 p. 125) بأن الرعد يحدث في الجو بعد حدوث البرق مباشرة. وبفعل التمدد الفجائي للهواء الذي ارتفعت حرارته بدرجة كبيرة وبصورة فجائية بفعل البرق. ولا يقتصر حدوث التفريغ الكهربي داخل سحب المزن الركامي لعواصف الرعد والبرق فقط، بل قد يحدث ذلك أيضًا داخل نطاق السحب المجاورة لهذه العواصف، وفي هذه الحالة يكون البرق خطرًا على حياة الإنسان والحيوان خاصة عند حدوث التفريغ الكهربي بين الشحنات الموجبة لنقاط الأمطار داخل سحب المزن الركامي، وبين الشحنات السالبة على سطح الأرض. ويحدث في هذه الحالة ما يسمى بالصواعق Strokes وقد تؤدي هذه الصواعق إلى اشتعال الأشجار وتعرض مساحات واسعة من الغابات للحرائق المدمرة.

وقد تبين أن خطوط شرارات البرق تحدث في خطوط متعرجة ومتكسرة، ويرجع ذلك إلى تأثير الفعل الناتج عن الأشعة الكونية والبروتونات المصاحبة لها ذات الطاقة العالية التي تتدفق صوب الكرة الأرضية منبعثة من مجرة درب التبانة. وتوصل العلماء إلى أن الأشعة الكونية تصطدم بجزيئات الهواء في طبقة التروبوسفير وتنطلق عنها إلكترونات ذات طاقة عالية جدًّا. وينفجر من العواصف الرعدية شلالات من الإلكترونات تنساب إلى أسفل صوب سطح الأرض، بسبب الدفع المضاد المتبادل بين الإلكترونات، ويؤدي ذلك بدوره إلى تكوين بحيرة واسعة من الإلكترونات. وفي أقل من مليون جزء من الثانية تتعرض جزيئات أخرى من الهواء إلى أشعة كونية قادمة من اتجاه آخر، وينبعث عنها إلكترونات عالية الطاقة تقوم بصد بحيرة الإلكترونات، ويتكون شلال إلكتروني آخر. وبتكرار هذه العملية خلال أجزاء من الثانية الواحدة، يتميز الخط الذي يسلكه الضوء في عواصف الرعد والبرق بشكله المتعرج وبضوئه المتوهج.

الرصد الجوي للكتل الهوائية والانخفاضات الجوية والزوابع المدارية :

تأتي كثير من المعلومات والبيانات المتيورولوجية الخاصة بعناصر الغلاف الجوي اليوم عن طريق الرصد الجوي للكتل الهوائية والانخفاضات الجوية والزوابع المدارية . فالقراءات التفصيلية الوقتية المنتظمة لكل من الحرارة والضغط واتجاه الرياح وسرعتها ونسبة الرطوبة ومدى تكون السحب ، كلها عوامل أساسية تساهم في تتبع الراصد لحدوث الانخفاضات الجوية والزوابع المدارية . وتهتم الدراسات المتيورولوجية الحديثة باستخدام المنهج المورفومتري إلى جانب الاستعانة بالأجهزة الإلكترونية المتقدمة للوصول إلى أدق التفاصيل العلمية لطبيعيات الجو وظواهره .

ومن بين هذه الآلات الحديثة نذكر منها أجهزة الرادار الخاصة باستقبال الصور التي توضح للمشاهد مراحل تكوين الكتل الهوائية والانخفاضات الجوية والزوابع المدارية. Radar storm - detection techniques كما يمكن لهذه الأجهزة تتبع حدوث السحب والأمطار وعواصف الرعد والبرق والهريكين والترنادو ولحظة بلحظة على شاشة الرادار وعلى مسافات تزيد عن ٢٠٠ ميل من مكان الراصد .

كذلك يمكن تحديد مواقع حدوث الهريكين والترنادو باستخدام ما يعرف باسم أجهزة «سفريك» Spherics . (أي أجهزة الجو، ومشتقة من كلمة الغلاف الجوي Atmosphere) . ولا يعد هذا الجهاز الأخير من نوع الرادار، بل هو عبارة عن جهاز استقبال receiver ومزود بجهاز مكبر إلكتروني لتوسيع الدفعات أو الموجات الكهربية ، ويمكن له أن يلتقط الشحنات الكهربية التي تصدر عن حدوث عواصف الرعد والبرق . ويحدد الجهاز مواقع حدوث عواصف الرعد والهريكين والترنادو عن طريق تجمع أشعة الراصد الموجهة من عدة محطات رصد جوي من نقطة واحدة .

ويمكن تصوير الانخفاضات الجوية والزوابع المدارية والهريكين والترنادو في الوقت الحاضر باستخدام التصوير الجوي Aerial reconnaissance. وهنا يلزم الطيران في الهواء العلوي، وتحمل أخطار الاضطرابات الجوية والقيام بعمل مسح جوي للظاهرات الجوية[1]. وتستطيع الطائرات الحديثة اليوم القيام بتصوير الأعاصير أو الانخفاضات الجوية المدارية وتتبع مسالكها من بداية مرحلة نشوئها، كما أن التفسير العلمي الدقيق لمضمون هذه الصور الجوية يفيد الدارس كثيرًا عند تحليله للظاهرات المتيورولوجية المختلفة.

ويستخدم العلماء اليوم الصواريخ Rockets المزودة بأجهزة الراديو سوند Radio - Sonde وكذلك الأقمار الصناعية Satellites عند رصد البيانات المتيورولوجية الخاصة بالجو على ارتفاعات عالية جدًّا. وتتصل هذه الصواريخ والأقمار الصناعية بمحطات رادار، وتستقبل الأخيرة البيانات الرقمية التي تثبتها الأقمار الصناعية المناخية (المتيوسات) Meteosat، وعن طريق الحاسب الإلكتروني تتحول إلى مرئيات فضائية Satellite images. ويمكن بث هذه المرئيات يوميًّا على التلفاز، بحيث يمكن للمشاهد أن يتتبع على شاشات الاستقبال فيها حدوث الهريكين والترنادو والظاهرات الجوية المختلفة.

الصواعق : Strokes

بعد حدوث البرق مباشرة تنساب من السحب المشحونة كهربائيًّا موجات وراء موجات متتالية ذات شحنات كهربائية سالبة تتجه صوب سطح الأرض في خطوط متكسرة بسرعة تقترب من سرعة الضوء. وعندما تصبح هذه الموجات

---

(١) أول رسالة تلغرافية استقبلتها المراصد الجوية من إحدى السفن الأمريكية في البحر الكاريبي تعلن عن حدوث إعصار كان في عام ١٩٠٩م، وفي عام ١٩٤٣م استطاعت أول طائرة أن تخترق الزوابع المدارية وتقوم بتصوير أجزائها المختلفة وتسجيل بعض بياناتها المتيورولوجية.

الكهـربائيـة على ارتفاع ٣٠ مترًا من سطـح الأرض تتأثر أعـالي المباني والمنشـآت العمرانية العالية بالمجال الكهـربائي لهذه الموجات وتدخل في نطاقه . وعلى ذلك تتفاعل الموجات السالبة الهابطة مع تلك الموجبة الصاعدة من سطح الأرض مع الهواء الساخن، وينتج عن ذلك حدوث الصاعقة Stroke . وتتأثر المنشآت على سطح الأرض بعدد يتراوح مـن ٣ إلى ٥ موجات كهـربائيـة في مدة لا تـزيد عن نصف ثانيـة فقط ، وينتج عن الصواعق إتلاف الـدوائر الكهربائيـة في المنشآت العمرانية واشتعال الحرائق فيها وكـذلك في الغابات والمصانع ، وقد يلقى بعض الناس مصرعهم إذا مـا تصادف وجـودهم خـارج المنازل وضربتهـم الصاعقـة بصعقة كهربائية مباشرة . يقول المولى عز وجل :

﴿ **لن نؤمن لك حتى نرى الله جهرة فأخذتكـم الصاعقة** ﴾ البقرة (٥٥) .

﴿ **فإن أعرضـوا فقل أنذرتكـم صـاعقة مثل صـاعقة عـاد وثمود** ﴾ فصلت (١٣) .

﴿ **فعتوا عن أمر ربهم فأخذتهم الصاعقة وهم ينظرون** ﴾ الذاريات (٤٤) .

﴿ **يجعلون أصابعهم في آذانهم من الصواعق حذر الموت** ﴾ البقرة (١٩) .

﴿ **ويرسل الصواعق فيصيب بها من يشاء** ﴾ الرعد (١٣) .

﴿ . . . **فأخذتهم صاعقة العذاب الهون بما كانوا يكسبون** ﴾ فصلت (١٧) .

وفي تفسير **الصاعقة** قال المفسرون : هي الـوقعة الشديـدة من صوت الـرعد يكون معهـا أحيانًا قطعة نـار يقال : إنها من المخراق الـذي بيد الملك . وقيل في قطعة النار: إنها ما يخرج من فم الملك عند غضبه .

وحكى الخليل عن قوم من العـرب «الساعقة» بالسين وقـال النقاش : يقال : صـاعقـة ، وصعقة ، وصـاقعـة بمعنى واحـد . وقـرأ الحسن بن أبي الحسن (من

الصواقع) بتقديم القاف. قال أبو عمرو: وهي لغة تميم[1].

وقد تبين أن الصواعق تصيب المنشآت العمرانية المرتفعة بدرجة أشد منها بالنسبة للمباني المنخفضة القريبة من سطح الأرض. فيتعرض مبنى الأمبيرستيت Empire State في نيويورك لعشرات من الصواعق في السنة الواحدة وخاصة عند حدوث عواصف الرعد والبرق. ولحماية المبنى من أخطار الصواعق زود بعمود حديدي مثبت في أعالي المبنى فوق مخروط حديدي يعمل على امتصاص الشحنات الكهربائية السالبة الهابطة أثناء حدوث البرق وسريانها إلى الأرض مباشرة. ومع ذلك كثيرًا ما يشاهد الناس أضواء الصواعق حول جوانب مبنى الأمبيرستيت ـ خارج نطاق حماية مانع الصواعق ـ Lighting Rod كما حدث في يوم ٢٤ أغسطس سنة ١٩٣٦م. ولما كانت المباني التي تقع على جوانب الأودية العالية أكثر عرضة لتأثيرات الصواعق وأخطارها من تلك التي تقع في بطون الأودية، فإن معظم المنازل يثبت في أعاليها موانع للصواعق.

وعند مد خطوط كهرباء الضغط العالي وتثبيت الأعمدة الكهربائية لربط الأسلاك الكهربائية فيها وتوصيلها من عمود إلى آخر، فإن أعالي هذه الأعمدة مزود بأسلاك أرضية لامتصاص الشحنات الكهربائية السالبة عند حدوث الصواعق و إرسالها إلى الأرض مباشرة[2].

---

(١) الغرناطي: المرجع السابق ج١/ ١٨٤.

(٢) a - Mc Graw Hill Encyclopedio, vol. 18 p. 66-70.

b - Chowdhuri P., "Estimating the striking distance of lightning strokes". I.E.E.E. Trans Papers (1989).

الأمطـــار

Rainfall

يقصد بالأمطار Rainfall المياه التي تسقط من السحب على سطح الأرض في حين يطلق تعبير «التساقط» Precipitation على كل مـا يسقط من السحب من أمطار وثلج وبـرد معًا على سطح الأرض. وحدد القرآن الكريـم معاني الألفاظ تحديدًا دقيقًا لا يـوجد في غيره. فالغيث لا يذكر في القـرآن إلا في مواطن النعمة والرحمة مثلـه مثل الريـاح. والوشيجـة بين «الغيث والإغاثة» التـي تعني النجدة والعـون وطيـدة، ولـذلك كـان ذكر الغيـث في مواطـن النعمة منـاسبًـا تمامًـا. والغيث: غَيْث ـ يُغـاثُ ـ يُغاثـوا ـ يستغيثوا من المادي، الغيـث: المطر والكلأ ينبت بماء السماء. وغـاث الله البلاد، وغيثت تغـاث فهي مغيثـة ومغيوثـة [1]. يقول عز وجل:

﴿ كمثل غيث ﴾ الحديد (٢٠).

﴿ وينزل الغيث ﴾ لقمان (٣٤) وفي الشورى (٢٨).

أما المطـر فيذكر في القرآن الكـريم في مقام العذاب والتخـويف فهو في ذلك كالريح. يقول تبارك وتعالى:

﴿ وأمطرنا عليهم مطرًا فانظر كيف كان عاقبة المجرمين ﴾ الأعراف (٨٤).

﴿ وأمطرنا عليهم مطرًا فساء مطر المنذرين ﴾ الشعراء (٧٣).

﴿ وأمطرنا عليهم حجارة من سجيل ﴾ الحجر (٧٤).

---

(١) معجم ألفاظ القرآن الكريم، «مجمع اللغة العربية» ج٢/ حرف غ.

﴿ ولقد أتوا على القرية التي أمطرت مطر السوء ﴾ الفرقان (٤٠).

وقد جاء ذكر نزول الماء أو الغيث من السحب أو من «السماء» في القرآن الكريم في مواضع كثيرة، يقول المولى جل وعلا:

﴿ هو الذي أنزل من السماء ماء لكم منه شراب ومنه شجر فيه تسيمون ﴾ النحل (١٠).

﴿ ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فتصبح الأرض مخضرة. . . ﴾ الحج (٦٣).

﴿ وأنزلنا من السماء ماء بقدر فأسكناه في الأرض وإنا على ذهاب به لقادرون ﴾ المؤمنون (١٨).

﴿ وأنزلنا من السماء ماء مباركًا فأنبتنا به جنات وحب الحصيد ﴾ ق (٩).

﴿ وجعلنا من الماء كل شيء حي. . . ﴾ الأنبياء (٣٠).

﴿ والذي نزل من السماء ماء بقدر. . . ﴾ الزخرف (١١).

﴿ وأنزل لكم من السماء ماء فأنبتنا به حدائق ذات بهجة ما كان لكم أن تنبتوا شجرها. . . ﴾ النمل (٦٠).

﴿ أفرأيتم الماء الذي تشربون * أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون ﴾ الواقعة (٦٨ ـ ٦٩).

وتنبه الآيات القرآنية بأن الماء أنزل بمشيئة الله تبارك وتعالى من السماء التي يمثل السحاب أطرافها الدنيا الملامسة لسطح كوكب الأرض. وأن هذا السحاب المسخر بين السماء والأرض في جو السماء تحدث فيه كل عمليات التكاثف والتسام وينزل منه الغيث والماء. ومن الآيات القرآنية نستدل على مؤشرات توضح مراحل تكوين المطر ونزوله على سطح الأرض وهو ما يسميه العِلم اليوم بالدورة الهيدرولوجية. فتسقط الأشعة الشمسية على المسطحات

المائية والبحار والمحيطات، وتتعرض مياهها للتبخر وترتفع نسبة الرطوبة في الهواء الساخن الصاعد إلى أعلى. وفي طبقة التروبوسفير ـ الطبقة ـ السفلى من الغلاف الجوي ـ تتراكم الغازات وتتجمع على شكل ركامات وطبقات، وتحدث فيها عمليات التكاثف عن برودتها إلى أقل من الصفر المئوي. فتكون السحب الركامية والطبقية وسحب السمحاق والمزن، كما قد يحدث فيها صواعق الرعد والبرق والصواعق. ولم يدرك العِلم الحديث أبعاد هذه الظواهر المتيورولوجية وماهيتها إلا بعد تقدم علم الأرصاد الجوية، ورصد عناصر الغلاف الجوي على الارتفاعات العالية باستخدام التقنيات الحديثة.

وينزل الماء من سحب المزن ومن السماء على سطح الأرض بقدر مقنن بمشيئة الله عز وجل. وعندما تقل كمية المياه السابقة على سطح الأرض عن معدلاتها المألوفة يحدث الجفاف، وإذا زادت الكمية عن ذلك تحدث الفيضانات. وجعل الله جل وعلا من الماء كل شيء حي، وترتبط حياة الإنسان على سطح الأرض واستمرار نمو النباتات الطبيعية والغابات والمحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة وحياة الحيوانات والطيور والأسماك وكل شيء حي بمدى توافر الماء. فالماء أساس الحياة وهو خير وبركة ومنفعة للإنسان وكرم الله سبحانه وتعالى مكانة الماء في قوله: ﴿ **وكان عرشه على الماء** . . . ﴾ هود (٧)، ﴿ **وأنزلنا من السماء ماء مباركًا** . . . ﴾ ق (٩).

نشأة الأمطار:

يحدث أحيانًا أن يرتفع الهواء الرطب الصاعد في الجو إلى ما فوق مستوى التكاثف Condensation level، وقد يؤدي ذلك إلى تكوين السحب في نفس الوقت الذي لا تسقط فيه الأمطار. وقد سبقت الإشارة من قبل إلى أن عملية التكاثف لا ترتبط فقط بضرورة ارتفاع الرطوبة النسبية في الهواء إلى ١٠٠٪ ولكن ينبغي أن تتوفر في هذا الهواء نوايات التكاثف المجهرية. والسحب ما هي إلا

كتلا متجمعة من بخار الماء تسبح معلقة في الهواء [1]. وما دامت قطيرات الماء في السحب لم تزد في وزنها، فإنها لا تتعرض للتساقط وتظل مستقرة ومعلقة في الهواء. أما إذا كبر حجم قطيرات الماء وزاد وزنها تبعًا لتجمعها حول نوايات التكاثف المجهرية في الهواء، فيصبح من الصعب أن يحملها الهواء وتتعرض في هذه الحالة للسقوط، وقد تصل إلى سطح الأرض على شكل مطر. وتتلخص آراء الباحثين حول أسباب سقوط الأمطار من السحب في أنها ترجع أساسًا إلى عدم استقرار مكونات السحب Cloud instability نتيجة لوجود قطيرات الماء وبلورات الثلج معلقة في الهواء عند درجة حرارة ٣٢°ف. وينتج عن صعود الهواء الساخن الرطب وانخفاض درجة حرارته إلى ما دون نقطة الندى تعرض جزءًا من بخار الماء فيه لعمليات التكاثف والتسام. ويزداد حجم قطرات الماء وبلورات الثلج بالتدريج، بحيث لا يمكن أن تظل معلقة في الهواء فتتعرض للسقوط على سطح الأرض.

ولما كانت قطيرات الماء تختلف فيما بينها من حيث الحجم، فإن سرعة سقوطها من أعلى إلى أسفل تختلف من حالة إلى أخرى. ويصل قطر أكبر قطرة ماء حجمًا في الهواء العلوي نحو ٥ ملم، وهنا تكون سرعة هبوط هذه القطرة المائية نحو ١٨ ميلا في الساعة، أما إذا كان حجم قطيرات الماء في الهواء أقل من ذلك، فتقل سرعة هبوطها في الهواء، أو بمعنى آخر تتناسب سرعة قطرات ماء الأمطار في الهواء (عند نزولها إلى سطح الأرض)، تناسبًا طرديًا مع حجمها.

أنواع الأمطار:

تختلف أنواع الأمطار تبعًا للطرق المتنوعة التي تؤدي إلى صعود الهواء الدافىء الرطب إلى أعلى Air ascent، ثم تعرض هذا الهواء للبرودة والتكاثف في طبقات الجو العليا، وسقوطه على شكل مطر. ويمكن أن نميز ثلاث عمليات رئيسية

---

(١) a - Cresswell, P.K. "Physical geography", Longman, 4th edi, (1972) p. 30.

b - Trewartha, G.T., "An Introduction to climate; N.Y. (1954) p. 134.

مختلفة تؤدي إلى صعود الهواء، ومن ثم ميز الباحثون ثلاثة أنواع [1] مختلفة كذلك من الأمطار تتلخص فيما يلي:

أ ـ الأمطار الانقلابية أو أمطار تيارات الحمل الصاعدة:

Convectional Rainfalls

يسخن الهواء الملامس لسطح الأرض في المناطق المرتفعة الحرارة ويصعد إلى أعلى ويحل محله وأسفل منه هواء أبرد نسبيًّا. ويستمر الهواء في صعوده إلى أعلى عدة آلاف من الأقدام إلى حين أن تتشابه درجة حرارته مع درجة حرارة الهواء الآخر العلوي الذي يحيط به في الطبقات العليا من التروبوسفير. ويظل الهواء مستمرًّا في عمليات صعوده إلى أعلى طالما أن درجة حرارته بقيت مرتفعة، وكان الهواء قابلا للتمدد. أما إذا انخفضت درجة حرارة الهواء في طبقات الجو العليا عن نقطة الندى بأي عامل ما، فقد تتكون سحب كثيفة من نوع المزن الركامي. وفي حالة توافر نوايات التكاثف تتكون قطرات الماء الكبيرة الحجم وتتعرض الأخيرة للسقوط على شكل أمطار انقلابية. ويرتبط صعود الهواء إلى أعلى بارتفاع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض خاصة أثناء النهار في العروض المدارية.

وتسقط الأمطار الانقلابية بغزارة شديدة في مناطق الرهو الاستوائي وغالبًا ما يكون سقوطها خلال فترة ما بعد الظهيرة. وتسقط هذه الأمطار الانقلابية هنا طوال أيام السنة بفعل استمرار عمليات الصعود اليومي للهواء إلى أعلى. وتزداد كمية الأمطار الانقلابية الساقطة في مناطق الرهو الاستوائي خلال فترة الاعتداليين (عندما تكون الشمس عمودية على الدائرة الاستوائية). وينتج عن هذه الأمطار الساقطة اليومية الغزيرة ارتفاع منسوب مياه المجاري النهرية وحدوث الفيضانات وتكوين المستنقعات. أما في مناطق العروض الوسطى

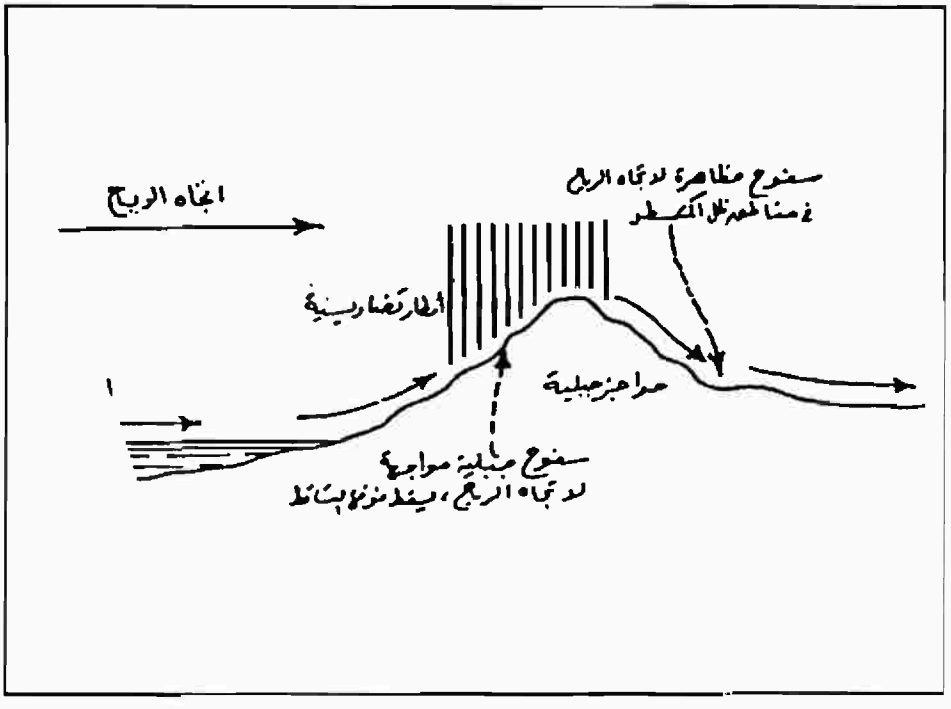
---

(١) Strahler, A.N., "Introduction to physical geography", Wiley, N.Y. (1969) p. 98-99.

والعليا، فإن الأمطار الانقلابية التي قد تحدث هنا، ترتبط بالفصل الدفىء من السنة، حيث يسخن اليابس بشدة ويصعد الهواء الملامس له إلى أعلى، وقد يتعرض للبرودة والتكاثف عند وصوله للطبقات العليا من الهواء وللأمطار الانقلابية الصيفية في مثل هذه المناطق أهمية كبيرة بالنسبة لنمو النباتات.

ب ـ الأمطار التضاريسية : **Orographic Rainfalls**

قد يضطر الهواء الدافىء المحمل بالرطوبة عندما يصطدم بحواجز جبلية عالية أن يصعد إلى أعالي القمم الجبلية لعبورها. وأثناء صعود الهواء لهذه المنحدرات الجبلية تنخفض درجة حرارته ذاتيا، وقد تقل درجة الحرارة هناك عن نقطة الندى، ومن ثم يتعرض بخار الماء في هذا الهواء لعمليات التكاثف وسقوط الأمطار. وحيث إن بخار الماء يرتبط أساسًا بالطبقات السفلى من الهواء وتقل نسبته مع الارتفاع إلى أعلى عن سطح الأرض، فإن الأمطار تسقط بكميات غزيرة فوق السفوح الجبلية المواجهة للرياح الرطبة الدفيئة windward slopes كما هو الحال على السفوح الغربية لمرتفعات الروكي المواجهة للرياح العكسية الغربية، والسفوح الغربية لمرتفعات لبنان الغربية المواجهة للرياح العكسية الغربية شتاء، والسفوح الشرقية لمرتفعات جنوب شرق البرازيل المواجهة للرياح التجارية الجنوبية الشرقية. أما الجوانب المظاهرة لاتجاه الرياح Leeward slopes من هذه السلاسل الجبلية فتنساب إليها الرياح جافة، حيث تكون قد أسقطت حمولتها من بخار الماء على الجانب الآخر من هذه الجبال. ويطلق على هذه السفوح الجبلية المظاهرة لاتجاه الرياح اسم مناطق ظل المطر Rain shadow ونتيجة لهبوط الرياح من القمم الجبلية إلى ما تحت أقدام المنحدرات الجبلية على الجوانب المظاهرة لاتجاه الرياح ينضغط الهواء وترتفع درجة حرارته ذاتيًا-Adiabat ic heating، وينجم عن ذلك ارتفاع درجة حرارة الهواء الملامس لهذه المنحدرات الجبلية. (شكل ٣٧).

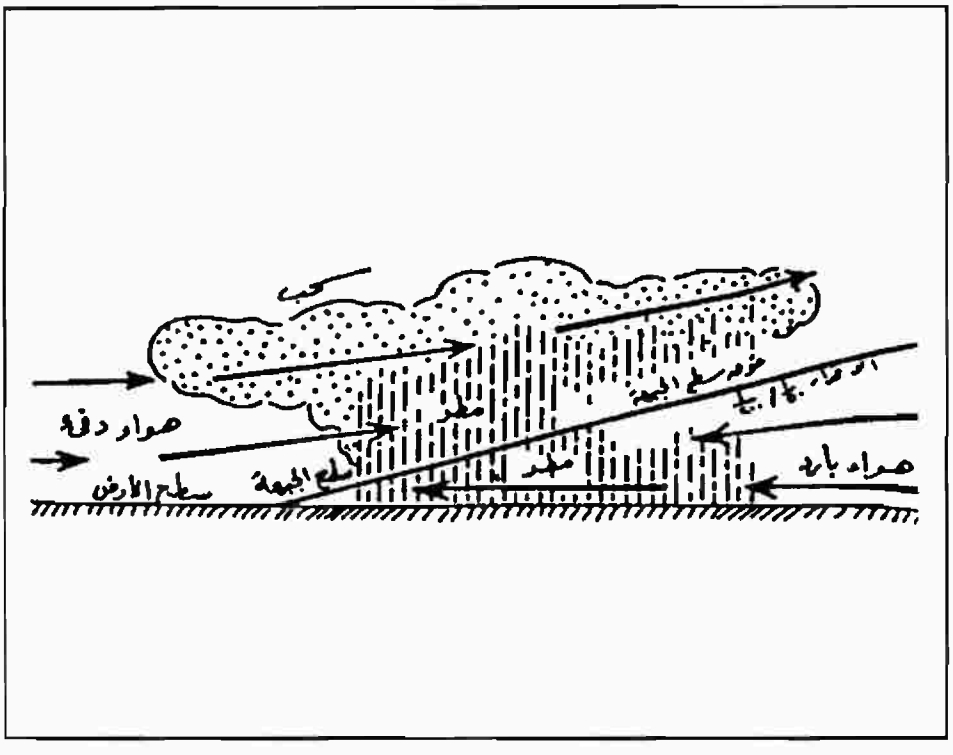


(شكل ٣٧) الأمطار التضاريسية

جـ ـ الأمطار الإعصارية أو أمطار الجبهات :

Cyclonic or Frontal and Convergent Rainfalls

يتمثل هذا النوع من الأمطار مع الانسياب الأفقي Horizontal flow للكتل الهوائية المختلفة الخصائص الطبيعية، وبحيث يصاحب هذه الحركة الأفقية، حركة أخرى رأسية يصعد عن طريقها الهواء الساخن إلى أعلى ولو بدرجات بسيطة. ومن ثم فإن أظهر مناطق نشوء الأمطار الاعصارية أو أمطار الجبهات تتمثل عند العروض شبه الاستوائية (فيما وراء مناطق الرهو الاستوائي ذات الأمطار الانقلابية) وكذلك عند مناطق الجبهات المدارية والمعتدلة، حيث تعد جميعها «مناطق التقاء» Convergent areas تتلاقي عندها كتل هوائية دفيئة مع كتل أخرى أبرد منها. (شكل ٣٨).



(شكل ٣٨) نشأة الأمطار الإعصارية

وكما تبين من قبل بأن الكتل الهوائية في مناطق الجبهات من العروض المدارية تختلف فيما بينها من حيث درجة حرارتها ونسبة الرطوبة فيها ومقدار كثافتها؛ ومن ثم يصعد الهواء الساخن الأقل كثافة إلى أعلى الهواء البارد الأعلى كثافة، وينتج عن ذلك حدوث الاضطرابات الهوائية. ويتعرض الهواء الصاعد الرطب للبرودة التدريجية مع الارتفاع إلى أعلى، وقد يتكاثف بخار الماء فيه وتسقط الأمطار. وتتمثل مناطق سقوط الأمطار الإعصارية في الجبهات شبه القطبية Subpolar Fronts في العروض المعتدلة، حيث تتلاقى هنا الرياح العكسية ذات الهواء الرطب الدفيء مع الهواء القطبي البارد، وتتكون الانخفاضات الجوية ومقدماتها الدفيئة ومؤخراتها الباردة.