الأرض

جاء كوكبنا الأم، كوكب الأرض، إلى حيز الوجود في صورة شظايا ولدها النظام الشمسي تجمعت حول الشمس حديثة العمر منذ 4.5 مليار سنة. أما نشأة البشر فلم تكن سوي في الألفي سنة الأخيرة. وإذا تم تمثيل الزمن منذ تكون الأرض بأنه 24 ساعة فإن جنسنا البشري يكون قد ظهر خلال الثلاث ثوان الأخيرة.

لكن البشر لا يدركون ذلك إدراكًا كبيرًا؛ فمنذ القرن العشرين يعتقد العلماء- وأبرزهم عالم الفيزياء البريطاني ويليام تومسون (ويعرف أيضًا باسم اللورد كيلفن)- أن عمر الأرض يساوي 100 مليون سنة فقط، وقد بنى كيلفن زعمه على أوقات التبريد، لكنه تجاهل الفيزياء المعقدة لباطن الأرض

كما تجاهل عاملًا آخر لم يكن قد اكتشف حينها- وهو النشاط الإشعاعي، وهو تأثير يتسبب في توليد المزيد من الحرارة في باطن الأرض

حتى اليوم لا تزال الأرض نظامًا ديناميكيًا معقدًا لا يمكن للعلماء أن يدعوا فهمهم الكامل له. وأكثر ما هو مجهول هو التغير المناخي، فمناخ الأرض نظام حساس بصورة ملحوظة، يتحدد سلوكه من خلال عوامل كثيرة - ليس فقط الملوثات التي يصنعها الإنسان، لكن أيضًا يتحدد بتوزيع السحب، والنشاط البركاني وتيارات المحيطات وهلم جرا.

على الرغم من علمنا بحدوث الاحتباس الحراري، وأنه على الأرجح بسبب ما تقترف أيدينا إلا أن مدى تحوله إلى ما هو أسوأ، وما يمكننا فعله (إذا كان هناك ما يمكن فعله) حيال ذلك لن يكون واضحًا إلا خلال السنوات والعقود القادمة.

علوم الأرض

الأرض المنحنية

كوكبنا، كوكب الأرض هو كرة دوارة من الصخور والمعادن والغازات والسوائل، قطرها حوالي 13000 كم (مايزيد على 25000 ميل)، ومحيطها يزيد عن 40000 كم. وتستمد الأرض شكلها الكروي من الجاذبية، وهي القوة التي تجعل الأنهار تتدفق إلى الأسفل، ولها نفس التأثير على المواد الصلبة التي تتكون منها الأرض- فهي تميل إلى تسوية سطح الكوكب حتى يكون كل شيء على أبعاد متساوية من المركز، والشكل الوحيد الذي يتحقق فيه ذلك هو الكرة. وقد عملت الجاذبية إلى حد بير على تسوية التكتلات والمطبات على سطح الأرض لتجعله أملس بدرجة تفوق كرة بلياردو، لكن الأرض ليست كروية تمامًا؛ فالكوكب يدور تقريبًا مرة كل 24 ساعة مما يتسبب في تولد قوة خارجية تجعله أكثر امتلاءً عند خط الاستواء عما هو عليه عند القطبين بحوالي 43 كم (27 ميل). ويطلق العلماء على هذا الشكل المسطح اسم "كروي مفلطح".

خط الاستواء

خط الاستواء هو خط وهمي يقسم الأرض إلى نصفي كرة متساويين يعرفان باسم نصف الكرة الأرضية الشمالي ونصف الكرة الأرضية الجنوبي، وهو يشكل مستوى متعامد على محور دوران الكوكب، وهناك خطان وهميان آخران يحيطان بالأرض موازيين لخط الاستواء يطلق عليهما مدار السرطان، ومدار الجدي وهما دائرتي عرض 23.5 شمالًا، وجنوبًا على الترتيب، والمنطقة الدافئة التي تقع بينهما تعرف باسم المنطقة المدارية.

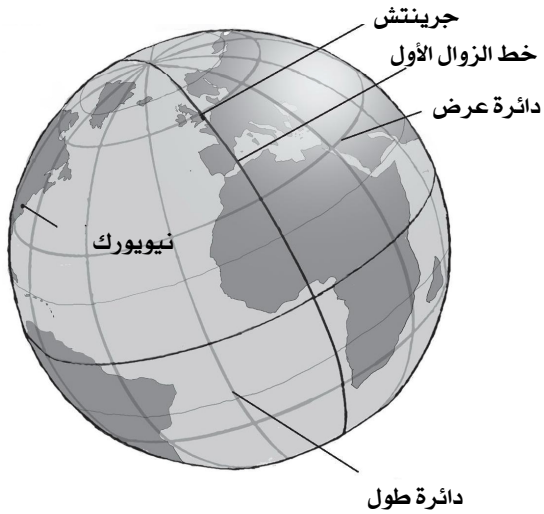
خارج تلك الحدود هناك المنطقة الشمالية المعتدلة والمنطقة الجنوبية المعتدلة،وفيهما تكون درجات الحرارة أقل كثيرًا، وتمتدان حتى الدائرة القطبية الشمالية، والدائرة القطبية الجنوبية- المناطق القطبية الباردة للأرض (تبدءان من دائرة عرض 66.5 شمال وجنوب خط الاستواء) حيث تنهار درجات الحرارة حقًا.

القطبين

تخيل أنك تسافر بعيدًا جدًا شمال أو جنوب سطح الأرض، وأنك ترسم دوائر موازية لخط الاستواء على سطح الكوكب أثناء تحركك. كلما تحركت مبتعدًا عن خط الاستواء أصبحت الدوائر أصغر فأصغر حتى تتقلص في نهاية المطاف لتصبح نقطتين أحدهما أعلى الكوكب والأخرى أسفله وتعرف هاتان النقطتان باسم القطبين.

في الواقع، للأرض مجموعتان مختلفتان من الأقطاب: القطبين الجغرافيين، ويتحددان بدوران الكوكب بحيث أنك إذا استطعت أن تضع الكوكب على سيخ شواء عملاق- تقوم الأرض بدورة الليل/ النهار من خلال الدوران على هذا السيخ - فإن هذا السيخ سيظهر عند القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي. لكن للأرض أيضًا قطبين مغناطيسين مثل قطبي القضيب المغناطيسي، نتيجة التيارات الكهربية في قلب الأرض. يتغير القطبان المغنطيسيان من سنة إلى أخرى؛ ففي عام 2005 كان القطب الشمالي المغناطيسي على بعد 7 درجات من القطب الشمالي الجغرافي بينما كان القطب الجنوبي المغناطيسي تقريبًا على بعد 30 درجة.

دوائر العرض وخطوط الطول



أي شخص سبق له أن لعب لعبة"حرب السفن" يعرف كيفية عمل نظام الإحداثيات. فضاء ثنائي الأبعاد مقسم إلى شبكة وتمثل الأرقام على كل جانب من الشبكة أزواج الإحداثيات التي تدل على كل مربع فريد من مربعات هذه الشبكة، وهذا هو الأساس الذي تقوم عليه إحداثيات دوائر العرض وخطوط الطول ؛ لا يوجد فرق سوى أن الأرض كرة وليست

سطحًا مستويًا ثنائي الأبعاد إذن كل إحداثي له زاوية حول الكرة، وبالتالي على سبيل المثال النقطتان المتقابلتان على سطح الكرة تقعان على بعد 180 درجة من بعضهما البعض، بينما التحرك 360 درجة حول الكرة يعيدك حيث بدأت.

الإحداثي الأول هو دائرة العرض ويقاس بمحاذاة خط مواز لخط الاستواء الذي يأخذ دائرة العرض صفر، وبالتالي يكون للقطبين الشمالي والجنوبي دائرتي عرض +90، و-90 على الترتيب. أما خطوط الطول فتعطى بالمسافة حول خط الاستواء، وتعرف نقطة الصفر باسم خط الزوال الأول، وهو خط يربط بين القطبين الشمالي والجنوبي ويمر بالمرصد الملكي بمدينة جرينتش في لندن، وتضاف اللاحقة شرقًا (E)، أو غربًا(W) إلى إحداثي خط الطول لبيان ما إذا كانت المسافة مقاسة شرق أم غرب خط الزوال الأول. تقرأ الإحداثيات على سطح الكوكب عادة بحيث تذكر دائرة العرض متبوعة بخط الطول مثلًا تقع نيويورك عند دائرة عرض 41 شمالًا وخط طول 73 غربًا.

اليوم والسنة

يتحدد طولا اليوم والسنة على كوكب الأرض من خلال دورانه حول محوره ومداره حول الشمس. أثناء دوران الأرض تبدو الشمس وكأنها تعبر السماء من الشرق إلى الغرب، ويعرف اليوم الواحد على إنه الوقت الذي تستغرقه الشمس في العودة إلى نفس النقطة في السماء بعد إكمال دورة واحدة. تدور الأرض حول محورها مرة كل 23 ساعة و56 دقيقة و4 ثوان لكن في هذا الوقت تكون الأرض قد تحركت حول الشمس قليلًا نتيجة لمدارها مما يعني أن الأرض لابد أن تدور أكثر قليلًا حتى تعود الشمس إلى نفس النقطة التي كانت عليها في اليوم السابق، وهذا الوقت الإضافي الذي تأخذه يجعل اليوم يصل إلى 24 ساعة.

مدار الأرض يحملها حول الشمس مرة كل 365.25 يوم وهذا هو منشأ تعريفنا للسنة. طول سنة التقويم العادية 365 يومًا فقط لكننا نعوض نقص الربع يوم بإضافة يوم إلى التقويم مرة كل أربع سنوات- وتسمي تلك السنة بالسنة الكبيسة. أحيانًا يلزم تصحيح الميل الضئيل في مدار الكوكب عن طريق إضافة "ثوان كبيسة".

المناطق الزمنية

دوران الأرض يعني أن دائمًا هناك نهار في مكان ما من الكرة الأرضية بينما في الجزء المقابل منها يكون الوقت ليلًا ولهذا السبب قمنا بعمل ما يسمى المناطق الزمنية، مما يعني أن عليك إعادة ضبط ساعتك عند السفر إلى منطاق نائية. غالبًا ما تتحدد المناطق الزمنية من خلال خطوط الطول- لذلك يعتبر التوقيت عند خط الزوال الأول هو نقطة الصفر، ويعرف هذا التوقيت باسم توقيت جرينتش Greenwich Mean Time (GMT)، أو على النطاق الدولي يعرف باسم التوقيت العالمي المنسق Coordinated Universal Time (UTC)). بعض الدول مساحتها كبيرة بحيث تضم بين حدودها العديد من المناطق الزمنية؛ على سبيل المثال: في الولايات المتحدة هناك فرق توقيت قدره أربع ساعات بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية.

خط التاريخ الدولي

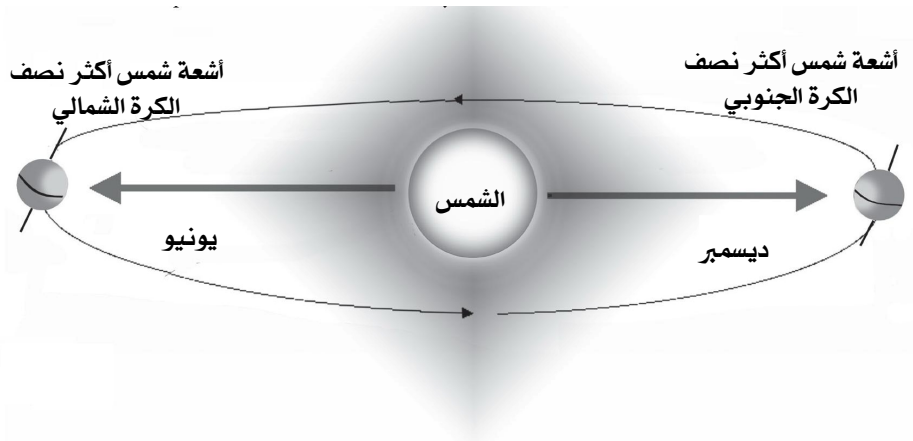
وجود مناطق زمنية حول العالم لا يعني فقط أن التوقيت يختلف من دولة إلى أخرى بل أن اليوم نفسه يختلف أيضًا. وبذلك فإنه لابد أن يبدأ يوم جديد في مكان ما- وتعرف هذه النقطة باسم خط التاريخ الدولي (IDL)، وهو خط له طول ثابت، ويمر خلال القطبين الشمالي والجنوبي ويقع على بعد 180 درجة حول الكوكب من خط الزوال الأول.

فرق التوقيت بين خط التاريخ الدولي وخط الزوال الأول اثنتا عشرة ساعة لذلك، على سبيل المثال إذا كانت الساعة عند خط الزوال الأول الثالثة مساء اليوم العاشر من شهر ديسمبر، ستكون عند خط التاريخ الدولي الثالثة صباحًا لكنها ستكون الثالثة صباح اليوم نفسه ؛العاشر من ديسمبر شرق الخط وستكون الثالثة صباح اليوم التالي؛ الحادي عشر من ديسمبر غربه، إذن إذا كنت في رحلة بالطائرة محلقًا فوق خط التاريخ الدولي، فسيقفز التوقيت 24 ساعة عندما تجتازه مما يجبرك على إعادة ضبط ليس فقط ساعتك بل تقويمك أيضًا.

فصول السنة

أثناء دوران الأرض حول الشمس تمر بدورات من الدفء والبرودة تعرف باسم فصول السنة، سببها ميل الأرض بالنسبة لمستواها المداري حول الشمس. وهذا الميل يساوي 23.5 درجة مما يعني أن في جزء من السنة يكون نصف الكرة الأرضية الشمالي مائلًا باتجاه الشمس- بحيث يكون ضوء الشمس وحرارتها مركزين على مساحة أصغر من المساحة عندما تكون الأرض عند النقطة المقابلة من مدارها بعد نصف سنة. الموضع الأول يقابل فصل الصيف في نصف الكرة الشمالي والموضع الآخر هو الشتاء. وفي الوقت الذي يميل فيه نصف الكرة الأرضية الشمالي نحو الشمس يميل النصف الجنوبي مبتعدًا عنها - ولهذا السبب يستمتع من هم في الجنوب من خط الاستواء بفصل الصيف في ديسمبر والشتاء في يونيو.

في المناطق المعتدلة الشمالية والجنوبية يوجد أربعة فصول بينما في المناطق المدارية يكون المناخ دافئًا بشكل مستمر والتغيرات الطفيفة الناتجة في درجات الحرارة تظهر على هيئة تغير في مستويات هطول الأمطار مما يقسم السنة بصورة عامة إلى فصلين: رطب وجاف. أما خطوط الطول المرتفعة عند الكرة القطبية الشمالية والجنوبية تعني أن ميل الأرض يجعل هذه المناطق تنغمس في ظلام مستمر لمدة ستة أشهر خلال الشتاء متبوعة بستة أشهر في نهار مستمر بلا غروب للشمس.



تأثير كوريوليس

تأثير كوريوليس هو ظاهرة يسببها دوران الأرض الذي يميل إلى جعل الهواء في نصف الكرة الشمالي يدور على هيئة دومات في اتجاه عكس عقارب الساعة، وجعله يدور في دوامات مع عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. في كل يوم تتم الأرض دورة كاملة- 360 درجة- لكن خط الاستواء هو الجزء الأكثر اتساعًا على الكوكب لذلك يدور سطح الكوكب عنده أسرع-1670 كم/ س (1038 ميل في الساعة). بالمقارنة مع سرعة الدوران عند دائرة عرض نيويورك (41 شمالًا) التي تبلغ فقط 1260 كم/ س (782 ميل في الساعة)، ويرجع سبب تأثير كوريوليس إلى هذا الفرق في السرعة الذي يؤدي إلى الحركة الدوامية في الغلاف الجوي المسئولة عن أنظمة الطقس بما فيها الأعاصير، وكثيرًا ما يقال أن الاتجاه الدوامي لمياه حوض الاستحمام أثناء تصريفها يرجع إلى تأثير كوريوليس أيضًا، لكن الأمر ليس كذلك- فتحريك الماء في الاتجاه المعاكس بسرعة باستخدام إصبعك سوف يؤكد ذلك.

المبادرة

تهتز لعبة الأطفال النحلة الدوارة من جانب إلى آخر أثناء دورانها فيما يعرف بظاهرة المبادرة. في الحقيقة، تظهر ظاهرة المبادرة على كل الأجسام الدوارة - ولا نستثني الأرض من ذلك. فمحور دوران كوكبنا يتذبذب حول موضعه المركزي ويعود إلى نقطة البداية كل 26 سنة وهذا يغير من سماء الليل؛ دوران الكوكب يجعل القبة السماوية تظهر وكأنها تدور.و في الوقت الحاضر يشير محور دوران الأرض نحو النجم بولاريس- المعروف بالنجم القطبي- لكنه كان يشير نحو نجم ثعبان منذ 5000 سنة، أما عام 14000 ميلاديًا سيصبح الدور الذي يقوم به النجم بولاريس الآن من نصيب النجم الساطع (النسر الواقع) في كوكبة القيثارة.

المبادرة هي أحد أكبر الظواهر العديدة التي تتسبب في إزاحة محور دوران الأرض. من الظواهر الأخرى: "الترنح" وهو تذبذب صغير للمحور حول مسار مبادرته، و"الحركة القطبية"- تغير ضئيل وغير متوقع تسببه عوامل مثل تيارات المحيط والرياح.

عصور الأرض

الزمن السحيق

يمتد تاريخ كوكبنا امتدادًا هائلًا؛ 4.5 مليار سنة (4500000000). تمامًا كما نقسم نحن السنة إلى شهور وأسابيع وأيام يقسم العلماء ماضي الأرض إلى وحدات يسهل التعامل معها، وأكبر هذه الوحدات يسمى "الدهور العظيمة"(super aeons) والتي تمتد عدة مليارات من السنين؛ ويضم تاريخ كوكبنا دهرًا عظيمًا واحدًا فقط- يسمى الدهر العظيم قبل الكمبري (precambrian). يأتي بعد ذلك "الدهور" (aeons) التي تمتد ما بين 500 مليون سنة و2 مليار سنة، وتنقسم الدهور إلى "حقب" (eras) كل منها بضع مئات من ملايين السنين، والتي تنقسم بدورها إلى "فترات"(periods) تستمر كل منها عدة عشرات من ملايين السنين، ثم "العهود" (epoches) والتي تتراوح عادة ما بين 10 إلى 20 مليون سنة، وأصغر وحدات الزمن السحيق هي "العصر"(age) والذي يكون عادة بضع ملايين من السنين أو أقل.

في حين أن وحدات الوقت اليومية التي نستخدمها لها مدد ثابتة، المدد الدقيقة لوحدات الزمن السحيق تتحدد من التراصف والسجل الأحفوري؛ فكل فصل من فصول ماضي الأرض يناظر طبقة من الصخور في السجل والتي يمكن التعرف عليها وتحديد تاريخها باستخدام علم الآثار. الفرق في الزمن بين الطبقة التي تقع في قمة السجل وتلك التي تقع في آخره يحدد المدة الزمنية لدهر معين أو حقبة أو فترة أوعهد.

الدهر الجحيمي (Hadean aeon)

الدهر الجحيمي هو أول دهر في تاريخ الأرض ويمتد منذ 4.5 مليار سنة إلى 3.8 مليار سنة مضت، وهو فترة زمنية شهدت تكون النظام الشمسي وكوكب الأرض والقمر خلال الحدث الهائل المعروف باسم "الدفقة الكبيرة". وتكونت أقدم معادن وصخور الأرض في هذه الفترة وقد تكون أُقدم أشكال الحياة قد تكونت فيه أيضًا.

كان الحدث العظيم الذي حدث في نهاية الدهر الجحيمي هو القصف الشديد المتأخر،

وخلاله تخلل وابل من التأثيرات الكونية النظام الشمسي الداخلي، ومعظم الفوهات الموجودة على سطح القمر حاليًا ناتجة عن العاصفة الثلجية الكونية القديمة. قد يكون القصف الشديد المتأخر حدث نتيجة انتقال أحد الكواكب العملاقة- مثل نبتون- نحو الخارج في النظام الشمسي مما تسبب في الإخلال بالأجسام الصغيرة أثناء انتقاله.

الدهر الأركي (Archean aeon)

يأتي الدهر الأركي مباشرة بعد الدهر الجحيمي ويمتد من 3.8 مليار سنة إلى 2.6 مليار سنة مضت[1](bya). يعتقد أن الحياة النباتية القادرة على القيام بعملية البناء الضوئي قد نشأت في هذا الدهر عندما تكونت القارات أيضًا ويعتقد كذلك أن النشاط التكتوني قد بدأ في هذا الدهر إلا أن تخطيط القارات كان مختلفًا تمامًا عما هو عليه في خريطة العالم اليوم- معظم كتلة اليابسة مركزة في قارة عظمى كبيرة قد تتفكك في المستقبل خلال انجراف قاري، وكانت المياة السطحية وفيرة. ينقسم الدهر الأركي إلى أربع حقب- الحقبة السحيقة الأولى (Eoarchean) (3.6–3.8 bya)، الحقبة السحيقة المبكرة (paleoarchean) (3.2–3.6 bya)، الحقبة السحيقة الوسطى(Mesoarchean) (2.8–3.2 bya) والحقبة السحيقة الحديثة(Neoarchean) (2.6–2.8 bya). وترجع أقدم بقايا الحفريات المعروفة إلى الحقبة السحيقة المبكرة من الدهر الأركي.

الدهر الفجري (Proterozoic aeon)

الدهر الفجري هو أطول الدهور، وخلاله ظهرت أولى الكائنات الدقيقة متعددة الخلايا، ويمتد من 2.6 مليار سنة إلى 0.57 مليار سنة (bya) وينقسم إلى ثلاث حقب. خلال الحقبة السحيقة المبكرة (Palproterozoic era) (1.6-2.6 مليار سنة مضت) أصبح الغلاف الجوي محتويًا على الأكسچين بفعل البيكتريا التي كانت تقوم بعملية البناء الضوئي، وكان هناك أيضًا مظاهر لأشكال حياة الكائنات حقيقية النواة، بعد ذلك جاء

(1) مليار سنة مضت billion years ago

العصر السحيق الأوسط (Mesoproterozoic era) (1.6 -1.1 مليار سنة مضت) وجاء معه تطور التناسل الجنسي، وأخيرًا انتهي الدهر بالعصر السحيق الحديث (Neoproterozoic era) (1.1-0.57 مليار سنة مضت) عندما حل عصر جليدي قاس - كما هو معتقد. يشكل كل من الدهر الجحيمي والأركي والفجري معًا الدهر العظيم قبل الكمبيري.

الحقبة الأولية (Paleozoic)

بعد الدهر الفجري جاء دهر الحياة الظاهرة الذي بدأ منذ.0.57 مليار سنة مضت ولا يزال ممتدًا حتى وقتنا الحاضر. الحقبة الأولية هي أول حقب هذا الدهر امتد من 570 مليون سنة مضت حتى 248 سنة مضت، وتنقسم إلى ست فترات: الفترة الكمبرية (the Cambrian period) (570-470 مليون سنة مضت)، الفترة الأوردوفيكية (Ordovician) (470-438 مليون سنة مضت)،و الفترة السيلورية (Silurian) (438-408 مليون سنة مضت)، الفترة الديفونية (Devonian) (408-360 مليون سنة مضت)،الفترة الكربونية (Carboniferous) (360-285 مليون سنة مضت) والفترة البرمية (Permian)

تظهر صخور الفترة الكمبرية زيادة ملحوظة في عدد الحفريات على هيئة طفرة نمو للحياة اتخذت من المحيطات مكانًا لها- وتعرف بالانفجار الكمبري- وأدت إلى ظهور الحيوانات البحرية قاسية القشرة، واستمرت حتى الفترة الأوردوفيكية. أما الفترة السيلورية فقد شهدت بداية انتقال الحياة من البحار إلى اليابسة- النباتات أولًا ثم بعد ذلك، في الفترة الديفونية ظهر أول حيوان على اليابسة مع وجود الأسماك الفقارية المزدهرة في المحيطات. وفي الفترة الكربونية أصبحت كتلة أكبر من اليابسة مغطاة بالغابات الخضراء الأمر الذي هيأ موطنًا للآهلين الجدد. أما الحشرات فقد ظهرت في الفترة البرمية ونمت بأعداد كبيرة نتيجة توافر الأكسجين الذي نتج عن غابات الأرض خلال عمليات البناء الضوئي. وفي نهاية الفترة البرمية حدث انقراض جماعي أتى على العديد من فصائل الحشرات ممهدًا الطريق لظهور الزواحف والبرمائيات.

الحقبة الوسيطة (Mesozoic era)

ثاني حقب دهر الحياة الظاهرة، امتد من 248 مليون سنة مضت وحتى 65 مليون سنة مضت، وهو الوقت الذي سادت فيه الديناصورات الأرض ولهذا السبب تعتبر غالبًا أنها "حقبة الزواحف"، وتنقسم إلى ثلاث فترات تبدأ بالفترة الترياسية (Triassic period) (248-213 مليون سنة مضت) والتي تركزت فيها معظم كتلة الأرض مجددًا في قارات عظمى عملاقة، وشاع ظهور الزواحف والبرمائيات على اليابسة؛ وفي الوقت نفسه تطورت كائنات عملاقة في البحار.

كانت ذروة الديناصورات في الفترة الجوراسية (the Jurassic period) (213-144 مليون سنة مضت)، كما ازدهرت الحياة النباتية في هذه الفترة أيضًا- السرخس، والصنوبريات والغابات الكثيفة التي احتضنت الكوكب. وقد حلقت الحيوانات لأول مرة في السماء أيضًا بظهور التيروصورات (الديناصورات الطائرة)، وأول الطيور ذات الريش. وقد انتهي العصر بالفترة الطباشيرية (the Cretaceous period) (144-65 مليون سنة مضت)، وقد عاش العديد من فصائل الديناصورات الشهيرة - ومنها فصيلة التيرانوصور ركس، وفصيلة فيلوسيرابتور الذكية- خلال هذه الفترة. أنهي التأثير الكوني لمذنب أو كويكب ما على الأرض هذه الفترة ومحى وجود الديناصورات.

الحقبة الحديثة (السينوزوية) (Cenozoic era)

نحن الآن في الحبة الحديثة التي تمتد من زمن انقراض الديناصورات منذ 65 مليون سنة مضت وحتى وقتنا الحالي. بعد زوال الديناصورات، ورثت الثدييات كوكب الأرض، وهي مخلوقات ذوات دم حار تطورت من الحيوانات الصغيرة مثل القوارض لتملأ الفراغات التطورية التي خلفتها الديناصورات، وقد تطورت الطيور لتصل إلى شكلها الحالي.

تنقسم الحقبة الحديثة إلى ثلاث فترات- الفترة البالوچينية (the Paleogene period) (65-23 مليون سنة مضت)، والفترة النيوچينية (Neogene period) (23-2.6 مليون سنة مضت، والفترة الرباعية (Quaternary period) (2.6 مليون سنة مضت وحتى وقتنا

الحالي). يعتقد إنه على الأرجح في نقطة ما بين 5 إلى 7 مليون سنة مضت ظهر السلف المشترك لكل من الشمبانزي والإنسان الحديث. وهناك بعض مخططات التسمية التي تدمج الفترتين: البالوچينية، والنيوچينية تحت فترة واحدة تسمى الفترة الثلاثية (Tertiary)

الفترة الرباعية (Quaternary period)

تعيش الأرض حاليًا في الفترة الرباعية، وهي آخر فترات الحقبة الحديثة؛ وقد بدأت قبل 2.6 مليون سنة مضت،و في بداية هذه الفترة كانت القارات تقريبًا كما هي الآن، وفي وقت لاحق، طغت العصور الجليدية الأربعة على كوكب الأرض بسبب توسع القطبين الشمالي والجنوبي مما أدى إلى تغطية أجزاء كبيرة من الكوكب بالجليد؛ وقد انتهي أحدث العصور الجليدية منذ حوالي 10000 سنة مضت.

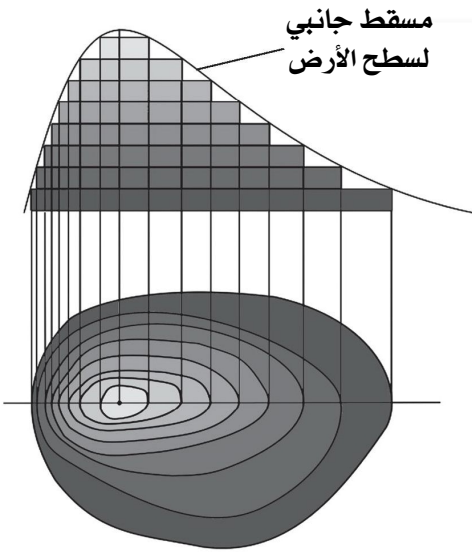
تنقسم الفترة الرباعية إلى عهدين- العهد البليستوسيني (the Pleistocene epoch) أو العهد الحديث الأقرب (يمتد منذ 2.6 مليون سنة إلى ما قبل 11700 سنة مضت)، والهولوسين (the Holocene epoch) (يمتد منذ 11700 سنة مضت وحتى وقتنا الحاضر). ربما يكون أبرز ما شهده البليستوسين هو ظهور الإنسان الحديث، وقد ظهرت سلالتنا، سلالة الإنسان العاقل لأول مرة في أفريقيا مابين 100000 إلى 200000 سنة مضت وانتشرت سريعًا لتستعمر العالم. وخلال العهد الهولوسيني (the Holocene epoch) أصبح الإنسان بارعًا في الزراعة، الأمر الذي أدى بدوره إلى تطور الحضارة.

طبيعة الأرض

علم التضاريس (topography)

يعرف العلم الذي يرتكز عليه "وضع الأرض" باسم علم التضاريس وهو يهدف إلى رسم شكل ثلاثي الأبعاد لسطح الأرض، وتوضح الخريطة التضاريسية لمنطقة ما والتي تعرف أيضًا باسم الخريطة المجسمة (relief map) المسقط الرأسي باستخدام نظام من "الخطوط الكنتورية". يمكن تخيلها على أنها سلسلة من الشرائح الأفقية التي تبتعد عن

بعضها مسافات متساوية خلال السطح الأرضي، ثم يتم إسقاط إطارات هذه الشرائح على صحيفة مسطحة من الورق (انظر الشكل). تشير الأرقام إلى ارتفاع كل خط كنتور، وكلما كانت خطوط الكنتور أقرب إلى بعضها البعض كانت التضاريس أكثر انحدارًا.



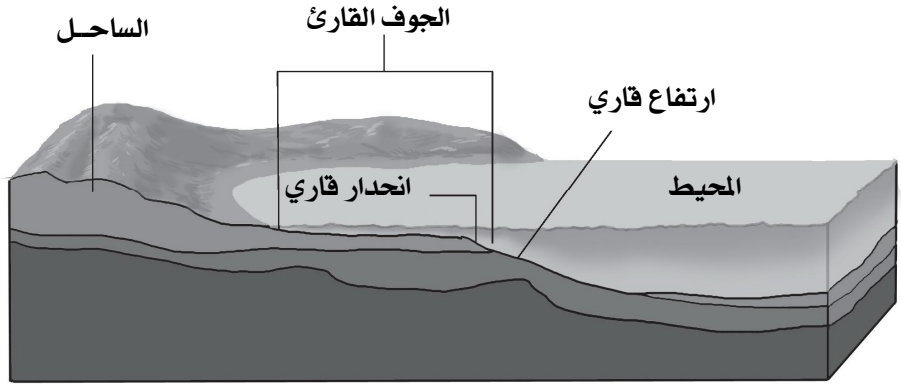
خرائط كنتور ملونة طبقاً للمسقط الرأسي

للحصول على خرائط مجسمة دقيقة لابد للمساحين من أخذ قياسات دقيقة للأرض ويتحقق ذلك باستخدام أجهزة في الموقع لقياس ميل الأرض وزوايا ارتفاع معالم السطح. ويستخدم أيضًا التصوير الجوي حيث تجمع البيانات من الفضاء. في عام 2000 استخدم مكوك الفضاء إنديفور رادارًا لرسم تضاريس الأرض بتفاصيل غير مسبوقة.

القارات

القارات هي التكتلات الأرضية العظمى التي تشكل الأرض، وتشغل حوالي 29٪ من سطح الكوكب، بينما تشغل المسطحات المائية النسبة المتبقية. يوجد سبع قارات: آسيا، وأفريقيا، والقارة القطبية الجنوبية، وأستراليا، وأوروبا، وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية؛ وجميعها تقريبًا أما يفصل بينها مساحات من المحيطات أو كانت كذلك فيما مضى بسبب الانجراف القاري، ويستثنى من ذلك أوروبا وأسيا اللتان كانتا متصلتين دائمًا؛ ولهذا السبب تصنفان في بعض التصنيفات على أنهما قارة واحدة تسمى أوراسيا. أما القارة القطبية الجنوبية فتم تصنيفها قارة بسبب وجود أرض يابسة تحت الجليد؛ بينما المنطقة القطبية الشمالية لا تصنف كذلك؛ لأنها مجرد سطح جليدي يطفو على بحر.

ارتفاع مياه المحيط يعني أن حواف القارات في الواقع منغمرة، وهي حدود تعرف باسم "الجرف القاري"، وبعدها ينحدر قاع المحيط بشدة. يتراوح عرض الجرف القاري من بضع كيلومترات إلى آلاف الكيلومترات.



الجزر

الجزر هي أجزاء من اليابسة تفصلها المياه عن القارات الرئيسة ولها ثلاثة أنواع أساسية. الجزر القارية، مثل المملكة المتحدة، وهي جزء من الكتلة الأرضية القارية القريبة منها- وهي قارة أوروبا في هذا المثال- لأنها تقع فوق جرف هذه القارة، وهناك أمثلة أخرى أيضًا مثل: تسمانيا، وسومطرة وجرينلاند (التي هي جزء من قارة أمريكا الشمالية)، وعلى النقيض من ذلك نجد الجزر المحيطية التي لا ترتبط بأي كتل يابسة لكنها غالبًا نشأت عن براكين تحت سطح البحر، أو نشاط الصفائح التكتونية مما أدى إلى دفع قاع البحر إلى الأعلى.. تشكلت جزيرة ماكواري في المحيط الهادئ تكتونيًا؛ بينما جزر هاواي جزر بركانية. وتعرف مجموعة الجزر التي تشكلت تكتونيًا باسم أرخبيل. النوع الثالث هو الجزر المرجانية والتي ترتكز على الشعاب المرجانية والهياكل العظمية للمخلوقات البحرية الصغيرة التي تكونت حول الجزر البركانية التي هدأت منذ ذلك الحين. جزر المالاديف في المحيط الهندي تنتمي إلى الجزر المرجانية.

الأنهار الجليدية

تعرف الكتل الشاسعة من المياه العذبة المتجمدة التي تغطي السطح باسم الأنهار الجليدية؛ وهي تتكون في المناطق منخفضة درجة الحرارة حيث يفوق معدل ترسب الجليد والثلوج معدل الذوبان والتعرية لسنوات كثيرة جدًا. كل القارات ماعدا أستراليا لها أنهار جليدية وتوجد أمثلة مبهرة في نيوزيلندا وألاسكا والتبت. وتشكل الأنهار الجليدية أكبر احتياطي

عالمي للمياه العذبة وهذا هو السبب وراء القلق الكبير من احتمالية ذوبانها نتيجة التغيرات المناخية والذي سيسبب ارتفاعًا كارثيًا في مستوى سطح البحر.

عندما تندمج الأنهار الجليدية لتغطي مساحة كبيرة من الأرض ينتج سطح خال من التضاريس يعرف باسم "الصفيحة الجليدية". توجد الصفائح الجليدية في جرينلاند، والقارة القطبية الجنوبية إلا أنها خلال العصور الجليدية يمكنها أن تغطي جزءًا كبيرًا من سطح الأرض. تتحرك الأنهار الجليدية عبر اليابسة بسبب الضغط الذي يسببه وزن الكائنات الجليدية على السطح مما يجعل الجليد بكل ما تحمله الكلمة من معنى ينضح إلى الخارج وينتشر. ويمكن للجليد الانتشار بهذه الطريقة بمقدار عشرات الأمتار يوميًا تاركًا ندبات على السطح أثناء مروره به، وحاملًا الدليل على وجود الأنهار الجليدية في الماضي. وعند التقاء نهر جليدي مع ساحل يصبح بإمكانه أن ينتشر مكونًا " جرف جليدي"، وتعرف الأجزاء التي تتفكك من الجرف وتطفو بحرية باسم "الجبال الجليدية".

الجليد البحري

الجليد البحري – على عكس الجبال الجليدية التي تتفكك من نهر جليدي ساحلي– يتكون عندما تتجمد مياه المحيط نفسه. ويؤدي المحتوى الملحي في المحيطات إلى انخفاض نقطة تجمد المياه من صفر مئوية إلى –1.8 مئوية. تغطي قشور شاسعة من الجليد البحري المحيط داخل الدائرة القطبية الشمالية مكونة الغطاء القطبي الشمالي. معظم الجليد البحري يكون كتل صلبة إلا إنه عند ارتفاعات أقل حيث تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع تبدأ هذه الحقول الجليدية العملاقة في التفكك إلى أجزاء أصغر تسمى "الجليد الطافي". الجليد البحري على سطح الأرض ظاهرة موسمية حيث تزداد تغطية الجليد لسطح المحيط في الشتاء ثم تنخفض مجددًا في شهور الصيف.

الجبال

الجبال هي نتوءات صخرية شاهقة تغطي 24٪ من كتلة اليابسة على الأرض. ويمكن تشكيلها بطرق عدة. المناطق ذات الصفائح التكتونية النشطة تحرك الأرض بعنف لتكون

التضاريس الوعرة. وبالمثل، يمكن لتصادمات الصفائح التكتونية أن تتسبب في تكون سلاسل الجبال بسبب التواء الأرض إلى الأعلى عند التصادم.، وقد تكونت سلاسل الهيمالايا بهذه الطريقة عندما اصطدمت الصفيحة الهندية الأسترالية بأوراسيا منذ 70 مليون سنة. وهناك جبال أخرى بركانية تكونت بالتراكم التدريجي للحمم البركانية المندلعة.

قمم الجبال تكون باردة بسبب ارتفاعها عن الأرض الدافئة، وتهبط مستويات الأكسچين كذلك بسبب انخفاض كثافة الغلاف الجوي نتيجة الارتفاع. من الناحية العلمية، هناك تعريفات عديدة للجبل، ففي الولايات المتحدة يكون المعيار هو أي تشكيل أرضي يتجاوز ارتفاعه 1000 قدم (305 ميل) بينما يكون أي ارتفاع في نطاق 501 إلى 999 قدم (153–304 ميل) مجرد تل.

الأنهار

الأنهار هي قنوات من المياه العذبة تتدفق من تضاريس مرتفعة مثل التلال والجبال عبر اليابسة نحو المحيط، ويتم تغذيتها بالشلالات، وبالذوبان الموسمي للجليد ومجاري المياه الجوفية. وهناك غالبًا مستويات فيضان مسطحة تمتد بمحاذاة ضفاف الأنهار، وهي مناطق زاد منسوبها مع الوقت بفعل تدفق المياه عند فيضان النهر على جانبيه بشكل دوري.

بعض الأنهار التي تحمل كمية كبيرة من الرواسب قد تشكل دلتا على شكل مثلث عند مكان اتصالها بالمحيط؛ حيث أن الرواسب ترسب في شكل مروحة واسعة وتتراكم تدريجيًا بمرور الزمن وتعيد تشكيل مصب النهر، والمثال على ذلك هو مصب نهر النيل في مصر الذي يتمتع بدلتا شهيرة عند موضع تلاقيه مع البحر المتوسط. والأنهار مسئولة جزئيًا عن ملوحة المحيطات فهي تجرف الأملاح والمعادن من الصخور خلال تدفقها.

الوديان

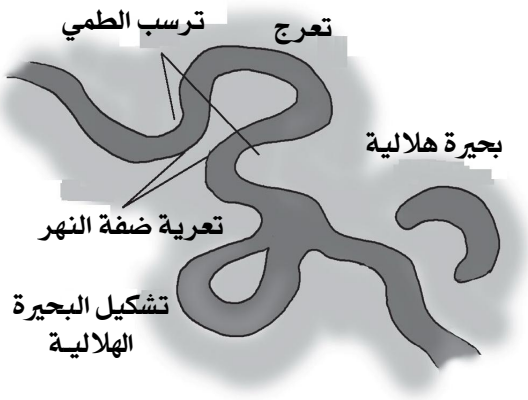
تسمى المنخفضات العميقة المنحوتة في الأرض أو غالبًا بين التلال أو الجبال باسم الوديان، هناك ثلاث آليات رئيسة تعمل على تشكل الوديان. الآلية الأولى هي تعرية

المياه- النهر الجاري على صفحة الأرض يسبب تآكل الصخور والتربة ليحفر قناة عميقة دائمة، والوديان التي تتكون بهذه الطريقة يكون مقطعها العرضي على شكل حرف (V)، وأودية الأنهار المتطرفة يمكن أن تصبح عميقة جدًا ومذهلة - مثل (جراند كانيون) بالولايات المتحدة الأمريكية.

من الممكن أن تتكون الوديان أيضًا بفعل الأنهار الجليدية- جدران ضخمة من الجليد تزحف خلال الأرض محطمة الصخور حيث أنها تندس في أضيق الشقوق لتشكل وديانًا مقطعها العرضي أشبه ما يكون بحرف (U)

النوع الأخير هو الوديان المتصدعة- التي تكونت خلال العمليات التكتونية التي تقوم بفصل الصفائح القارية عن بعضها لتكون صفيحتين جديدتين بينهما المحيط، ومن أمثلة تكون وادي متصدع الوادي المتصدع العظيم في شرق أفريقيا.

البحيرات



البحيرة هي بقعة متسعة من الماء يغذيها نهر ما لكنها ليست جزءًا من محيط. يمكن للبحيرات أن تتشكل خلال التجاويف الطبيعية بين التلال والجبال وفي المنخفضات في مستوى الأرض. وأحيانًا يمكن للأنهار أن تشكل البحيرات "الهلالية" حيث يميل منحنى جريان النهر إلى تفضيل ترسيب الطمي والرواسب على الضفاف الخارجية مسببًا قطع المنحنى مخلفًا وراءه بحيرة تشبه القوس (انظر الشكل)

تعرف البحيرات الأصغر باسم "البرك"؛ وتقول اتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة عام 1971 أن المسطحات المائية الداخلية التي يقل حجمها عن 8 هكتار (10000 متر مربع) يطلق عليها برك بينما المسطحات الداخلية الأكبر يطلق عليها بحيرات، وهناك ما

يربو على 300 مليون بركة وبحيرة في العالم، وأكبر تركز لها من نصيب كندا – حوالي 60٪ من بحيرات العالم– والسبب الرئيسي لذلك هو سوء الصرف.

الأراضي الرطبة

أحيانًا يحيط بالبحيرات والأنهار أراض رطبة مشبعة يطلق عليها الأراضي الرطبة؛ المناقع، والسَّبْخَات والمستنقعات جميعها أمثلة على الأراضي الرطبة ويمكنها أن تكون أما عذبة أو مالحة أو تكون في نقطة ما بين العذوبة والملوحة، ويعتمد ذلك على قربها من الساحل. واندماج المياه واليابسة يعني أن الأراضي الرطبة في كثير من الأحيان تتمتع بنظم بيئية ثرية تعج بأنواع عديدة من النباتات، والأسماك والثدييات، والزواحف، والبرمائيات. لكن قيمتها التجارية المحدودة قد وضعتها في خطر، ففي عام 1993 كتبت تقارير مفادها أن نصف الأراضي الرطبة حول العالم قد استُنزفت لزيادة إمكانيات التنمية وإنتاجية الأرض، ولهذه الأسباب تخضع الأراضي الرطبة الآن إلى جهود موسعة بهدف الحفاظ عليها. أكبر منطقة أراضي رطبة في الولايات المتحدة الأمريكية هي (فلوريدا إيفرجلادز)، وأكبرها في العالم يقع في سهول بانتال الفيضانية في جنوب أمريكا.

السهول

تشكل السهول الجزء الأكبر من الأراضي التي تغطي اليابسة على الأرض، ولها أشكال وأحجام عديدة– المروج العشبية والحقول الأوروبية، والبراري القاحلة في الولايات المتحدة والسافانا البرية الأفريقية والسهوب المقفرة والتندرا في شمال آسيا– وتشكلت جميعها بسبب مناخ وبيئة موقعها. يمكن أن تتشكل السهول بفعل التعرية، أو ترسب رواسب المياه، أو الجليد أو الرياح، أو ببساطة تجريف السطح بفعل مرور نهر جليدي. ويمكن أن تتواجد السهول في البقع القاحلة من الأرض، أو بين التلال، أو في أراضي الوديان أو المناطق الداخلية أو الساحلية. وبالإضافة إلى الدور المهم الذي تلعبه السهول في البيئة الطبيعية ساعدت أيضًا في تسهيل الزراعة وبناء الطرق والمدن.

الغابات والأدغال

يوجد أكبر تنوع بيولوچي على سطح الأرض في غابات الكوكب وأدغاله؛ تقدر نسبة الفصائل الحية التى يمكن تواجدها في الأدغال بنسبة 57٪ من جميع الفصائل الحية على سطح الكوكب. تغطي الأدغال والغابات معًا حوالي 36٪ من اليابسة الكلية على سطح الأرض. عند خطوط العرض، الأكثر من 53 درجة بعدًا عن خط الاستواء، حيث تكون درجات الحرارة أكثر انخفاضًا تتكون الغابات غالبًا من الأشجار الصنوبرية دائمة الخضرة. أما الأشجار النفضية التي تفقد أوراقها في فصل الشتاء فهي أكثر شيوعًا عند دوائر العرض الأقل بينما في حدود 10 درجات من خط الاستواء تكثر الغابات المطيرة- ومعناها: مساحات الغابات التي يهطل عليها كميات كبيرة من الأمطار. توجد الغابات المطيرة والأدغال في جنوب أمريكا، وفي أفريقيا وأسيا. درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة تجعل من الغابات المطيرة مرتعًا مزدهرًا للحياة، وأكثر مناطق الغابات المطيرة كثافة هي الأدغال- تجمع حي من الأشجار والزواحف والشجيرات المتشابكة.

الصحاري

الصحاري هي أكثر المناطق جفافًا وأقحلها على سطح الأرض، وتوجد في جميع القارات، وتتكون عندما يفوق المعدل الذي تتبخر به الرطوبة من الأرض معدل وصول الرطوبة إليها عن طريق هطول الأمطار. لعل من المدهش أن تكون أكثر الصحاري جفافًا على سطح الأرض هي أكثرها برودة؛ لم تهطل الأمطار على منطقة الأودية الجافة في المنطقة القطبية الجنوبية منذ أكثر من مليوني سنة، وأي مقدار متبق من الرطوبة يتجمد بفعل الهواء ثم تعصف به الرياح التي تبتل بها هذه المنطقة بانتظام بعيدًا بسرعة 320 كم/ س (200

ميل في الساعة)، والمنطقة القطبية الجنوبية هي أكبر صحراء في العالم بمساحة 14 مليون كم مربع تقريبًا.

تتصحر العديد من المناطق الخضراء على سطح الأرض بفعل التغير المناخي والنشاط الزراعي غير المدروس- حرق الغابات والأدغال للحصول على أراضي صالحة للزراعة، وفرط استغلال المجاري المائية الطبيعية مثل الأنهار والمياه الجوفية. وقد ذكر تقرير في عام 2008 أن منطقة إنتاجية تقدر بحجم نبراسكا تتصحر سنويًا.

طبيعة جوف الأرض

الكهوف

تسمى التجاويف الطبيعية في التكوينات الصخرية الأرضية باسم الكهوف؛ والتي يمكن أن تكون كهوفًا صغيرة مكونة من تجويف واحد، أو شبكة مترامية الأطراف من الأنفاق والمغارات التي تؤدي بالمستكشف الجسور إلى أعماق سحيقة. وتتشكل الكهوف عن طريق سلسلة من العمليات المختلفة. يمكن لأحماض المياه الجوفية التفاعل مع الصخور الغنية بالمواد القاعدية مخلفة وراءها تجويفًا- وتعرف باسم"الكهوف المتحللة". ويمكن لتأثيرات التعرية مثل العوامل الجوية، أو التآكل المستمر نتيجة جريان الماء، أن تنحت كهوفًا في الصخر أيضًا- كما باستطاعة الاعتداءات البحرية شديدة الاصطدام أن تفعل ذلك أيضًا مما يفسر سبب غنى المنحدرات الساحلية بسلاسل الكهوف. وهناك كهوف أخرى تسمى "الكهوف الأولية" وهي التي تكونت في نفس الوقت الذي تكونت فيه الصخور المحيطة بها.

تتواجد الصخور في جميع أنحاء العالم، وبجميع الأشكال والأحجام: كهف الماموث في ولاية كنتاكي هو أطول كهوف العالم حيث يبلغ طوله 591 كم (367 ميل)، وكهف فورونيا في أبخازيا بجورجيا هو أعمقها حيث يمتد إلى أكثر من 2 كم (1.2 ميل) تحت الأرض. وأكبر كهف مكون من غرفة واحدة يطلق عليه غرفة سراواك، يقع في بورنيو وحجمه 700 متر (2300 قدم) × 400 متر (1312 قدم) × 80 متر (262 قدم)- وهو ضخم بحيث يتسع لـ 32 قاعدة طيران.

الصواعد الكلسية والنوازل الكلسية

الكهوف التي شكلتها المياه الحمضية لها تيارات محملة المعادن، مثل كربونات الكالسيوم تجري خلال هذه الكهوف، وهذه المياه يمكنها ترسيب محتواها الصخري خلال الكهف مكونة هياكل مبهرة مثل الصواعد والنوازل الكلسية. الصواعد الكلسية تنمو من أسفل الكهف إلى الأعلى بفعل المياه الغنية بالمعادن التي تقطر باستمرار على نفس البقعة من الأعلى، وتمامًا كما تنمو الصواعد الكلسية إلى أعلى تنمو نقطة التقطير إلى أسفل حيث تتراكم المعادن التي تخلفها كل قطرة ماء ساقطة وراءها- وهذه هي النوازل الكلسية.

يزيد ارتفاع أكبر صاعدة كلسية عن 62 متر (203 قدم) وتقع في أحد أنظمة الكهوف في كوبا، بينما أطول نازلة كلسية تم تسجيلها تبلغ 20 متر (65 قدم) وتتدلى في كهف (جروتا ري دو موتو) بالبرازيل. وتتنوع معدلات نمو تلك الصواعد والنوازل تنوعًا كبيرًا وذلك اعتمادًا على تركيز المعادن في الماء، ومعدل تدفقها، فيمكن أن ينمو بعضها بمعدل سنتيمتر واحد في الشهر، وأخرى قد تستغرق مئات أو حتى آلاف السنين لتنمو بنفس المقدار. الصواعد والنوازل الكلسية هي أنواع من تكوينات الصخور المرسبة التي تعرف باسم الرواسب الكلسية (speleothems) والتي تشتمل أيضًا على (الصخور المتدفقة) (flowstones) التي تبدو على هيئة كتلة مترشحة من الصخور، والنوازل الكلسية الحساسة تأخذ شكلًا حلزونيًا وتسمى "النوازل الكلسية الحلزونية".

أنابيب الحمم

أنابيب الحمم هي أحد أنواع الكهوف الأولية تشكلت بفعل الحمم البركانية المنصهرة خلال انفجار بركاني. الجزء الخارجي من القناة المتدفقة من الحمم تكون معرضة للهواء فتبرد أسرع من الجزء الداخلي مكونة قشرة قاسية. والتبريد من الخارج يؤدي إلى زيادة سمك هذه القشرة بينما يستمر قلب قناة الحمم في التدفق، وبمجرد انتهاء الانفجار البركاني تخرج الحمم المنصهرة تاركة الجزء الخارجي المتصلب- وهذا هو أنبوب الحمم.

يمكن أن تنمو صواعد ونوازل كلسية وأنواع أخرى من الرواسب الكلسية في أنابيب الحمم، إلا أنها -على عكس أبناء عمومتها من الصخور الجيرية- لا تتكون نتيجة

الصخور المتحللة بالماء بل تتكون نتيجة تقطر بقايا الحمم المنصهرة قبل أن يتصلب الأنبوب بالكامل. تصل أنابيب الحمم حتى عرض 15 متر (49 قدم) ويمكن أن يصل طولها إلى عشرات الأميال وتوجد في أريزونا، وأريجون وهاواي، وفي مناطق بركانية أخرى حول العالم.

المياه تحت الأرض

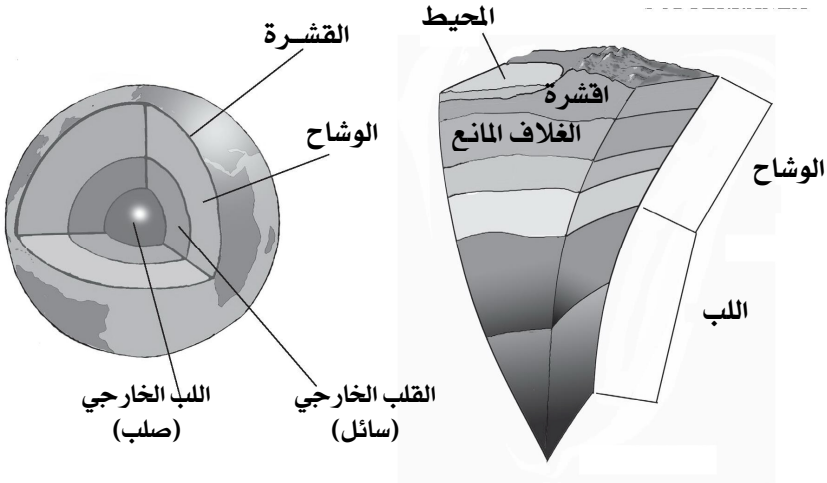
أحيانًا يقوم النظام الكهفي بتجميع الماء في منخفضات وثنايا الصخور مكونًا بحيرات تحت الأرض، وهذه البحيرات يمكن تزويدها من خلال هطول الأمطار، أو الينابيع الطبيعية، أو تسربات المياه الجوفية- يمكن للصخور المسامية، مثل الحجر الجيري تخزين كميات هائلة من المياه في مستودعات تسمى "الطبقات الصخرية المائية". والكهوف الموجودة تحت سويتوتر في تينيسي تمتلك أكبر بحيرة تحت الأرض في العالم 240 متر (787 قدم) ×70 متر (230 قدم).

وعندما يكون تدفق المياه خلال الكهوف كبير بما يكفي، تقوم البحيرات وغيرها من مسطحات المياه الثابتة الأخرى بإعطاء الفرصة لتواجد الأنهار تحت الأرض. أطول نهر تحت الأرض يمتد بطول 153 كم (95 ميل) في الكهوف الممتدة تحت شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك.

القشرة

لو تمكنت من قطع كوكب الأرض إلى نصفين بالمنشار ستجد أنها تبدو من الداخل كطبقات البصلة، مع مناطق طبقية واضحة من الصخور السائلة والصلبة التي تمتد من الجزء الخارجي للكوكب وصولًا إلى قلبه. الطبقة الخارجية لهذه الطبقات تسمى بالقشرة الأرضية وهي قشرة رقيقة من الصخور الصلبة التي تغطي سطح الكوكب، وهي مزيج من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية التي تشكل إجمالًا نحو 1 ٪ من حجم الكوكب. ويختلف سمك القشرة اختلافًا كبيرًا- تحت المحيطات يكون سمكها قليل حوالي 5 كم (3ميل) بينما القشرة القاريةالتي تشكل التكتلات اليابسة من الأرض تكون أثخن بكثير-

مابين 30 كم (19 ميل) و50 كم (31 ميل)، وهذا هو السبب وراء بروز القارات خارج المحيطات، وانغمار أعماق البحار. وتشكيل القشرة هو فسيفساء متشابكة من الصفائح التكتونية التي تطفو على سطح الأرض بسبب أن كثافة مادة القشرة أقل من كثافة الطبقة التي تحتها- طبقة الوشاح.



الوشاح

يوجد تحت القشرة الأرضية طبقة لزجة من صخور شبه منصهرة سمكها حوالي 3000 كم (1864 ميل) وتشكل أكثر من 80٪ من الحجم الكلي للكوكب- وتعرف هذه الطبقة باسم"الوشاح". وتنقسم هذه الطبقة إلى طبقتين:علوية وسفلية؛ تصل طبقة الوشاح العلوي إلى عمق حوالي 400 كم (248 ميل) وتنقسم بدورها إلى منطقة عليا ومنطقة سفلى. "الغلاف الصخري" هو الجزء الصخري العلوي من طبقة الوشاح العلوي بالإضافة إلى طبقة القشرة الأرضية فوقها. وتحت الغلاف الصخري توجد طبقة "الغلاف المائع" وهو أقل صلابة نتيجة درجة الحرارة العالية عند هذا العمق. وترتبط طبقة الوشاح العلوي كلها بالقشرة الأرضية خلال حد يعرف باسم " انقطاع موهوروفيتش" أو "موهو" للاختصار.

من ناحية أخرى طبقة الوشاح السفلي تغطي مدى عمق من 660 كم إلى 2900 كم (410- 1800 ميل)، وفيها تعود الصخور إلى الحالة الجامدة مجددًا حيث يتسبب ارتفاع الضغط

الناتج عن وزن الطبقات التي فوقها في الضغط عليها. يوجد بين طبقتي الوشاح العلوي والسفلي طبقى تسمى "المنطقة الانتقالية" التي تندس بين الطبقتين. تتراوح درجات الحرارة خلال طبقة الوشاح ما بين بضع مئات من الدرجات المئوية عند سطح القشرة إلى ما يقدر ب 4000 درجة مئوية (7232 فهرنهيت) حيث تلتقي طبقة الوشاح بالطبقة التي تحتها- اللب.

لب الأرض

لب الأرض هو الجزء المركزي للأرض والأعلى في درجة حرارة، وله طبقة داخلية وخارجية، كما إنه هو المسئول عن "المغناطيسية الأرضية" للكوكب. وطبقة اللب الخارجي عبارة معدن في حالة سائلة -معظمه من الحديد والنيكل المنصهرين- وتمتد من عمق 2890 كم (1806 ميل) تحت سطح الكوكب، وحتى عمق 5150 كم (3218 ميل). وتتراوح درجات الحرارة مما يفوق 4000 درجة مئوية (7232 فهرنهيت) إلى أن تصل 6000 درجة مئوية (10832 فهرنهيت) عند حدودها مع طبقة اللب الخارجي. عند طبقة اللب الداخلي يكون القطر 2440 كم (1525 ميل)، والضغط عال بما فيه الكفاية لسحق النيكل والحديد معيدًا إياهما إلى الحالة الصلبة- على الرغم من أن درجة الحرارة هناك تقترب من 7000 درجة مئوية (12632 فهرنهيت).

المغناطيسية الأرضية

تعرف الظاهرة التي فيها تولد الأرض مجالها المغناطيسي - ودراسة تأثير هذه المجال- باسم "المغناطيسية الأرضية".و عند سطح الأرض تكون شدة المجال ما بين 30 إلى 60 ميكروتسلا، اعتمادًا على الموقع، وهو أضعف ألف مرة من مغناطيس الثلاجة. ويتولد المجال نتيجة التأثير الحركي للتيارات الكهربية خلال اللب الخارجي للأرض المكون من معادن منصهرة دوامية.

المجال المغناطيسي للأرض ثنائي القطب، أي أن لديه قطبين من متعاكسين- يطلق عليهما القطب الشمالي والجنوبي. وثنائيات القطب الأخرى مثل القضيب المغناطيسي تميل إلى

ترتيب نفسها مع مجال الأرض وبهذه الطريقة تعمل البوصلة الملاحية باستخدام إبرة مثل القضيب المغناطيسي تستطيع الحركة بحرية لتشير إلى اتجاه الشمال المغناطيسي.

المحيطات

السواحل

تمثل خطوط السواحل منطقة انتقالية بين اليابسة وأعماق المحيط، وتمثل أحد أكثر المواطن الطبيعية تنوعًا في العالم، من المنحدرات والشواطئ للخلجان ومصبات الأنهار والسواحل الغريبة مثل المضايق والبحيرات المالحة،و قام المحيط عبر ملايين السنين بتشكيل الساحل من خلال التعرية وترسيب الرواسب وإزاحات مستوى البحر التي سببها التغير المناخي. وقد اتضحت أهمية السواحل في تطوير حضارتنا، وتسهيل الصيد والسفر بحرًا.

جغرافيا المحيطات

يقدر الحجم الكلي لمحيطات العالم بـ 1.3 مليار كيلومتر مكعب، وهناك خمسة محيطات عظمى في العالم: المحيط المتجمد الشمالي والذي يتجمد مكونًا الغطاء القطبي الشمالي، والمحيط الأطلنطي الذي تحيط به أوروبا وأفريقيا من الشرق، والأمريكتان من الغرب؛ والمحيط الهندي الواقع بين شرق أفريقيا وأستراليا؛ والمحيط الهادي الذي تحيط به أسيا وأستراليًا غربًا والأمريكتان شرقًا؛ والمحيط الشمالي الذي يحيط بكل من القارة القطبية الجنوبية والغطاء الجنوبي القطبي، وهذه التقسيمات ليست إجبارية فجميع المحيطات متصلة ببعضها البعض مما يتيح الإبحار من أي محيط إلى الآخر.

مياه المحيطات مالحة، وتصل ملوحتها إلى 3.5٪ نتيجة الأملاح التي تجرفها الأنهار من الصخور ونتيجة إنتاج الصوديوم والكلور (مكونات الملح) عن طريق العمليات الچيولوچية الأخرى تحت سطح البحر. الأرض هي الكوكب الأزرق حرفيًا حيث أن 71٪ من سطحها مغطى بالمحيطات، لكنها ليست زرقاء بسبب قيام المحيطات بعكس لون السماء بل لأن المياه تمتص نسبة قليلة من الضوء الأحمر من أي ضوء أبيض يمر خلالها مما يخلف كمية كبيرة من الضوء الأزرق، وهو تأثير ضئيل لا يرى إلا عندما يكون حجم المياه كبير.

ظهر المحيط

المحيطات ليست مجرد مناطق واسعة من الأراضي المنخفضة المملوءة بالمياه، فالقشرة المكونة لقاع المحيط أنحف كثيرًا من القشرة القارية،وبينما أصبحت نفس أجزاء القشرة القارية ثابتة على سطح الأرض منذ ملايين السنين لا تزال قشرة المحيط في تكوين مستمر من خلال عملية انتشار قاع البحر. وتلك هي الطريقة التي تكونت بها المحيطات نفسها، وهناك محيطات جديدة تتكون حيث تظهر مناطق انتشار جديدة- تسمى هذه المناطق وديان متصدعة والتي تقع على خطوط الصدع في القشرة الأرضية حيث يتلاقى اثنين من الصفائح التكتونية. وحين تتحرك الصفيحتان التكتونيتان مبتعدتين عن بعضهما البعض يتكون وادي صدع ويكون تأثير ذلك هو تمزيق القارات إربًا مما يؤدي إلى تكون حوض واسع من قاع البحر بين القطعتين والذي يمتلئ بالماء مع مرور الوقت معلنًا عن ميلاد محيط. أما البقايا المنغمرة لوادي الصدع تصبح فيما بعد ما يطلق عليه " ظهر المحيط".

هذه العملية جارية في وادي الصدع العظيم في شرق أفريقيا حيث تنقسم الصفيحة القارية الأفريقية إلى جزأين-يطلق عليهما الصفيحة النوبية، والصفيحة الصومالية. وأثناء تحركهما مبتعدتين عن بعضها البعض، تشكلان صدعًا سيؤدي في نهاية المطاف إلى تحويل كل من الصومال، وكينيا، وتنزانيا، والموزمبيق إلى جزيرة يفصلها المحيط عن قارة أفريقيا.

طبقات المحيط

يقوم علماء البحار بتقسيم المحيطات إلى مناطق مميزة. وتعرف الطبقة العليا باسم منطقة " البحر المفتوح " وهي تغطي سطح المحيط كله. أما المنطقة التي تمتد إلى عمق 200 متر (656 قدم) هي منطقة"الطبقة المائية العليا" التي يوجد خلالها ضوء كاف لعمليات البناء الضوئي مما يتيح نمو النبات. من عمق 200 متر (656 قدم) حتى 1000 متر (3280 قدم) توجد المنطقة " المحيطية الوسطي "، والتي تعرف أيضًا باسم منطقة "الشفق" بسبب مستويات الضوء الجزئية بها، وهي موطن للمخلوقات المحبة للمياه الباردة المظلمة – مثل: الكلمار، والأخطبوط، والحبار. أما تحت هذه المنطقة نجد منطقة " المياه العميقة " أو منطقة"نصف الليل" التي تمتد إلى عمق 4000 متر (13120 قدم)؛ وتكون المياه فيها شديدة السواد، وضغطها يقاس بالطن لكل بوصة مربعة، ويعيش فيها بعض الكلمار وثعابين البحر. وتحت هذه المنطقة توجد منطقة "السهول السحيقة" التي تمتد حتى قاع المحيط، ومعظم مخلوقات هذه المنطقة عمياء– فهي لا تحتاج إلى البصر في هذا الظلام الحالك.

أخر طبقات المحيط هي طبقة "الأخاديد القاعدية العميقة" المخصصة لأعماق الخنادق المحيطية، وتقع على عمق يزيد عن 10 كم (16 ميل) تحت السطح ويصل ضغطها إلى 8 طن لكل بوصة مربعة، والمخلوقات القليلة التي تعيش عند هذا العمق تتغذى على "الثلج البحري"–المخلفات التي تنجرف من المياه بالأعلى– أو على الحرارة والمواد الغذائية التي تقذف بها المنافس الحرمائية.

البحار

بالإضافة إلى المحيطات الرئيسة الخمسة في العالم هناك أيضًا العديد من المسطحات المائية الأصغر وتعرف باسم "البحار". وهي شأنها شأن المحيطات فمعظمها متصل ببعضه البعض خلال المياه،وأكبرها "البحر العربي" لكن مساحته حوالي 3.9 مليون كيلومتر مربع، وبذلك فهو يعتبر قزم أمام أصغر المحيطات؛ وهو المحيط الشمالي الذي مساحته (13.2 مليون كيلومتر مربع). وتصنف بعض البحيرات الكبيرة على أنها بحار مثل البحر

الميت في الأردن بينما هناك بحيرات أخرى لا حتمل حتى اسم "بحر" – على الرغم من اتصالها بالمحيطات – مثل خليج بسكاي والخليج الفارسي.

المد

ينجم ارتفاع مد المحيطات وانخفاضه عن اتحاد قوتي السحب التجاذبي لكل من الشمس والقمر واللتين تؤثران على كمية المياه السائلة الهائلة المنسكبة في سطح الكوكب. الجاذبية هي قوة جذب يزداد مقدارها بالاقتراب من مصدر المجال الجاذب مما يعني أن المياه التي تغطي سطح الأرض في الجانب الأقرب إلى القمر تشعر بسحب تجاذبي أكبر من الكوكب نفسه وبالتالي ترتفع بالنسبة للكوكب مكونة مد عال، وبنفس المنطق، يعاني الكوكب سحبًا أكبر من الذي تعانيه المياه على الوجه المقابل للقمر، وبالنسبة للإطار المرجعي للأرض يكون التأثير هو رفع مد عال على هذا الجانب من الكوكب أيضًا، ولهذا يكون لدينا اثنين من المد العالي يوميًا.

ليس القمر فقط هو الذي يرفع المد – جاذبية الشمس تحدث تقريبًا نصف القوة التي تحدثها جاذبية القمر، حيث أن كتلتها الهائلة تعوض المسافة الكبيرة التي تبعدها. وعندما يكون الشمس والقمر كلاهما على نفس الخط في السماء يحدث مد عال خاص –يسمى "المد العالي"، لكن عندما يكونان متعامدين على بعضهما البعض،يكون الفرق بين المدين العالي والمنخفض أقل ما يمكن– وهذا يعرف باسم"المد الضعيف".

المد المضجر

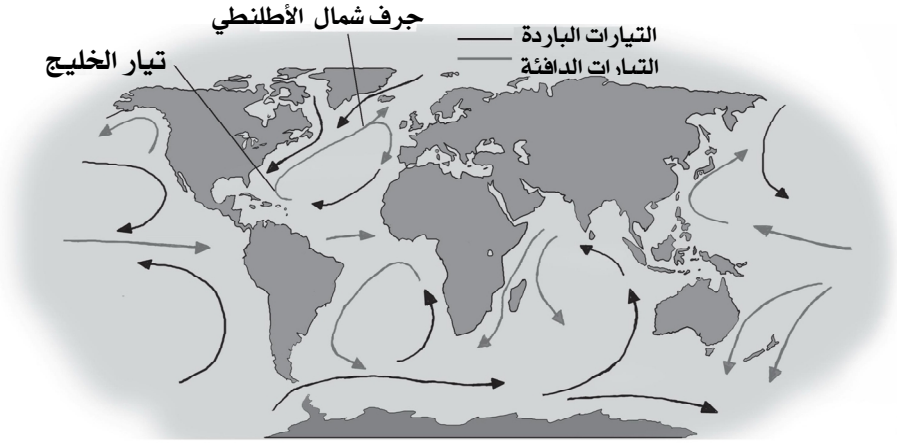
تعرف الأمواج التي تنتقل من المحيطات إلى المصبات والأنهار– عكس اتجاه تدفق التيار– باسم المد المضجر، وهي تميل إلى الظهور في المناطق الساحلية حيث يكون هناك هامش واسع بين ارتفاعات المد العالي والمد المنخفض. هذه الأمواج بمفردها لا تنتج مدًا مضجرًا، لكن العامل الأكبر أن الأنهار تأخذ المضيفة للمد المضجر بطبيعتها شكلًا يشبه القمع على طول امتدادها بحيث كلما اتجهت نحو اليابسة يصبح النهر أضيق وأكثر ضحالة مما يؤدي إلى تركيز طاقة المياه في حجم صغير مسبة ارتفاع الموجة– غالبًا عدة أمتار–والتي

بدورها تندفع بعد ذلك عكس التيار، ومع ذلك فإن أفضل المد المضجر لا يحدث إلا عندما يكون مد المحيط عند ذروته، مثلما يكون أثناء "المد العالي" عندما يكون كل من الشمس والقمر مصطفين. ويمكن سماع القعقعة منخفضة التردد لموجة مد مقتربة من على بعد عدة كيلومترات. الأماكل الأولى لرؤية المد المضجر خليج فندي بكندا ونهر تشيانتانغ في الصين.

تيارات المحيط

تجرف الإضطرابات الدوامية للتيارات الكروية الدوارة مياه المحيطات حول العالم في هذا الاتجاه أو ذاك، وأشهرها تيار الخليج الذي يحمل المياه الدافئة من خليج المكسيك إلى منتصف المحيط الأطلنطي حيث يقوم تيار آخر -تيار الأطلنطي الشمالي- بنقله إلى ساحل غرب أوروبا، ويعتقد العلماء أن الحرارة التي ينقلها هذه التيار هي ما يجعل المملكة المتحدة وفرنسا أكثر دفئًا من المناطق الأخرى التي تقع على نفس دائرة العرض، وهناك تيارات أخرى تشكل حلقات ضخمة في المحيط الهادئ، والمحيط الهندي، والمحيط الشمالي- وتعرف باسم "الدوامات (gyres)" - وتيارات أخرى تطوف حول المنطقة القطبية الجنوبية.

تحدث هذه التيارات في سطح المحيط في منطقة "الطبقة المائية العليا"، ومنطقة الشفق العليا وتدفعها عوامل مثل الرياح وتأثير كوريوليس، ودرجة الحرارة. وهناك أيضًا تيارات على أعماق أبعد تنشأ غالبًا من اختلافات كثافة مياه المحيط العميقة حول العالم ودرجة حرارتها.



الخنادق المحيطية

الخنادق المحيطية هي أعماق قاع البحر الأكثر عمقًا وظلامًا وتشكل ما يسمى نطاقات اندساس حيث تكون حركات الحمل الحراري في صخور طبقة الوشاح شبه المنصهرة قد سحبت القشرة المحيطية إلى أمعاء الكوكب مجددًا. يكون قاع الخندق عادة على عمق عدة آلاف الأمتار من مستوى قاع البحر المحيط به، وأعمق هذه الخنادق المعروفة خندق "ماريانا" في المحيط الهادئ في غرب الفلبين ويصل أقصى عمق لها إلى 11 كيلومتر (6.8 ميل)- وهو عمق كاف لابتلاع جبل إيفرست مع تبقي 2 كيلومتر (1.2 ميل) من الماء فوقه. أما أعمق جزء من قاع خندق ماريانا فهو وادي صغير في القاع يعرف باسم عمق "تشالنجر" نسبة إلى سفينة الأسطول البريطاني الأولى التي أرسلت لدراسته في القرن التاسع عشر، ومنذ ذلك الحين استكشفه عدد من الغواصات- المزودة بطاقم بشري أو الآلية على حد سواء.

المنافس الحرمائية

يمكن للشقوق الموجودة على مقربة من ظهر محيطي في قاع المحيط - حيث تلتقي طبقتان تكتونيتان تبتعدان عن بعضهما البعض لتكوين مساحات جديدة من قاع المحيط- أن تتسبب في ظهور المنافس الحرمائية، التي تنفث مياه بحر ساخنة جدًا غنية بالكبريت ومعادن أخرى. تكون المياه ساخنة بفعل الطاقة الحرارية الجوفية للصخور الساخنة في

الأسفل، وتعرف أيضًا باسم "المدخنات السوداء" نسبة إلى السحب السوداء من الجزيئات التي تقذفها.

غالبًا ما تكون المنافس الحرمائية بؤرًا للحياة في قاع المحيط العميق الممتد إلى آلاف الأمتار، فالمنافس الحرمائية-- توفر مصدرًا مطلوبًا للطاقة والمواد الغذائية للكائنات الحية عند هذه الأعماق. وتصل درجات الحرارة حول هذه المنافس إلى حوالي 400 درجة مئوية (750 فهرنهيت) وقد تأقلمت الكائنات الحية مع هذه الظروف ونمت لديها مستويات عالية من تحمل الحرارة مما أدى إلى اكتسابها اسم " أليفة الظروف القاسية".

التكتونيات

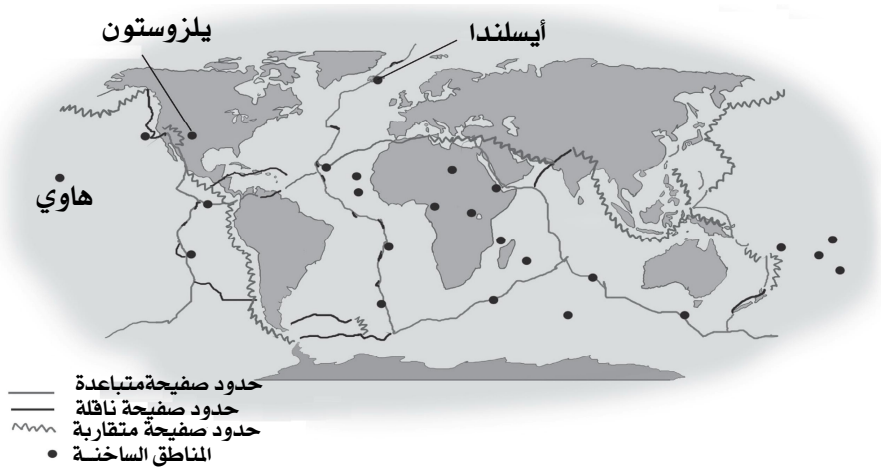
الصهارة

الصهارة هي صخور منصهرة من طبقتي الوشاح والقشرة داخل الأرض المضطربة. ومعظم القشرة والوشاح العلوي يكون في حالة صلبة أو شبه منصهرة، لكن الصهارة السائلة تتكون عندما يذوب ما سبق عند المناطق التي ترتفع فيها درجات الحرارة بفعل القوى الچيولوچية وهي مناطق تعرف باسم "المناطق الساخنة".

تتراوح درجة حرارة الصهارة المنصهرة بين 750 درجة مئوية (1380 فهرنهيت)، و1400 درجة مئوية (2550 فهرنهيت) اعتمادًا على تركيبها الدقيق، فأغلب الصهارة تكون مزيجًا من عناصر مثل السليكون، والأكسچين، والحديد، والصوديوم، والبوتاسيوم، وعندما تبرد الصهارة تتحد هذه العناصر لتكوين أنواع مختلفة من الصخور البركانية، ويمكن للصهارة أن تنضح من الخطوط الصدعية حيث التقاء الصفائح التكتونية-وخاصة عند الصدوع المتباعدة حيث تتصلب لتكوين صفائح جديدة من القشرة المحيطية. أما ضغط الصهارة فهو القوة الدافعة وراء الانفجارات البركانية حيث تتسرب من البركان على شكل "حمم بركانية" أو يتم طرحها كأجزاء متفجرة على شكل "مقذوفات بركانية صلبة".

المناطق الساخنة

المناطق الساخنة هي مناطق على سطح الأرض أما تحتوي على تركيز من البراكين أو يحدث بها عدد كبير من الزلازل أو تتعرض إلى أشكال أخرى من النشاط التكتوني. وتيارات الحمل خلال طبقة الوشاح الأرضي هي التي تتسبب في وجود المناطق الساخنة. تمامًا مثل الحمل الذي يحدث في الماء المغلي في إناء ما على الموقد، يقوم الحمل في طبقة الوشاح بنقل الصخور الساخنة إلى سطح الأرض بينما تهبط الصخور الأكثر برودة إلى الأسفل. وعندما تندمج دورتي حمل معًا أثناء الصعود- مثل التروس في نظام معدات - تتركز درجة الحرارة عند نقطة على السطح مكونة "منطقة ساخنة"؛ بخار المواد الساخنة المنجرف من أسفل باسم "عمود الوشاح". المناطق الساخنة الرئيسة تقع تحت هاواي، ومتنزه يلوستون الوطني، وآيسلندا.

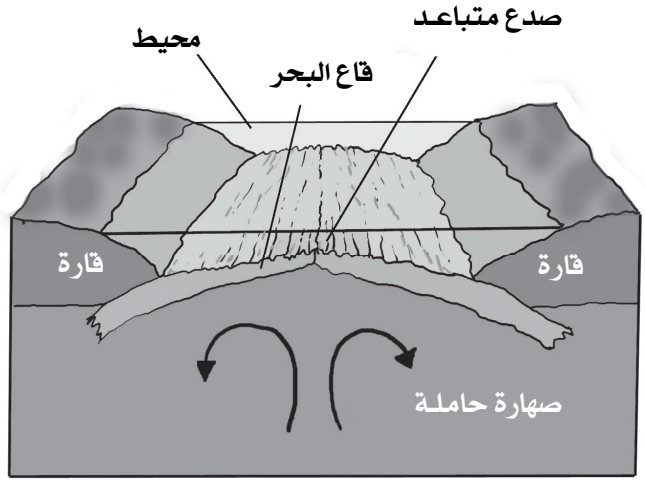


الصفائح التكتونية

ينقسم الغلاف الصخري للأرض- وهو القشرة الأرضية بالإضافة إلى القشرة العليا من الوشاح- إلى عدد من الألواح المتشابكة تسمى الصفائح التكتونية، وهي تتزاحم وتحتك معًا نتيجة للحركة المؤرقة لطبقات الصخور المنصهرة تحتها. وتعرف الحدود بين الصفائح باسم خطوط الصدع ويمكن أن تأخذ ثلاثة أشكال مختلفة اعتمادًا على الحركة النسبية بين الصفائح وهي: الصدوع المتباعدة، والصدوع المتقاربة، والصدوع الناقلة

احتكاك الصفائح التكتونية عند خطوط الصدع هو المسئول عن حدوث الزلازل، وأمواج تسونامي بالإضافة إلى عمليات چيولوچية مهم أخرى مثل: الإندساس، وانتشار قاع البحر، والجرف القاري. وغالبًا تقع البراكين على امتداد خطوط الصدع. وهناك سبع صفائح تكتونية عظمى- وهي: الصفيحة التكتونية الأفريقية، والقطبية الجنوبية، والأوراسية، والهندية والأسترالية، والأمريكية الشمالية، وصفيحة المحيط الهادئ والأمريكية الجنوبية- بالإضافة إلى عدد كبير من الصفائح الأصغر.

الصدوع المتباعدة



الصفائح التكتونية المتجاورة التي تبتعد عن بعضها البعض تشكل ما يسمى بالصدوع المتباعدة. تقوم تيارات الحمل برفع الصهارة إلى أعلى بطريقة مشابهة لما عند تكون المناطق الساخنة، لكن لزوجة مادة التيارات تتسبب في سحبها على القشرة التي تعلوها مما يؤدي إلى سحب القشرة في الاتجاه المعاكس(انظر الشكل)، وذلك قد يؤدي إلى شق تكتلات اليابسة القارية مكونًا وادي صدع.في البحار تكون الصدوع المتباعدة في القشرة المحيطية مصاحبة للظهور المحيطية حيث ترتفع الصهارة لتملأ الفراغ بين الصفائح التكتونية المتباعدة وبذلك يتكون قاع بحر جديد- في عملية تعرف باسم "انتشار قاع البحر". وأحيانًا تنفث كمية كبيرة جدًا من الصهارة من الظهر المحيطي لدرجة أنها تقسم سطح الماء مكونة جزيرة بركانية جديدة- من أمثلة ذلك جزيرة سرتسي، قبالة ساحل أيسلندا.

الصدوع المتقاربة

الصدوع المتقاربة هي نقيض الصدوع المتباعدة، فهي تظهر حيث تتصادم صفيحتان تكتونيتان، وعادة تؤدي إلى حدوث "اندساس" حيث تنزلق إحدى الصفيحتين تحت الأخرى وتنسحب إلى أسفل نحو الأجزاء الداخلية للكوكب. الطبقة المندسة تنصهر سريعًا بمجرد نزولها تحت السطح مؤدية إلى زيادة كثافة الصهارة والغازات التي تنفجر فيما بعد خلال الطبقة التي تعلوها على شكل مجموعة من البراكين. وعندما تكون كلتا الصفيحتين المشتركتين مكونة من قشرة محيطية تحت الماء يؤدي الاندساس إلى تكوين الخنادق المحيطية في عمق البحر حيث تتلاقى الطبقتان، وتستطيع البراكين المتكونة عادة أن تخترق سطح الماء لتكوين جزر بركانية على شكل قوس خلف خط الصدع، وهذا هو ما حدث في خندق ماريانا أعمق الخنادق المحيطية في الكوكب والتي تقع بالقرب من سلاسل جزر ماريانا. وعندما تكون إحدى الصفيحتين المشتركتين في عملية الاندساس مكونة من قشرة قارية، ترتفع الصفيحة القارية فوق الأخرى نتيجة انخفاض كثافتها إلا أن القوة التي تتصادم بها الصفيحتان عادة تدفع الحافة الأمامية للصفيحة القارية مكونة سلاسل جبال تتخللها براكين عند انصهار الصفيحة المندسة، ويحدث ذلك على طول ساحل كاليفورنيا حيث تنزلق صفيحة خوان دي فوكا المحيطية تحت صفيحة أمريكا الشمالية.

الصدوع الناقلة

الصدع الناقل هو الحد الفاصل بين صفيحتين تكتونيتين ليستا متباعدتين ولا متقاربتين لكن تنزلق إحداهما بمحاذة الأخرى. بينما تعمل الصدوع المتقاربة والمتباعدة على تدمير أو تكوين القشرة على الترتيب لا يحدث أي من ذلك في الصدع الناقل، لكنه يمكن أن يصبح مدمرًا بطرق أخرى، فحركة الصفيحتين بمحاذاة بعضهما البعض ليست حركة ملساء، فتتراكم الإجهادات بمرور الوقت وعندما تصبح القوة المتراكمة كبيرة بما فيه الكفاية تقوم الصفائح بعمل إزاحة مفاجأة غير متصلة، وحركة متقطعة ينتج عنها زلازل عنيفة، وربما يكون الصدع الناقل الأشهر حول العالم هو صدع "سان آندرياس" بكاليفورنيا- والذي تسبب في حدوث الزلزال الذي دمر سان فرانسيسكوا عام 1906م.

البراكين

بإمكان الصدوع المتقاربة والمتباعدة، والمناطق الساخنة أن تؤدي إلى تكون البراكين- فتحات في القشرة الأرضية تسمح بتسرب الصهارة الساخنة والغازات، وأحيانًا يكون لها عواقب مدمرة. وللبراكين أنوع كثيرة مختلفة: "البراكين المخروطية" وهي تشبه شكل الجبال العادية التي لها قمم.، "البراكين المدرعة" أكثر تسطحًا وذات قمم أقل، بينما "المنافس المشققة" أكبر قليلًا من الفتحات في الأرض. لجميع البراكين فوهات مركزية تعرف باسم" كالديرا caldera" تنضح من خلالها الحمم البركانية- وهو الاسم الذي يطلق على الصهارة المنضغطة القادمةمن القشرة السفلية بمجرد مغادرتها للبركان.

أما البراكين التي تتكون عن طريق المناطق الساخنة فتظهر أحيانًا في سلاسل تنتشر على طول سطح الأرض، وتنتج من حركة الصفائح التكتونية التي تؤدي إلى ظهور مناطق جديدة من القشرة فوق المنطقة الساخنة- والتي أحيانًا تخرق فتحة في القشرة الجديدة معلنة ميلاد بركان جديد. وقد تكونت سلسلة الجبال البحرية هاوي-إمبيرور_ وهي سلسلة مكونة من أكثر من 80 بركان، وجزر وجبال في قاع المحيط الهادي بهذه الطريقة.

الجرف القاري

لا نحتاج إلى ذكاء خارق لنكتشف أن الخطوط الساحلية لأمريكا الشمالية وأفريقيا تبدو منطبقة، والحقيقة أنها كانت كذلك في يوم من الأيام. حركة الصفاح التكتونية تعيد باستمرار هيكلة القارات؛ ومعدل الحركة صغير للغاية- أنها تتحرك تقريبًا بنفس السرعة التي تنمو بها أظافر الإنسان تقريبًا 10 سم (4 بوصة) في السنة، لكن هذه العملية لا يمكن منعها من الحدوث- لقد مزقت القارات في الماضي وسوف تجعلها تلتحم مجددًا في المستقبل.

لقد وضعت نظرية الجرف القاري في الاعتبار لأول مرة منذ القرن السادس عشر. إلا أن العلماء لم يأخذوها على محمل الجد إلا بعد قبول نظرية الصفائح التكتونية في الستينيات، والآن هي حقيقة مثبتة؛ فالفصائل الحفرية نفسها وجدت في الجهتين المتقابلتين من المحيط الأطلنطي مما يؤكد على أن اليابستين كانتا متصلتين يومًا ما.

القارات العظمى

عندما تلتحم صفيحتان تكتونيتان أو أكثر ينتج ما يسمى بالقارة العظيمة. في مخططات التصنيف التي تعتبر فيها كل من أوروبا وأسيا قارة واحدة تكون اليابسة الناتجة – أوراسيا– قارة عظيمة. وبفضل الجرف القاري، ظهرت هذه التركيزات الشاسعة من اليابسة على سطح الأرض مرات عديدة في الماضي، فمنذ 3.3 مليار سنة كانت القشرة القارية الأرضية جميعها موجودة على هيئة قارة عظيمة أطلق عليها علماء الچيولوچيا اسم "فالبارا". والهيكل الدقيق لهذه القارة غير معروف لكن التشابهات في طبقات الصخور التي كانت موجودة في هذه الفترة في كل من أفريقيا وأستراليا تشير إلى وجودها.

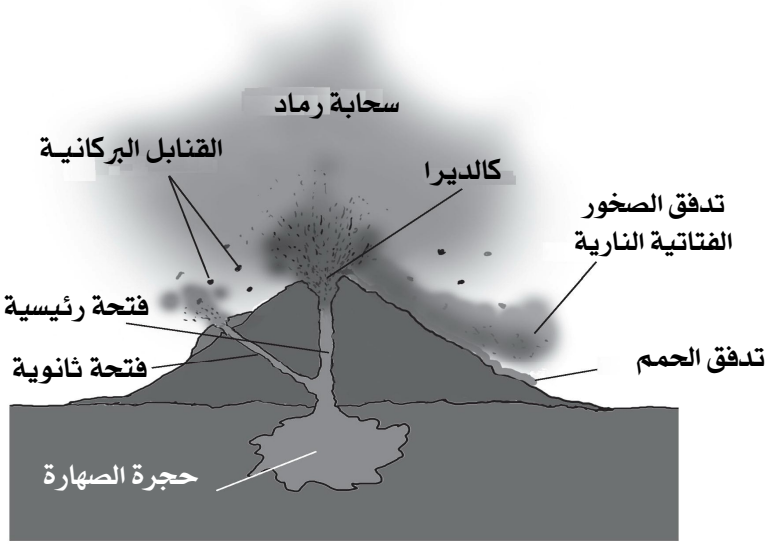
أقدم القارات العظمى ذات صفائح هيكلها مفهوم بصورة معقولة هي القارة العظيمة "رودينيا" التي كانت موجودة منذ حوالي مليار سنة خلال "الدهر الفجري". ومنذ ذلك الحين ظهرت قارات عظمى واختفت، وأثناء فترة "العصر البرمي" منذ 225 مليون سنة ارتبطت قارات الأرض في تكتل من اليابسة عرف باسم"بانجيا"، ثم في "الفترة الترياسية" منذ 200 مليون سنة انقسمت "بانجيا" إلى "لوراسيا"(التي قد تكون الآن أمريكا الشمالية، وأوروبا، وأسيا) و"جوندوانلاند"(المكونة في الوقت الحالي من أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية) وتبدو القارات على استعداد للتقارب مجددًا خلال 250 سنة من الآن مكونة تكتل من اليابسة أطلق عليه العلماء اسم "بانجيا الأخرى"

الكوارث الطبيعية

الانفجارات البركانية

عندما يصل ضغط الصهارة المتراكمة تحت بركان ما إلى نقطة الانهيار يثور البركان وينفجر ملقيًا بالحمم البركانية والغازات والصخور والرماد عبر مساحة واسعة. وتنفث الحمم البركانية المنصهرة من كالديرا البركان ومن الفتحات الثانوية التي تتشكل حيثما تمزق الصهارة المتصاعدة جوانب البركان. أما القنابل البركانية– وهي كريات الحمم المقذوفة في

الهواء والتي تتصلب أثناء طيرانها وتصطدم بالأرض على شكل صخور صلبة- فيمكنها أن تتشتت عبر مساحة كبيرة وترتفع حتى عدة أمتار، وفي الوقت نفسه تتصاعد سحب الرماد والدخان في الهواء وتحجب الشمس بالقرب من الانفجار ويمكنها حتى أن تتسبب في إعتام على نطاق عالمي. وربما يكون نوع الانفجار البركاني الأكثر تدميرًا هو المعروف باسم "تدفق الصخور الفتاتية النارية"- عاصفة من الغاز والصخور المنصهرة جزئيًا عند درجة حرارة 1100 درجة مئوية (2012 فهرنهيت) تقريبًا تنزل على جوانب البركان وعبر الأراضي المحيطة بسرعات تقترب من 759 كم/ س (460 ميل في الساعة). ويمكن لهذا النوع من البراكين تدمير منطقة يزيد نصف قطرها عن 200 كم (125 ميل).

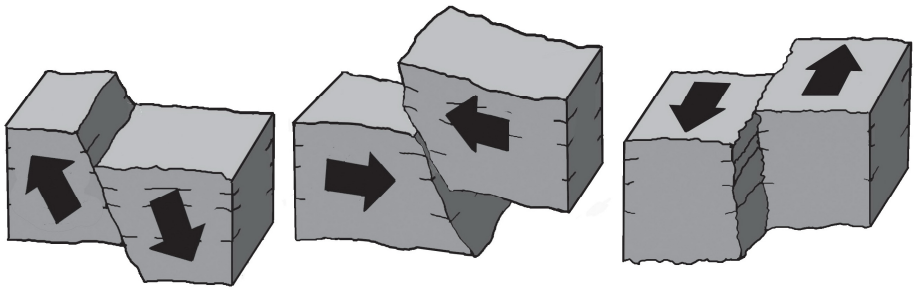


الزلازل

الزلازل هي نتيجة مميتة ومدمرة لاحتكاك الصفائح التكتونية مع بعضها البعض عند خطوط الصدع في القشرة الأرضية. والحدود الفاصلة بين الصفائح ليست ملساء-الكتل والمطبات في الصخور تسبب احتكاكًا يمنعها من التحرك بحرية، وحدوث الاحتكاك مصحوبًا بمرونة الصخر يؤدي إلى تراكم طاقة إجهاد، وعندما تكون الطاقة المتراكمة كافية للتغلب على الاحتكاك، تنزلق الصفائح فجأة مؤدية إلى هزة تنتشر كموجة خلال القشرة ويمكن أن تكون قوية بما فيه الكفاية لتتسبب في انهيار المباني وإثارة الانهيارات

الأرضية، أما إذا كان مركز الزلزال-النقطة التي ينتشر منها الزلزال- موجودًا في البحر فإنه يؤدي إلى حدوث أمواج تسونامي.

هناك ثلاثة أنواع من الزلازل اعتمادًا على طبيعة الصدع المسئول عن حدوثها:



الصدوع المتباعدة، التي تتباعد فيها الصفيحتان عن بعضهما البعض، ينشأ عنها زلازل "رأسية"، أما الصدوع المتقاربة التي تدفع فيها إحدى الصفيحتين بقوة تحت الأخرى، ينشأ عنها زلازل يطلق عليها "زلازل الدسر"، أما الصدوع الناقلة التي تنزلق فيها إحدى الصفائح بمحاذاة الأخرى تؤدي إلى "زلزال مضربي الانزلاق" وتقاس الزلازل على مقياس درجة العزم الذي حل الآن محل مقياس ريختر الأقدم. وأي زلزال مقداره 7 أو أكثر يشكل خطرًا.

الانهيارات الأرضية

المواد العالقة على ميل أرضي شديد الانحدار تكون عرضة لفقد سيطرتها وبالتالي تنزلق إلى أسفل- وتكون النتيجة هي حدوث انهيار أرضي والذي يمكن أن يحدث بسبب الزلازل، أو فعل المياه، أو النشاط البشري مثل المحاجر والتنقيب عن المعادن، وتتراوح التأثيرات ما بين إزعاجات بسيطة- على سبيل المثال عندما يتسبب الحطام في إغلاق الطرق- وحتى التدمير ووجود خسائر في الأرواح عندما يجرف الحطام مناطق مأهولة بالسكان أو يسقط عليها. والانهيارات الأرضية لا تتضمن التربة والصخور فحسب؛ فالجبال المغطاة بالجليد عرضة لحدوث انهيارات ثلجية-وهي انهيارات هائلة للثلج-والتي تشكل خطرًا على

متسلقي الجبال، وعلى المتزلجين. أما الانهيارات الطينية المميتة فيمكن أن تحدث نتيجة الأمطار الغزيرة، وذوبان الجليد، وحتى الأنشطة البركانية.

الانهيارات الأرضية في البحار تؤدي إلى حدوث أمواج تسونامي، ومن المعتقد أن ذلك سيحدث يومًا ما على جزيرة لابالما الأسبانية عندما يحدث ما هو متوقع وينزلق الجزء الغربي من الجزيرة إلى المحيط مسببًا موجة تسونامي ارتفاعها 600 متر (656 ياردة) والتي ستشكل تهديدًا على أمريكا الشرقية.

الثوران البحيري

عام 1986 أطلقت بحيرة نيوس في دولة الكاميرون بغرب أفريقيا فجأة وبدون مقدمات كمية تقدر بـ 80 مليون متر مكعب من غاز ثاني أكسيد الكربون. واستقرت سحب الغاز في المناطق المخفضة في حدود 25 كم (15 ميل) حول البحيرة–مما أدى إلى سحب الأكسجين المتنفس فاختنق أكثر من 1700 فرد بالإضافة إلى عدد لا يعد ولا يحصى من الحيوانات البرية والأليفة، وهذه الحادثة هي أحد الأمثلة على الكوارث الطبيعية النادرة المرعبة ويطلق عليها "الثوران البحيري"

يحدث الثوران نتيجة غاز ثاني أكسيد الكربون المتحلل في مياه البحيرة. ويمكن لثاني أكسيد الكربون أن يقحم في الماء نتيجة عدد من العمليات، مثل تحلل المواد النباتية، وإطلاق الغاز من فتحات البركان عند قاع البحيرة– تقع جزيرة نيوس في فوهة بركان خامد عميق.و تمامًا مثل زجاجة المشروبات الغازية، الماء تحت ضغط عالي في قاع البحيرة له القدرة على احتواء غاز ثاني أكيد الكربون في محلول، لكن عندما يتحرك الماء على سبيل المثال خلال انهيار أرضي أو زلزال، أو عندما يسخن الماء بفعل حرارة بركانية ينطلق الغاز تلقائيًا. هناك برامج الآن في طريقها إلى التنفيذ لسحب ثاني أكيد الكربون من قاع بحيرة نيوس لمنع هذا النوع من التراكمات من أن يسبب ثوران بحيري.

الفيضانات

الأمطار الغزيرة المفرطة التي تؤدي إلى اندفاع مياه النهر نحو ضفتيه، وعواصف المحيط

المشتدة التي تؤدي إلى انهيار دفاعات البحر، وذوبان الجليد في الشتاء، والثلج في الربيع جميعها أسباب تؤدي إلى حدوث الفيضانات. وعلى الرغم من تقنيات القرن الحادي والعشرين المستخدمة في مراقبة الفيضانات وبناء السدود ضدها، لا زال هذا الشكل من الكوارث الطبيعية يمثل خطرًا مميتًا ومدمرًا على المناطق المنخفضة إلى وقتنا الحاضر؛ فهي تأتي على المنازل، والملكيات الخاصة والبنى التحتية -مثل الطرق والكباري فتدمرها، كما أنها تسبب خسائر في الأرواح خلال الغرق أو الأمراض بسبب تلوث موارد المياه بمياه المجاري. والخطر الذي تشكله الفيضانات سيزداد بسبب قيام التغيرات المناخية برفع مستويات منسوب البحر حول العالم وجعل ظواهر الطقس المتطرفة مثل الأعاصير والعواصف أكثر عرضة للحدوث.

أمواج تسونامي

تتسبب الحوادث البحرية العنيفة مثل الزلازل تحت البحرية، والتأثيرات الكونية للمذنبات أو الكويكبات مع المحيط في اضطرابات هائلة في المياه التي تتحرك بدورها إلى الخارج على صورة موجة مد، أنها موجة تسونامي التي تمتلك قوة كافية لطمس المناطق الساحلية. الكلمة "تسونامي" مشتقة من الكلمة اليابانية التي معناها "موجة الميناء". أن موجة تسونامي تحمل طاقة هائلة، لكن ارتفاع هذه الأمواج في عمق منتصف المحيط صغير، فالقارب الذي يبحر في منتصف المحيط الأطلسي ويشهد مسار موجه تسونامي بالكاد يشعر بأي تأثير عند مرور الموجة العميقة به، إلا أن بمجرد عبور هذه الموجة جرفًا قاريًا وتركيز طاقتها في طبقة ضحلة من المياه ترتفع لتصبح حائطًا مخيفًا من المياه يصل ارتفاعه غالبًا إلى عشرات المترات.

في اليوم العالمي للملاكمة عام 2004 اندفعت موجة تسونامي عبر المحيط الهندي- وتسبب فيها زلزال الدسر تحت البحري عند منطقة اندساس على ساحل سومطرة. وتسببت هذه الموجة الهائلة، التي وصلت إلى ارتفاع 30 متر، في بعض الأماكن في قتل ما يربو على 230000 فرد عندما جرفت اليابسة مسببة دمار واسع في 11 دولة.

الزوابع (Tornadoes)

الزوبعة هي عمود من الهواء يدور بسرعة كبيرة ويمتد من الأرض وحتى المزن الركامي في الأعلى، وأقوى الزوابع المعروفة تولد رياحًا سرعتها تفوق 500 كم/ س (300 ميل في الساعة)، وبإمكان هذه الدوامات الوحشية اقتلاع المنازل من أساسها، ودفع السيارات والشاحنات في الهواء، وشق طريق دمار خلال صفحة الأرض يزيد اتساعه عن كيلو متر واحد. وتحدث الزوابع عندما يتحرك الهواء عند الارتفاعات العليا بسرعة أكبر من سرعة الهواء القريب من سطح الأرض مما يؤدي إلى تكون اسطوانة أفقية من الهواء تتدحرج عبر الأرض، إذا تدحرجت هذه الأسطوانة خلال تيار هوائي دافئ، يحرك الهواء الدافئ الإسطوانة إلى أعلى رأسيًا فيتولد الإعصار.

الزوابع تكون شائعة الحدوث في منطقة "زقاق الأعاصير" في الولايات المتحدة الذي يمتد من منطقة وسط اغرب الولايات المتحدة وحتى ولاية تكساس؛ امتزاج تيارات من الهواء الدافئ الرطب مع الهواء الجاف يمثل الظروف المثلى لتكون الأعاصير. وتستخدم محطات الرادار في هذه المنطقة في تعقب مسار الزوابع الخطيرة حتى يمكن إصدار تحذيرات مسبقة.

العواصف الشديدة

في الخامس عشر من شهر أكتوبر لعام 1987 ضربت عاصفة مروعة أوروبا الشمالية، لقد ضربت إنجلترا وفرنسا برياح تقترب سرعتها من 220 كم/ س (130 ميل في الساعة)- اقتلعت الأشجار، ودمرت المباني، وتسببت في موت 22 شخص- وعلى الرغم من عدم اعتبار هذه العاصفة إعصار على نطاق واسع (زوبعة أطلسية) إلا أنها حققت عدة معايير للأعاصير بما فيها سرعة الرياح وانخفاض الضغط.

وتلك العواصف الشديدة ليست حكرًا على أوروبا، ففي عام 1962 ضربت الرياح العاتية، والأمطاروالجليد الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية مما تسبب في 40 حالة وفاة، وتدميرات تصل إلى مئات الملايين من الدولارات. لكن حمدًا لله أن هذه العواصف لا تحدث في كثير من الأحيان؛ لأن الظروف المسببة لها -اصطدام جبهة طقس قوي حار بشدة بجبهة طقس بارد، واندماج عواصف أصغر - نادرة.

الأعاصير (Cyclones)

الأعاصير هي أنظمة هائلة من العواصف التي تتكون في المناطق المدارية، حيث تحفز المحيطات الدافئة تيارات الحمل إلى أعلى والتي تندفع إلى أعلى بفعل تأثير كوروليس لتكون دوامات ذات قلب منخفض الضغط تدور حوله رياح عاتية. تعرف الأعاصير في المحيط الهادي باسم "تيفون" (typhoons)، أما الأعاصير التي تتكون في المحيط الأطلنطي فتسمى "إعصار استوائي" (hurricane).

بمجرد تكون الإعصار يتنقل غربًا إلى أن يصطدم باليابسة، ومن رحمة الله أن ذلك يجعل الإعصار يبدأ في التبدد من خلال الاحتكاك مع اليابسة، وزوال مصدر طاقته- الحرارة البحرية. تتسم الأعاصير شديدة العنف برياح ثابتة تعصف بسرعة تزيد عن 250 كم/ س (150 ميل في الساعة)، كما أنها تدفع بأمواج المحيط إلى ارتفاع يزيد عن 5 أمتار على أي شيء يعترض مسارها. توجد أعتى الرياح فيما يسمى ب"جدار العين" وهي حلقة من العواصف المحيطة بالقلب منخفض الضغط للإعصار والذي يطلق عليه "العين". داخل العين التي يمكن أن يتراوح عرضها ما بين 8 كم وحتى 200 كم (5 إلى 125 ميل) تكون الظروف هادئة نسبيًا.

حرائق الغابات

لقد أصبح مشهد هكتارات الغابات المحترقة التي تهدد مساكن البشر والمواطن الطبيعية للحياة البرية شائعًا في الأخبار التليفزيونية. في عام 2007 اجتاحت النيران غابات محيطة بأثينا باليونان وتسببت في مقتل 65 شخص، وفي عام 2008 جاء الدور على جنوب أستراليا بينما في عام 2009 دمرت الحرائق 1300 كيلومتر مربع من الغابات في كاليفورنيا.

يلقي العديد من الخبراء بلوم الموجة الأخيرة من حرائق الغابات على كوكبنا الدفيء بحجة أن التغير المناخي يجعل النباتات شديدة الجفاف. بينما يقول أخرون أن جهود البشر في قمع حرائق الغابات قد أدت إلى فرط وجود وقود الإحتراق مما يؤدي بدوره إلى تحول الحرائق الصغيرة التي تكون تحت السيطرة إلى الحرائق العملاقة التي أصبحنا نراها في الآونة الأخيرة. وتساعد التكنولوچيا في السيطرة على الحرائق والتحكم بها؛ حيث تجمع محطات

رصد عبر الولايات المتحدة الآن معلومات بانتظام عن العوامل مثل درجة الحرارة، والرطوبة والطقس لوضع توقعات مفصلة عن الأماكن التي يحتمل فيها اندلاع حرائق الغابات.

الموجات الحرارية

مع إزدياد الدفء العالمي أصبحت الموجات الحرارية- الأوقات الطويلة عندما ترتفع درجات حرارة منطقة ما بشكل غير طبيعي- أكثر شيوعًا. وغالبًا يرجع سببها إلى أنظمة الطقس مرتفعة الضغط التي تمنع الغطاء السحابي مما يسمح بوصول كمية اكبر من ضوء الشمس إلى الأرض ويقلل من الكمية الكلية لهطول الأمطار. المدن والمناطق الحضرية تميل إلى التعرض إلى بعض أسوأ الموجات الحرارية حيث أن مواد البناء تحتجز الحرارة بكفاءة أكثر من احتجاز الأراضي للحرارة.

الموجات الحرارية والجفاف المصاحب لها يمكن أن يكون له تأثير كارثي على الدول النامية، لكن حتى في دول الغرب، الحرارة مشكلة أكبر مما تتخيل ففي عام 2002 استنتجت دراسة أجرتها مدرسة جونز هوبكينز بلومبيرج للصحة العامة أن الموجات الحرارية في الولايات المتحدة تقتل حوالي 400 شخص سنويًا.

التأثيرات الكونية

اصطدام الكويكبات والمذنبات بالأرض هي أحداث مدمرة إلى حد مرعب- لها القدرة على تدمير مدن، وقارات، بل تدمير الكوكب كله. في عام 1908 ضربت قطعة من الصخر أو الجليد من الفضاء منطقة "تونجوسكا" في روسيا وانفجرت بطاقة تعادل طاقة سلاح نووي 15 مليون طن- هذا يعادل قوة القنبلة التي دمرت مدينة هيروشيما في اليابان في نهاية الحرب العالمية الثانية 1000 مرة- مما أدى إلى تدمير ما يزيد عن 2000 كيلومتر مربع من الغابات في "تونجوسكا".

يعتقد أن الجسم الذي تسبب في أحداث "تونجوسكا" صغير نسبيًا- عرضه حوالي 50 متر-، فهناك مذنبات وكويكبات تفوق ذلك بكثير- عرضها كيلومتر أو أكثر. فالتأثير

الناتج عن قطعة من الصخر أو الجليد عرضها كيلومتر واحد يمكنه تدمير الحياة على كوكب الأرض، وإطلاق العنان للعواصف النارية، وأمواج تسونامي، وقذف سحب الرماد والحطام إلى الغلاف الجوي مما يؤدي إلى حجب أشعة الشمس لسنوات عديدة الذي يؤدي بدوره إلى انغماس الكوكب في شتاء صناعي قاسي.

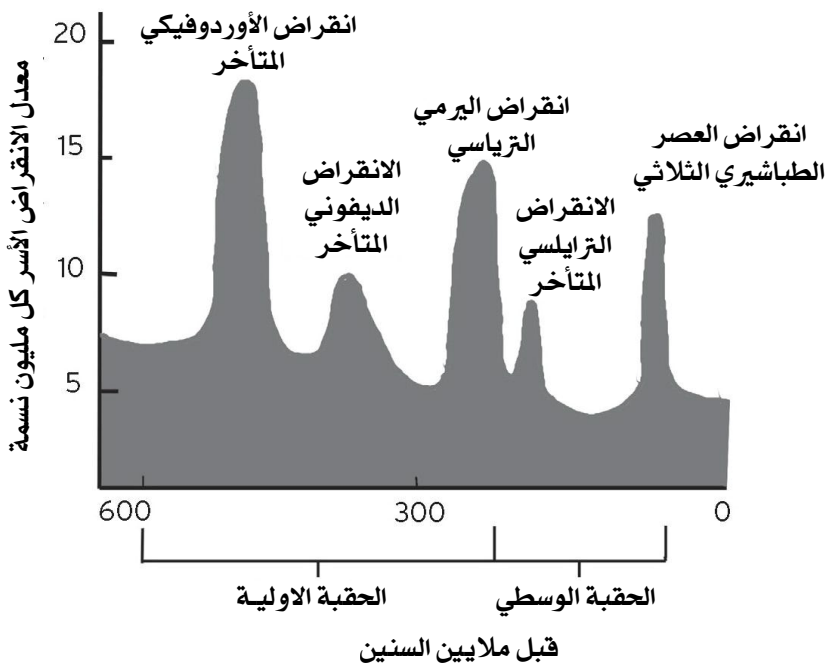
من المعتقد أن التأثيرات الكونية مسئولة على أقل تقدير عن واحد من الانقراضات الجماعية العظيمة في تاريخ الأرض- الحدث الذي وقع منذ 65 مليون سنة عندما اختفت الديناصورات من على وجه الأرض. يقوم علماء الفلك الآن بتمشيط السماوات بحثًا عن هذه الأجسام الخطيرة المحتملة وفي الوقت نفسه يحاول العلماء استنباط ما سوف يكون بمقدورنا فعله عندما نجد أحدها.

أشعة الموت

لقد أشار علماء الفلك إلى أن الإشعاعات القادمة من أحداث العنف الفضائية بإمكانها إثارة كوارث طبيعية مميتة وخسائر في الأرواح على كوكب الارض. انفجارات المستعر العظيم، والمستعر فوق العظيم هي انفجارات قوية تحدث كعلامة على موت النجوم هائلة الحجم، وإذا حدث أحد هذه الانفجارات خلال مسافة قدرها 100 سنة ضوئية فسيكون بإمكانه تدمير الأرض التي قد نضبت طبقة الأوزون التي تحيط بها بالفعل مما يتيح للمستويات الضارة من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس أن تسمم الحياة على سطح الكوكب. وقد كشف الدليل على هذه النظرية علماء في معهد ريكن للبحوث باليابان في عام 2009 وجدوا علامات إشعاعات- تغيرات كيميائية مستحثة في الأجزاء الداخلية لجليد المنطقة القطبية الجنوبية بالتزامن مع تواريخ- من السجلات الفلكية- لانفجارات مستعرة عظيمة معروفة في تاريخ الأرض. ويتوقع بعض العلماء أن هذه الأحداث قد تؤدي إلى حدوث انقراض جماعي للحياة على سطح الأرض بحجة أن النظرية تبدو متوافقة مع خصائص الانقراض الذي حدث في نهاية الفترة الأوردوفيكية في العصر الأولي منذ حوالي 440 مليون سنة.

الانقراضات الجماعية

الانقراضات الجماعية هي الكارثة الطبيعية القصوى وتحدث عندما تختفي نسبة كبيرة من السلالات المكونة للحياة على كوكب الأرض من على وجه الكوكب في مدة زمنية قصيرة، وقد وجد العلماء الذين يدرسون السجل الأحفوري للأرض في عصور ما قبل التاريخ خمس حوادث كبيرة في الماضي انخفض فيها عدد الفصائل المتحجرة بشكل كبير، وتعرف باسم الانقراضات الخمسة العظيمة، وتظهر على شكل قمم في الرسم البياني المرسوم بين معدل الانقراض والزمن، وهي: الانقراض الأوردوفيكي المتأخر، والانقراض الديفوني المتأخر، والانقراض البيرمي الترياسي (جميعها في الحقبة الأولية)، والانقراض الترياسي المتأخر في الحقبة الوسيطة، وانقراض العصر الطباشيري الثلاثي. الذي انقرضت فيه الديناصورات، وأكبر هذه الانقراضات هو الانقراض البرمي-الترياسي- الذي انقرضت فيه 90٪ من الفصائل البحرية، و 70٪ من الفقاريات. من المعتقد أن الانقراضات الجماعية يرجع سببها إلى أحداث فضائية قوية مثل: التأثيرات الكونية، وأشعة الموت بالإضافة إلى ظواهر أرضية مثل تغير المناخ والبراكين الخارقة.



الغلاف الجوي للأرض

مكونات الغلاف الجوي

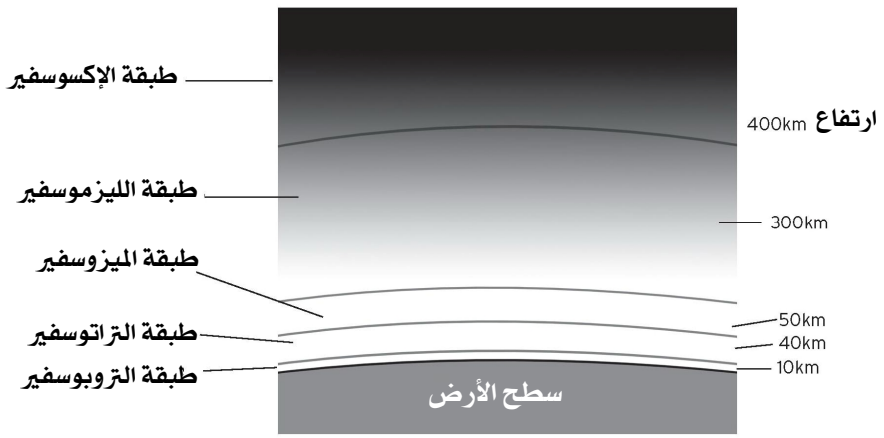
الغلاف الجوي للأرض عبارة عن خليط من غاز النيتروچين، والأكسچين والأرجون، وثاني أكسيد الكربون بنسب 78٪،و 21٪،و0.93٪، و0.38 على الترتيب. وعند مستوى سطح البحر يسبب الغلاف الجوي ضغطًا مقداره 1 بار، تحت الظروف الطبيعية، حيث 1 بار يساوي 100000 باسكال. يعبر خبراء الطقس عادة عن الضغط باستخدام وحدة المللي بار (mb)، حيث أن ا بار= 1000 مللي بار. تسبب أنظمة الطقس تغيرات جوهرية في الضغط- على سبيل المثال، في عين الإعصار قد ينخفض الضغط إلى 870 مللي بار، حتى في الطقس الهادئ يقل الضغط بالارتفاع، فهو يصبح نصف قيمته تقريبًا كل 5.6 كم (3.5 ميل) فوق سطح الكوكب. يقع 99.99٪ من الغلاف الجوي ضمن حدود 100 كم (60 ميل) من السطح- وهذه هي النقطة التي اعتبرت حافة الفضاء)

مكونات الغلاف الجوي هي ما يعطي السماء لونها؛ فالمواد الكيميائية في الهواء تفضل تشتيت الضوء الأزرق من طيف الإشعاع المغناطيسي من الشمس عبر السماء مما يعطي السماء درجة اللون الأزرق.

بنية الغلاف الجوي

يقسم العلماء الغلاف الجوي للأرض إلى طبقات، الطبقة الدنيا منها هي طبقة المتكور الدوار"التروبوسفير" (troposphere) التي تمتد حتى ارتفاع ما بين 7 كم و28 كم (4.5 إلى 17 ميل) وتعرف بأنها الطبقة التي يعمل سطح الأرض على تسخينها- لذلك تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع، وعند الحافة العلوية لطبقة التروبوسفير يوجد حدًا تحدده طبقة رقيقة تسمى "التروبوز" (tropopause)، أما في المستوى الذي يعلوه توجد طبقة المتكور الطبقي "الستراتوسفير" (stratosphere) والتي تمتد من الجزء العلوي لطبقة التروبوسفير وحتى ارتفاع 50 كم (31 ميل)، وعندها يقسم الحمل الغلاف الجوي إلى طبقات مختلفة في درجة الحرارة، ويرتفع الزئبق مع زيادة الارتفاع. وتضم طبقة الستراتوسفير طبقة

الأوزون التي تحمي الأرض من الإشعاعات الشمسية فوق البنفسجية الضارة، وفوقها طبقة المتكور الأوسط "الميزوسفير" (mesosphere) حيث تقل درجة الحرارة مجددًا بالارتفاع ؛ فهذه الطبقة تصل إلى ارتفاع حوالي 85 كم (53 ميل) وهي أكثر الطبقات برودة من بين طبقات الغلاف الجوي حيث تهبط درجة الحرارة إلى –100 مئوية (–148 فهرنهيت)، وبعد الميزوسفير توجد طبقة المتكور الحراري"الثيرموسفير" (thermosphere) التي تمتد من 80 كم (50 ميل) حتى تصل إلى الفضاء عند ارتفاع حوالي 400 كم (250 ميل).، وعند ذلك الارتفاع تصبح حرارة الشمس هي المصدر الرئيسي للحرارة وتتسبب في رفع درجة الحرارة إلى مايزيد عن 1000 درجة مئوية (1830 فهرنهيت)، وأخيرًا نجد طبقة "الإكسوسفير"(exosphere) الحد الخارجي المخلخل للغلاف الجوي.



خلية هادلي

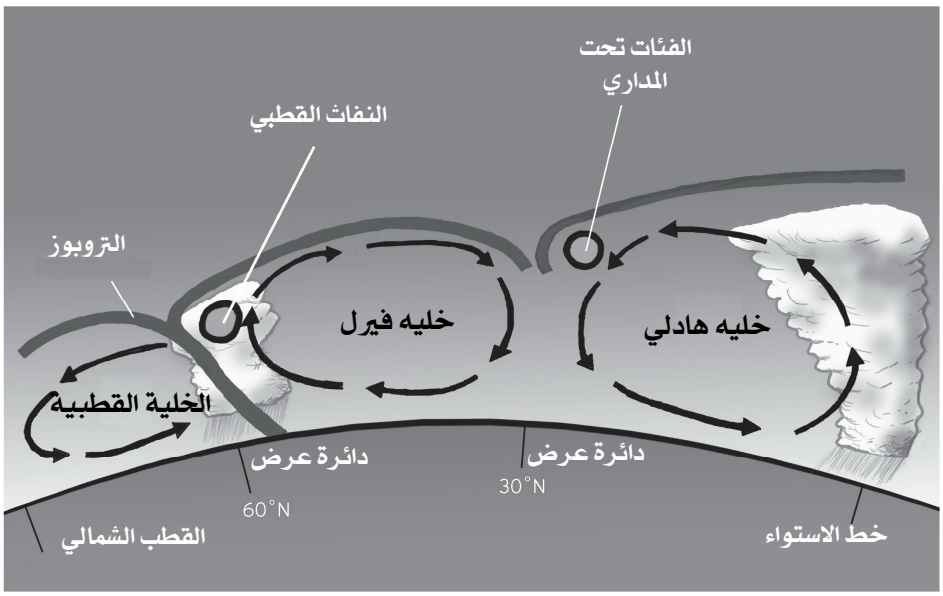
خلية هادلي هي تيار حمل قوي يسيطر على دوران الهواء في الغلاف الجوي للأرض، فالهواء الساخن عند خط الاستواء يرتفع إلى ما يزيد عن 10 كم (6.2 ميل) ثم ينتقل ناحية القطبين إلى دوائر عرض حوالي +/ –30 حيث يبرد ويهبط إلى مستوى سطح البحر مجددًا ثم ينجرف مرة أخرى نحو خط الاستواء.

يميل الهواء في خلية هادلي إلى فقد رطوبته نتيجة التكاثف عند درجات الحرارة المنخفضة عند الارتفاعات الشاهقة، ولهذا السبب يكون الهواء جافًا ويعود إلى مستوى سطح البحر

وهذا هو أحد العوامل المساهمة في تكون الصحاري حول المناطق المدارية، وبالمثل يميل الهواء البارد إلى الهبوط حول قطبي الكوكب ثم ينتقل إلى دوائر عرض +/ -60 ثم يسخن هناك فيرتفع مجددًا وهذا يشكل تيار دوران يعرف باسم " الخلية القطبية". الهواء الهابط في خلية هادلي والصاعد في الخلية القطبية يشكلان تيار حمل ثالث من تيارات الغلاف الجوي بين التيارين السابقين يسمى خلية منتصف خط العرض(mid-latitude) أو خلية فيريل الذي يمتد بن دائرتي عرض +/ -30 إلى +/ -60.

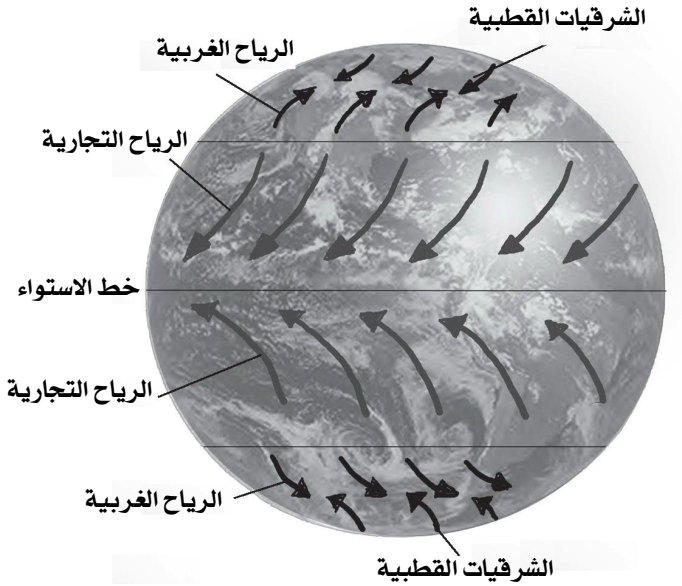
التيارات النفاثة

التيارات النفاثة هي أحزمة من الهواء عالي السرعة يدور حول الأرض في اتجاه شرقي في طبقة التروبوسفير العليا، وهناك تياران نفاثان أساسيان-التيارات النفاثة القطبية والتيارات النفاثة تحت المدارية، وهي نتيجة لقانون بقاء كمية التحرك الزاوية من الديناميكا الدورانية. وأثناء دوران الأرض ينجرف الهواء على سطح الأرض في دائرة عملاقة لكن أثناء انتقال الهواء إلى القطبين خلال خلية هادلي.فإن نصف قطر الدوران يقل. وتمامًا مثلما تزداد سرعة متزلج الجليد من خلال سحب ذراعيه يتحرك الهواء نحو القطبين ويقل نصف قطر دورانه وبالتالي تزداد سرعته وتنتج تيارات نفاثة، وتأخذ اتجاهها



الشرقي من تأثير كوروليس. والطائرات التي تطير نحو الشرق تستفيد من التيارات النفاثة عن طريق استخدامها كريح مساندة قوية للتقليل من زمن الطيران ومن الوقود المستخدم.

الرياح التجارية



الرياح التجارية هي تيارات هوائية عند سطح الأرض نتيجة خلية هادلي وهو تيار حمل عملاق يحدث في الغلاف الجوي. ففي خلية هادلي يتحرك الهواء نحو خط الاستواء بمحاذاة سطح الأرض لكن تأثير كوروليس يسبب إنحراف هذا التدفق المستقيم مكونًا هواء يتجه نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي في نصف الكرة الشمالية ونحو خط الاستواء من الجنوب الشرقي في نصف الكرة الجنوبي، وهذه التيارات هي الرياح التجارية؛ والمكان الذي تتقارب فيه عند خط الاستواء يكون حزامًا من الهواء الساكن ويعرف باسم "الركود"(doldrums) حيث تجرف خلية هادلي الرياح إلى دوائر عرض أعلى.

و تحت خلية فيرل عند خطوط عرض بين +/ -30 و+/ - 60 تؤدي الآلية نفسها إلى تكون رياح تعرف باسم الرياح الغربية والتي تهب من الجنوب الغربي في نصف الكرة الشمالي، ومن الشمال الغربي في نصف الكرة الجنوبي. أما الخلايا القطبية فتولد رياح مشابهة في الاتجاهات المضادة وتعرف باسم الشرقيات القطبية.

طبقة الأوزون

هناك قشرة من الغلاف الجوي تقع أعلى الأرض في طبقة الستراتوسفير تسمى طبقة

الأوزون، وهي طبقة غنية بالأوزون- الذي يعرف أيضًا باسم الأكسچين الثلاثي، وهو جزيء مكون من ثلاث ذرات أكسچين مرتبطة معًا. ويلعب الأوزون دورًا مهمًا في جعل الأرض كوكبًا صالحًا للحياة عن طريق امتصاص معظم الضوء فوق البنفسجي الضار القادم من الشمس، ولولا طبقة الأوزون لارتفعت معدلات سرطان الجلد وإعتام عدسة العين.

لقد نضبت طبقة الأوزون حول الأرض بسبب تلوث الهواء في شكل غازات تعرف باسم الكلوروفلوروكربونات (CFCs) التي تستخدم كمواد دافعة في الرش بالرذاذ وفي مبردات الثلاجات. الأشعة فوق البنفسجية تتفاعل مع هذه المواد الكيميائية مكونة شوارد أكسيد النيتروچين الحرة (nitrogen oxide free radicals) التي تفكك طبقة الأوزون مما أدي إلى تقليل سمك طبقة الأوزون تقليلًا خطيرًا فوق القارة القطبية الجنوبية-"ثقب الأوزون". وقد أصبح استخدام الكلوروفلوروكربون حاليًا محظورًا عالميًا، ويبدو أن معدلات نضوب طبقة الأوزون أصبحت أبطأ نتيجة لهذا الحظر - على الرغم من أن محو هذه الملوثات من الغلاف الجوي تمامًا قد يستغرق 100 عام.

الأيونوسفير

الجزء العلوى من طبقة الميزوسفير، والجزء السفلي من طبقة الثرموسفير هو مكان تواجد طبقة الأيونوسفير حيث تكون الذرات والجزيئات في الغلاف الجوي متأينة بسبب إشعاع الشمس. والأيونوسفير هو الطبقة التي يتكون فيها الشفق، حيث أن الجسيمات عالية الطاقة القادمة من الشمس تصطدم بذرات وجزيئات الغاز الموجود في الهواء الجوي لتشكل عروض الضوء المذهلة وطبقة الأيونوسفير مفيدة أيضًا في الاتصال العالمي. فالغاز في هذه الطبقة متأين وبالتالي يكون موصلًا للكهرباء ويسلك سلوك المعدن مما يعني أن في إمكانها جعل الإشعاع الكهرومغناطيسي يخضع للإنعكاس وهو ما يمكن استخدامه في ارتداد إشارات الراديو بين طبقة الأيونوسفير والأرض مما يؤدي إلى بثها عبر الكوكب.

حزاما فان آلين

حزاما فان آلين هما حزامان على شكل تارة، مكونان من جسيمات عالية الطاقة من

الشمس يحتجزها المجال المغناطيسي للأرض. وهذان الحزامان يحتضنان بعضهما البعض، ويتكون الحزام الخارجي، الذي يمتد ما بين 15000 كم و25000 كم (9500 و15500 ميل) فوق خط الاستواء الأرضي، في الأساس من جسيمات من الإلكترونات، بينما الحزام الداخلي، الذي يقع ما بين 1000 كم و5000 كم (600 و3000 ميل) تغلب فيه البروتونات عالية الطاقة. وقد تكهن بهما لأول مرة عالم الفيزياء الفلكية الأمريكي الطبيب چيمس فان آلين، والذي كان أول من اكتشفهما أيضًا في عام 1958- عن طريق التفسير الصحيح للبيانات التي عادت مع مركبة فضاء المستكشف 1 لناسا. وتحتاج الأقمار الصناعية المارة خلال الحزامين إلى تكوين الدروع لمنع الإشعاعات من إتلاف أجهزتها الإلكترونية الحساسة.

الغلاف المغناطيسي

لا يقف تأثير المجال المغناطيسي للأرض عند سطح الكوكب بل يمتد خلال الغلاف الجوي وفي الفضاء في فقاعة عملاقة من المغناطيسية تعرف باسم الغلاف المغناطيسي. على الارتفاعات القريبة من سطح الأرض يكون لطبقة الغلاف المغناطيسي (magnetosphere)[1] نصيبًا من اسمها فهي تقريبًا كروية في هذه المنطقة لكن فيما بعد ذلك أي على ارتفاع حوالي 60000 كم (37250 ميل) يتأثر شكل هذا الغلاف بتأثيرين من الشمس: الرياح الشمسية والمجال المغناطيسي للشمس. هذان التأثيران يتسببان في سحب الغلاف المغناطيسي خلف الكوكب مكونًا ذيلًا طويلًا يمتد حتى 1.25 مليون كم (776700 ميل) في الفضاء بين الكواكب. وقد كان لهذا الغلاف دورًا حاسمًا في ظهور الحياة على سطح الكوكب فقد عمل كدرع لحماية السطح من الجسيمات الإشعاعية المشحونة كهربيًا القادمة من الفضاء.

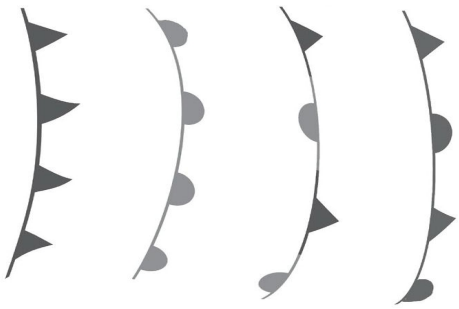
(1) كلمة sphere تعني في الإنجليزية كرة.

الأرصاد الجوية

الرياح

مصطلح "الرياح" هو المصطلح الذي يطلقه علماء الأرصاد- العلماء الذين يقومون بدراسة طقس الأرض- على حركة تكتلات كبيرة من الهواء عبر سطح الكوكب. وعلى الرغم من وجود أنماط مؤكدة وراسخة من الرياح مثل التيارات النفاثة، والرياح التجارية إلا أن معظم الرياح الجوية التي نواجهها يومًا بعد يوم تكون أقل توقعًا. تحدث الرياح بسبب الاختلافات في ضغط الغلاف الجوي- يتدفق هواء المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق التي يكون ضغطها أكثر انخفاضًا. والاختلافات في الضغط نفسها ترجع إلى تأثيرات حرارية-تحركات الهواء إلى أعلى تقلل من الضغط المؤثر على الأرض الدافئة مقارنة بالبحر البارد، بينما يؤدي سريان الهواء البارد إلى أسفل إلى تكون مناطق مرتفعة الضغط. وبهذه الطريقة تدار أنظمة الرياح الأرضية عن طريق الحرارة التي تتلقاها الأرض من الشمس- ولهذا السبب يكون توليد الكهرباء باستخدام الرياح شكل غير مباشر من أشكال الطاقة الشمسية. وتقاس سرعات الرياح طبقًا لمقياس بيفورت اعتمادًا على سرعتها في العقدة (1 عقدة=1.9 كم/ س=1.2 ميل في الساعة).

جبهات الطقس

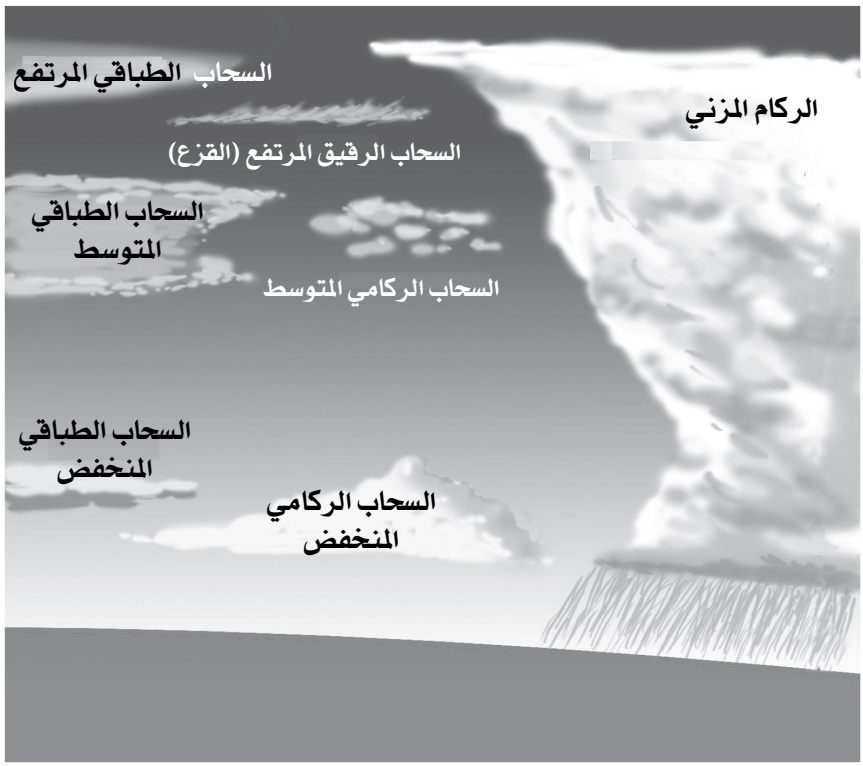


سبق وأن رأينا جميعًا تلك الخطوط من المثلثات الزرقاء، وأنصاف الدوائر الحمراء على خرائط الطقس على شاشة التلفاز، والتي تشير إلى جبهات باردة وجبهات دافئة. الجبهة الباردة هي تمامًا بمعنى الكلمة حافة لحجم كبير من هواء بارد مقترب؛ وصوله سيؤدي إلى هطول أمطار لأن الهواء الرطب الدافئ سيتصاعد فوق كتلة الهواء البارد وستتكثف رطوبته لتكوين سحب، وأحيانًا قد تحدث عواصف رعدية، وبمجرد وصول جبهة باردة فإنها تجلب معها منطقة ضغط مرتفع. وبالمثل، الجبهة الدافئة هي حافة كتلة مندفعة من هواء درجة حرارته

ورطوبته أعلى نسبيًا؛ وغالبًا ما تجلب سقوط أمطار قليلة، لكن ليس بنفس حدة مرورها بجبهة باردة. أحيانًا تسبق جبهة دافئة جبهةً باردة- ويعرف ذلك باسم "الجبهة المغلقة"، ومن ناحية أخرى، عند تلاقي جبهتين باردة ودافئة لهما نفس القوة- بحيث لا تصل أي منهما إلى الأرض- تسمى الجبهة الناتجة "جبهة مستقرة".

السحب

تعرف الكتل المنتفخة من قطرات الماء الصغيرة في سماوات كوكب الأرض باسم السحب. وهي أساسية لظواهر الطقس الأخرى مثل سقوط الأمطار والبَرَد، والثلوج. المياه الموجودة في السحابة تشتت وتبعثر أشعة الشمس المارة خلالها، ويكون هذا التأثير طفيف في السحب الصغيرة المخلخلة، وتظهر السحب بيضاء ورقيقة لكن السحب الأكبر كثافة وسمكًا - محملة بالماء-تمتص نسبة أكبر من الضوء فتظهر رمادية أو حتى سوداء.



تنقسم السحب إلى أربعة عائلات (انظر الرسم). العائلة (أ) تضم السحب المرتفعة مابين 3 كم إلى 18 كم (2 إلى 11 ميل) فوق المستوى الأرضي (AGL).اعتمادًا على دوائر العرض، وتضم هذه العائلة السحاب الرقيق المرتفع (القزع).(Cirrus)، والسحاب الطباقي المرتفع (Cirrostratus). أما السحب المتوسطة تُكون العائلة (ب) وتتوزع بين ارتفاعي 2 كم إلى 8 كم (1.25 ميل حتى 5 ميل) فوق المستوى الأرضي، وتضم سحبًا على شكل صفائح هي السحاب الطباقي المتوسط (Altostratus)، والسحاب الركامي المتوسط.(Altocumulus). أما السحب المنخفضة فتتواجد حتى ارتفاع 2 كم (1.25 ميل) مثل السحب البيضاء المنتفخة التي يطلق عليها السحاب الركامي المنخفض (Cumulus) والتي تشكل العائلة (ج)، وأخيرًا هناك سحب رأسية من العائلة (د) التي تتكون على ارتفاعات عديدة- غالبًا الركام المزني (Cumulonimbus) الذي يكون على وشك الإمطار. ويطلق على الدراسة العلمية للسحب اسم "علم السحب".

هطول الأمطار

عندما تنخفض درجة حرارة الركام المزني أو السحاب المزني الطبقي بقدر يكفي لتكثف القطرات وتحولها إلى مياه في الحالة السائلة تكون النتيجة هطول الأمطار.، ويشير علماء الأرصاد إلى هذه العملية باسم الهطول (precipitation) - يجب مراعاة عدم الخلط بينه وبين الترسيب الكيميائي (chemical precipitation)-. الأمطار جزء من دورة المياه، وهي أوج العملية التي بواسطتها تتبخر المياه من المحيطات لتكون السحب ثم تسقط مجددًا إلى الأرض على هيئة أمطار وبذلك تتكرر العملية.

يميل هطول الأمطار إلى الحدوث في المناطق منخفضة الضغط لأن الضغط الجوي المنخفض يرجع سببه إلى ارتفاع التيارات الحرارية التي تسحب الهواء من سطح الكوكب، وتحمل التيارات الهواء الرطب إلى ارتفاعات كبيرة حيث تكون درجة الحرارة منخفضة مما يسمح بتكثف الرطوبة وهطولها على هيئة أمطار، وعندما تكون هناك فترات طويلة من الضغط العالي تسود منطقة ما يمكنها التسبب في قلة هطول الأمطار أو حدوث جفاف.

الثلج والبَرَد

درجات الحرارة المنخفضة انخفاضًا شديدًا تؤدي إلى تكثف الرطوبة الموجودة في السحب ليس إلى مياه في الحالة السائلة بل إلى جليد متجمد على هيئة بَرَد وثلج، وهذا يحدث عندما تحمل تيارات الهواء المتحركة إلى أعلى في المناطق منخفضة الضغط الماء في سحابة ما إلى المستويات التي تكون فيها درجة حرارة الهواء منخفضة بما يكفي لتجمد البخار والقطرات، وتساعد الظروف الباردة الشتوية هذه العملية فهي تقلل الارتفاع الذي يمكن أن يحدث عنده هذا التجمد. وعندما يكبر جسيم الثلج بمحاذاة النقطة التي يمكن لتيار الهواء المتصاعد دعمها فيها تسقط إلى الأرض تحت تأثير وزنها

يتكون الثلج والبَرَد بطريقتين مختلفتين قليلًا، فالثلج يتكون أثناء نمو بلورة الجليد مباشرة من البخار والقطرات الصغيرة في السحابة لتكوين رقائق ثلجية رقيقة لكن عندما تتكثف قطرات الماء السائل الكبيرة أولًا ثم تتجمد ينتج البَرَد.حبات البَرَد يمكن أن تكون مميتة فأحيانًا يكون عرضها 15 سم وتزن ما يزيد عن كيلو جرام.

الضباب

الضباب هو كتلة من قطرات الماء التي تتكون عند مستوى الأرض والتي تشبه السحابة، ويتكون بتبريد الهواء عدة درجات تحت "نقطة الندى"- درجة الحرارة التي تحتاجها الرطوبة للتكثف- وتختلف نقطة الندى باختلاف رطوبة الهواء، فالهواء عالي الرطوبة يكون له القدرة على تكوين الضباب عند درجات حرارة أعلى أكثر من قدرة الهواء الجاف على ذلك. وعندما يتكون الضباب تتجمع قطرات الرطوبة حول ما يسمى "نواة التكثف"- وهي عادة جسيمات من التراب والأقذار الموجودة في الهواء.

هناك مناخات في بعض المناطق حول العالم تجعل من هذه المناطق عرضة بشكل خاص إلى ظهور الضباب، وأحدها خليج سان فرانسيسكو حيث يعمل الهواء البارد الذي يهب من المحيط الهادئ على تبريد الهواء في الخليج إلى نقطة الندى مكونًا ضفاف من الضباب السميك الدوار.

البرق

البرق هو تفريغ مفاجئ للكهرباء من سحابة عاصفة إلى سطح الأرض- أو إلى سحابة عاصفة أخرى تحمل شحنة كهربية معاكسة. ضرب البرق عملية عنيفة للغاية، فهي تقوم بتسخين الهواء في المناطق المجاورة مباشرة إلى درجات حرارة تصل إلى أعلى من 30000 درجة مئوية (54000 فهرنهيت) بينما يمكن للتيارات الكهربية المرتبطة بذلك أن تصل إلى عشرات الآلاف من الأمبيرات. ويحدث البرق لأن الجوانب السفلية من السحب تكون حاملة لشحنة سالبة مما يدفع بالشحنات الموجبة إلى الأرض. ويحدث تفريغ البرق من خلال تكون قائد- وهو عبارة قناة من هواء متآين (موصل للكهرباء) تمتد من السحابة الرعدية وحتى سطح الأرض في مسار ثعباني ملتو، وكاستجابة لذلك، يبدأ القواد الأصغر في الزحف إلى أعلى من النقط الموجودة على سطح الأرض. عندما يلتقي قائد أرضي بقائد سحابي تتدفق الشحنة بسرعة من الأرض إلى السحابة- وتسمى "الضربة الرجعية"- وتبعث بوميض مبهر من الضوء مصحوبًا بتفريغ هائل من الطاقة الصوتية والذي نسمعه متمثلا في قصف الرعد.

ظاهرة النينو

كل بضع سنوات تفيض مياه دافئة من المحيط الهادئ وتتدفق نحو الساحل الغربي لأمريكا، ويتسبب الضغط المنخفض الناتج عن التيارات الحرارية المتصاعدة من هذه المياه في زيادة هطول الأمطار في ظاهرة تعرف باسم ظاهرة "النينو".

في الظروف الطبيعية، تدفع الرياح التجارية الماء في اتجاهات غربية عبر المحيط الهادئ نحو أستراليا وإندونيسيا- حيث تكون درجات حرارة البحر بطبيعتها مرتفعة، وهذا يجعل مستويات البحر هناك أعلى ببضع العشرات من السنتيمترات لكن خلال السنة التي تحدث فيها ظاهرة النينو، تخفف الرياح التجارية من سرعتها مما يتيح للماء الدافئ التدفق عكس الاتجاه مكونًا ضغط جوي منخفض على الأمريكتين- وضغط عال عند الحافة الغربية للمحيط. وفي السنوات الفاصلة بين حدوث هذه الظاهرة ينعكس الوضع،بمعنى أن الضغط المنخفض يحدث في الجانب الغربي من المحيط الهادئ والضغط العال يكون

عند الجوانب الشرقية- وهو ما يسمى أحيانًا باسم " النينا". ويطلق على الدورة بأكملها اسم التردد الجنوبي. وهناك ظاهرة مناظرة لهذه الظاهرة تحدث في نصف الكرة الشمالي تسمى "التردد الأطلنطي الشمالي".

التنبؤ بالطقس

التنبؤ بالطقس هو العلم الذي يستخدم بيانات الأحوال الحالية للطقس بالإضافة إلى نماذج سلوك أنظمة الطقس بهدف محاولة التنبؤ بالأحوال الجوية خلال عدة أيام قادمة. وتقوم محطات الرصد والأقمار الصناعية للطقس بأخذ قراءات الكميات المختلفة مثل درجة الحرارة، وسرعة الرياح، والضغط الجوي، والرطوبة، وتُقدم هذه البيانات إلى أجهزة كمبيوتر فائقة- آلات حوسبة موازية تعالج البيانات من أجل الحصول على النواتج المستقبلية الأرجح حدوثًا إلا أن كفاءة هذه العملية محدودة بحقيقة أن الطقس يخضع لنظرية الفوضى مما يجعل الحصول على تنبؤات موثوقة لأكثر من أيام معدودة قادمة- أو ربما أقل من ذلك - أمرًا صعبًا للغاية. التنبؤ بالطقس يمثل أهمية حاسمة للزراعة، والطيران، والنقل البحري والجيش.

علم الجيولوجيا

الصخور الملتهبة

يصنف علماء الصخور- العلماء الذين يدرسون تكون الصخور- الصخور إلى ثلاثة أنواع: صخور نارية، وصخور رسوبية وصخور متحولة. أما الصخور النارية فهي في الأساس صهارة متصلبة-المادة المنصهرة التي تنبعث من الأجزاء الداخلية للأرض أثناء الانفجارات البركانية، وعند الصدوع المتباعدة في القشرة الأرضية. وهناك ثلاث فئات مختلفة من الصخور النارية: الصخور الجوفية أو المندسة وهي تلك الصخور التي تتكون من الصهارة التي تجمدت تحت الأرض ثم اندفعت إلى الأعلى من خلال القشرة على هيئة نتوء صخري- الجرانيت هو أحد الأمثلة على ذلك. والصخور البركانية أو الانبثاقية وهي تلك التي تتكون على السطح من الصهارة التي اندفعت إلى السطح في حالتها السائلة-

البازلت مثال على هذه الفئة. أما صخور تحت السطحية فتقع في منتصف المسافة بين الفئتين، فهي تتصلب عند أعماق ضحلة مكونة نتوءات صخرية أصغر عند السطح- صخر الأنديزيت الأسود من الصخور تحت السطحية.

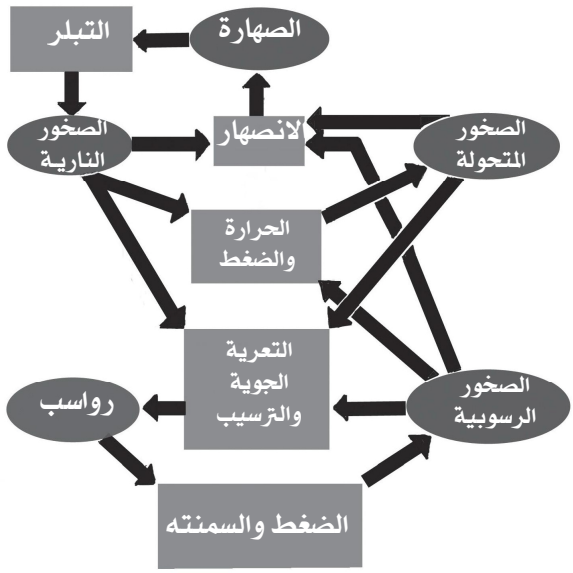
الصخور الرسوبية

تعرف المعادن التي تشكلت من طبقات الطمي التي ترسبت وضغطت لعشرات أو حتى مئات الملايين من السنين باسم الصخور الرسوبية، وشأنها شأن الصخور النارية تنقسم إلى فئات رئيسة ثلاثة: الصخور الفتاتية التي تتكون من جسيمات من صخور أخرى تعرضت للتآكل أو السحق ثم ترسبت مرة أخرى- الحجر الرملي هو أحد أمثلة ذلك، ومن ناحية أخرى هناك صخور رسوبية كيميائية مكونة الرواسب المتكونة في الماء نتيجة هطول الأمطار الكيميائية، فعلى سبيل المثال، يتكون صخر الجبس الرسوبي عندما تترك جسيمات من كبريتات الكالسيوم المحلول- ربما أثناء تبخر بعض الماء مما يؤدي إلى زيادة تركيز المحلول. أما الصخور الرسوبية العضوية فتتكون من بقايا النباتات والكائنات الحية، ومن أمثلة ذلك، الحجر الجيري (الذي تكون من بقايا الهياكل العظمية للشعاب المرجانية والمخلوقات البحرية الأخرى)، والفحم (المتكون من البقايا المضغوطة لنباتات ميتة منذ فترة طويلة).

الصخور المتحولة

"الصخور المتحولة" مصطلح يستخدم للإشارة إلى المعادن التي غيرت من خواصها أو بنيتها بفعل درجة الحرارة والضغط. وهناك ثلاث آليات لتكون هذه الصخور: تحول الملامسة، والتحول النطاقي، والتحول التهشمي. يحدث تحول الملامسة عندما تخترق قناة متصاعدة من الصهارة طبقة من الصخور الرسوبية في القشرة الأرضية، حيث تنتشر حرارة الصهارة في الصخور الرسوبية وتسبب إعادة تبلورها في شكل جديد؛ على سبيل المثال، عندما ترتفع الصهارة وتخترق الحجر الجيري ينتج الرخام، وبينما يكون تحول الملامسة محدودًا بنطاق معين، التحول النطاقي يؤثر على نطاق واسع، ومثال ذلك، عنما يتسبب وزن الطبقات العميقة من الرواسب في جعل المستويات الأقل تهبط إلى أعماق من

القشرة أكثر سخونة وتتبلور من جديد، وتلك هي العملية التي يتحول فيها الصخر الطيني إلى صخر الإردواز. أما التحول التهشمي فيحدث عند خطوط الصدع ويحدث عند مواضع التقاء الصفائح التكتونية، ويتسبب ضغط السحق في جعل الصخر يغير من شكله.



دورة الصخور

تصف دورة الصخور العلاقة المتبادلة بين الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة. تبدأ الدورة بالصهارة المائعة أو شبه المائعة، والتي تتصلب مكونة الصخور النارية والتي يمكنها بعد ذلك أما الانصهار متحولة إلى صهارة مرة أخرى أو التحول بفعل درجة الحرارة والضغط إلى صخور متحولة، أو تتعرض للتعرية وتتحلل إلى جسيمات يتم ترسيبها وضغطها لتكون صخورًا رسوبية. الصخور الرسوبية بدورها يمكن أن تتحلل وتتعرض للتعرية مجددًا لتشكل صخورًا رسوبية جديدة، أو أن تنصهر مكونة صهارة تارة أخرى(على سبيل المثال، عن طريق الاندساس عند صدع متقارب)، أو أن تنضغط وتسخن مكونة صخورًا متحولة. أما الصخور المتحولة فيمكنها أن تسلك أحد مسارين- أما أن تتعرض للتعرية لتكون صخورًا رسوبية أو أن تنصهر مرة أخرى متحولة إلى صهارة.

كمية المياه الموجودة في مناخ الأرض حاليًا دورًا هامًا في دورة الصخور، فالمياه هي التي تقوم بتعرية الصخور لتشكل جسيمات رسوبية جديدة، وتساعد في الترسيب التدريجي لهذه الجسيمات وضغطها لتكون صخورًا جديدة.

التربة

في معظم مناطق تكتلات اليابسة الطبيعية على سطح كوكب الأرض تكون الطبقة العليا مكونة ليس فقط من الصخور البحتة بل أيضًا من التربة- وهي خليط من صخور تعرضت للتعرية ومواد عضوية، وماء وهواء. ويعتمد التركيب الكيميائي للتربة على المنطقة المحيطة، كمية المعادن التي بها، ومناخها، وتنقسم التربة بشكل عام إلى ثلاثة أنواع: الطين والرمل والطمي. التربة الطينية حبيباتها دقيقة وثقيلة ومتماسكة، أما التربة الرملية فلها حبيبات أكبر وقابليتها للتماسك مع بعضها البعض قليلة، ولكنها أكثر عرضة لتعرية الرياح أما تربة الطمي فمكوناتها تقف على قدم المساواة بين الطينية والرملية.

يقسم علماء الچيولوچيا التربة إلى أربع طبقات رئيسة تعرف باسم " آفاق التربة"، وتختلف أعماقها اختلافات كبيرة. التربة السطحية(الأفق أ) يحتوي على المعادن بالإضافة إلى قدر كبير من المادة العضوية مثل جذور النباتات. والأفق المتوسط (ب) ذات مكونات عضوية مهملة. والأفق (ج) هو "الصخر الأم" الذي تكون منه المحتوى المعدني للتربة، وتحته الأفق (د) وهو الطبقة السفلى. وبعض التقسيمات تضم أيضًا أفق علوي (ع)[1] يصف طبقة المخلفات العضوية فوق التربة السطحية.

علم المعادن

هو دراسة بنية الصخور وكيميائها.، وهذه الدراسة تستخدم مناحي علم البلورات، وكيمياء المواد لتقوم بتصنيف الصخور الموجودة تبعًا لمجموعة من المعايير مثل صلابتها، وقوتها وكثافتها ومكوناتها الكيميائية وترتيب ذراتها وجزيئاتها. تعرفت الجمعية الدولية للمعادن- المجلس المنظم لهذا المجال عالميًا- على أكثر من 4000 سلالة مختلفة من المعادن.

علم الطبقات

تشكل طبقات الصخور المترسبة والنارية المتكونة خلال دهور الزمن السحيق سجلاً

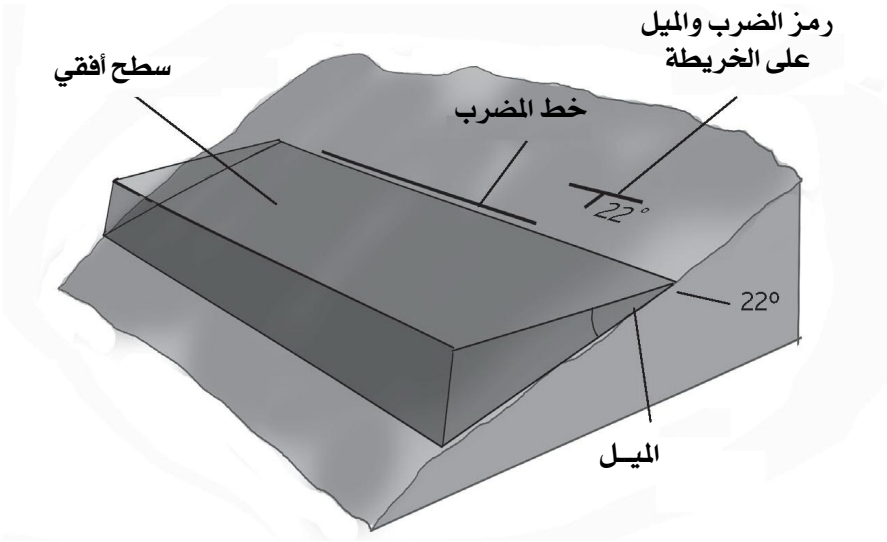
(1) (ع) نسبة إلى عضوية، ويقابلها في الإنجليزية (O) نسبة إلى (Organic)

للتاريخ الچيولوچي للأرض يكشف كل شيء من مناخ كوكبنا في الماضي وحتى الكائنات التي سبقت لها الحياة على سطح الأرض، فباستطاعة علماء الچيولوچيا فحص سجل طبقات الأرض في المواقع حول العالم التي أدت تحركات اليابسة فيها إلى كشف مساحة عرضية من الصخور المتراكمة- على سبيل المثال مقدمة جرف.

يكشف تحليل طبقات الصخور المختلفة عن المعادن الموجودة، وعما إذا كانت رواسبها تكونت في الماء أم الهواء، وعن المكونات الكيميائية للغلاف الجوي في هذا الوقت، وعن شكل تراص المجال المغناطيسي، وعن سلالات النبات والحيوانات التي سكنت عالمنا- ويتم الكشف عن ذلك من خلال استكشاف الحفريات، ويستطيع العلماء تحديد تواريخ الطبقات المختلفة وما يجدوه داخل هذه الطبقات عن طريق قياس وفرة العناصر المشعة المختلفة والتي تتحلل مع الوقت- تأريخ الكربون هو أحد أمثلة التحليل المسمى "تحليل النظائر". ويظهر في السجل الطبقي أيضًا اضطرابات تطور الحياة وانقطاعاته- على هيئة انخفاضات في أعداد الحفريات الموافقة لترسيبات الرماد المطابقة للانفجارات البركانية الرئيسة أو حتى ترسيبات عناصر غير أرضية (مثل الإيريديوم) والتي تشير إلى التأثير الكوني الكارثي.

الخرائط الجيولوجية

تمامًا كما يقوم المساحون برسم خرائط مجسمة (relief maps) تبين تضاريس الأرض يقوم علماء الچيولوچيا كذلك بإنشاء خرائط توضح معدل المعادن التي فيها الأراضي اليابسة للكوكب، وتستخدم خطوط الكانتور مجددًا لكن بدلًا من استخدامها في الإشارة إلى تشكل سطح الكوكب تستخدم هذه المرة في توضيح الاختلافات في المحتوى المعدني لطبقات الطبقية الچيولوچية بالإضافة إلى توضيح سمك الطبقات، ويمكن أيضا بيان ميل طبقات الصخور المختلفة باستخدام شيء متفق عليه في رسم الخرائط ألا وهو "المضرب والميل". ويحدد الخط المستقيم على الخريطة الأماكن التي يتقاطع فيها مستوى طبقة الصخر مع المستوى الأفقي، أما الخط المستقيم الذي يصنع زاوية قائمة مع الخط الأول يشير إلى الاتجاه المائل إلى أسفل، والرقم يعطي الميل على الأفقي مقاسًا بالدرجات.



الحفريات

يمكن لبقايا الكائنات الحية التي تُحتجز خلال تكون الصخور الرسوبية القديمة أن يتم تحنيطها بتفاصيلها الدقيقة غالبًا على هيئة حفريات. وفي أغلب الحفريات تتحول أجسام الكائنات إلى أحجار وذلك بعدة طرق تسمى إحداها باسم "التعدن" والذي فيه تتدفق المياه الغنية بالمعادن داخل تجاويف الكائن الحي وخباياه وترسب معادنها تدريجيًا لتحول المادة العضوية إلى صخر، وبدلًا من ذلك قد تتحلل تاركة بصمة دقيقة لجسمها، وأحيانًا تتمكن المياه الغنية بالمعادن المتدفقة خلال هذه البصمات من تكوين حشوات من الكائن الحي.

من أقدم الحفريات التي تمت استعادتها تشكلات الصخور الرسوبية المغطاة بالميكروبات والتي تعرف باسم"أشباه الأنسجة" والتي تنمو في مياه المحيط الضحلة، ويرجع أقدم حفرياتها إلى أكثر من 2.7 مليار سنة مضت- ترجع إلى الدهر الأركي. وليست كل ألحفريات بالضرورة مكونة من صخور ؛ فأجسام الحيوانات الضخمة مثل الماموث المتجمدة في جليد المنطقة القطبية الشمالية، والحشرات المحفوظة في العنبر القديم (وهو نفسه شجرة حفرية من الراتنج) تصنف على أنها أنواع من الحفريات.

علم المناخ

تلوث الهواء

من المشاكل المتزايدة في العصر الصناعي إطلاق المواد الضارة للبيئة إلى الغلاف الجوي. قد تكون ملوثات الهواء كيميائية (مثل غازات الكلوروفلوركربونات التي تسببت في إتلاف طبقى الأوزون)، وقد تكون حيوية (مثل غاز الميثان الذي ينتج من تحلل الفضلات العضوية، والصرف الصحي)، وقد تكون جسيمية (مثل البقع الضئيلة من المواد التي يعتقد أنها سبب الإعتام العالمي). ربما يكون أسوأ مصدر من مصادر تلوث الهواء هو إحتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبترول الذي ينتج عنه غاز ثاني أكيد الكربون المساهم في الاحتباس الحراري، وينتج عنه مواد جسيمية تزيد من الإعتام العالمي، وينتج عنه أكاسيد النيتروچين التي تدمر طبقة الأوزون وتسبب ضبابًا كيميائيًا، وينتج عنه كذلك مركبات الكبريت التي تسبب أمطارًا حمضية. هناك أنواع شتى أخرى من تلوث الهواء منها: المبيدات الزراعية، والانفجارات البركانية، وأبخرة المذيبات.

المطر الحمضي

تعرف الأمطار التي تقل عن الأس الهيدروچيني المعتاد للأمطار – حوالي 5.6– باسم الأمطار الحامضية، وهي نتيجة للمركبات الملوثة للهواء مثل ثاني أكسيد الكربون، والكبريت، وأكاسيد النيتروچين التي تتفاعل مع بخار الماء في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى زيادة حمضية الماء. وهذا النوع من التلوث يحدث أما بفعل الإنسان أو بفعل الانفجارات البركانية. تتسبب الأمطار الحمضية في تعرية المباني، وإعاقة نمو الأشجار والنباتات الأخرى، وتسميم البحيرات– مما يؤدي إلى نفوق الأسماك الذي يؤثر بدوره على الطيور المائية والكائنات الأخرى التي تعلوها في سلسلة الغذاء. وبفضل الإجراءات مثل: إضافة المحولات الحفازة إلى السيارات لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروچين، ووضع القيود على الصناعة أصبح التحكم في المطر الحمضي حاليًا على ما يبدو أحد نجاحات علم المناخ.

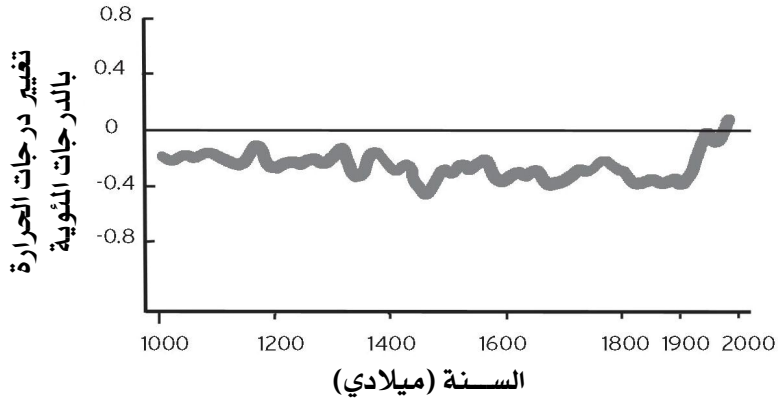
تأثير الصوبات الزراعية

تتمركز المخاوف الحالية من تغير المناخ حول تأثير الصوبات الزراعية- الذي يسبب الاحتباس الحراري الذي يجعل كوكبنا أكثر دفئًا عامًا بعد عام، وهو يحدث بسبب وجود غازات في الغلاف الجوي تحتجز جزءًا من الإشعاعات الحرارية تحت الحمراء وتمنعها من الإشعاع خارج سطح الأرض لتبريد الكوكب. إذا وصل الإشعاع من الشمس ببساطة بالأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء لما ظهرت مشكلة- لأنها سوف تمنع من الدخول إلى الغلاف الجوي بنفس مقدار منعها من الخروج منه، لكن ضوء الشمس له مدى من الأطوال الموجية يمر بعضها مباشرة من خلال الغلاف الجوي وتمتصه الأرض مباشرة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها ويؤدي ذلك بدوره إلى انبعاث الإشعاع مجددًا على شكل أشعة تحت حمراء إضافية والتي تحتبس وتزيد من درجة حرارة الكوكب. غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز من صنع الإنسان الرئيسي الحابس للحرارة وتنتج منه أحجام كبيرة يوميًا نتيجة إحتراق الوقودي الحفري مثل الفحم والبترول.

التغير المناخي

تشير تقديرات 2009 التي قام بها علماء في معهد التكنولوجيا بماساتشوستس إلى أن ما بين الوقت الحالي وعام 2095 سوف يرتفع متوسط درجات الحرارة عالميًا بما يزيد عن 5 درجات مئوية (9 فهرنهيت)- نتيجة تأثير الصوبات الزراعية الذي تدفع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) التي يسببها البشر. وإذا أتيح لتلك الاحتباسات الحرارية المأساوية الحدوث فسوف تؤدي إلى ارتفاع كارثي في مستوى سطح البحر، والجفاف، والمجاعات، وسوف تتسبب في تكرار حدوث العواصف الشديدة والأعاصير. التأثيرات السابقة مضافًا إليها ارتفاع الحرارة المسبب لها تعرف مجتمعة باسم التغير المناخي.

يتلخص الدليل على التغير المناخي في الرسم البياني المسمى " عصا الهوكي"- وهو رسم بياني يوضح كيف تغيرت درجات حرارة العالم خلال مئات وآلاف السنين الماضية، وقد رُسِم من مصادر متعددة، وهناك ارتفاع ملحوظ عند بداية العصر الصناعي- عندما بدأت أولى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الظهور.



ارتفاع مستوى سطح البحر

من المتوقع أن يكون ارتفاع مستوى سطح البحر واحدًا من أكثر الآثار المدمرة لتغير المناخ، وتشير الحسابات الأخيرة أن مقدار الارتفاع الأرجح هو الارتفاع ما بين 1 متر و2 متر (3 إلى 7 قدم) بحلول نهاية هذا القرن، ومن شأن ارتفاع متر واحد أن يكفي لإغراق أراض يقطنها 45 مليون فرد، وأن يؤثر على وجود المزيد من المليارات بسبب التلوث الذي تسببه مياه البحر للأراضي الزراعية ومصادر المياه العذبة. يحدث ارتفاع مستوى سطح البحر أساسًا نتيجة ذوبان الجليد القطبي نتيجة ارتفاع درجات الحرارة عالميًا؛ أما التمدد الحراري للماء نفسه فيلعب دورًا أقل. وهناك ما يكفي من الجليد في العالم لرفع مستوى سطح البحر بمقدار 70 متر (77 ياردة)- إلا أن مستويات ارتفاع درجات الحرارة المتنبأ بها حاليًا على الأرجح لن تتمكن من إذابته جميعًا. ليس العالم النامي فقط هو الذي يعاني من خطر ارتفاع مستويات سطح البحر- فالفيضان يهدد أيضًا مدن عظمى في الغرب بما فيها لندن ونيويورك. وقد تحدث أزمة لاجئين بسبب تدافع النجاة المشردين نحو أراض أعلى بل من المتوقع أن الأمم قد تدخل في حروب للحصول على الطعام والمأوى.

الإعتام العالمي

في حين أن معظم العالم يشعر بالحنق تجاه ازدياد درجة حرارة الكوكب من خلال تأثير الاحتباس الحراري الذي يسببه تأثير الصوبات الزراعية يشعر فريقٌ آخر من العلماء بالقلق حيال شيء يبدو وكأنه العكس تمامًا ألا وهو الإعتام العالمي. بينما يتعامل الاحتباس

الحراري مع تأثيرات التلوث على هيئة غازات الصوبات الزراعية التي تحتجز الإشعاعات تحت الحمراء وتزيد من درجة حرارة الكوكب يهتم الإعتام العالمي بالجسيمات الصلبة- مثل الرماد والسناج- التي تقلل من كمية الإشعاعات التي تصل إلى سطح الكوكب.

قد يبدو الإعتام العالمي حلًا للاحتباس الحراري لكنه يأتي بمجموعة كبيرة من المشاكل للكوكب، فعلماء المناخ يعتقدون أن للإعتام العالمي تأثير مبرد على نصف الكرة الأرضية الشمالي- يقلل من درجات حرارة اليابسة والمحيط وبالتالي يقلل من هطول الأمطار، ويقول الخبراء أن لهذا تأثيرًا كبيرًا على أفريقيا، فهو يساهم في الجفاف الذي اجتاح القارة أثناء فترة الثمانينيات.

العصور الجليدية

تمر الأرض بشكل متقطع بعصور تقل فيها درجات الحرارة كثيرًا مسببة انغماس العالم فيما يسمى "عصر جليدي" والذي خلاله يتجمد معظم السطح. هناك أربعة عصور جليدية خلال تاريخ الأرض الچيولوچي، وقد حدثت في الفترات: 2.4-2.1 مليار سنة مضت، و850-630 مليون سنة مضت، 460-430 مليون سنة مضت، و2.53 مليون وحتى 10000 سنة مضت، وكان أقسى تلك الفترات هي الفترة الثانية التي امتدت خلالها صفائح الجليد من القطبين وقد تكون تلاقت بالفعل عند خط الاستواء- سيناريو بارد يسمى "الأرض كرة ثلجية". وغالبًا ما يتخلل العصور الجليدية فترات دفء وجيزة تعرف باسم "الفترات بين الجليدية"، وليس واضحًا لدينا وضوحًا كاملًا ما إذا كان أحدث العصور الجليدية قد انقضى بالفعل أم أننا فقط نتمتع بفترة بين جليدية معتدلة نسبيًا. وتأتي أدلة العصور الجليدية من خلال السجل الحفري لنباتات الأرض ومناخها المحفوظين في طبقية طبقات الصخور القديمة ومن خلال العلامات التي خلفتها الأنهار الجليدية المارة عبر الأراضي القديمة. وهناك عوامل بيئية عديدة يمكن أن تتسبب في حدوث عصور جليدية أو إنهائها أو استمرارها ومنها دورات ميلانكوفيتش.

دورة ميلانكوفيتش

أحد العوامل الدافعة وراء تطور العصر الجليدي هو ما يسمى دورات ميلانكوفيتش - التذبذب في مدار الأرض والذي يؤثر على كمية ضوء الشمس التي تصل إلى سطح الكوكب. أثناء دوران الأرض حول الشمس يخضع مدارها باستمرار إلى تغيرات دورية طفيفة في الميل والإنحراف وفي الوقت نفسه يختلف ميل الكوكب نفسه (يعرف أيضًا باسم الإنحراف) ومبادرته أيضًا. وبالطريقة نفسها التي تختلف بها درجات الحرارة خلال الفصول تقوم دورة ميلانكوفيتش بتحفيز تغيرات في درجات الحرارة على نطاق زمني أوسع كثيرًا يمتد آلاف وملايين السنين.

ربما لا تكون دورات ميلانكوفيتش هي المسئولة عن غمس العالم في عصر جليدي- أو إخراجه منه- لكن يعتقد أنها تلعب دورًا في ظهور وتراجع الفترات البين جليدية. أما العوامل الرئيسة المسئولة عن حدوث العصور الجليدية الشاملة أو زوالها فيعتقد أنها التغيرات الجوهرية في سطوع الشمس، والإعتام العالمي الناجم عن الانفجارات البركانية بل وتخطيط القارات- الذي يمكن أن يمنع تدفع مياه البحر الدافئة من خط الاستواء.

العصر الجليدي الصغير

العصر الجليدي الصغير هو فترة امتدت تقريبًا من القرن السادس عشر وحتى القرن التاسع عشر عندما انخفضت درجات الحرارة بمقدار درجة أو نحو ذلك، وعلى الرغم من أن الغطاء الجليدي العالمي لم يزدد ازديادًا كبيرًا إلا أن هناك تأثيرات ملحوظة- أصبحت فصول الشتاء أطول وأقسى وفصول الزراعة أقصر، مما أثر على الزراعة وسبب حدوث مجاعات، فخلال شتاء 1683-4 عانت بريطانيا من أسوأ موجات الصقيع في التاريخ- وتجمد نهر التايمز بلندن لمدة تزيد عن شهرين، وأخر مرة تجمد فيها نهر التايمز كله كان في عام 1814.

من المعتقد أن العصر الجليدي الصغير قد حدث نتيجة تأثير مزدوج من الشمس التي كانت تعاني من نقص طبيعي طويل الأمد في نشاطها- المعروف باسم الحد الأدنى للبقع الشمسية لفترات طويلة- وفي الوقت نفسه حدث عدد من الانفجارات البركانية الرئيسة

والتي قللت من معدل الضوء الذي يصل إلى سطح الأرض. وهناك عصور وجيزة من البرد والدفئ معًا اكتشفت من البيانات التاريخية؛ على سبيل المثال، العصر الجليدي الصغير نفسه سبقه الفترة الوسطى الدافئة ما بين 800 و1300م وخلالها ارتفعت درجات الحرارة قليلًا.

التغذية المرتدة للمناخ

يمكن أن يكون هناك شك حول حقيقة تغير المناخ أو وحول وجوب اتخاذ إجراءات لمنعه لكن لا تزال هناك شكوك حول تنبؤات توابعه المستقبلية، فعلى سبيل المثال، الدور الذي يؤديه بخار الماء في السحب لا يزال بالكاد مفهومًا، فبخار الماء في حد ذاته من غازات الصوبات الزراعية لكن السحب البيضاء تساعد على تلطيف جو الكوكب عن طريق عكس الحرارة إلى الفضاء، وهذا هو أحد أمثلة التغذية المرجعية للمناخ- التي ترتد فيها نتيجة تغير المناخ أما لتعزيز أو منع الاحتباس الحراري. وتسمى التأثيرات التي تمنع تغير المناخ باسم"التغذية المرتدة السلبية" بينما تلك التي تعززه فتسمى "التغذية المرتدة الإيجابية"، فذوبان الجليد ظاهرة تغذية مرتدة إيجابية- فهو يعكس أشعة الشمس إلى الفضاء مما يساعد على إبقاء الكوكب رطبًا، وذوبان بعض الجليد يجعل هذه العملية أقل كفاءة، أي يتسبب في تدفئة الكوكب أكثر مما يؤدي إلى ذوبان جليد أكثر وهكذا. بالنسبة لتأثيرات التغذية المرتدة الأخرى مثل تأثير السحب، يكون الفرق أقل وضوحًا، وإلى أن نتمكن من فهمها لا يمكننا معرفة مدى سوء عواقب تغير المناخ.

نمذجة المناخ

أننا نقيس الآثار المستقبلية لتغير المناخ من خلال بناء نماذج من النظم البيئية للأرض داخل أجهزة الكمبيوتر،و هذا هو فن وعلم نمذجة المناخ. تعمل النماذج من خلال تقسيم الغلاف الجوي والمحيطات وتكتلات اليابسة إلى شبكة ثلاثية الأبعاد من الصناديق، ويقوم الكمبيوتر خلال كل صندوق بتطبيق قوانين الموائع، والحرارة، والكيمياء وفيزياء إشعاع الشمس لحساب الخواص مثل درجة الحرارة، والضغط ومستوى البحر وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ثم تدمج الخواص المحسوبة لكل صندوق بسلاسة مع الصناديق المجاورة لبناء نموذج حي لمناخ الكوكب.

يتم اختبار نماذج المناخ عن طريق تشغيلها في الاتجاه العكسي في محاولة للتنبؤ بالتغيرات المعروفة في المناخ التي قد حدثت من قبل خلال بضع مئات السنين الماضية، ومع ذلك فإن التأثيرات مثل التغذية المرتدة للمناخ تجعل من هذه المهمة مهمة صعبة للغاية.

علم المناخ القديم

في حين تتعامل نمذجة المناخ مع استقراء حالة نظام مناخ الأرض في المستقبل يعني علم المناخ القديم بتعقبها في الماضي حيث يستخدم العلماء سمك حلقات الأشجار القديمة التي تكشف عن مدة مواسم النمو الماضية، ومحتوى طبقات الصخور الرسوبية والتركيب الكيميائي للجليد القديم- المستخرج من حفر النوى من عمق سحيق للأنهار الجليدية والصفائح الجليدية عن الغطائين القطبين، وترجع أقدم نواة جليدية (مأخوذة من أنتاركتيكا إلى 800000 سنة.

مكنت هذه الملاحظات العلماء من استنتاج تركيب الغلاف الجوي وحرارته في الماضي بالإضافة إلى تركيز المواد الجزيئية مثل الرماد- الذي يعتبر علامة على الإضطرابات المناخية مثل الانفجارات البركانية.

أسرار الأرض

المفاعل الطبيعي

اذكر المفاعلات النووية، وسيرد إلى خاطر معظم الناس محطات الكهرباءالنووية التي تولد الطاقة لمنازلنا، لكن في منطقة أوكلو في الجابون بأفريقيا تخضع مستودعات اليورانيوم الخام الطبيعية إلى تفاعلات نووية تلقائية في الأرض لتشكل مفاعلًا نوويًا طبيعيًا. تفاعلات الانشطار النووي لا تحدث في أوكلو حاليًا لكن من المعتقد أنها كانت تحدث منذ 2 مليار سنة مضت. ويعتقد أن قمة خرج الطاقة من الموقع قد يصل إلى 100000 وات، وقد تنبه العلماء إلى وجود المفاعل النووي عندما لاحظ المنقبون عن اليورانيوم أن بعض اليورانيوم في أوكلو قد تحول إلى نظائر أخرى- وهي عملية ممكنة فقط في التفاعلات الكيميائية.

من المعتقد أن تفاعلات الانشطار في أوكلو كانت ممكنة عن طريق المياه الجوفية التي

تدفقت خلال مستودعات اليورانيوم، وتتطلب تفاعلات الانشطار المتسلسلة أن تقل سرعة النيوترونات حتى يمكن لنواة يورانيوم أخرى امتصاصها ويبدو أن الماء قد خدم هذا الغرض.

السراب

أيام القدماء، كان الحكي الشعبي مليئًا بحكايات عن أضواء شبحية تؤدي بالمسافرين التعساء إلى المستنقعات الوعرة والترع، أما الآن فالعلماء على علم بأن هذه الأضواء- المعروفة باسم السراب (will o' the wisp) (من الكلمة "wisp" التي تعني الشعلة المضيئة (burning torch)) تظهر بسبب الغازات التي تطلقها المادة العضوية المتحللة المنبعثة من الأرض في مناطق الأرض الرطبة.

تنتج كميات قليلة من غاز الفوسفين من المستنقعات التي تخضع لعملية إحتراق تلقائي عند اتصالها بالهواء، وبمجرد حدوث الاشتعال يشعل هذا الغاز غاز الميثان الأكثر غزارة القابل للاشتعال الناتج من المستنقعات أيضًا. وفي التجارب المعملية يتم توضيح إضافة غازات مستنقع أخرى لتقلل من حرارة الإحتراق بشكل كبير بحيث تصبح منخفضة لدرجة لا تمكنها من إشعال أي وقود مجاور آخر- وهي إحدى خواص السراب المثيرة للفضول التي استعصت على التفسير لسنوات.

ضوء الزلازل

أضواء الزلازل مثلها مثل السراب هي مصادر ضوء متوهج ترى وكأنها معلقة في الهواء لكن سبب حدوثها يبدو إلى حد ما مستقل- كما يوحي الاسم، فهي تثار عن طريق النشاط التكتوني. وتظهر هذه الأضواء باللون الأبيض والأحمر والأزرق وتضيء أماكن الصدوع- حيث تلتقي الصفائح التكتونية- وتأخذ سلسلة من الأشكال المختلفة من الكرات الدائرية وحتى الصفائح والأشعة التي تضيء مساحات كبيرة من السماء. وقد أشار بعض الباحثين أن هذا الضوء قد يكون إشعاعات كهرومغناطيسية ينتجها ما يسمى بالكهرباء الانضغاطية، والتي فيها تنتج بعض المعادن- مثل الكوارتز- تيارًا كهربيًا عندما

تتعرض للضغط، وهو نفس المبدأ الذي يقوم عليه شرارة ولاعات موقد الغاز.

في عام 2007 طرح فريق ناسا نظرية تقول أن الشحنات الكهربية المتكونة على سطح الأرض بفعل الضغط الواقع على الصخور خلال النشاط التكتوني يمكنه أن يصنع أضواءً وأشكالًا أخرى من الإشعاعات خلال التداخل مع طبقة الأيونوسفير للأرض. وهذه النظرية لم تثبت بعد لكن إذا كانت صحيحة فإن الإشارات الكهربية المصاحبة للضوء يمكن أن تعمل كنظام تحذير يشير إلى وقت ومكان حدوث زلزال وشيك.

ضوء الأرض

ضوء الأرض هو وهج الشمس المنعكس من الأرض لإضاءة السطح المظلم من المحاق أو الهلال الرقيق. عندما تكون مواضع الأرض والشمس والقمر متعامدة على بعضها البعض ينعكس ضوء الشمس الساقط على الأرض على الجانب المظلم من القمر- الجزء المعاكس للشمس، ومنه ينعكس على الكوكب مرة أخرى حيث يمكن لعلماء الفلك الذين يتمتعوا ببصر حاد أن يشاهدوه. ويستخدم العلماء شدة السطوع المقاسة لضوء الأرض في حساب النسبة الكلية للضوء الساقط على الأرض الذي ينعكس إلى الفضاء مجددًا- والمعروف باسم "الوضاءة" وهو أحد العوامل المهمة في نمذجة المناخ.

أنظمة الكواكب-الأقمار الأخرى تتعرض لظاهرة مناظرة لظاهرة ضوء الأرض، وقد تمكن المسبار الفضائي "كاسيني" من التقاط صورة لقمر كوكب زحل وهو مضاء بالضوء المنعكس من كوكبه الأم تمامًا.

السحب البراقة

السحب هي عادة لعنة علماء الفلك، فهي تحجب الأجسام الموجودة في السماء، لكن هناك

نوعًا واحدا من السحب يظهر ليلًا في منظر خلاب خاص به، ويسمى هذا النوع باسم "السحب البراقة"، وهي تتشكل بواسطة بلورات الجليد الموجودة في طبقة "الميزوسفير" على ارتفاع حوالي 80 كيلومتر (50 ميل). لمدة وجيزة مباشرة بعد غروب الشمس تسقط السحب الموجودة عند ارتفاعات منخفضة إلى ظل الأرض تاركة الأجزاء التحتية للسحب البراقة الموجودة على ارتفاعات عالية مضاءة إضاءة جميلة تضيء السماء بضوء لؤلؤي أزرق رائع.

ترى السحب البراقة عادة عند دوائر عرض ما بين +/ - 50 درجة و+/ -65 درجة في أشهر الصيف غالبًا- بين شهري مايو وأغسطس في نصف الكرة الشمالي، وبين شهري نوفمبر وفبراير في نصف الكرة الجنوبي. وقد أصبحت السحب البراقة في السنوات الأخيرة مشهدًا شائع الظهور مما حدا ببعض العلماء إلى التساؤل عما إذا كان تكونها ناتجًا عن عمليات مصحوبة بتغير المناخ.

عفاريت البرق

تحدث صواعق البرق العادية نتيجة التدفق المفاجئ للشحنات الكهربية بين السحب الرعدية والأرض، لكن ظاهرة البرق تحدث أيضًا فوق السحب- وتعرف باسم ظاهرة عفاريت البرق والتي تسبب قوسًا كهربيًا بين قمم السحب، وطبقة الأيونوسفير المشحونة كهربيًا في أعالي السماء. وتظهر هذه العفاريت على هيئة هالة حمراء متوهجة لها فروع متدلية من الضوء، ومثلها كمثل البرق العادي في كونها ظاهرة عابرة تستمر فقط لمدة كسور من الثانية، ولم يتم تأكيد وجودها سوى عام 1994 عندما صورتها طائرة على ارتفاع عال

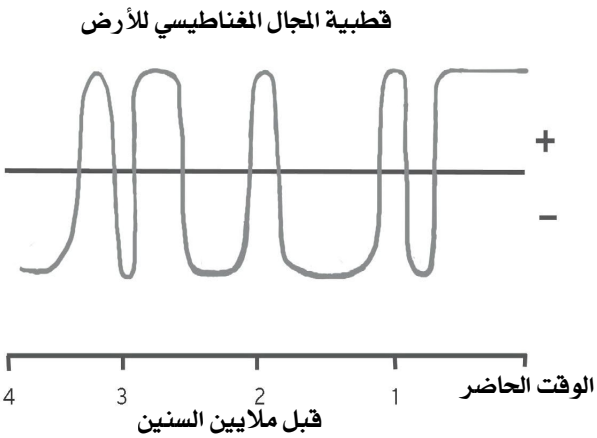
عفاريت البرق ليست ظاهرة البرق الوحيدة الموجودة عند هذا الارتفاع؛ فهناك مجموعة أخرى تعرف باسم "النفاثات الزرقاء" والتي ترتفع من قمم السحب حتى ارتفاعات تصل إلى حوالي 50 كم (30 ميل)، ويستمر كل نفاث لمدة حوالي ثانية واحدة مما يجعله مرئيًا بوضوح للعين المجردة أثناء صعوده أعلى السحب.

كرة البرق

لا زال السبب وراء كرة البرق محلًا للجدل بين العلماء، فهي تظهر أثناء العواصف الرعدية على هيئة كرة ذات أصوات عند التحرك من الطاقة الكهرومغناطيسية- تتراوح ما بين نصف متر إلى عدة أمتار- تتحرك ببطء وثبات قبل أن تتبدد. تم التشكيك ذات مرة في وجود كرة البرق لكن مشاهدات العديد من الشهود وتسجيلات الإضطرابات الكهرومغناطيسة التي سجلت باستخدام أجهزة علمية حدت بالعلماء إلى البحث بشكل جدي عن تفسير لها.

تنسب النظريات الحالية هذه الظاهرة بطرق مختلفة إلى سحب أبخرة السليكون المتوهجة، وإلى البطاريات الضئيلة التي تكونت طبيعيًا أثناء شحن الجسيمات التي في حجم النانو أثناء العاصفة بل وإلى فعل الثقوب السوداء الصغيرة المتجولة في الفضاء إلا أن في الوقت الحالي ليست هناك أدلة دامغة تذكر تؤيد أيًا من هذه النظريات.

انعكاس المجال المغناطيسي



من حين إلى أخر يغير المجال المغناطيسي الأرضي قطبيته لسبب غير مفهوم- القطبان المغنطيسيان الشمالي والجنوبي يغيران مكانيهما حرفيًا. وهذه الظاهرة لا تحدث بين عشية وضحاها بل على فترات زمنية من عشرات الآلاف من السنين، ويعرف العلماء ذلك من خلال فحص القطبية المغناطيسية للصخور النارية القديمة، فأثناء تصلب الصهارة المنصهرة ترتب ذراتها وجزيئاتها محاورها المغناطيسية مع المجال المغناطيسي السائد الذي يحمل بصمة المجال المغناطيسي الأرضي في ذلك الوقت.

سبب هذا الإنعكاس مجهول إلا أن هناك نظرية تستند على نظرية الفوضى في تيارات المعدن المنصهر في لب الأرض- حيث ينشأ المجال. وهناك قلق حول احتمالية أن يُضعف إنعكاس المجال المغناطيسي شدة المجال المغناطيسي الأرضي مما يؤدي بدوره إلى نقص مصاحب لذلك في الحماية التي يوفرها من الأشعة الكونية الضارة لكن يبدو أن الحياة على الأرض قد نجت من العديد من إنعكاسات كهذه في الماضي. يعتقد العلماء أيضًا أن الإنعكاس التالي سيبدأ في خلال بضع آلاف سنة قادمة.

فرضية جايا

جايا هو الاسم الذي أطلق على الإلهة اليونانية للأرض، وفرضية جايا هي النظرية التي طرحها عالم البيئة البريطاني البارز (چمس لافلوك) والتي تقول أن كوكب الأرض: بيئةً وعناصر حية وغير حية يتصرف مع بعضه البعض ككائن حي واحد عملاق.

مفتاح فرضية جايا هو فكرة لافلوك التي تقول أن الظروف على كوكب الأرض تنظم نفسها لتعزيز تطور الحياة، على سبيل المثال: تمامًا مثلما ينظم الحيوان الحي درجة حرارتi من خلال التعرق كذلك بقيت درجة الحرارة تقريبًا ثابتة خلال فترة حياتها على الرغم من ازدياد سطوع الشمس بنسبة 25٪. وعلى الرغم من تنامي تأييد دعاة حماية البيئة لهذه النظرية إلا أن كثيرًا من العلماء ما زالوا يعتبرونها مثيرة للجدل. وقد حذر لافلوك في كتابه " انتقام جايا" (the revenge of Gaia) عام 2006 من أن تغير المناخ قد ينظم نفسه بنفسه أيضًا في النهاية – عن طريق تدمير الحضارة الإنسانية التي سببته.