# الفصل الأول
# أسباب الزلازل وأنواعها
# ١- أسباب حدوث الزلازل

## أ- كيف فسر القدماء الزلازل وأسبابها:

الزلازل من أكبر الأخطار الطبيعية ذات العواقب القاسية على البشر فهي لا بد من وجودها على الأرض، وتسبب ضحايا بشرية وخسائر مادية كبيرة جداً يمكن مقارنتها مع نتائج الحروب الضخمة، ففي كل سنة يحدث في العالم وسطياً بحدود خمسين ألف هزة أرضية تكون محسوسة من قبل البشر، منها مائة هزة مخربة وأكثر من عشر هزات مدمرة وواحدة منها كارثية ساحقة، ويكفي أن نقول أنه خلال ال (٨٠) سنة الماضية توفي بحدود مليون شخص من جراء الزلازل.

معظم القدماء تصوروا أن الأرض ساكنة والإجرام السماوية هي التي تدور وتتحرك حولها كما صور بعضهم أنواعاً معينة من الحيوانات تحمل الأرض على عواتقها وتحافظ عليها في الموقع ذاته، ولكن هذا الحيوان الحامل للأرض قد تصيبه الشيخوخة أو عوامل المرض والضعف فيتململ من موقعه محدثاً زلازل تقاس قوتها بمدى ضجر أو تعب الحيوان الحامل للكرة الأرضية وهو ينؤ تحت ثقله .. هذه الحيوانات الحاملة للأرض تختلف تبعاً للشعوب فهي جاموسة في جزيرة بالي وبلغاريا وسلحفاة في كندا وسرطاناً في إيران وضفدع في منغوليا وعنكبوت في اليابان.

وقد ظن العالم الرياضي القديم فيثاغورث أن الموتى يتشاجرون تحت الأرض فيحدث قتالهم الزلازل بأنواعها، أما أرسطو فهو صاحب أقدم تفسير علمي لحركة الزلازل عندما تخيل أن هناك كتلاً هوائية تريد الخروج إلى سطح الأرض وتبحث عن متنفس لها. وقد اعتقد المسيحيون واليهود بأن سبب الزلازل عقاب سماوي موجه نحو الخطاة.



obeikandl.com

العلماء العرب القدامى كابن سينا وجابر بن حيّان عرفوا الزلزال بأنه (حركة تعرض لجزء من أجزاء الأرض بسبب حركات الأجزاء التي تحته وعندما يتحرك الجزء الأسفل يحرك ما فوقه) والأجسام المحركة للأرض حسب أولئك العلماء هي بخارية دخانية قويَة الاندفاع كالرياح أو أجسام مائية سيالة أو أجسام هوائية أو أجسام أرضية ولا يخرج بذلك عن نظرية الطبائع الأربعة القديمة. وفكرتهم عن (الرياح المحتقنة) تعبر عن الطاقة وهذا يعني أن ثقب الأرض لإخراج الرياح تماماً كغطاء طنجرة مثقوب يتسرب منه بخار الماء المغلي يعني تقليلاً لاحتمالات الزلازل في المناطق المعرضة. ورغم أن نظرية العلماء العرب قديمة ترجع إلى مئات السنين إلا أن منطقيتها تدفع مراكز البحوث العلمية في العصر الحاضر إلى احترامها ومحاولة تطبيقها.

وبرغم التفسيرات التاريخية والخرافية السابقة إلا أن بعض العلماء القدامى والجغرافيين اقتربوا من الصواب عندما ايقنوا أن الأرض ليست جرماً خامداً ساكناً بل هي حية تفيض بالحركة والحياة، حتى الجبال التي ينظر إليها كأوتاد للأرض تتحرك هي الأخرى فليس لها كبعض أنواع الأشجار جذور ضاربة في أعماق الأرض وهذا يعني أنها هي الأخرى تتحرك من مكان إلى آخر وباتجاه تحدده الحركة نفسها. لهذا السبب من المعقول أن نتوقع تحرك الأرض في جميع الإتجاهات، صحيح أن هذا التحرك قد لا يتجاوز السنتيمترات في اتجاه معين في زمن محدد ما، ولكن من الممكن أن يكون هذا التحرك مفاجئاً وسريعاً وهذا يعني ازدياد السرعة واصطدام الصخور فيما بينها محدثاً الزلازل بدرجاتها المختلفة.

وما القوة الخفية التي تحرك الأرض من الباطن وتترك على سطحها آثاراً مختلفة الشدة والتأثير إلا تلك التي نسميها حركات القشرة الأرضية.

### ب – نوعا القشرة الأرضية:

تنقسم القشرة الأرضية إلى نوعين (٢):

* **القشرة القارية**: وهي أكثر قدماً من القشرة الأخرى «القشرة المحيطية» ويرجع عمر بعضها إلى أربعة بلايين سنة تقريباً، وهي دائمة التغير في دورات من الحركات التكتونية والبركنة والحت والترسيب، كما أنها عادة ما تخضع إلى أطوار من التشوه التي تنتج أنماطاً عالمية معقدة على شكل نُطُق (جمع نطاق) من صخور مشوهة عرضها مئات الكيلومترات وطولها الآف الكيلومترات

تغزوها تداخلات صخور نارية، وتعلوها محلياً طبقة رقيقة من الصخور الرسوبية حديثة العمر. وبالإضافة إلى ذلك، فإن القشرة القارية تقاوم بشكل كبير العمليات التي تدمر القشرة المحيطية. إن عمر أقدم أجزاء القارات ٣,٨ بليون سنة تقريباً. ومن ثم فإن في هذه القشرة سجلاً معقداً ومفصلاً للعمليات التطورية والدينامية التي أثرت في أكثر من ٨٥٪ من عمر الأرض الذي يبلغ ٤,٦ بليون سنة.

تقع القشرة القارية تحت القارات والهوامش القارية وبعض الأقاليم الضحلة من المحيطات. وتغطي بمجموعها نحواً من ٤٥٪ من سطح الأرض وتكوّن ٠,٣٪ من كتلتها.

* **القشرة المحيطية**: تتكون من القشرة التي تسْفُلُ المحيط بسرعة، وتبقى سليمة وغير مشوهة على مدى عمرها القصير، ومن ثم فإنها تدمّر بسرعة. إن عمر أقدم قشرة في أحواض قيعان المحيطات اليوم هو أقل من ٢٠٠ مليون عام.

إن الحدود الأفقية بين القشرة القارية والمحيطية ليست محددة بصورة جيدة، لأن هذه الحدود لا تقع فقط تحت مياه المحيط بل أيضاً تحت طبقات سميكة من الصخور الرسوبية. ولقد دلت المعلومات الزلزالية والمغناطيسية والجاذبية على أن الحد قد يكون بعرض كيلومتر واحد في بعض المناطق وعشرات الكيلومترات في مناطق أخرى. وعلى كل حال، فقد دلت دراسات صخور القشرة المحيطية والقارية ومقارنة التراكيب الكيماوية وسرعات الأمواج الزلزالية على أن القشرة المحيطية تتميز بتكونها من صخور البازلت النارية، في حين تتكون القشرة القارية من مجموعة من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية الغنية ببعض العناصر مثل البوتاسيوم واليورانيوم والثوريوم والسيلكون.

وفي المقطع العمودي، فإن حدّ الستار من القشرة (المحيطية والقارية) يدعى سطح انقطاع (موهوروفيسي) (Mohorovici) أو سطح موهو (Moho) وهو نطاق لا يزيد سمكه عن كيلومتر واحد في بعض المناطق إلى عدة كيلومترات في مناطق أخرى، حيث تزداد سرعة الأمواج الزلزالية التضاغطية عبره من ٦,٨ كيلومتر في الثانية تقريباً في القشرة إلى ٨,١ كيلو متر في الثانية في الستار. ويعزى التغيّر في سرعة الأمواج الزلزالية إلى تغير التركيب (الكيماوي أو المعدني) للوسط. إذ تختلف صخور الستار عن صخور القشرة في أن الأولى أكثر فقراً في عنصر السيلكون

وأغنى بعنصري الحديد والمغنيسيوم. تدل الدراسات الزلزالية لسطح انقطاع موهوروفيسي على أن سمك القشرة المحيطية يتراوح بين خمسة وثمانية كيلومترات، في حين يتراوح سمك القشرة القارية بين ١٠ و ٧٠ كيلومتر. ويمكن أن يتصور بشكل تقريبي، أن القشرة تطفو فوق الستار.

إن القشرة المحيطية رقيقة وكثيفة نسبياً (٣ إلى ٣,١ غرام لكل سنتيمتر مكعب)، ومن ثم فإن أجزاء سطح الأرض التي يوجد تحتها قشرة محيطية تقع عميقاً تحت سطح مياه المحيط على أعماق تتراوح من ٢٥٠٠ إلى ٦٥٠٠ متر. أما القشرة القارية فإنها أكثر سمكاً وأقل كثافة (٢,٧ إلى ٢,٨ غرام لكل سنتيمتر مكعب). وبنفس الكيفية فإن أجزاء سطح الأرض المكونة من القشرة القارية تقع قرب سطح البحر أو فوقه. وتوجد أكثر أجزاء القشرة القارية سمكاً تحت المناطق الأكثر ارتفاعاً مثل سلاسل جبال الهيمالايا والأنديز. وعلى النقيض من ذلك، فإن أقل أجزاء القشرة القارية سمكاً توجد تحت سطح البحر مثل الهوامش القارية للمحيط الأطلسي.

وهناك بعض الاستثناءات المهمة لهذا (النموذج) **(Pattern)** وذلك في ظهور (حواف) **(Ridges)** وسط المحيط وفي بعض المناطق على اليابسة حيث تنشط (البركنة) مما يؤدي إلى امتطاط القشرة. وفي مثل هذه الأماكن ترتفع مادة ساخنة من أعماق الستار إلى مستويات أقل عمقاً مما يجعل أعلى الستار أكثر حرارة وأقل كثافة من الكثافة العادية له.

تحت القشرة هناك طبقة تسمى (القميص) أو (الستار)، وهي تتألف من الصوان السليكوني الطري نسبياً، وللستار كثير من خواص السوائل. وتكون حرارة الستار أعلى قرب مركز الأرض من حرارته عند القشرة. وباعتبار أن حرارة المواد السفلى أكثر ارتفاعاً فإنها تسعى للارتفاع إلى السطح، وأثناء سعيها هذا تبرد المادة تدريجياً فتعود إلى الهبوط من جديد. وينجم من ذلك تيار حمل الانتقال (أو حمل الهبوط أو ضغط الطفو**buoyancy**) وهو انتقال جزء من حرارة الماء الهابط إلى جزء آخر منه أثناء التسخين) تماماً كما يحدث في قدر ماء يحوي ماء اً يغلي.

ويعتبر تيار حمل الانتقال السبب في تكوين السلاسل المحيطية وتكوين القشرة الأرضية، وذلك تبعاً لنظرية البناء الطبقي للأرض، فالصخور تشبه السوائل في أنها ترتفع إلى قاع المحيط حيث يجري دفعها بقوة بسبب الفعل البركاني مما يزيد في ارتفاع السلسلة. ومن ثم تتدفق على أحد الجانبين فتزيد من حجم القشرة المحيطية. وبهذا يكون قاع المحيط في حالة انتشار مستمر على كلا

جانبي السلاسل المحيطية. وهذا ما يحدث منذ بدء تكون المحيطات قبل مئات الملايين من السنين. وهذه العملية من شأنها أن تسمح لغلاف المحيط المتصاعد بأن يغطي السطح الكلي للأرض منذ زمن بعيد لولا أنه ومع تصاعد انتشار المحيط – على حساب الطبقة القارية الأقرب – يعود هذا الغلاف إلى الغوص من جديد مكملاً بذلك دورة الحمل الانتقالي. وتفسر هذه العملية انقسام القشرة الأرضية إلى أجزاء أو أطباق.

ويعدّ اقليم الحوض والسلسلة (Basin and Range) في غربي الولايات المتحدة مثالاً جيداً على ذلك فالقشرة هناك رقيقة لكن ارتفاع السطح كبير على أي حال.

وهناك استثناءات أخرى للنمط السابق ذكره في المناطق ذات التضاريس المرتفعة، حيث تنحني القشرة إلى أسفل على طول مسافات أفقية قصيرة لا تزيد عن ٢٠٠ كيلومتر في العادة، فتتشوه القشرة والستار العلوي في ضغط الحمل الطبوغرافي وكأنها صفيحة مرنة. واحدى نتائج ذلك نشوء قيعان طويلة خطية تمتلىء بالرسوبيات وتصل أعماقها إلى ثمانية كيلومترات بجانب العديد من السلاسل الجبلية العظيمة. يوجد تحت هذه القيعان قشرة ذات سمك عادي. وببساطة فإن القشرة قد انحنت إلى أسفل لتدعيم وزن الجبل(٢).

## ج – آراء علمية .. نظرية الصفائح التكتونية:

قدمت نظرية الصفائح التكتونية (Plate tectonies) تفسيرات علمية صائبة لأسباب الزلازل والبراكين وهي ذات مفهوم أساسي سهل ومباشر، يقوم على أن الطبقة الخارجية للأرض (الغلاف الصخري) (lithosphere) أو القشرة الأرضية تتألف من ست صفائح رئيسية وعدد كبير من الصفائح الصغيرة (٢)، وهناك آراء علمية تقول إن عدد صفائح القشرة الأرضية يبلغ اثنتي عشرة قطعة صخرية ضخمة يبلغ سمك كل واحدة منها حوالي (٧٠) ميلاً، وهي تتحرك جميعها بالنسبة إلى بعضها البعض بحركات دائمة بطيئة جداً وبسرعات تتراوح بين بضعة سنتيمترات في السنة إلى (٢٠) سنتيمتراً أو أكثر، وهذه الصفائح تتكون من قشرة محيطية وقارية وشيء من الستار، ويقع سطح انقطاع (موهو) بينها. وتطفو جميع هذه الصفائح فوق المواد شبه المنصهرة في باطن الأرض أو على صخر ناعم وساخن. الصفائح بشكل عام تعتبر أجساماً صلدة، إلا أنها تفقد صلابتها على عمق ٢٩٠٠ كم في باطن الأرض، ويدل على هذه الحقيقة العلمية

استنتاج علمي يقول إن الهزات الأرضية تنتقل خلال الكيلومترات الـ (٢٩٠٠) الأولى من الأرض كما لو كانت الأرض صلبة، وما كان الإنسان ليعلم ذلك بغير الموجات العرضية التي لا تنتقل خلال السوائل. وقد وجد أن الزلازل تقطع نحو نصف المسافة تقريباً إلى مركز الأرض ثم تتلاشى بعد ذلك. وهذا الاستنتاج العلمي يقودنا كما قلنا إلى اثبات أن الصخور تفقد صلابتها على عمق ٢٩٠٠ كم في باطن الأرض.

قد تشكل كل بلاطة أو صفيحة تكتونية لضخامتها أرض قارة كاملة، وهي تتصل مع باقي البلاطات برصيف صخري ضخم وتتماس فيما بينها بحركة نسبية وبعلاقة (حسن جوار)، ومعظم التفاعلات بين الصفائح ان لم نقل كلها تتركز على الحدود بين هذه الصفائح، هذه الحدود التي يمكن أن تكون مناطق تشويه شديد. ذلك أنه عندما تتلاصق قطعتان مع بعضهما البعض تشكل عند مناطق التماس حالة اجهادات ضخمة جداً قد تصل إلى قيمة أعلى من مقاومة البلاطات في منطقة الاتصال، ويصعب آنذاك على البلاطات أن تستمر في علاقات (حسن الجوار) مع بعضها، لذلك تعمد بلاطة ما إلى (غزو) مواقع جاراتها، وهذا الغزو يتعرض لمقاومة مما يؤدي إلى حصول تصدع وانكسارات في جوانب البلاطات التي تعود إلى الحركة مرة ثانية، فتنتج حركات أرضية تؤدي إلى الزلازل والهزات الأرضية (١) . مقابل اليابان على سبيل المثال هناك القطعة الباسفيكية (Pacific Plate) التي عندما تحتك بالقطعة الأوروبية الآسيوية تؤدي إلى سلسلة شديدة من الإرتجاجات الأرضية، ولأن اليابان تقع في نقطة تلاقي هاتين القطعتين فإن المنطقة عبارة عن حزام من الزلازل دائمة الحدوث.

الواقع الذي أشرنا إليه في نظرية الصفائح التكتونية لا يعني اطلاقاً أن الهزات الأرضية تحدث فقط عند أطراف البلاطات الأرضية، فبعض هذه الهزات يحدث بعيداً عن أطراف البلاطات. وفي هذه الحالات لا تستطيع نظرية الصفائح التكتونية أن تشرح هذه الظاهرة بشكل جلي.

الزلازل كما قلنا تنجم عن الحركة المفاجئة للصخور الموجودة في قشرة الأرض أو بالقرب منها. فالأرض (لا تتثاءب) كما يزعم بعض رواة القصص (٣). إنها لا تفغر فاها لتبتلع قرى بأكملها ثم تعود فتغلقه. حقيقة قد يحدث في بعض الأحيان أن يظهر في الأرض شق يتسع لابتلاع رجل بجواده، ولكن هذا الأمر نادر الحدوث.

إن الزلازل هي حركة فجائية للقشرة الأرضية تحدث نتيجة انطلاق فجائي للطاقة التي تم تخزينها في باطن الأرض بشكل بطيء جداً.

وتتضمن الأخطار الرئيسية للزلازل كل من اهتزاز الأرض وتصدع القشرة الأرضية وهبوط الأرض والأمواج الزلزالية البحرية. فالزلازل القوية تسبب غالباً وبشكل فجائي كوارث كبيرة، فخلال أقل من دقيقة يمكن أن يدمر الزلزال جزءاً من مدينة أو مدناً بكاملها.

إن القوى التي تسبب انكسار الصخور تعتبر من القوى الضاغطة، وليست من النوع الناتج عن الشد، فهي بذلك لا تستطيع أن تفصل بعض الصخور عن بعضها، ولكنها تدفعها بعضها ضد بعض، وعندما ينثني سطحها إلى أعلى فمن الممكن أن تنشق.

وقد تكون الحركة على السطح جانبية أو علوية أو سفلية. ويمكننا أن نتبع حركة القشرة الأرضية بوضوح بعد حدوث زلزال عنيف، ونستطيع أن نرى الخط الذي امتدت الحركة على طوله. وفي بعض الأحيان، نستطيع أن نرى تغيرات أخرى في القشرة. فالجبال قد تميل أو تتحرك فعلاً إلى أعلى لتزداد ارتفاعاً، والجروف قد تتصدع وتهوي، والمنحدرات قد تنزلق لتدفن قرى بأكملها، والقباب قد ترتفع، والشقوق قد تنفتح، كما أن عودة الأرض لحالة التوازن قد تسبب انبثاق عيون من الماء ونشأة فوهات صغيرة تخرج من الرمال.

وطبيعي القول أن الصخور في باطن الأرض ليست جامدة كل الجمود، فطبقات الصخور في القشرة الأرضية مرنة ومن الممكن أن تنثني. بل انها تنثني فعلاً بصورة مستمرة بسبب ما يقع عليها من الضغوط الشديدة وفي بعض الأحيان تحدث عملية الانثناء ببطء شديد وعلى مدى عصور بالغة الطول من الزمان، بحيث يؤدي ذلك إلى انبعاج الصخور أو التوائها أو انثنائها. وقد يحدث في بعض الأحيان أن يتزايد توتر الصخر بصورة مطردة حتى يحين الوقت الذي لا يحتمل فيه مزيداً منه، وعندئذ تكون مثل هذه الزيادة في الضغط والتوتر كمثل القشة التي قصمت ظهر البعير، إذ تتصدع الصخور وتغير من أوضاعها لكي تتلائم مع ذلك الضغط الواقع عليها. وقد تكون الطبقة التي يصيبها التصدع قريبة من السطح أو عميقة داخل الأرض. وبرغم أن القشرة العميقة قد يصيبها كسور متشبعة فقلما تصل هذه الكسور إلى السطح.

كما يمكن أن تحصل الهزات الأرضية بنتيجة تشكل جملة قوى داخلية موضعية في منطقة

الزلزال ينجم عنها انكسار موضعي آني، ويحتمل أن تكون إحدى أسباب الزلازل اختلاف درجة الحرارة، واختلاف أعماق الصخور ومقاومتها الميكانيكية، خصوصاً إذا عرفنا أن طبقات الصخور في القشرة الأرضية هي عموماً طبقات مرنة، ويمكن أن تنثني بصورة مستمرة بسبب ما يقع عليها من الضغوط الشديدة التي يمكن أن تحدث ببطء شديد يستغرق قروناً طويلة من الزمن، ويحدث أحياناً أن يتزايد توتر الصخور بصورة مستمرة، حتى يجيء الوقت الذي لا تعود فيه قادرة على تحمل مزيد من الضغوط، فتتصدع عندئذٍ، وتغير من أوضاعها لتتلاءم مع الضغط الواقع عليها. وحقيقة فإن نظرية الصفائح التكتونية تعطي تفسيراً سليماً لأغلب الهزات الأرضية الحاصلة، ذلك أن الألواح المتحركة تشكل الطبقة الخارجية للأرض، وتتفاوت مساحتها من بضع مئات إلى عشرات الملايين من الكيلومترات المربعة، وهي بمجملها تشترك بسمة هامة واحدة وهي صلابة قوامها الداخلي، ولذلك فهي تخضع لتشوهات رئيسية عند حدودها (أطرافها) فقط، إذ تجري في تلك الحدود الأحداث الجيولوجية الكبرى.

ويمكن أن تقسم حدود أو أطراف الصفائح التكتونية إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

- متباعدة Divergent
- وتحويلية Transform
- ومتقاربة Convergent

ففي حالة الحدود المتباعدة تنفتح أحواض المحيطات ويتكون قاع بحر جديد أي قشرة محيطية جديدة، وفي حالة الحدود المتقاربة (مواقع تصادم الألواح) فتغوص القشرة في الستار، وتقاوم القشرة القارية بشكل عام عملية الغوص هذه لأنها تطفو فوق الستار فتتشكل الجبال وتظهر البراكين. وفي الحدود التحويلية تنزلق الصفيحة أفقياً بمحاذاة قشرة الصفيحة المجاورة في اتجاهين متضاربين (٤). ولفهم ميكانيكية هذا التداخل فإن على الباحثين أن يدرسوا تشوهات القشرة الأرضية عند حدود الألواح، وبما أن ٧٠ بالمئة من سطح الأرض مغطى بالمحيطات فإن معظم تلك الحدود تكون غارقة في أعماق المحيطات.

يبدأ تباعد صفيحتين على طول حد صفحي متباعد عابر للغلاف الصخري القاري وذلك عندما (تمتط) (Streched) القشرة والغلاف الصخري الستاري الذي يكون أسفلها ويقل

سمكهما. وتتطور صدوع القشرة في مناطق طويلة وضيقة، وفي هذه المناطق تنخفض صخور القشرة المتصدعة تفاضلياً مشكلة بذلك كتلا ضخمة مائلة. وبما أن أعلى الستار يشارك في عملية الامتطاط، فإن مادة مشكلة في أجزاء أعمق في الستار (من المستوى الأكثر حرارة ومطاوعة والمسمى بـ الغلاف المائع **Asthenosphere**) ترتفع لتأخذ مكانها، مما يزيد من السريان الحراري **(Heat flow)** في الغلاف الصخري. وتكون النتيجة انصهاراً جزئياً للستار وبركنة متميزة بصخور بازلتية قلوية في الغالب (غنية بالبوتاسيوم والصوديوم). وبالنتيجة فإننا نتوصل إلى حقيقة علمية هامة تقول إن دراسة المناطق تكتونياً تعتبر أساسية وضرورية لتقدير أخطار الزلازل في المنطقة المدروسة (٥).

للعالم الروسي «يوري ميخائيلوف» نظرية يفسر من خلالها سبب الهزات الأرضية وانفجارات البراكين في كوكبنا، بربطها بانتقال نواة الأرض التي لا تكون دائماً في مركز الكرة الأرضية بل تتحول دائماً في باطن الأرض. ويدافع عن نظريته بالتغيير المطرد الحاصل على دينامية حقل الجاذبية في مختلف نقاط الأرض، بسبب تغير نواة الكرة الأرضية قرباً أو بعداً عن سطحها، ويمكن استناداً لرأي العالم ميخائيلوف التنبؤ بالهزة الأرضية بواسطة مراقبة نواة الكرة الأرضية، مما يتيح في الوقت نفسه تقدير أبعاد خطورة الوضع، وتحديد أكثر مناطق الزلزال خطورة.

# ٢- الزلازل والبراكين

## الزلازل البركانية:

لما كانت الأرض تهتز كلما ثار بركان، قبل ثورته وأثناءها وبعدها، فقد اعتقد الناس قديماً أن الزلازل تنشأ عن البراكين أو ترتبط بها، ومما يزيد هذا الاعتقاد رسوخاً أن معظم الزلازل تقع في المناطق نفسها التي تحدث فيها البراكين.

بشكل عام تنشأ الزلازل البركانية نتيجة لتراكم ضغوط ودرجات حرارة عالية جداً بسبب اندفاع الصخور المنطلقة من الأعماق الصهارية تحت منطقة ضعيفة من القشرة الأرضية الأمر الذي يؤدي إلى حدوث تصدعات فجائية مما يؤدي إلى انطلاق اللافا أو الصهارة بسرعة وضغط هائلين.

تعتبر الزلازل البركانية من الزلازل المحلية إلى أقصى حد والسطحية جداً، وقد تكون بالغة العنف بالقرب من البركان ولكن شدتها تخفت على بعد مسافة قصيرة منه. وفي بعض الأحيان تخفق آلة حساسة لرصد الزلازل في تسجيل زلزال بركاني يقع على مسافة أميال قليلة من موقع وجود الآلة، وهذا يوضح إلى أي مدى يعد هذا النوع من الزلازل قريباً من السطح. ذلك أن عمق مركز الزلزال البركاني الجوفي يتراوح عادة ما بين (١ – ١٠)كم وهناك الزلازل البركانية التي يكون عمق المركز بها أقل من (١) كم.

على أي حال فإن الزلازل البركانية تعتبر نوعاً مهماً من أنواع الزلازل لما يرتبط به عادة من أرقام كبيرة للضحايا وللخسائر في الممتلكات والأرواح، ومن وجهة النظر هذه فإن البركان يعتبر توأماً للزلزال، وهذه الحقيقة تفرض علينا أن نخوض في الحديث عن البراكين بشيء من التفصيل ليعرف القارىء ما لا بد له من معرفته عنها.

### آ – ما هي البراكين؟!

تعرف البراكين بأنها عبارة عن فتحة في القشرة الأرضية تصل من خلالها الصهارة الأرضية

(الصخور المنصهرة والغازات) إلى سطح الأرض. وتكون هذه الصهارة هضبة أو جبلاً بعد اندفاعها من جوف الأرض.

وتتصف العملية غالباً بالعنف الشديد، وترافقها انفجارات مروعة. وكثيراً ما تؤدي إلى تدمير فظيع للجماعات البشرية القريبة منها.

إذن فالبراكين جبال غير عادية، تتكون معظم قممها، بشكل أساسي، نتيجة لعمليات الحت، وتنحت بواسطة المياه والجليد من كتل كبيرة من القشرة الأرضية المرفوعة تكتونياً. من جهة ثانية فإن البراكين عبارة عن أشكال أرضية بنائية، فهي تبني نفسها من الحمم البركانية والرماد. وبهذا الاعتبار فإن البراكين يمكن أن يزداد ارتفاعها، وهذا يدفع بالإنسان إلى التساؤل: لماذا لا تكون البراكين – من حيث المبدأ – أعلى الجبال على سطح الأرض (كما هي الحال بالفعل على سطح كوكب المريخ، وكما يحتمل أن يكون على كوكب الزهرة) (٦).

ولأن البراكين تترافق بالتدمير، فقد كان القدامى يرون فيها ظاهرة مليئة بالرهبة. وعبدها الكثيرون كعبادة الآلهة. وكلمة بركان (فولكينو)، اشتقت من تعبير (فولكين) وهو اسم إله النار عند قدماء الرومان. فقد تصوَّر الرومان (فولكين)، حداداً يصنع الأسلحة للآلهة. وربطوا هذا الإله بالبراكين المتنوعة، خاصة ذلك الجبل الذي ينبعث منه الدخان بعيداً عن الساحل الإيطالي، حيث اعتقدوا أنه مصنعه الخاص. وقد صنفت معظم البراكين باعتبارها غير نشطة (مما يعني أنها لم تثر خلال فترة يتذكرها البشر). لكن واحداً كبركان (سترومبولي) في إيطاليا قد يثور كل عدة دقائق على مدى قرون، وتبقى براكين أخرى خامدة ألف عام تعود بعدها للنشاط. ويوجد أكثر من خمسمائة بركان ناشط في العالم حالياً(٧).

### ب – ولادة البراكين

بعد ظهر أحد أيام شباط ١٩٤٣ وقريباً من قرية باريكوتين بالمكسيك، كان الفلاح دايونيزو بوليدو يحرث أرضه الزراعية المزروعة بالقمح بثيرانه، وفي موقع منخفض من أرضه أحس بحرارة غير عادية للأرض تحت قدميه، وتصاعد من الموقع دخان وتشققت الأرض ودوت فرقعة كبيرة من أعماق الأرض، وعندها هب ليبلغ قسيس القرية تجمهر الناس بعيداً عن الموقع يراقبون ولادة البركان التي استمرت حتى صباح اليوم التالي، حيث ارتفع المخروط البركاني على شكل قمع

مقلوب، إلى مسافة بلغت (٦٠) متراً، وكان المخروط قد فقد وميضه وبدت الصخور التي تكونت سوداء داكنة كالفحم وبذلك شهد الناس هناك بالعين المجردة ولادة البركان (٣).

وبعد حوالي أسبوع انفجر البركان واختفى حقل دايونيزو بأكمله ووصلت الحمم حتى الغابة المحيطة بالحقل. وكانت القذائف التي تتطاير من عنق البركان تتطاير في الهواء إلى ارتفاع ٣٠٠٠ قدم قبل أن تبدأ بالهبوط. وكان يشاهد في وسط عمود الرماد المتصاعد من فوهة البركان وميض يشبه وميض البرق. وكانت الأرض تهتز اهتزازات مستمرة والحمم دائمة الإنطلاق. وبعد حوالي (١٨) عاماً كان حقل دايونيزو يقع تحت (٩٠) متراً من الحجارة. وبلغ ارتفاع المخروط الذي ارتفع فوق الحمم ما يزيد على ربع ميل. وبلغ قطر قاعدته ميلاً. وقد أطلق الناس على هذا البركان اسم باريكوتين نسبة إلى القرية التي تجاوره وما لبثت قرية باريكوتين أن اندثرت لأن الرماد الذي ملأ الهواء جعل معه الحياة مستحيلة.

إلى جانب ولادة بركان (باريكوتين) الذي رآه الناس بأعينهم خلال ساعات معدودة، فإننا نضرب مثالاً آخر على ما تحدثه البراكين من تغيير في الطبيعة، والمثال هو ميلاد جزيرة جديدة في المحيط الأطلسي خلال عام ١٩٦٣ بعيداً عن الشاطىء الجنوبي الغربي لجزيرة (ايسلنده) سميت جزيرة (سورتشي)، فقد خلقت الانفجارات البركانية في قاع المحيط خلال عدة أيام جبلاً تطاول حتى وصل إلى السطح في ١٥ تشرين الثاني ١٩٦٣. وفي الشهور التالية استمرت الثورات البركانية في ارسال سحب من الرماد إلى علو الآف الأقدام في الهواء. وشكلت بذلك جزيرة مساحتها ميل مربع واحد في المكان المذكور يعلوها جبل بركاني يرتفع مئات الأقدام.

ويعتبر ظهور جزيرة (سورتشي) مثالاً على العملية التي استمرت عبر تاريخ الأرض. فقد لعبت الانفجارات البركانية دوراً رئيسياً في تكوين المحيطات والقارات، وتبقى هذه الانفجارات نظام عمل في كل ما يحدث من تغييرات جيولوجية (٧).

### ج – السلاسل البركانية

تتوزَّع البراكين، كالمناطق الزلزالية، قريباً من المحيط أو تحته. ومن الممكن تقسيمها إلى بضع نماذج سلسلية في مواضع متنوعة من العالم. وتدعى إحدى هذه المجموعات السلسلية بـ (السلسلة القارية الهامشية) وهي تبدأ من المنطقة القطبية الجنوبية، بمحاذاة الساحل في الأميركيتين الجنوبية

والشمالية، وتتبع قوس جزر الأليوشا (وهي مجموعة من الجزر غرب الاسكا تمتد على شكل قوس) عبر سيبيريا، ثم تأخذ منحى متعرجات عبر اليابان، وتايوان، والفلبين، واندونيسيا، ونيوزيلندا. وكثيراً ما يشار إلى (البراكين الهامشية القارية) التي تشكل دائرة كاملة تقريباً حول المحيط الهادي، باسم (خاتم أو حلقة النار).

وتشكل السلسلة الثانية من مجموعة ما يعرف ببراكين (ميدوقيان) وذلك حسب أهميتها. وتبدأ هذه السلسلة من المحيط المتجمد الشمالي وتمر عبر ايسلندا من الشمال إلى الجنوب لتصل إلى منتصف المحيط الأطلسي. وتشكل البراكين في جزر المحيط الأطلسي جزءاً من امتداد جبل بركاني (غواص) يدعى (السلسلة الأطلسية الوسطى). وأمثال هذه السلاسل تكمن تحت جميع المحيطات في العالم. وهي تلعب دوراً رئيسياً في توليد النشاط البركاني، وفي تكوين (الأطباق) التي تؤلف القشرة الخارجية للأرض (٧).

يعرف خط التقاء طبقين أرضيين في المصطلح البنيوي بخط الهامش الطبقي. وإذا وقع هامش طبقي على طول سلسلة منتصف محيطية يدعى عند ذلك بالهامش الطبقي البناء. وإذا وقع في المكان الذي ينزل فيه غلاف المحيط راجعاً إلى الستار فيدعى آنذاك بالهامش الطبقي الهدام. وهناك أيضاً هوامش طبقية سلبية، حيث القشرة ليست في حالة بناء ولا تدمير. ويقع بركانا (ثيرة) و (فيزوف) فوق الهامش الواقع بين الطبقين: الأوراسي والأفريقي. كما يقع كراكاتوا (بين الطبقين الهندي والأوراسي. أما جبل (بيليه) وجبل (سوفرير) فيقعان على طرف صدع جزئي خارج الطبق الأميريكي (٧) ونحن نجد مثالاً عن كيفية توالد النشاط البركاني على طول هامش طبقي هدام في النشاط القائم مكان التقاء طبق المحيط الهادىء الشرقي مع الطبق الأميركي، على طول الساحل الغربي لأميركا الجنوبية. وفي الأعماق البعيدة عن شاطىء خندق التشيلي – البيرو يلتقي غلاف المحيط الهادىء الشرقي مع الطبق القاري وتسمى المنطقة التي ينزلق فيها طبقان ليتراكبا عملياً تحت الخندق المذكور (منطقة بينوف) (٧).

### د – مخروطات الرماد

وإذا كانت مخروطات الرماد – وهي جيوب صغيرة من الحمم تشق طريقها إلى السطح – تعتبر جزءاً من عملية كبرى هي تشكيل البراكين، فإننا نلاحظ أن بعض المناطق البركانية تنتشر بها

مخطوطات الرماد بكثرة. ويحدث ذلك في بادىء الأمر في مكان معين، ثم يحدث بعد سنوات في مكان آخر. وقد يستمر ذلك لمئات السنين. وقد تكون مخروطات الرماد متباعدة يفصلها عن بعضها البعض أميال عديدة، كما يمكن أن تكون متقاربة إلى حد كبير.

البركان الكبير يستغرق في تكوينه زمناً أطول بكثير من الوقت اللازم لتكوين مخروطات الرماد. وقد يصل هذا الزمن إلى قرون عديدة. ولكنه مع ذلك يسلك مسلك مخروط الرماد نفسه، ولكن على نطاق أوسع. وهناك فرق واحد كبير بينهما، وهو أنه إذا خمد مخروط الرماد أو توقف عن الثوران فتلك هي نهايته. أما البركان الكبير فمن الممكن أن يخمد ألف سنة ثم تدب الحياة فيه من جديد. فلا بد أن الحمم في حالة البركان الكبير تكوِّن لنفسها عنقاً متسعاً خلال القشرة الأرضية، وعلى خلاف العنق الضيق لمخروط الرماد نجد أن الحمم التي تملأ العنق الضخم للبركان الكبير لا تتجمد حتى القاع بعد توقف ثورانه، وهذا صحيح – على الأقل – إلى أن يخمد البركان خموداً تاماً.

وفي البركان الكبير تتدفق الحمم فوق القمة. ويرجع ذلك إلى أن الحمم عندما تصل إلى الفوهة تكون محتوية على قدر قليل من الغازات، وعلى ذلك فإنها تكون أقل ازدياداً وأقل قابلية للانفجار كما يرجع ذلك أيضاً إلى أن بناء المخروط الكبير أشد قوة ومتانة. فالمخروط في حالة البركان الكبير لا يكون مجرد كومة من الصخور المفككة. وانما يتم بناؤه من تراكم طفح من الحمم فوق طفح آخر، فهو صخر صلب. وعلى ذلك فإنه يستطيع أن يتحمل بركة من الحمم. وبعد انقضاء سنين عديدة يبدو البركان القديم الخامد كما لو كان جبلاً هادئاً آمناً، وتنمو الأشجار في فوهته وتغطي الكروم قمته، وتتكون على منحدراته طبقة من التربة التي تنمو بها أشجار البن والكروم نمواً ممتازاً. ويطمئن الناس إلى البركان ويعدونه صديقاً. فلانه لم يثر منذ أمد طويل يحسب الناس أنه قد خمد، وتقوم المدن العامرة عند قدمه، وفجأة قد يصحو العملاق من نومه فيقذف حممه ويكشر عن أنيابه كوحش كاسر (٣).

## هـ – سبب انفجار البركان

يمكن القول أن القشرة الأرضية عموماً تستمر صلبة حتى مسافة تقرب من خمسين ميلاً، وهي برغم صلابتها فليست جميعها في درجة حرارة واحدة، فكلما تعمقنا ميلاً في القشرة الأرضية،

وجدنا درجة الحرارة أكثر ارتفاعاً بقليل، ولا بد من أن تكون هذه الحرارة عالية قرب قاع القشرة بقدر يجعلها تتوهج. ونستطيع القول أنه على عمق (٣٠ – ٤٠) ميلاً داخل القشرة الأرضية قد تكون درجة الحرارة مرتفعة إلى ألفي درجة.

السيزموجراف أبان أن بعض الموجات الاهتزازية تمر خلال الأميال الثمانمائة والألف الأولى من سطح الأرض، كما لو كانت جامدة. وهي لا تمر خلالها كما لو كانت تمر في سائل بل في كرة من الصلب. وهذا يعني أن الصخور تحت القشرة الأرضية لا يمكن أن تكون سائلة، بل انها على درجة من الحرارة تكفي ولا شك لانصهارها، لكنها لا تنصهر. والسبب ببساطة أنه لا يوجد لديها متسع تنصهر فيه. فالقشرة الأرضية لثقل وزنها تسد أمامها كل منفذ. ولا بد للصخور الحارة لكي تنصهر من أن تتمدد. ولكن خمسين أو ستين ميلاً من الطبقات التي تعلوها والتي هي أكثر برودة منها تضغطها إلى أسفل بدرجة من القوة تمنعها من التمدد. وعلى ذلك فإنها تبقى حيث هي في درجة من الحرارة كافية لانصهارها.

ان الصخر الذي يتكون منه حوض المحيط هو البازلت. وهذا الصخر البركاني أثقل بكثير من الصخور التي لا تكوِّن القارات، وكلما ضغطت القارات على قاع المحيط في أثناء انزلاقها، وتحاكها الحادث من التقاء صفيحتين تكتونيتين، بقدر ذلك يزداد حواف القشرة في نقطة التحاك وتجعدها وزيادة سماكتها مما يكوِّن الجبال. وهذا من شأنه طبعاً أن يولد قدراً كبيراً من الحرارة، وتؤدي هذه الحرارة الهائلة إلى انصهار الصخور في (منطقة بينوف) فتضعف القشرة وتنكسر أو أنها تجد نقطة ضعيفة من القشرة بالأصل، فتزيد في ضعفها وتكسرها فترتفع المواد المنصهرة إلى السطح لتتجمع هناك. ويمكن أن نستدل على مواضع ضعف القشرة الأرضية بالجزر المرجانية التي تقع جميعها فوق قواعد بركانية، ذلك لأن الحيوانات المرجانية لا يمكنها أن تعيش على أعماق تزيد عن مائة قدم، ولا بد لها من أن تبدأ البناء فوق قواعد جاهزة وعلى ذلك فإن كل جزيرة مرجانية مستديرة صغيرة في المحيط الهادىء أو في الهند الغربية وغير ذلك من الأماكن، ومن النوع من الجزر الذي تتوسطه البحيرات تعتبر من الأعلام المميزة التي تكشف لنا عن قصة الحمم تحتها، وعن نقطة من نقاط الضعف في القشرة الأرضية في قاع المحيط.

ويحدث الانفجار البركاني عندما يصل الضغط في الركام البركاني المتجمع إلى درجة يصعب كبحها في سلسلة البراكين على طول الخط الساحلي أو غيره. فيتفجر الرماد البركاني أو الأحجار

البركانية في صورة رماد، وفي معظم الأحيان تخرج على صورة سائل متوهج، يطلق عليه اسم الحمم أم اللافا أو اللابا.

### و – انهيار تيهورات الانقاض الصخرية.

تعتبر البراكين معرضة لعوامل الحت ولغيرها من العمليات مثل هبوط القشرة الأرضية تحت الاحمال الثقيلة التي تميل إلى جعل طبوغرافية الأرض منبسطة. إلا أن البراكين يمكن أن ينقص حجمها أو ينهار مخروطها البركاني كلياً، ويمكن أن يسقط جانب كامل من البركان مؤدياً ليس فقط إلى انفجار البركان، بل إلى انهيار (تيهورات الأنقاض الصخرية المدمرة) أي انهيار عرضي لكتل من المخاريط البركانية غير المستقرة **(Avalanches of debris)** أو الصخر أو الثلج أو الجليد والتي تنهار بسرعة على جانب الجبل البركاني. وبعد الانهيار يبدو شكل التيهور الأكثر تميزاً هو (الأرض ذات الروابي) حيث نلاحظ الوف الأكمات الصغيرة والمنخفضات التي يمكن أن تغطي عشرات أو مئات الكيلومترات المربعة عند قاعدة البركان. وهذه الحالة معروفة بل انها تعتبر حدثاً عادياً في دورة حياة البركان وبشكل خاص في حالة البراكين الكبيرة المعروفة باسم البراكين الطباقية **(Stratovolcanoes)** والتي يوجد منها عدة مئات في منطقة (حلقة النار) **(Ringe of fire)** حول الباسفيك وفي أمكنة أخرى من العالم (٦).

ويعود السبب في كون البراكين الطباقية قابلة للانهيار إلى تركيبها، فهي تكون بشكل عام مصحوبة بمناطق الدمس **(Subduction)** وهي الحدود التي تلتقي عندها صفيحتان من الصفائح التكتونية، التي تكون طبقات الأرض الخارجية، وتندس واحدة منهما تحت الأخرى (منطقة حلقة النار هي حالياً حلقة من مناطق الدمس). وتميل منطقة الدمس إلى قذف حمم أنديسيتية أو حمم غنية بعنصر السليكا مما يجعلها لزجة نوعاً ما. وعوضاً عن أن تتدفق الحمم البركانية بعيداً فإنها تكوِّن ركاماً حول فوهة البركان مكوِّنة مخروطاً منحدراً يمكن أن يصبح في نهاية الأمر غير مستقر ميكانيكياً. وبالتالي فإنه قابل للسقوط.

ويمكن أن يتسبب تيهور بركاني كبير في حدوث ثوران انفجاري في حال وجود صهارة جديدة.. ذلك أن تفريغ محتويات البركان يؤدي إلى انخفاض مفاجيء في الضغط المؤثر في الداخل الحار، وان الانخفاض المفاجيء في الضغط المؤثر في الداخل الحار للبركان، نتيجة لتفريغ

محتوياته، يعتبر سبباً مقنعاً لحدوث انفجار بركاني.

كما أن الهزة الأرضية تتسبب في تحريك التيهور، فيمكن للأرض أن تهتز بشدة لعدة دقائق في حال حدوث هزات أرضية رئيسية (سعتها على مقياس ريختر سبع أو ثماني درجات)، اضافة إلى أن الاهتزاز يمكن أن يقوى ويطول إذا ارتدت الموجات الزلزالية إلى الأمام والخلف على الشكل الحوضي للصخور تحت السطحية.

وبذلك تساعد الاهتزازات الأرضية على تحريك كتل التيهور الأولية بعد توقفها لوقت قصير، ويمكن بعد ذلك أن يبدأ التدفق الثانوي للانقاض الصخرية إلى أسفل المنحدر الهادىء. ان حركة التيهور في الجزء الأول من طريقها على منحدر البركان، هي انزلاق أكثر مما هي تدفق، إذ تنفصل كتل هائلة من الصخور من الجبل وتتسارع نحو الأسفل، وعلى الرغم من حدوث بعض الدوران العكسي والتدافع العام، فإن الكتل تبقى غير منقوصة، والكتل التي تصل إلى أسفل البركان من التيهور تتحرك بسرعة تتراوح بين مائة ومائتي كيلومتر في الساعة. وإن الضغط القصي (Shear pressure) عند هذه السرعات يكفي لتحطيم الكتلة إلى أجزاء أصغر يقل معظمها عن المتر. وحقيقة فإنه لا يمكن لشيء أن يصمد في طريق التيهور البركاني المقتدر والسائر بسرعة كبيرة نظراً لعزمه الهائل، وأكثر من ذلك فإن الدمار يمكن أن يمتد إلى مناطق بعيدة جداً عن المنطقة المغطاة بالتيهور نفسه. ويمكن للتيهور أن يتسبب في حدوث طوفان طيني كبير نتيجة لتخريب نظام المجاري ودفع البحيرات والانهار إلى الفيضان فوق ضفافها. وتكون الحالة أسوأ إذا كان البركان على شاطىء أحد المحيطات أو البحيرات الكبرى، إذ أن الازاحة المفاجئة للمياه الناتجة عن التيهور يمكن أن تتسبب في حدوث موجات زلزالية (بحرية) (Tsunami) أو موجات مدّ – جزرية. ويعتبر انهيار مخروط (راكاتا) (Rakata) في (كراكاتو) عام ١٨٨٣ مثالاً مشهوراً على ذلك: حيث أدى اندساس الفتات الصخري من المخروط البركاني في قاع البحر، عندما كان الاندفاع البركاني مرتفعاً، إلى إحداث موجة هائلة خربت مئات الكيلومترات من الشريط الساحلي عند مضيق سندا (Sunda strait) بين جاوا وسومطرة، وجرفت بعيداً مدنا بكاملها وقتلت ٣٦٠٠٠ نسمة (الجدول رقم ١).

ومن المحتمل أن معظم الانهيارات البركانية نتجت عن نشاط الصهارة وكانت مصحوبة باندفاعات انفجارية. وفي هذه الحالة فإن شكل البركان يمكن أن يقدم انذاراً واضحاً عن الكارثة

المتوقعة، فمثلاً قبل اندفاع جبل القديسة هيلين، كان علماء البراكين الذين يراقبون نمو النتوء على جانبه الشمالي، مدركين أن الجبل يمكن أن يسقط (ورغم ادراكهم فإنه يجدر القول إنهم قللوا في تقديرهم من حجم الانهيار) وعندما يشير البركان إلى امكانية السقوط، فإنه من الممكن اعداد خرائط مناطق الخطر التي تبرز المناطق المتوقع أن تتأثر بالانفجار أو التيهور. ولأسباب معقولة، فإن العاملين الذين يدرسون هذه الأخطار يميلون إلى تركيز انتباههم على البراكين التي يتوفر سجل عن آثار نشاطها.

ومع ذلك فإنه يمكن لبركان خامد تماماً أن ينهار دون انذار واضح، بفعل قوة دفع هزة أرضية كبيرة، وان تيهورا بارداً كبيراً يمكن أن يكون مخرباً مثل الثوران الرئيسي – فمثلاً في عام ١٧٩٢ انهار الطرف الشرقي لبركان (انزن) (Unzen) في جنوب اليابان، إلى (خليج ارياك) (Ariake Bay) وقد أدت الموجة الزلزالية المحيطة عنه إلى قتل أكثر من ١٤٥٠٠ نسمة. وعموماً فإنه يجب النظر إلى البركان سواء أكان نشطاً أو خامداً، على أنه مرشح للإنهيار، ما لم يتآكل شكله المخروطي ويستقر بفعل الحت، وتضيف هذه الملاحظة بعدا إلى خطر البراكين الموجه إلى سكان العالم، وخاصة أولئك الذين يعيشون على حافة المحيط الهادىء حيث تعتبر البراكين والهزات الأرضية ظاهرة مألوفة (٦).

### ز – الغازات... والسحابة المحترقة

تخرج الحمم البركانية على شكل سحابة محترقة (نوي آردنت)، وأول من استعمل هذا التعبير الأستاذ (أي. لاكروا) الذي نشر حكاية انفجار بركان بيليه عام ١٩٠٨. وتحدث السحابة المحترقة عندما تصل الحمم المنصهرة، المشحونة بالبخار تحت ضغط مرتفع إلى درجة من الضعف الشديد عند فوهة البركان. وحالما يصبح جدار المخروط البركاني غير قادر على تحمل الضغط العالي، يفتح محدثاً انفجارا عنيفاً. ويندفع المزيج المكون من غبار الحمم والأبخرة وكأنه يخرج من فوهة بندقية.

ان الدخان واللهب اللذين يظهران فوق البركان ما هما إلا تراب الصخور والحمم الحارة الحمراء، ويسمّي العلماء تراب الصخور رماداً، وهي تسمية غير موفقة لأنها تجعل الناس يظنون أن هناك شيئاً يحترق. وبالرغم من أنه ليس هناك شيء يحترق في البركان، فإن كل ما يخرج منه يكون في درجة مريعة من الحرارة. وأشد أهوال البراكين تنجم عن الغازات الحارة إلى أقصى درجات الحرارة والتي تنفجر عندما تدب الحياة في أحد البراكين الخامدة.

هناك من يشبه مسلك الحمم بمسلك ماء الصودا في زجاجة. فإننا نشاهد الفقاعات تخرج من ماء الصودا وتندفع نحو قمة الزجاجة عند رفع غطائها. وعندما تصل إلى السطح وتنفجر، قد يتناثر قليل من ماء الصودا خارج الزجاجة (٣).

وربما سلكت الغازات الموجودة في الحمم نفس المسلك. فنحن نعلم أن الحمم تحتوي على قدر كبير من الغازات مثل غاز ثاني أوكسيد الكربون، والكلور وكلورايد النشادر وثاني أوكسيد الكبريت. وبرغم أن لبعض هذه الغازات رائحة – بل رائحة شديدة – فإننا لا نستطيع أن نراها. أن غالب الاشتعالات النارية المنبعثة من البراكين تتسبب عن هذه الغازات. وترجع الانفجارات التي تقذف بالصخور من أفواه البراكين إلى انطلاق الغاز من الحمم. وتبلغ كميات الغاز المحبوس في الحمم قدراً من الضخامة لا يجعلها تستطيع الخروج منها دفعة واحدة. وعندما تتدفق الحمم يستمر تصاعد الغاز منها في هدوء. وحتى بعد أن يقف تدفقها، قد يستمر خروج الأبخرة منها شهوراً عديدة. فلا بد أن هذه الغازات في الحمم تلعب دوراً كبيراً في صعودها. ولكن وجود الغازات ليس هو العامل الوحيد، ولا يمكن أن يقوم بذلك وحده بل لا بد أولاً من وجود منطقة ضعيفة في القشرة تيسر اندفاع الحمم. فإذا توافر المكان الضعيف أمكننا أن نفترض أن وجود الغازات بالحمم ييسر عليها شق طريقها إلى أعلى. وفي هذا تفسير لنشأة جبال البراكين التي تتنفس النار وتلفظها.

## ح – التنبؤ بالنشاط البركاني

في محاولة للتنبؤ بالنشاط البركاني يقوم العلماء اليوم بقياس تحركات الصخور المنصهرة تحت الأرض باعتبار أنها دلائل تشير إلى التغيرات الضرورية للانفجار والتي قد تكون وشيكة. ويبدو أن انتفاخ السطوح المحيطة بالبركان وترهلها هما دليلان على النشاط الوشيك للبركان. كذلك فإن قياس التغيرات في الحقول المغناطيسية والكهربائية وحقول الجاذبية الأرضية حول البركان مؤشرات نافعة إلى التغيرات في تركيب الصخور وحركتها. ولا يزال العلماء يولون اهتماماً بالغاً لسلسلة من الثورات البركانية الصغيرة، لأنه بات حقيقياً أن حدوث مثل هذه الانفجارات تتبعها غالباً ثورة بركانية كبرى (٧).

عموماً فإننا حتى عندما نعيش بالقرب من أحد البراكين فلا داعي للقلق، لأن للبراكين نذراً.

فإذا استجبنا لها وبدأنا الهجرة فوراً فإننا نكون في أمان. ونحن نعلم أن البراكين الخطرة هي تلك التي تبدو خامدة، كما نعلم أن الزلازل والبراكين تجيء معا، فمن الحكمة عندما تهتز الأرض أن نتطلع إلى البركان لكي نرى ماذا به. فإذا انبعث منه سحابة بيضاء، فقد حان وقت الرحيل. فمن الأفضل أن يحتاط الإنسان قبل أن يفوت الأوان ولا ينفع الندم. ومن الخير أن يرحل ثم يتبين له بعد ذلك أن رحيله لم يكن ضرورياً على أن ينتظر أكثر مما ينبغي . لأنه إذا انبعثت من مخروط البركان سحابة من الغازات ورماد أسود فات حينئذ وقت الفرار (٣).

وإذا كانت السيطرة على الثورات البركانية بأي مفهوم عملي تبدو قضية مستحيلة، فيمكن القول، على أي حال، أن العلم يقترب من المرحلة التي يستطيع فيها البدء بالتنبؤ باحتمال حدوث الثورات البركانية بكل اليقين.

تبين دراسات تقييم الإرتباط ما بين فترات حدوث النشاط البركاني الشديد وفترات حدوث الزلازل القوية على أن ذروة النشاط البركاني تلي ولأسباب جيوفيزيائية، ذروة النشاط الزلزالي. ويقدر التباين الزمني ما بين حدوث الذروتين (البركان والزلزال) بحدود ٥ر٧ سنة بانحراف معياري ٧ر٣ سنة.

**ط – فوائد البراكين**

إلى جانب المخاطر التي تتسبب بها البراكين، فإن لها فوائد عديدة (٣) لعل من أهمها ما يلي:

**١– بناء أجزاء كبيرة من الأرض:** فالبراكين كونت أجزاء شاسعة من الأرض مثل هضبة الدكن في الهند وهضبة نهر كولومبيا بالولايات المتحدة. وهي التي بنت جزر اليوشن وهاواي وايسلنده وعددا لا حصر له من الجزر الصغيرة. كما انها بنت القواعد التي تنمو عليها الجزر المرجانية.

**٢– إخصاب التربة:** تخصب البراكين مساحات شاسعة من التربة الزراعية؛ فجاوة مثلاً لم تكن لتستطيع أن تمد سكانها الكثيرين بالطعام لولا ما جلب اليها من منحدرات البراكين من التربة الغنية بالبوتاسيوم. ووابل الرماد البركاني الذي يهبط فوق منحدرات فيزوف وكثير غيره من البراكين الأخرى غني أيضاً بالبوتاسيوم. وقد يبدو الرماد البركاني الكثيف الذي يهبط على حقول الكرم في فيزوف أمراً لا يطاق عند وقوعه. غير أن الفلاحين يجنون من الأرض في السنوات التالية محصولاً أوفر. وعلى ذلك فالناس يكونون على صواب عندما يتخذون مزارعهم بالقرب من

البراكين مع ما في ذلك من خطر.

**٣- الغازات ومنتجات البراكين:** لبعض الغازات التي تندفع إلى الخارج من باطن البراكين فوائد هي الأخرى. فالكبريت مثلاً يتحول إلى مادة صلبة ويترسب في فوهات البراكين. ويستخرج الناس هذا الكبريت في أميركا الجنوبية ونيوزيلنده واليابان. والكبريت أيضاً من العناصر التي تندفع إلى السطح مع الغازات والحمم، ولكن هناك مواد أخرى تترسب في الطريق قبل وصول الغازات والسوائل والصخور المنصهرة إلى السطح. ومن هذه العناصر القصدير والتنجستن والذهب وغيرها من الغازات وحقيقة أنه لولا الحمم لتعذر علينا أن نصل إلى كثير من الفلزات، ولأصبح كثير منها على أعماق سحيقة داخل القشرة الأرضية. ان معظم رواسب الخامات لا توجد إلا في أماكن معينة وبكميات محدودة. ويرجع ذلك أولاً إلى أن الخامات تعتمد إلى حد كبير على حركة الحمم لكي ترفعها. ويرجع ثانياً إلى أنها لا يمكن أن تترسب إلا إذا توافرت الظروف المناسبة لترسبها فلا بد أن تكون الحرارة والضغوط والصخور المحيطة بها مطابقة لاحتياجات هذه الخامات.

وفي بعض الأحيان تكون الظروف مناسبة لترسيب فلزين مختلفين. وعندئذ توجد خامات هذين الفلزين معاً في نفس المنجم.. فالرصاص والزنك كثيراً ما يوجدان معاً لأنهما يذوبان في الحمم بنفس القدر وينفصلان عنها مرة أخرى في نفس الوقت. والزئبق والانتيمون يوجدان معاً لنفس السبب، فهما يقطعان معظم الطريق مع الحمم ثم ينفصلان عنها قرب السطح. وعلى ذلك فليس بالمستغرب أن نجدهما في المناطق البركانية الحديثة حيث لا تكون عوامل التعرية قد عرّت قدراً كبيراً من الصخر. وفي الولايات المتحدة يلاحظ أن مناجم الزئبق توجد كلها في الغرب وبخاصة في كاليفورنيا حيث توجد البراكين.

ومن جهة أخرى نجد أن التجستن والبريليوم والقصدير والتنتاليوم من الفلزات التي لا ترتفع كثيراً مع الحمم. فهي تهرب من الصخور التي تكون انصهرت منها وتبقى على أعماق كبيرة داخل القشرة الأرضية. فإذا ما عثر عليها فإنها لا تكون إلا في المناطق البركانية القديمة حيث تكون عوامل التعرية قد أزالت نحو ميلين من الصخور عن السطح.

ويعتبر الألماس أعلى منتجات البراكين قيمة. وهو يتكون مثل الفحم من الكربون، ولكنه في صورة تامة النقاء. وغالباً ما يوجد الماس في أعناق البراكين القديمة وفي الأنابيب التي صعدت فيها

الحمم في الماضي. وهذه البراكين تتعرى، ولا يبقى منها إلا هذه الأعناق. ويعتقد العلماء أن الألماس قد تكوّن في الوقت الذي كانت فيه الحمم التي بأعناق البراكين آخذة في البرودة حيث كان الكربون واقعاً تحت ضغط عظيم.

**٤- منتجات أخرى للبراكين:** ويخرج من البراكين أيضاً أنواع عديدة من الأحجار التي هي أقل قيمة من الأنواع السابقة. وحجر الخفاف أحد هذه الأحجار. وهو يشبه الاسفنج، ويعتبر أخف الأحجار في العالم. ويبلغ من خفته أنه إذا وضع في الماء طفا على سطحه. ويرجع ذلك إلى امتلائه بالفقاعات الغازية. فالحمم تندفع نحو الخارج بدرجة كبيرة من العنف بحيث لا تتهيأ الفرصة أبدا لخروج الغازات منها. فيتكون منها زبد من الصخور الساخنة. ثم يتصلب الصخر قبل أن تهرب منه الغازات.

يصنع من الحجر الخفاف مسحوق أملس دقيق يستخدمه أطباء الأسنان في تنظيف الأسنان. ولما كان حجر الخفاف الطبيعي قليل الانتشار، فقد أخذ الناس يستخدمون بدلاً منه لهذه الغاية نوعاً من الزجاج البركاني المسمى (برلايت) وهو يستخدم أيضاً في خلائط الاسمنت. والزجاج البركاني أو (الاوبسيديان) كما يسمى بالغ الجمال مختلف الألوان، فقد يكون أسود أو رمادياً أو أحمر في لون خشب المغنة (المهوجني).

أيضاً فإن الحصى البركاني الذي كانت تقذفه البراكين كان يستخدم منذ زمن بعيد في إيطاليا وألمانيا في البناء. فالطبقات الحاوية لهذا الحصى البركاني يسهل استخراجها وتشكيلها وعندما يجفف هذا الحصى على السطح يزداد صلابة ويمكن استعماله كأحجار بناء من النوع الممتاز. ليس هذا فقط، بل إن الحمم العادية نفسها لها فوائدها. فعندما تتجمد معظم طفوح الحمم تتحول إلى صخر يعرف بالبازلت. وعندما يحتاج الناس إلى صخور شديدة الصلابة فإنهم يبحثون عن البازلت. وهذا الصخر البركاني يطحن لكي يستخدم في رصف الطرق وفي صناعة الأسمنت. وقبل أن يخترع الاسمنت كان البازلت يهذب على هيئة قوالب تستخدم في رصف الطرق.

تلك هي أهم فوائد البراكين، ونحن إذا ما أخذنا بعين الاعتبار ما للمخاريط البركانية من جمال، وما للأقبية من روعة، فإن كفة حسنات البراكين ترجح ولا شك على كفة سيئاتها، وبخاصة إذا كان الضرر الناجم عنها من النوع الذي يمكن للإنسان أن يتقيه إذا استجاب للإنذارات وأخذها مأخذ الجد وابتعد عن طريق البراكين.

الجدول رقم ١– أهم الزلازل البركانية في التاريخ

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ثيرة (سانتوريني حالياً). | اليونان ـ مسافة ٧٠ ميل شمال كريت في جزر (سيكليدز). | القرن الخامس عشر قبل الميلاد. | ضحايا قلائل بسبب تنبه السكان لقرب الانفجار وهربهم إلى أماكن بعيدة. | هدم البركان جبلاً كان ارتفاعه يبلغ حوالي خمسة آلاف قدم كان يقوم مقام الخليج حالياً. وولد موجة تسونامي ارتفاعها ١٠٠ قدم. ودمر مدينة (كنوسيس) القديمة. وكان سبباً في إندثار الحضارة المينوية (نسبة إلى مينوس ملك كريك في الأساطير اليونانية) اندثاراً نهائياً. |
| ٢ | فيزوف | خارج ميناء نابولي، علي الساحل الغربي لإيطاليا. | ٧٩م، الساعة الواحدة من بعد ظهر يوم ٢٤ آب. | ١٨٠٠٠ قتيل من مدينة بومبي لوحدها. | هو أشهر بركان في العالم. كتب عنه أكثر من ألفي مؤلف ومادة عبر التاريخ وهو بركان ناشط منذ عشرة آلاف سنة. قبل ثورانه غطت المزارع الخصبة والكروم منحدراته وحتى فوهته وبدأ بسحابة بيضاء لها حجم وشكل يشبه الصنوبر ثم تحولت إلى سحابة سوداء أمطرت الناس بوابل من الحجارة والرماد ٨ أيام و ٨ ليالي وبغتة حجب النور تماماً. دمّر مدينتي بومبي وهيراكيولاينوم التي وصل ارتفاع الدقيق والصخور المنصهرة فيها إلى /٦٥/ قدم. |
| ٣ | فيزوف | – | ٤٧٢م | | وصل رماد البركان الثائر إلى القسطنطينية . |
| ٤ | فيزوف | – | ١٦٣١<br>.....<br>ثار بعد شهر في ١٦ كانون الأول ١٦٣١ | استمر الانفجار شهراً<br>٤٠٠٠ قتيل. | هرب الفلاحون إلى نابولي.<br>أرسل أطناناً من الرماد في الهواء. ساد الظلام في المنطقة وخلال يومين اندثرت (١٥) بلدة وقرية بسبب الحمم البركانية والطمي. وأكملت العواصف الماطرة بغزارة أعمال التدمير. لا يزال البركان نشطاً منذ هذا التاريخ وحتى عام ١٩٤٤. |

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| ٥ | شقوق بركانية | ايسلندة | ١٧٦٢ | ٩٠٠٠ قتيل | تدفقت كميات ضخمة من الحمم من (٢٢) فتحة أرضية تمتد على خط طوله عشرة أميال. وسالت في مجرى أحد الأنهار محدثة فيضانات كبرى قضت على ٢٣٠,٠٠٠ رأس من الخيل والأبقار. |
| ٦ | انزن | جنوب اليابان | ١٧٩٢ | ١٤٥٠٠ قتيل | أنهار الطرف الشرقي من البركان وترافق بموجة تسونامي. |
| ٧ | فيزوف | الساحل الغربي لايطاليا | ١٨٧٢ | | قذف البركان في الجو صخوراً هائلة محيطها (٤٥) قدماً، وانغلق المخروط الجبلي من قمته إلى القعر. |
| ٨ | تامبورا | أندونيسيا | ١٨١٥ | ١٢ قتيلاً | ترافق بموجة زلزالية (تسونامي). |
| ٩ | كراكاتوا | أندونيسيا بين جاوة وسومطرة | ١٨٦٠ | | |
| ١٠ | كراكاتوا | أندونيسيا بين جاوة وسومطرة | أيار١٨٨٣م في حزيران تهدم الجزء الأعلى من المخروط البركاني. في تموز بدأت الانفجارات . بلغ الانفجار الذورة في يومي ٢٦-٢٧ آب وبالضبط في تمام الساعة ١٠ مساء ٢٦ آب. | | بدأ البركان بعمود من الدخان واللهب قاعدته بضع عشرات من الأمتار وارتفاعه ٣٠٠٠ قدم.غرق مضيق (سوندا) في الظلمة مدة ٣ أيام. وتساقطت الحمم والصخور على بعدكبير من موقع البركان. على بعد (١١)ميل كانت جاوة تبدو وكأن ثمة سلاسل نارية تعلو وتهبط بينها وبين السماء، بينما تظهر على الطرف الجنوبي الغربي كرات من النيران البيضاء تتهاوى، وكانت الريح على شدتها حارة وخانقة وكبريتية ترافق البركان بموجات زلزالية بحرية (تسونامي )ارتفاعها أكثر من ١٠٠قدم. وموجات انضغاطية دارت سبع مرات حول الكرة الأرضية. وسمع الناس |

obeikandl.com

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| تابع ١٠ | | | | | انفجارات البركان في بلدة (الس كريك) جنوب استراليا على بعد ٢٠٠٠ ميل.. وسمع الناس الانفجارات في جزيرة (رودريك) في المحيط الهندي على بعد ٣٠٠٠ ميل وبعد ٥ ساعات من بدء انفجار البركان وكانت الأصوات وكأنها أصوات مدفعية. ضربت الموجات البحرية المناطق الساحلية في سومطرة وجاوة وانهارت راكوتا في عمق البحر. ولم يظهر فيها فوق المياه سوى ربع مساحتها ودمّرت مدينة انجر تماماً. واختفت جزيرة (بولش هات) تماماً وأوجد البركان أراضي جديدة. وأثر في نشاط الجو لعدة شهور بعدحدوثه. وانقضى عامان كاملان قبل أن تهبط آخر ذرات التراب من كاراكاتوا إلى الأرض وفي المكان الذي كان البركان يرتفع فيه إلى مسافة ٨٠٠ متر لم يبق هناك سوى فجوة تملؤها المياه يبلغ عمقها ٢٧٥م. |

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| ١١ | باندايسان | اليابان | ١٨٨٨ | ٥٠٠ قتيل | المتشكل نتيجة البركان نهر من الطمي المندفع والقاتل. |
| ١٢ | لاسو خرير | جزيرة سان فنسنت في البحر الكاريبي | ٦–٧ أيار ١٩٠٢ | ١٥٠٠ قتيلاً بسبب السحابة المحترقة (كتلة كثيفة من الغازات الملتهبة وذرات الرماد). | بلغ ارتفاع عمود الأبخرة البركانية (٣٠) ألف قدم. كان خطره متركزاً في شكل (نوى أردنت) السحابة المحترقة. |
| ١٣ | مونت بيليه | جزيرة مارتينيك في البحر الكاريبي | الساعة ٧,٤٥ صباحاً من يوم ٨ أيار ١٩٠٢. | قتلت السحابة المحترقة التي بلغت حرارتها لحظة الانبعاث ٢٢٠٠ درجة فهرنهايت جميع سكان مدينة سان بيير خلال دقيقتين وكان عددهم ٣٠,٠٠٠ نسمة وقتل كثير من بحارة السفن الراسية. | بدأ البركان نشاطه منذ مطلع نيسان ١٩٠٢. ولوحظ في ٢٣ نيسان بعض الهزات الأرضية الخفيفة وفي ٥أيار سالت الحمم المدمرة واقتصرت على بعض الأضرار . وبلغت الانفجارات في ٦–٧ أيار الجزر المجاورة، غطت السحابة المحترقة المدينة وكانت سرعتها في الميناء/ ١٠٠/ ميل في الساعة ودمرت جميع بيوت المدينة وأشعلت حرائق كبيرة وارتفعت شدة الحرارة إلى درجة منعت أي زورق من الاقتراب من البحر هناك وكانت مياه البحر تغلي في أي مكان تلامسه كتلة اللهب. وكان صوت الانفجار يعادل ١٠٠٠ قذيفة. وأشعلت الحرائق في المدينة انفجار جميع براميل الخمر المخزنة. |
| ١٤ | مونت بيليه | = نفس الموقع السابق | ٣٠ آب ١٩٠٢ | ٢٠٠ قتيل | دمّر البركان أربع قرى على الجانب الشرقي من الجبل. |
| ١٥ | فيزوف | خارج ميناء نابولي على الساحل الغربي لإيطاليا | ١٩٠٦ | | في يوم واحد سمعت أصوات أكثر من (١٨٠٠) انفجاراً، تصاعدت من البركان صخور حمراء يزن بعضها طنين ، وارتفعت مئات الأقدام في الهواء وعند اصطدامها بالأرض انفجرت انفجار القنابل . |



obeikandl.com

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| ١٦ | | الفلبين | ١٩١١ | ١٣٠٠ قتيل | |
| ١٧ | كيلود | الفلبين (المحيط الهادي) | ١٩١٩ | ٥٠٠٠ قتيل | ارتفع عدد الضحايا بسبب صهارة البركان المندفقة. |
| ١٨ | كراكاتوا (نفسه) | بين (فيرلاتن) و(راكاتا) | ١٩٢٧ | | لاحظ الصيادون ظهور فقاعات غازية تتصاعد من الماء. |
| ١٩ | كراكاتو (نفسه) | بين (فيرلاتن) و(راكاتا) | ١٩٢٨ | | ظهرت جزيرة بركانية جديدة. |
| ٢٠ | باريكوتين | المكسيك | شباط ١٩٤٣ | | ولد البركان في حوالي ٣/٤ اليوم فوق أرض منخفضة بلغ ارتفاع قمته/٦٠/متراً. وبعد ٩ سنوات بلغ ارتفاع المخروط ٥٠٠ متر وغطّى مساحة ١٦٠ كيلو متراً مربع بالرواسب الرمادية السميكة. وقد أثر خلال (١٨) عاماً على هجر بعض القرى القريبة منه بسبب الرماد البركاني المتطاير الذي جعل الحياة فيها مستحيلة وأضر بالبيئة النباتية والحيوانية والبشرية على بعد أكثر من ثلاثة أميال ضرراً مدمراً واستمر ضرره حتى الأسبوع الأول من آذار عام ١٩٥٢. |
| ٢١ | فيزوف | خارج ميناء نابولي، على الساحل الغربي لايطاليا | ١٩٤٤ | ١٠٠ قتيل | منذ هذا الانفجار بدأ صمت البركان حتى اليوم. |
| ٢٢ | مونت لا منجتون | غانا الجديدة ٨٠ ميلاً شمال شرق ميناء مورسبي | صباح ٢١ كانون الثاني ١٩٥١ | ٢٠٠٠ قتيل | بدأ بسحابة دخان اتخذت شكل نبات عش الغراب متجهة نحو السماء ومحا قرية (هيجاتورا) الواقعة على بعد عشرة أميال من الوجود. ولم ينج من سكان قرية سانجارا القريبة من البركان إلا عدد قليل، زاد عدد الضحايا بسبب الغازات الحارة الملتهبة والتراب الصخري. انفجر البركان كقنبلة ذرية مرتفعة إلى مسافة (٧) أميال أو أكثر ثم اندفعت نحو السكان في الأسفل. |

| رقم | اسم البركان | موقع البركان | تاريخ ثورة البركان | عدد الضحايا | وصف الأضرار وملاحظات |
|---|---|---|---|---|---|
| ٢٣ | أناك كراكاتوا (ابن كراكاتوا) | تحت مضيق (سوندا) | ١٩٥٢ | | ظهر جبل جديد ارتفاعه ٢٠٠ قدم. له دمدمة دورية تذكر بالقوة التدميرية للبركان. |
| ٢٤ | جزيرة سورتشي | المحيط الأطلسي بعيداً عن الشاطئ الجنوبي لجزيرة ايسلنده. | ١٠–١٥ تشرين الثاني ١٩٦٣ | | تشكلت نتيجة البركان جزيرة جديدة في المحيط الأطلسي مساحتها ميل مربع واحد يعلوها جبل بركاني يرتفع مئات الأقدام. |
| ٢٥ | جبل القديسة هيلين | | أيار ١٩٨٠ | | تسببت الهزة الأرضية في انهيار ٣/٢.٨ من المخروط البركاني فاندفع البخار بشكل انفجار دافعاً الرماد والأنقاض الصخرية إلى المناطق المحيطة. |
| | | | | | |

obeikandl.com

# ٣- أنواع الزلازل

إلى جانب الزلازل البركانية التي فصلنا الحديث عنها في الفقرة (٢) من الفصل الأول، فإن هناك ستة أنواع أخرى للزلازل ذات الأسباب الطبيعية وهي كما يلي:

**آ – الزلازل الجوفية:**

عندما يكون مركز الزلزال على عمق يزيد عن (٢٠) ميلاً، فإنه يسمى زلزالاً عميق البؤرة أو زلزالاً جوفياً. وهناك كثير من الأمور التي نجهلها عن هذا النوع من الزلازل وبخاصة تلك التي يقع مركزها على بعض مئات الأميال تحت السطح.

وقيل أن أحد الزلازل الجوفية كان مركزه يقع على عمق ٧٠٠ كم (٣) تحت السطح وهو عمق يزيد على عشر المسافة إلى مركز الأرض. وليس من السهل أن يسلم جميع العلماء بهذا الرقم. وليس ذلك عجباً، فمن الصعب أن نتصور كيف أن الصخور التي ينبغي أن تكون على هذه الأعماق سائلة أو لدنة على الأقل يمكن أن تكون هشة إلى الحد الذي يجعلها تنكسر فجأة وتسبب الهزات التي تُكوّن الزلازل.

وقد حاول علماء الزلازل على مدى سنوات أن يفسروا الزلازل الجوفية على أنها انعكاسات لبعض الزلازل السطحية، ولكن جميع الآراء متفقة الآن على أن هناك زلازل عميقة فعلاً. ففي عام ١٩٢٨ وجد أن زلزالاً أحس به الناس في اليابان قد بدأ على عمق (٢٥٤) ميلاً تحت قاع المحيط الهادىء. وقد أجمع معظم العلماء على هذا بل إنهم أجمعوا على أن الزلازل ذات المراكز العميقة هي أقوى الزلازل أثراً في رفع الجبال والإبقاء على القارات مرتفعة.

ويبدو أن هذا النوع من الزلازل هو المسؤول غالباً عن الكارثة المهولة التي وقعت في احدى المناطق المجاورة لبحيرة (نايوس) في الكاميرون بتاريخ ٢١ آب ١٩٨٦، والذي أوردت تفاصيلها مجلة ناشيونال جيوغرافي من خلال مقال حمل عنوان (البحيرات القاتلة في

الكاميرون) وجاء فيه:

قطعان الماشية نفقت، جثث سكان المنطقة المجاورة للبحيرة ملقاة في الشوارع وداخل المنازل وفوق الفرش أو في المطابخ والبعض لم يكمل وجبة الطعام .. أكثر من ثلاثة الآف رأس من الماشية ملقاة هنا وهناك تحت الشمس الحارقة. ومع ذلك لم يكن هناك ذباب أو نسور أو صقور تحوم فوق الجيف لأنها جميعها ماتت.. حتى الطيور الجارحة التي تحلق في الأعالي.

المشهد يوحي بأن قنبلة نيوترونية قد انفجرت فقضت على الحياة وتركت الأكواخ والمنازل كما هي دون أي ضرر. فلم يكن ثمة أي مخلوق يتحرك في قرية نايوس السفلى صبيحة يوم ٢١ آب ١٩٨٦؟! عدد الضحايا بلغ ١٧٠٠ انسان أما المغمى عليهم فاضعاف هذا الرقم.. وثلاثة الآف رأس من الماشية. واعداد كبيرة لا تحصى من الطيور والأحياء الأخرى.

لم تعرف حكومة الكاميرون بما حدث إلا بعد يومين. والخبر لم يصل إلى هيئات الاغاثة الدولية إلا بعد ثلاثة أيام. وبدأت عمليات اغاثة مكثفة ومستعجلة وارسلت المواد الغذائية والخيام والتجهيزات الطبية بواسطة الطائرات، وقامت القوات العسكرية بدفن الضحايا في قبور جماعية. وعالجت البعثات الطبية عدداً كبيراً من المغمى عليهم الذين استمر فقدانهم للوعي ثلاثة أيام.. وعدداً أكبر من المذعورين الذين أصيبوا بصدمة من الخوف والهلع.. وبذلت محاولات متعددة لتهدئة سكان المنطقة الذين حاولوا مغادرتها زرافات ووحدانا خوفا من الموت القادم من المجهول..

أحد الرعاة من قبيلة فولاني والذي يعيش مع أسرته في هذه المنطقة قال: ان الموت جاء من البحيرة.. وروى انه استيقظ في تلك الليلة مع أفراد أسرته على صوت يشبه قصف الرعد. فخرجوا من كوخهم في الظلام يستطلعون ما حدث. فشاهدوا في الأفق عموداً من البخار يخرج من بحيرة نايوس ويرتفع في السماء ثم يصب كنهر من الدخان في الوادي.. وشم رائحة كريهة منتنة كرائحة البيض الفاسد، فأسرع وأفراد أسرته بالفرار إلى تل أكثر ارتفاعاً واختبأوا بين الأعشاب.. وبعد ساعة توقف الصوت.. وبقيت سحب الدخان تلف قرية نايوس السفلى والقرى المجاورة الأخرى.

هرع مئات العلماء إلى المنطقة لدراسة ومعرفة ماذا حدث وكيف. وما سر عمود البخار الذي نشر الموت في المنطقة لأول مرة في التاريخ ؟!

تركز اهتمام العلماء على ثلاثة أسئلة رئيسية وهي:

من أين أتى كل هذا الغاز السام؟ ولماذا وكيف انطلق من البحيرة بمثل ذلك العنف؟ وما هو تركيب هذا الغاز القاتل؟

بدأ العلماء بفحص مياه البحيرة ووجدوا أنها مشبعة بغاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٩٥ بالمئة. وهو غاز أثقل من الهواء العادي بمرة ونصف ويستعمل في طفايات الحريق إذ أنه يطرد الهواء المشبع بالأكسجين لأنه أثقل فيساهم بذلك في اطفاء الحريق. والمعروف أن النباتات تمتص ثاني أكسيد الكربون من الهواء وتمزجه بالماء الذي تمتصه جذورها من التربة وتتغذى عليه. والذي حدث في مأساة نايوس أن ثاني أكسيد الكربون الذي انطلق من البحيرة بكميات كبيرة طرد من أمامه الهواء العادي المشبع بالأوكسجين الضروري لحياة الإنسان والكائنات الحية. فاختنق الناس في دقائق. واغمي على بعضهم وماتت الأحياء الأخرى. يعتقد العلماء أن الغاز تسرب من جوف الأرض ذات النشاط البركاني إلى قاع البحيرة وأخذ يتجمع بكميات هائلة حتى وجد الفرصة للصعود إلى سطح البحيرة ومن ثم إلى الجو (الصورة رقم١).

واختلف العلماء حول طبيعة هذه الفرصة، وتبنوا آراء متعددة منها: تحرك صخور أرضية البحيرة ومنها زلزال خفيف حدث من قاع البحيرة، ومنها نشاط بركاني لم يستمر أكثر من دقائق. أو أن حركة المياه في البحيرة هي التي أوجدت الفرصة لانطلاق الغازات المحشورة في قاعها.

وقالوا إن الاندفاع هو الذي أحدث الصوت. وشبهوا ذلك بما يحدث عندما نفتح زجاجة المياه المعدنية أو الشمبانيا. كان من نتائج هذه المأساة أيضاً انتشار الذعر بين القبائل التي تعيش في المنطقة، وإحياء العديد من القصص والأساطير التي كاد الزمان أن يطويها. فهذه القبائل تتوارث القصص عن بحيرات تتفجر وتقتل القاطنين حولها، مما يوحي بأن كارثة نايوس ليست الأولى، وأنه سبق أن حدثت كارثة شبيهة في العصور السالفة. غير أن أحداً لا يستطيع تحديد وقتها. لكن قبائل البانتو في هذه المنطقة لا تؤمن بنظرية الغازات.. وتعتقد وتؤمن ايماناً راسخاً بأن الأرواح تسكن في مياه البحيرات.. وان غضبها هو الذي يجعلها تفتك بالناس. ويقول زعيم البانتو: إن كافة بحيرات المنطقة مقدسة لأن أرواح أجداد البانتو تعيش فيها. ولأن أرواح الأجيال الجديدة

ستعيش فيها أيضاً بعد الموت وهناك أسطورة أخرى تقول إن آلهة الماء ويسمونها «مامي» تعيش في هذه البحيرات.. وإنها تمسك بالذين يسبحون فيها وتسحبهم إلى الأعماق.. وما زالت القبائل التي تعيش في المنطقة تقيم الطقوس والشعائر بمعدل ٤ مرات سنوياً لإرضاء الأرواح وآلهة الماء «مامي» وتتضمن الطقوس ذبح الدجاج والماشية وتصفية دمائها في البحيرة. واقامة حفلات الرقص الشعائري حيث يرتدي الشيوخ الأقنعة والملابس الخاصة أثناء ممارستها.

كما يتداول أهالي المنطقة أسطورة أخرى تقول إن مياه البحيرات تختفي أحياناً. حتى تظهر بيوت الأموات في قاعها. وبعد يومين تعود المياه إليها. وتختفي بيوت الأموات. من الطبيعي أن العلماء لا يؤمنون بالأسطورة. ولكنهم يفسرونها علمياً على الشكل التالي:

عندما تتكاثر الغيوم الداكنة البنية أو الرمادية، فإنها ستنعكس على سطح مياه البحيرة الساكنة التي ستظهر كالأرض. والذي يشاهد البحيرة من مسافة يعتقد بأن المياه اختفت. أي أن الأسطورة ليست أكثر من خداع بصري بينما يعتقد العالم الإيطالي كارلو سادو المتخصص في دراسة البراكين باحتمال وجود تجويفات ضخمة تحت قاع البحيرات.

وإنه نتيجة حركة الصخور تفتح هذه التجويفات وتغوص مياه البحيرات. ثم تعود المياه إلى البحيرة بنفس الطريقة ونتيجة لحركة الصخور المعاكسة. وبتأثير دفع الغازات التي تتسرب من جوف الأرض.

أما العالم الأمريكي ليم توماس فيقول: أعتقد أن تفسير ما يحدث في شمال الكاميرون يكمن في العلم والأسطورة معا. فنحن حتى الآن لم نصل إلى تفسير علمي حاسم ومقنع لما حدث في بحيرة نايوس.

## ب – الزلازل التكتونية

وهي تتسبب عن الحركة النسبية للصفائح المشكلة لقشرة الأرض، وهي بذلك تصاحب التصدعات الكبيرة في القشرة الأرضية الناتجة عن انزياح كتل صخرية ضخمة عن بعضها البعض نتيجة تشكل تشققات عبر السطح الضعيف (الفوالق) وتؤدي هذه التحركات في جوف الأرض إلى اهتزاز سطح الأرض نفسه. وتبلغ الحركة النسبية هذه على جانب الفالق المنزلق اثر الزلزال عدة أمتار بينما يمكن أن يبلغ طول الفالق ذاته مئات الكيلومترات، وذلك حسب كمية الطاقة المتحررة.

وتجدر الإشارة هنا أن التجارب المخبرية للإزاحة الثابتة على نماذج الصخور أظهرت أن نحو نصف الإزاحة على سطح التلاقي بين الصفائح التكتونية – على امتداد حدود الصفيحة حول المحيط الهادىء – ليست مصدراً للزلازل (٨). وحقيقة أنه يصعب التفريق بين الزلازل التكتونية والزلازل البنائية (التي تتسبب في بناء القارات وظهور الجبال أو المنخفضات الأرضية وغيرها). فكل زلزال تكتوني هو وجه العملة الآخر للزلزال البنائي. وقد توصل العلماء من استقراء التاريخ والمعطيات العلمية الحديثة إلى أنه يحدث في كل عام أكثر من نصف مليون زلزال تكتوني في العالم بأسره، منها مائة ألف زلزال يمكن أن نشعر بها، وأكثر من عشرة الآف زلزال تحدث أضراراً.

وبشكل عام فإن الزلازل التكتونية تنتشر قرب فوالق الصفائح الرئيسية المشكلة لقشرة الأرض.

## ج – الزلازل البنائية (المؤثرة على شكل القشرة الأرضية)

في المدن لا يخشى الإنسان إلا الزلازل السطحية وهي تلك التي تقع على أعماق تتراوح بين (٥–٢٠) ميلاً تحت سطح الأرض، وقد أوضحت مراسم الزلازل لقيعان البحار إلى أن الأغلبية الساحقة (٧٥٪) من البؤر الزلزالية المسجلة توجد على عمق غير كبير من سطح الأرض لا يتجاوز ٢ – ٢٥ كيلو متراً (٩) بينما كان يعتقد في السابق استناداً إلى تسجيلات المحطات الأرضية ولسنوات طويلة، أن مركز نشوء الزلازل هو في الغالب على عمق ٣٠ – ٦٠ كيلومتراً وحتى أعمق من ذلك، والزلازل البنائية هي التي تنال سطح الأرض بأشد الضربات، وهي التي تظهر فعلاً على السطح في صورة شقوق وتؤدي إلى تحرك الأرض جانبياً وإلى تغيير معالم سطحها. وهي أيضاً أكثر الأنواع شيوعاً. وقلما ترجع تصدعات الصخور السطحية إلى احداث يزيد عمقها على عشرين ميلاً تحت سطح الأرض. فإذا كانت الأعماق أكثر من ذلك فقلما يصل تأثيرها إلى السطح بقوة تكفي لإحداث أي ضرر، ومع ذلك فهي تحدث بشكل نادر. ففي عام ١٩٣٩ وقع زلزال على عمق ٧٠ كم تحت السطح وظهر أثره بالقرب من شيلان في التشيلي، فتسبب في أضرار جسيمة ومات بسببه (٢٥) ألف شخص. ان الزلازل البنائية تهمنا أكثر من غيرها، لأنها تؤثر فينا أشد التأثير. ويوجد في بعض الولايات المتحدة ثلاثة أنواع نشيطة منها. احدها يؤثر في الشاطىء الغربي في منطقة من الحزام الذي تبنى فيه الجبال حول المحيط الهادىء، حيث تستمر

عملية انثناء الصخور على طول المنطقة المحيطة بحوافه، وقد يرجع ذلك إلى أن القارات قد تكون آخذة في الانزلاق نحو قاعدة المحيط الأشد قوة. ومهما يكن سبب الزلازل البنائية، فإنها تؤدي ببطء إلى تكوين سلاسل من الجبال الصخرية العالية خلال ملايين عديدة من السنين. وقد كان الزلزال الذي حدث في سان فرنسيسكو في ولاية كاليفورنيا بأميركا عام ١٩٠٦ ومجموعة كاملة من الزلازل الأخرى جزءاً من هذه العملية.

إن الطبيعة شديدة الهدوء، وكل زلزال مهما صغر له أثره في عملية البناء، وقد قيست فعلاً ارتفاعات جبال كاليفورنيا بعد وقوع الزلزال فوجد أنها زادت في الارتفاع. وهذا ينطبق على أي مكان آخر. ويقدر العلماء أن أربعة زلازل قد سببت ارتفاع الأرض في مكان غير بعيد عن طوكيو بمقدار (١٤) متراً في مدى قرون من الزمان . وفي ألاسكا وقعت سلسلة من الزلازل عام ١٨٩٩ نتج عنها ارتفاع قدره (١٥) متراً دفعة واحدة.

وعلمياً، هناك رأي مفاده أن جبال مدينة اللاذقية في القطر العربي السوري تكونت عبر (١٥٠) مليون سنة. في بعض الأحيان تعقب الزلازل تغيرات بالغة في تضاريس الأرض، ومن حسن الحظ أن معظم هذه التغيرات تحدث تحت سطح البحر، ففي نوفمبر عام ١٩٢٩ حدث زلزال تحت سطح المحيط الأطلسي (٣)، يعد من أعظم الزلازل في العصور الحديثة، وكان يقع على مسافة تبلغ نحو (١٢٩٠) كم من مدينة نيويورك، وقد حدد زمن هذا الزلزال ومكانه ومركز الحركة فيه بكل دقة. ويرجع هذا التحديد إلى أن (١٢) من (الكابلات) الممتدة على قاع المحيط الأطلسي قد انكسرت فجأة. وقد دلت طريقة انكسارها على أن الدعامة التي تسندها من أسفل وهي قاع البحر قد هوت فجأة، لأن كل واحد من هذه الكابلات كسر في عدة أماكن، وبعض هذه الانكسارات كان يفصلها عن بعضها البعض (٢٤٠)كم. وكان من الواضح أنها قد تعرضت لقوة شد عندما هوى القاع من تحتها، فانكسرت نتيجة لثقلها. وتوصل العلماء بالنهاية إلى أن قاع المحيط قد هبط بمقدار (٧) امتار. في الجزء السفلي من وادي المسيسبي في أميركا نجد نوعاً مختلفاً من الزلازل البنائية. ففي كل مرة يحدث هنالك زلزال تغوص القشرة الأرضية. ولا نستطيع أن نجد لذلك إلا تفسيراً واحداً. فنهر المسيسبي يجلب سنوياً كميات ضخمة من الطمي والرواسب التي تتراكم سنة بعد أخرى لدرجة تنوء القشرة بحملها فتتكيف نتيجة لهذا الحمل بأن تغوص قليلاً.

أما في نيو انجلاند ونيويورك في أميركا فيحدث عكس ذلك تماماً. فالقشرة هناك ترتفع بدلاً من أن تغوص إذ أنها تعوّض ما حدث لها في عصر الجليد من ضغوط. فمنذ عشرين ألف سنة كانت

المنطقة تغطى بطبقة من الجليد سمكها ميل تضغط عليها إلى الأسفل. والآن وقد زال الجليد فقد أخذت الأرض تعود مرة أخرى إلى حالتها الأصلية بأن ترتفع. ويحدث أشد الإرتفاع حالياً في الشمال حيث لبث الجليد أطول فترة وبلغ أقصى سماكة. ولم ينته كل رد الفعل بعد، فالمنطقة لم تعد حتى الآن إلى ما كانت عليه قبل عصر الجليد. إذ تحدث كل بضع سنوات هزة أرضية صغيرة. وما الزلازل التي ينشر عنها في نيوهامبشير في أميركا إلا إحدى تلك الهزات(٣).

ومن المعلوم أن الجبال تنشأ على طول المناطق الضعيفة في القشرة الأرضية، كما أن البراكين والزلازل تنشأ هي الأخرى في هذه الأماكن ذاتها. وكل منهما يقوم بدوره في بناء الأرض، ولكن العلماء لم يعرفوا بعد السبب في ارتفاع الصهارة (الماغما) إلى أعلى، ولا مصدر القوة التي تدفع بالصخور إلى أعلى، وقد ترجع هاتان الظاهرتان إلى سبب واحد. وربما كان للعناصر المشعة التي تنطلق منها الحرارة علاقة بهذا الأمر، أو لربما كان هناك عامل آخر هو الذي يسبب ارتفاع الحرارة ويجعل الصخور في باطن الأمر تأخذ في الارتفاع وتدفع أمامها ما فوقها من الصخور.

وقد يبدو من المستحيل أن نصل إلى رأي قاطع حول هذه الأمور، لأننا لا نستطيع أن نصل إلى أعماق الأرض لكي نرى ما يحدث هنالك إن كل ما نستطيعه هو مشاهدة ما يحدث على السطح ثم استخدامه في الاستدلال على ما يحدث في الباطن. فهنالك أثقال تتراكم في بعض الأماكن وتجعل الأرض تغوص تحتها. فالقاعدة الصخرية تحت جرينلاند مثلاً قد انثنت مكونة ما يشبه الوعاء بسبب ثقل الجليد عليها. وهناك أماكن أخرى ترتفع بسبب زوال بعض ما عليها من الأثقال. فنيو انجلاند آخذة بالارتفاع واسكندنافيا ترتفع بمعدل نصف بوصة كل عام، وفي بعض الأماكن الأخرى تتعرض الجبال للتآكل عند قممها بسبب الأمطار والرياح والجليد والصقيع. وكأنما تحاول الجبال أن تعوض ما يعتريها من نقص بأن ترتفع من جذورها.

### د – (الزلازل الأرضية الطاوية للسطح) أو (الزلازل الأرضية الطاوية)

وهذا الإسم يطلق على الهزات الأرضية التي تختلف عن مثيلاتها بعدم شقها عموماً لسطح الأرض. وهي ظاهرة علمية لم يهتم بها الباحثون إلا منذ فترة قصيرة جداً.

وحتى نفهم معنى هذه الهزات، فلا بد من تعريف الطيات وهي تراكيب جيولوجية تكونت نتيجة تحدُّب الرسوبيات المتطبقة على شكل قوس واسع يدعى (الطية المحدبة) (الصورة رقم٢)،

وهذه الطيات تنجم عن تصادم (صفيحتين تكتونيتين) متحركتين بما يشبه تماماً تجعدات السجاد عند دفعه على الأرض. مما يشكل الجبال، مثل جبال شمال الابنين الإيطالية التي بنيت بفعل هزات أرضية على امتداد فوالق خفية بشكل جيد تحت المناظر الطبيعية. ويقول الرأي العلمي أن الهزات الأرضية التي تزيد شدتها عن ٧ بمقياس ميركالي والتي يمكن اعتبارها مسببة لنمو الطية تحدث مرة كل بضع مئات من السنين. وجبال شمال الابنين الإيطالية واحدة من أحزمة الطيات العديدة غير المستقرة التي تطوق الكرة الأرضية (٥).

وقد أصبح ثابتاً أن العديد من الهزات الأرضية الصغيرة تنشأ على فوالق خفية تحت الطيات، وبالمراجعة الطبيعية لاحداث الزلازل خلال نصف القرن الماضي يتضح أن هذه الطيات النشطة تخفي تحتها فوالق كبيرة يمكن أن تتحول بدورها إلى مواقع هزات عنيفة.

يمكن أن يضرب على الهزات الأرضية الطاوية أمثلة بخمسة أحداث رئيسية حدثت منذ عام ١٩٨٠ وهي:

**١- زلزال مدينة الأصنام الجزائرية عام ١٩٨٠** بمقياس (٧,٣) على (مقياس العزم – القوة) (مقياس ريختر المعدل ويشار إليه بالرمز **M**) وأدى إلى مقتل (٥٠٠٠) شخص، كماحجز نهر الشليف في المدينة، وكان النهر يقطع ممراً ضيقاً عبر الطية في موقع الهزة الأرضية (الصورة رقم ٣)، وأثناء الهزة ارتفعت الأرض وحجزت مجرى النهر، وقد تجمع الغرين **(Silt)** أو الطمي في البحيرة المرحلية التي تكونت هناك، وكشفت عمليات السبر أسفل الغرين عن دليل تكوُّن ست بحيرات مماثلة قصيرة الأجل خلال الستة الآف سنة الماضية، ويعتقد بأنها نتجت من هزات أرضية متعلقة بالطي كانت تحدث كل ألف سنة.

**٢- زلزال مدينة (كولنيكا) عام ١٩٨٣** بقوة بلغت (٦,٥) بمقياس **M** (ريختر).

**٣- زلزال تلال كتلمان** ( المجاورة لمدينة كولنيكا) عام ١٩٨٥ بقوة (٦,١) بمقياس **M** (ريختر).

والهزتان الثانية والثالثة أثرتا على مناطق في ولاية كاليفورنيا في أميركا، ونظراً لأن موقعي الزلزالين كانا بعيدين فقد كانت أضرارهما متواضعة ولم ينجم عنهما سوى وفاة شخص واحد. إلا أن المناطق المتضررة في مدينة كولنيكا كانت تحوي مواقع كبيرة لتخزين النفايات السامة، ونجم

عن الهزتين الثانية والثالثة تهدم ٧٥٪ من الأبنية غير المدعمة للنفايات السامة.

**٤- زلزال حوض لوس أنجلوس المأهول في كاليفورنيا** في أول تشرين الأول عام ١٩٨٧ (وعرفت الهزة باسم هزة مضايق ويتيير) وسجلت قوة مقدارها، على مقياس **M**(١/١٠ من حجم هزة كولنيكا) إلا أنهم أدت إلى عشرة أضعاف الخسائر والتي قدرت بحوالي (٣٥٠) مليون دولار أميركي، وقتل فيها ثمانية أشخاص.

ويلاحظ في زلازل كاليفورنيا الثلاثة (زلزال ٢ – ٣ – ٤ ) أن أيا من الفوالق التي انزلقت لا يقطع سطح الأرض. أما في هزة الجزائر (زلزال ١) فإن الفالق يقطع سطح الأرض. إلا أن ازاحة الفالق (مسافة الانزلاق) على مستوى سطح الأرض كانت أقل بكثير من مسافة انزلاقه في الأعماق عند مركز الهزة الأرضية على عمق عشرة كيلومترات ويشير ذلك إلى أنه في حال الهزات الأرضية الطاوية فإن الإزاحة تتضاءل من مستوى الهزة الأرضية باتجاه سطح الأرض مما يؤدي إلى تصدع بسيط – ان وجد – لهذا السطح. وهناك ظاهرة ثانية تتمثل في أن الزلازل الأرضية الأربعة السابقة الذكر التي حدثت تحت طيات حديثة محدبة يقل عمرها عن عدة ملايين من السنوات وباعتبار ذلك (مع ملاحظة أن الطية المحدبة ارتفعت في كل موقع بشكل محسوس أثناء الهزة الأرضية) فإن هذا لا يشير فقط إلى أن الطيات المحدبة الحديثة تعتبر مواقع لحدوث الهزات الأرضية، ولكن يشير أيضاً إلى أنها ليست في الواقع إلا نتاجاً جيولوجياً لهزات أرضية متتابعة. وإذا كان القول بأن ازاحة الفالق تتضاءل باتجاه السطح يبقى صحيحاً بشكل عام، فإن الطيات المحدبة يجب أن تمكننا من التكهن بتاريخ الفوالق الخفية، أو (العمياء) تحتها. وتجدر الإشارة إلى أن زلزال أو هزة كولنيكا اختلف عن الهزات الأرضية ذات الفالق السطحي في نمط هزاتها الثانوية اللاحقة، فالهزات الثانوية اللاحقة للهزات الأرضية ذات الفالق السطحي تكون –نموذجياً– مصفوفة على امتداد مستوى الفالق نفسه، أما هزات كولنيكا الثانوية اللاحقة والهزات الثانوية اللاحقة للهزات الأرضية الطاوية بشكل عام، فقد كانت موزعة بشكل أكثر انتشاراً فوق وتحت مستوى الفالق.

**٥- زلزال سبيتاك ولينيا كان بأرمينيا السوفييتية** الذي حدث يوم ٧ كانون الأول ١٩٨٨ بقوة مقدارها (٦,٨) بمقياس ريختر ونتج عنه مقتل (٥٠) ألف ضحية. ولقد حدثت الهزة في واحدة من أكثر مناطق العالم الشديدة الالتواء (الطي) والنشطة زلزالياً، وهي جبال (ليسر القوقازية) في

الاتحاد السوفييتي، وقد حدثت الهزة نتيجة انزلاق حدث على سطح فالق عكسي يقع تحت طية محدبة حديثة، ولوحظ أن تصدع سطح الفالق تراوح امتداده بين (٨–١٢) كيلومترا، في حين توزعت الهزات الثانوية اللاحقة على منطقة طولها (٥٠) كيلومترا تحت الطية، ويشير هذا إلى أن جزءاً بسيطاً من الإزاحة التي سببت الهزة الأرضية قد وصل إلى السطح. كما أن نمط الهزات الثانوية اللاحقة كان أيضاً منتشراً أكثر من أن يكون موزعاً بشكل خطي على امتداد مستوى الفالق، كما هي الحال في الهزة الأرضية المتعلقة بالفالق السطحي. وهذا يشير إلى أن زلزال سبيتاك ولينياكان كان متعلقاً بالطي. وعلى الرغم من أن جنوب كاليفورنيا قد عملت كنقطة مركزية للجهود التي بذلت لدراسة الهزات الأرضية المتعلقة بالطيات في الولايات المتحدة الأميركية، فإن الدلائل تشير إلى أن أحداثاً مماثلة قد ضربت أحزمة الطي النشطة في أرجاء العالم كافة، وهذا يعني أنها تهدد عدداً أكبر بكثير من السكان، وبالإضافة إلى شمال أفريقيا، موقع الهزة الأرضية في مدينة الأصنام، فإن هزات أرضية تراوحت قوتها بين ٧ و٧,٥ بمقياس (ريختر **M**) حدثت على فوالق عمياء في شمال الهند ونيوزيلندا والأرجنتين وكندا واليابان، كذلك فإن دولاً مثل تشيللي ويوغسلافيا وإيران وتايوان وباكستان يمكن أن تكون أيضاً هدفاً لأحداث طي شديد التدمير (٨).

## هـ – الزلازل البحرية «تسونامي»

لما كانت معظم الزلازل تقع تحت سطح البحر، فإننا لا نستطيع إلا في أحوال قليلة أن نعرف ماذا يحدث للقشرة عندما تتزلزل الأرض، ومع ذلك فإننا نستطيع غالباً أن نشعر بنتائج هذه التغيرات التي تحدث تحت سطح البحر بسبب ما تثيره من الأمواج العظيمة.

وقد اعتاد العلماء أن يسموا هذه الأمواج بأمواج المد والجزر، ولكننا نعلم الآن أنه لا يوجد لهذه الأمواج علاقة بهما (٣) ولذلك نطلق عليها الإسم الياباني (تسونامي) وهي تعني التتابع المرحلي لأمواج المياه الناتجة عن ظاهرة زلزالية محلية، ويطلق على هذا التتابع – خطأ – اسم موجات المد – الجزرية، أو موجات البحر الزلزالية. وأكثر الأسباب شيوعاً لهذه الظاهرة التغيرات المحلية لمناسيب قاع البحر، ذلك أن ارتفاع أو انخفاض أرضية البحر يعتبر سبباً رئيسياً لحدوث الزلازل البحرية وانزلاقات أرضية السواحل أو قيعان البحار (١٠).

في حالات استثنائية قد تؤدي الظواهر البركانية إلى حدوث زلزال (تسونامي) البحري كما

حصل في انفجار بركان كراكوتا عام ١٨٨٤ والذي أحدث أمواجاً من هذا النوع. وتعتبر ظاهرة تسونامي خطيرة لما تسببه من خسائر في الأرواح والممتلكات، ونضرب مثالاً على ذلك بالزلزال الذي حدث في اليابان في ١٥ حزيران عام ١٨٩٦م، والذي اقتحمت خلاله أمواج البحر بارتفاع تراوح بين (٧٥ – ١٠٠) قدم، اليابسة غامرة في طريقها كثيراً من القرى ومظاهر الحياة. وقد نتج عن الزلزال مقتل أكثر من (٢٧٠٠٠) شخص، وتدمير ما يزيد عن(١٠٠٠٠) منزل (مصدر١١).

إن معظم موجات المد والجزر البحرية (ظاهرة تسونامي) تتسبب من الزلازل، وهي تنتقل بسرعة مذهلة قد تبلغ (٨٠٠)كم في الساعة. وبارتفاع حوالي ٨٠ متراً، ولا ينجم عنها ضرر ما دامت في عرض البحر، والواقع أن السفن قد لا تشعر بالمرة بأنها تركب هذه الأمواج الزلزالية. ولا تصير هذه الأمواج ذات خطر إلا عندما تصل إلى الأرض. فعندما تقترب الموجة من الشاطىء تحمل الماء والسفن بعيداً عنه، ثم تعود بها ثانية في عنف إليه. وفي كثير من الأحيان يندفع الماء إلى مسافات بعيدة فوق الأرض ليترك السفن لا حول لها ولا قوة عند انحساره «تفسر هذه الظاهرة جنوح كثير من السفن عند الشواطىء الساحلية ومنها الشواطىء الساحلية في مدينة اللاذقية». وفي نفس الوقت يدمر الماء كل ما يصادفه، وقد يلحق بالناس ويدفع بهم إلى مسافات بعيدة عن الشاطىء باتجاه المرتفعات.

وأعجب ما في الأمر هو أن الخسارة التي تنجم عن هذه الموجات تقع في أماكن بعيدة كل البعد عن أماكن نشأتها. وهي تسير مئات بل آلاف الأميال. فالموجة التي نشأت عن الزلزال الذي قطع أسلاك الكابلات في الأطلسي دمرت السفن في نيوفوندلاند حيث لم يشعر الناس بالزلزال كلية. وكانت موجات تسونامي التي بلغ ارتفاعها (١٥) قدما في شواطىء جزر هاواي، قد قتلت الناس واكتسحت السفن والمنازل، ومع ذلك فقد كانت هذه الموجات نتيجة لزلزال حدث في هيلور (قرب جزر اليوشن). تجدر الإشارة إلى أنه لا يسبب زلزال يقع في قاع البحر ظاهرة تسونامي ما لم تتجاوز قوته ٦,٤٢ + H ٠,٠١٧ (حيث H تعني العمق المركزي بالكيلومترات)، بينما تسبب الزلازل التي تقع قريباً من الشواطىء والتي تزيد قوتها عن (٧,٧٥ + H ٠,٠٠٨) الظواهر الرئيسية لتسونامي (مصدر ١٢).

إن صورة ظاهرة تسونامي ودراستها رياضياً تعتبر أمراً معقداً بسبب كون الغالبية العظمى للزلازل البحرية ناجمة عن الاضطرابات التي تحدث بنتيجة الانزلاقات المتكونة على طول التصدع

الجيولوجي والذي يبدأ من نقطة ما منتقلاً بسرعة ترتبط بموجات القص عند الصخور. ومما يزيد الوضع تعقيداً الاختلافات في أعماق المياه مما يشوه في أشكال الأمواج سواء أعلاها في (ذروتها) أو عند بداية التوائها.

### * أشكال التكرار النسبي لظواهر تسونامي

يفيدنا هنا اعطاء صورة للتكرار النسبي لظواهر تسونامي في المحيطات المختلفة (مصدر ١٣):

حوالي: ٦٢٪ من ظواهر تسونامي المعروفة والمهمة حدثت في المحيط الباسفيكي.

٢٠٪ من ظواهر تسونامي حدثت في المحيط الهندي.

٩٪ من ظواهر تسونامي حدثت في البحر الأبيض المتوسط.

٩٪ من ظواهر تسونامي حدثت في المحيط الأطلنطي الشمالي بينما لا تعتبر ظواهر تسونامي معروفة نسبياً في المحيط الأطلنطي الجنوبي.

ان التوزيع التكراري لحركات الأمواج المرافقة لتسونامي مرتبطة بالظواهر النوعية لها، وقد وصفت بشكل عام بالتوزيع الاحتمالي لغاوس(التوزيع الطبيعي)،أو بالتوزيع اللوغاريتمي الطبيعي.

وغالباً ما تعتبر الظواهر الهايدروديناميكية المرتبطة بظواهر تسونامي مهمة، ويكفي أن نشير إلى أن الضغوط الهايدروديناميكية المقدرة من زلزال تسونامي الذي وقع في هيلو (Hilo)، خلال عام ١٩٦٠م (الشكل ١) كانت تتراوح بين ٤٠٠ – ١٨٠٠ قوة لكل قدم مربع (Pst) (مصدر ١٠).

### * – «تسونامي» المياه العذبة

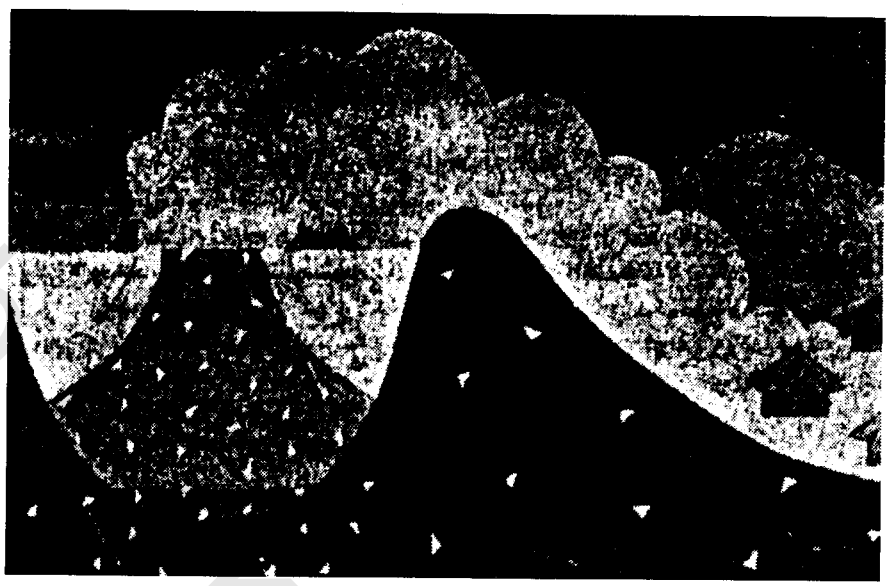
ان الانزلاقات والانهيارات الأرضية الحاصلة في الخزانات المائية الكبيرة كأحواض السدود تعتبر مسؤولة أيضاً عن الحوادث المفجعة، والتي يمكن أن نطلق اسم «تسونامي المياه العذبة» تمييزاً لها عن ظواهر تسونامي البحرية. ونذّكر بفاجعة انهيار الخزان المائي في مدينة فيجون بايطاليا. لذلك فإن مثل هذه الظواهر تستحق الاهتمام. وقد أشرنا إلى ظروف حادثة خزان سد فيجون كأكبر كارثة في تاريخ سدود الوديان (١٤) اضافة إلى حوادث أخرى جاءت في الفقرة (١) من الفصل الرابع.

الانزلاقات الساحلية أو الشاطئية والتي تسبب ظواهر تسونامي صغيرة ونخص بالذكر منها ما يحصل بتكرار في شواطىء النرويج، وفي خليج الليتوا في الاسكا، والتي تعتبر أمثلة تقليدية لمثل هذه الظواهر. وطالما أن ظواهر تسونامي للمياه العذبة قد حدثت قديماً في الطبيعة في فترات زمنية معينة، لذلك فإن مجال الحصول على المعلومات الاحصائية عنها ضيق جداً. إلا أنه يمكن أن تجري دراستها مخبرياً بشكل أدق مقارنة بدراسات ظواهر تسونامي الأخرى. ويمكن للدراسات المخبرية أن تؤكد أو تنفي بشكل قاطع وجود خوف من انزلاقات حجوم كبيرة من الصخور أو التربة في الخزانات المائية.

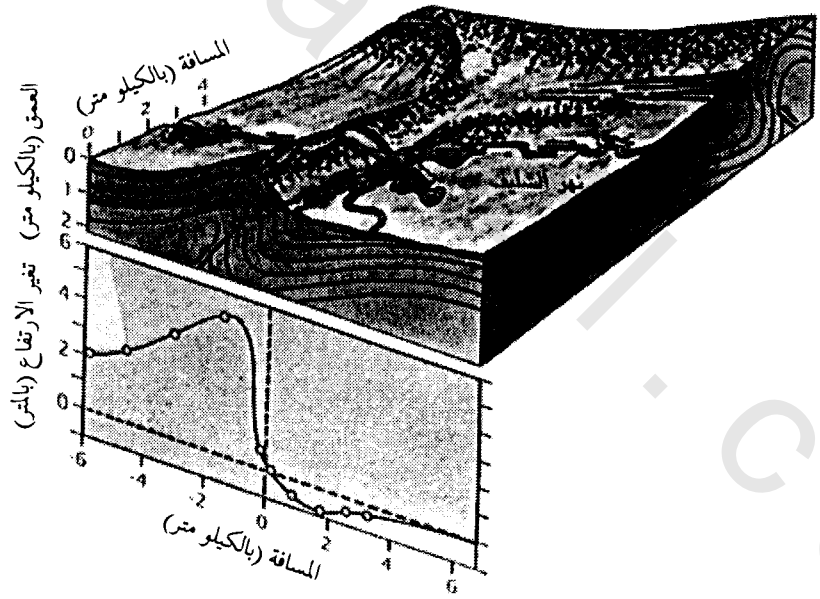
*** – نظام انذار دولي لتفادي مخاطر زلزال «تسونامي»**

لما كان الزلزال البحري يستغرق ساعات محدودة حتى يجتاز المحيط الهادىء مثلاً، فيمكن لنظام انذار دولي خاص أن يكون الوسيلة الفعّالة لتخفيف الآثار السلبية على الأرواح البشرية، وبموجب هذا الإنذار الدولي الذي يتقرر اطلاقه – حسب شدة الزلزال وقوته – يمكن على سبيل المثال اعلام سكان هاواي واليابان بأن زلزال تسونامي قوياً وقع في تشيلي، وان الخطر في طريقه إليهم. وهذا يعني أن عليهم اخلاء مدنهم وأخذ الاحتياطات القصوى. ومن الوسائل التي يمكن أن تخفف قليلاً من مخاطر زلزال تسونامي انشاء حواجز بيتونية سميكة أو مكاسر للمياه تقلل من تأثير الموجات المدية والجزرية (مصدر ١٥).

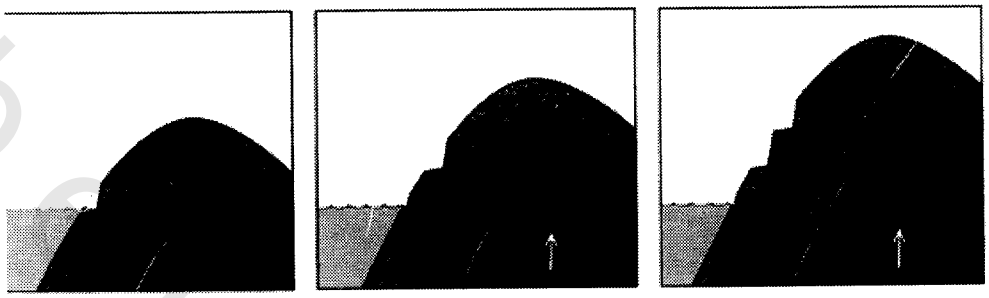
**ز – الزلازل الإنهيارية: وهي زلازل صغيرة ذات تأثير محلي بسبب ضآلة الطاقة المتولدة منها.**



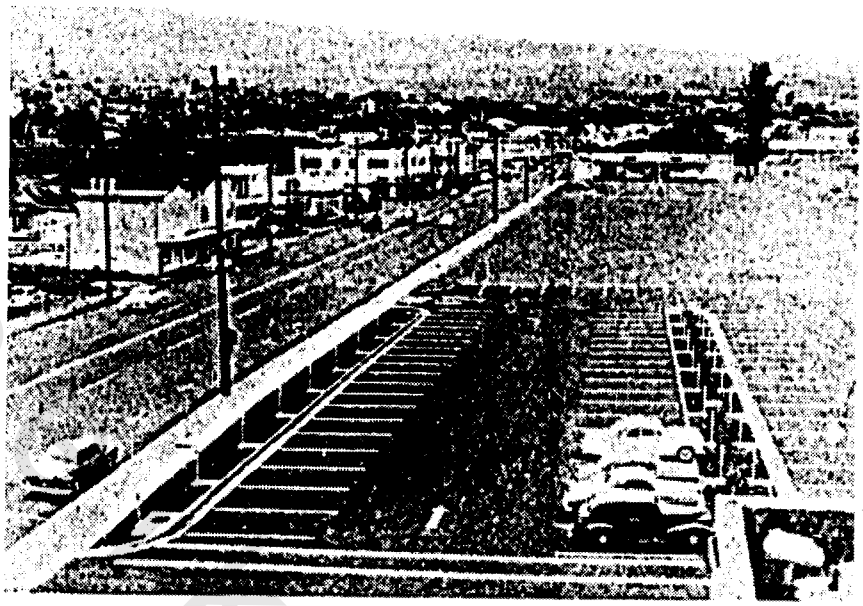
**الصورة رقم –١–** رسم يوضح تصور العلماء لعملية تسرب الغازات السامة من بحيرة نايوس في الكاميرون.



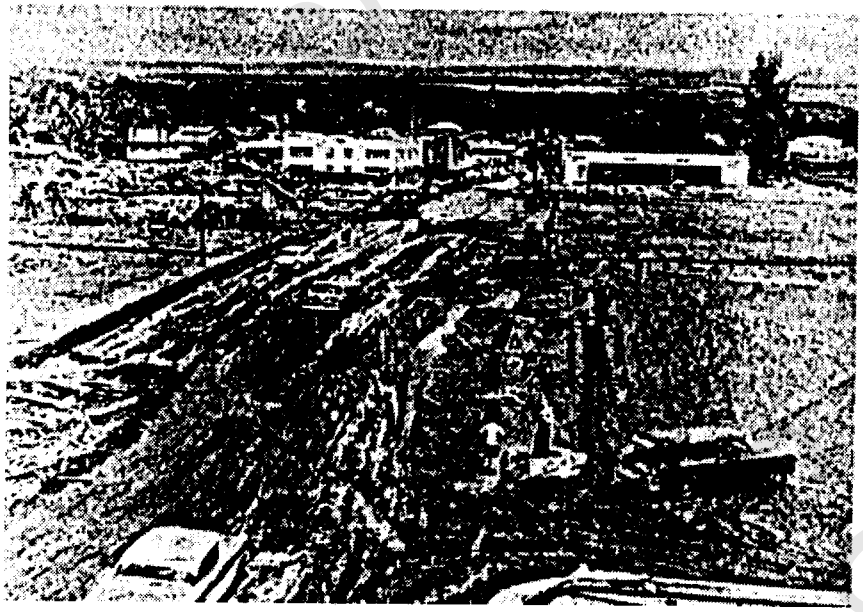

**الصورة رقم –٢–** مجسّم يوضح مرور نهر الشليف في مدينة الأصنام بالجزائر من خلال ممر ضيق عبر الطيّة في موقع الهزة الأرضية. وكيف ان ارتفاع الأرض خمسة أمتار نتيجة الهزة حج المجرى (المصدر ٨).



الصورة رقم –٣– صور مقطعية توضح ماهية الطيّات المحدّبة أو البنى الجيولوجية التي تتعرّج فيها الرسوبيات المتطبقة إلى الأعلى لتشكل قوساً عريضاً. وقد دلّ التأريخ بالكربون للقواقع البحرية على أن أعمار المسطّحات يتراوح بين ١٨٠٠ – ٥٦٠٠ سنة. وبما أن مستوى سطح البحر لم يتغيّر بشكل ملموس خلال تلك الفترة، فإن أسهل ايضاح لهذه الظاهرة هو أن هذه المسطحات قد ارتفعت نتيجة لهزات أرضية يتكرر حدوثها كل (٦٠٠)سنة (المصدر ٨).



قبل الزلزال



بعد الزلزال

**الشكل –١–** الأضرار اللاحقة بمدينة (هيلو، هاواي) بعد تعرضها لزلزال تسونامي بتاريخ ١٩٦٠/٥/٢٣. **المصدر**: (١٠).