الفصل التاسع

الغلاف الصخري لكوكب الأرض وتشكيله بالحركات التكتونية الداخلية

الفصل التاسع
الغلاف الصخري لكوكب الأرض وتشكيله بالحركات التكتونية الداخلية

قشرة الأرض:

تتألف قشرة الأرض The crust of the earth أو ما يعرف باسم الغلاف الصخري من صخور (أحجار) متنوعة فيما بينها شكلاً وصلابة ولونًا وتركيبًا معدنيًا. والصخر أو الحجر في العهد القديم (التوراة) كان يرمز إلى القوة الحامية، في حين أن الحديث عنه في القرآن الكريم كثيرًا ما يقترن بالقسوة والعذاب، وأحيانًا بالانتفاع به، وتفجر المياه منه [١]. وقد اعتقد الإنسان القديم وشعوب ما قبل الإسلام أن الأرواح والآلهة تسكن أعالي الجبال وهاماتها الصخرية الصلدة، واعتبرت الصخور والأحجار من المقدسات [٢]. وكان عرب الجاهلية يعبدون حجرين هما «إساف» و«نائلة»، واعتبروهما رمزًا لرجل وامرأة فسقا في الحرم الشريف فمسخا إلى حجرين [٣]. كما كانت قريش تعبد حجرا «اللات» قبل الإسلام وتقدم لها القرابين.

وجاء الحجر في القرآن الكريم أحيانًا تعبيرًا عن القسوة، وشبه القرآن به قلوب اليهود القاسية [٤]، وذلك في قول المولى تبارك وتعالى:

﴿ **ثم قست قلوبكم من بعد ذلك فهي كالحجارة أو أشد قسوة . . .** ﴾ البقرة (٧٤).

---

(١) د. كاصد الزيدي «الطبيعة في القرآن الكريم» دار الرشيد (١٩٨٠م)، ص ١٧٠ ـ ١٧٨.

(٢) د. جواد علي «تاريخ العرب قبل الإسلام»، ج٥/ ١٦٨.

(٣) أ ـ المسعودي «مروج الذهب» ج٥/ ٥٠.

ب ـ ابن الكلبي «الأصنام» ص ٩.

جـ ـ الشهرستاني «الملل والنحل» ج٢/ ١٠٩.

(٤) الزمخشري، «الكشاف» ج١/ ٢٢٣.

كما تدل الآيات القرآنية على أن الحجر سيكون من بين وقود جهنم مما ينفي تقديس الحجر وذلك في قوله تعالى:

﴿ **يا أيها الذين آمنوا قوا أنفسكم وأهليكم نارًا وقودها الناس والحجارة. . .** ﴾ التحريم (٦).

وفسر البيضاوي [١] الحجارة على أنها الأصنام الحجرية التي نحتها المشركون بأنفسهم وعبدوها طمعًا في شفاعتها مستندًا في ذلك على قوله تبارك وتعالى:

﴿ **إنكم وما تعبدون من دون الله حصب جهنم أنتم لها واردون** ﴾ الأنبياء (٩٨).

ويعد الغلاف الصخري في الحقيقة جزءًا من الأرض نفسها إلا أنه الجزء الخارجي الذي يمثل سطح القشرة أو الطبقات العليا التي تتركب منها الأرض. وقد ساعدت عمليات دوران الأرض حول محورها من جهة والبرودة التدريجية التي تعرضت لها من جهة أخرى على تنسيق وترتيب مواد الأرض تبعًا لاختلاف كثافتها وتكوين الغلاف الصخري الخارجي، أو القشرة الأرضية الخارجية التي تتألف من صخور بردت تمامًا، وتختلف عن المصهورات الواقعة في باطن الأرض [٢].

ومن ثم تتركب القشرة الأرضية بدورها من طبقات صخرية تختلف من حيث كثافتها وطبيعة تركيبها المعدني. ويطلق على القشرة السطحية للأرض اسم طبقات «السيال» Sial، ذلك لأن معادن صخورها تتركب أساسًا من سليكات الألومنيوم. ويبلغ متوسط كثافتها نحو ٢,٨٠ ويتراوح سمكها من ٢ إلى ١٥ كيلو مترا. ويلاحظ أن هذه الطبقة رقيقة السمك خاصة أسفل البحار

---

(١) البيضاوي، «أنوار التنزيل. . .»، ج١/ ٥١، طبعة ١٢٨٥هـ ـ القسطنطينية.

(٢) فيرنسيد، د. ج. وبولمان ا. م «الجيولوجيا»، الألف كتاب رقم ٢١٧ ـ ترجمة محمد إبراهيم عطية.

والمحيطات، بل تكاد تكون معدومة في قاع المحيط الهادي في حين يزداد سمكها في قارات اليابس.

الأرضون السبع:

يقول المولى عز وجل:

﴿ **يعلم ما يَلِجُ في الأرض وما يخرج منها وما ينزل من السماء وما يعرج فيها. . .** ﴾ سبأ (٢).

﴿ **له ما في السمٰوات وما في الأرض وما بينهما وما تحت الثرى** ﴾ طه (٦).

﴿ **الله الذي خلق سبع سمٰوات ومن الأرض مثلهن يتنزل الأمر بينهن لتعلموا أن الله على كل شيء قدير وأن الله قد أحاط بكل شيء علمًا** ﴾ الطلاق (١٢).

وقد اختلف المفسرون في تفسير الأرضين السبع؛ فاعتقد بعضهم أنها كرات أثيرية تحيط بالكرة الأرضية. يقول القرطبي[1] عن الأرضين السبع «ذكر تعالى أن السمٰوات سبع ولا خلاف في أنها كذلك بعضها فوق بعض كما دل على ذلك حديث الإسراء وغيره، ولم يأت للأرض في التنزيل عدد صريح لا يحتمل التأويل إلا قوله تعالى: ﴿ . . . **ومن الأرض مثلهن** ﴾. وقد اختلف في المثلية هل تكون في العدد واللفظ، لأن الكيفية والصفة مختلفة بالمشاهدة والأخبار؟ والجمهور على أنها سبع أرضين طباقًا بعضها فوق بعض بين كل أرض وأرض مسافة كما بين السماء والسماء، وفي كل أرض سكان من خلق الله، وعن الضحاك أنها سبع أرضين ولكنها مطبقة بعضها على بعض من غير فتوق بخلاف السمٰوات».

---

(١) القرطبي، أبو عبد الله محمد بن أحمد، «الجامع لأحكام القرآن»، القاهرة (١٩٣٨م)، مطبعة بيروت (١٩٦٧م)، ج٢/ ٢٨٥، ج١٨/ ١٧٤.

وعن أبي الحسن الرضا ـ فيما أخرجه العياشي ـ قال: بسط كفه اليسرى، ثم وضع اليمنى عليها فقال: «هذه الأرض الدنيا والسماء الدنيا عليها قبة، والأرض الثانية فوق السماء الدنيا والسماء الثانية فوقها قبة. . . هكذا الحال حتى السماء السابعة، والسماء السابعة فوقها قبة وعرش الرحمٰن فوق السماء السابعة». أما القتبي في عيون الأخبار فيحكي عن إسماعيل بن أبي خالد قال: «كانت السماء مخلوقة وحدها والأرض مخلوقة وحدها ففتق من هذه سبع سماوات، ومن هذه سبع أرضين»(١).

أما الدكتور محمد جمال الدين الفندي(٢)، فيعتقد «أنه إذا كانت السماء هي كل ما يعلو فوق أرضنا، فإن كلمة فوق أو تحت هنا تحمل النسبية، أي بالنسبة لنا فما يعلو رءوسنا من فوق هو سماء، وما يكون تحت أقدامنا هو أرض، وإذا ما فرض انتقال أحد من سكان هذه الأرض إلى كوكب أو جرم آخر كان يعلوه وهو على هذه الأرض، وثبت على هذا الجرم بقدميه ـ كما حدث من رواد الفضاء عند هبوطهم على سطح القمر ـ صار هذا الجرم بالنسبة له أرضًا؛ لأنه صار تحته. . .».

ويرجح الكاتب أن السماء هي كل ما يقع فوق سطح الكرة الأرضية من جميع جهاتها، وأن أراضي الكواكب والأقمار الأخرى في الفضاء السماوي مثل القمر وعطارد وزحل وأورانوس هي أراضٍ تخص كل كوكب أو قمر منها بذاته. ومن ثم فإن الأرضين السبع قد يقصد بها طبقات أرضية متعاقبة للكرة الأرضية نفسها. وقد توصلت نتائج البحوث الجيوفيزيقية إلى وجود سبع طبقات للكرة

---

(١) أ ـ ابن كثير، «تفسير القرآن العظيم»، طبع الحلبي ـ بدون تاريخ ـ ج٤/ ٣٨٥.

ب ـ الألوسي، شهاب الدين محمود، «روح المعاني»، بيروت ـ بدون تاريخ ـ ج٢٨/ ١٤٤.

(٢) د. محمد جمال الدين الفندي، «الله والكون»، مرجع سابق، ص ٢١٣.

الأرضيـة تتعاقـب إحداهـا فـوق الأخرى ولكل منهـا دوره المهم في الحفـاظ على استمرار الحياة ومعيشة الإنسـان على سطح الأرض، وفي بقاء الأرض في الفضاء بـالصـورة التي هي عليهـا اليوم. وتتمثل هـذه الطبقـات الأرضيـة السبع [1] في الآتي:

أولاً: قشرة الأرض التي يطلق عليها النطـاق الصخري Lithosphere وتتكون من طبقتين هما:

١ ـ **طبقة السيـال الخارجية**: Sial وتتألف منهـا صخور القارات وهـي قليلة الكثافـة، وتتركب من معادن خفيفـة الوزن وكثافتهـا نحو ٢,٨ وسمكهـا نحو عشرة أميال.

٢ ـ **طبقة السيما السفلية**: Sima وتتألف منها صخور أرضية المحيطات، وهي تقع أسفل طبقـة السيـال، وتصل كثـافتها إلى ٣,٤ وتتركب من معـادن ثقيلـة الـوزن، ويصل سمكهـا إلى نحـو ٤٠ ميـلا. وتنفصل طبقـة السيما عن طبقـة السيال بفاصل يعرف باسم حد الأندسيت Andesite Line.

ثانيًا: طبقة الغطـاء الداخلي لـلأرض (المانتل) Mantle وهــذه تتركب هي الأخرى من طبقتين هما من أعلى إلى أسفل ما يلي:

٣ ـ **طبقة الأثنوسفير**: Asthenosphere وهي الطبقة العليا من المانتل التي تقع أسفل قشرة الأرض مبـاشرة وتصل كثـافة موادهــا إلى ٤ ولا يـزيد سمكهـا على ٢٧٥ ميلا.

٤ ـ **طبقـة الميزوسفيـر**: Mesosphere وهي الطبقــة السفلى من المانتل وتصل كثافة موادها إلى ٥,٥ وسمكها نحو ١٥٧٥ ميلا وتنفصل طبقة الغطاء الداخلي

---

(١) يبلغ سمك هذه الطبقـات السبع جميعا حوالي ٣٩٥٠ ميـلا ـ راجـع د. حسن أبـو العينين، «كـوكب الأرض»، الطبعة العاشرة ـ مرجع سابق، ص ٩٦ ـ ٩٨.

للأرض (الأثنوسفير والميزوسفير معا) عن قشرة الأرض بفاصل جيوفيزيقي يعرف باسم الحد الموهورفيشي Mohorovicic Discontinuity وهو الحد الـذي تبلغ فيه سرعة الموجات الـزلزالية ١ ,٨كم/ الثانية . وتزداد سرعـة هذه الموجات على ذلك كلما اتجهنا داخل باطن الأرض .

ثالثًا : الطبقة الداخلية المركزية للأرض : Centrosphere وهذه يصـل سمكها نحـو ٢١٠٠ ميل وتقع أسفل طبقـة الغطاء الـداخلي لـلأرض (المانتل) وتتألف بدورها من طبقتين :

٥ ـ الطبقة العليـا المركزية : وتصل كثـافتها إلى ٥ ,٧ وتنكسر فيهـا الموجات الزلـزالية ، ومـوادها في حـالة لـدنة تبعًـا للضغط الشديـد الواقع عليهـا ويصل سمكها إلى نحو ١٠٠٠ ميل .

٦ ـ الطبقة السفلى المركـزية : وتصل كثـافتها إلى ٩ وتتألف أسـاسًا من مـواد معـدنية ثقيلـة جـدًّا ، وتتجمع معهـا المواد المشعة ، وتمثـل الفرن النـاري لجوف الأرض ويقدر سمكها بنحو ٧٠٠ ميل .

٧ ـ قلب الأرض : Core ويمثل النـواة المركزية لـلأرض وثقلها الشديد الذي جعله الله فيها ليحفظ لـلأرض وزنها وتوازنها وموقعها في الكـون ، وتصل كثافتها إلى ١١ ، ويتركب من الحديد والنيكل وهو بؤرة نشوء التيارات الحرارية الصاعدة الناتجة عن فعل المواد المشعـة في قلب الأرض التي بدورها تؤثـر في تشكيل مظهر سطح الأرض وظـواهره الكبرى وتكوين أغلفتـه المختلفة ، ويقـدر سمك قلب الأرض بنحو ٤٠٠ ميل[١] .

---

(١) للدراسة التفصيلية ، راجع د . حسن أبو العينين ـ كوكب الأرض ـ مرجع سابق ، ص ٩٧ .

ومن نتائج الدراسات التحليلية الكيميائية لصخور سطح الأرض تبين أن الغلاف الصخري يتألف كيميائيًّا من أربعة عناصر رئيسة هي :

الأكسجين	ونسبة وجوده في الصخر	٤٦,٨٪
السيليكون	» » »	٢٨٪
الألمونيوم	» » »	٧,٥٪
الحديد	» » »	٤,٢٪

وتتمثل أهم العناصر الأخرى الثانوية في الكالسيوم (٣,٣٪)، والصوديوم (٢,٤٪) والبوتاسيوم (٢,٤٪) والماغنسيوم (٢,٢٪).

وتتألف قشرة الأرض من مجموعات متنوعة من الصخور أساسها الصخور التي انبثقت من باطن الأرض وظهرت فوق السطح وأخذت تبرد بالتدريج لتكون الغطاء الصخري الخارجي لهذا الكوكب، وتعرف تلك الصخور باسم **الصخور الأولية** Primary Rocks أو **الصخور النارية** Igneous Rocks ومن بينها البازلت، والجرانيت، والسيانيت، والدولوريت. ومن تفتت الصخور النارية بعد تعرضها لعوامل التعرية، وتبعًا للإرسابات المختلفة فوق قيعان البحار والمحيطات والبحيرات تتكون **الصخور الرسوبية** Sedimentary ومن بينها الصخور الجيرية والرملية، والطينية والغرينية. وإذا تعرضت الصخور النارية والرسوبية لفعل الضغط الشديد أو الحرارة الشديدة أو لكليهما معًا، فإن هذه الصخور سرعان ما تتحول إلى حالة أخرى تختلف خواصها ومميزاتها عن صورتها الأصلية، وتعرف هنا باسم **الصخور المتحولة** Metamorphic Rocks. ومن بين أمثلة هذه المجموعة صخر النيس Gneiss المتحول عن الجرانيت، وصخر الشيست Schist المتحول عن **الصخور** الطينية والرخام Marble المتحول عن الصخور الجيرية.

وعلى ذلك قد تحتوي الصخور الرسوبية وبعض من الصخور المتحولة على حفريات الكائنات التي كانت تعيش خلال فترات التاريخ الجيولوجي الطويل. وتبعًا للنتائج المستمدة من دراسة الحفريات في الطبقات الصخرية المختلفة من القشرة الأرضية، ومعرفة عمر هذه الطبقات كذلك بحساب النشاط الإشعاعي، أمكن تقسيم طبقات صخور القشرة الأرضية إلى مجموعات مختلفة حسب عمرها أو الأزمنة التي تكونت فيها. ومن ثم قسم الباحثون الزمن الجيولوجي إلى أقسام كبرى أطلق عليها تعبير أحقاب Eras وهذه بدورها قسمت إلى أقسام ثانوية يطلق عليها عصور Periods. ويوضح الجدول الآتي أحقاب الزمن الجيولوجي لقشرة الأرض، والعصور المختلفة التي تكون كل حقبة، وكذلك سمك الطبقات المختلفة الصخرية وطول الزمن الجيولوجي الذي شغله كل عصر. ويوضح هذا الجدول كذلك الحركات التكتونية الكبرى (الكارنية والكاليدونية والهرسينية والألبية) التي انتابت صخور القشرة الأرضية خلال العصور الجيولوجية المختلفة.

ويعزى حدوث الحركات التكتونية الكبرى orgenesis إلى شدة نشاط المواد الإشعاعية المتجمعة في باطن الأرض، في حين يرجع الهدوء النسبي لها إلى ضعف تجمع المواد الإشعاعية. ومن ثم نلاحظ أن فترة الهدوء التكتوني النسبي تقع دائما بين حركتين تكتونيتين عنيفتين. وليس من الصواب الاعتقاد بأن باطن الأرض يبرد بالتدريج، بل هو يبرد أو يسخن تبعا لمدى نشاط وتجمع المواد الإشعاعية في باطن الأرض. وإذا كان باطن الأرض يبرد بالتدريج لكان لزامًا على الحركات التكتونية الأحدث عمرًا (مثل الحركة الألبية الميوسينية) أن تكون أقل قوة وتأثيرًا في تشكيل سطح الأرض عن تلك الحركات الأقدم منها عمرًا (مثل الحركة الكاليدونية والحركة الهرسينية)، إلا أننا نجد أن الواقع هو خلاف

تقسيم الزمن الجيولوجي لقشرة الأرض إلى أحقاب وعصور والحركات التكتونية الكبرى التي انتابت صخور القشرة الأرضية:

الحقب Era	العصر Period	الحركات التكتونية	سمك الطبقات آلاف الأقدام	عمر كل عصر (مليون سنة)	المجموع
الزمن الرابع (الكواتير نري)	الحديث (هولوسين) Holocene		٦	١	١
	البلايوستوسين Pleistocene				
الزمن الثالث (الكاينزوي)	البلايوسين Pliocene	الحركة الألبية	١٥	١٠	١١
	الميوسين Miocene	X Alpine	٢١	١٤	٢٥
	الأوليجوسين Oligocene		٢٦	١٥	٤٠
	الإيوسين Eocene		٣٠	٢٠	٦٠
	البليوسين Paleocene		١٢	١٠	٧٠
الزمن الثاني (الميزوزي)	الكريتامي Cretaceous		٥١	٦٥	١٣٥
	الجوراسي Jurassic		٤٤	٤٥	١٨٠
	الترياسي Triassic		٣٠	٤٥	٢٢٥
الزمن الأول (الباليوزي)	البرمي Permian	X الحركة			
	الفحمي Carboniferous	الهرسينية	١٩	٤٥	٢٧٠
	الديفوني Devonian	X Hercinian	٤٦	٨٠	٣٥٠
	السيلوري Silourian	الحركة	٣٨	٥٠	٤٤٠
	الأردوفيشي Ordovician	الكاليدونية	٣٤	٤٠	٤٤٠
	الكمبري Camberian	Caledonian	٤٠	٦٠	٥٠٠
			٤٠	١٠٠	٦٠٠
ما قبل الكمبري	البروتوزوي Proterozoic	X الحركة الكارنية	—	—	—
	الأوزوي ـ أو Archaeozoic	Charnion X	—	—	—
	الأركي (Eozoic)		—	—	—

ذلك ممـا يـدل على أنـه ليس مـن الصـواب الاعتقـاد بأن بـاطن الأرض يبرد بالتدريج، ومن ثم فنحن على سطح الأرض نعيش اليوم في مرحلة هدوء تكتوني نسبي، وقـد يحدث بعد عـدة مـلايين من السنين، وعند تجمع المواد المشعـة في المواد المرتفعة الكثـافة في بـاطن الأرض أن يتعرض سطـح الأرض لحركة تكتـونية عنيفـة جديـدة، وهذه الحركـة قد تكـون أقل أو أشـد قوة من تلك الحركـة التي سبقتها وفقـا لمدى تجمع المواد المشعة في باطـن الأرض وتبعًا لطبيعة تفـاعل هذه المواد ومدى نشـاطها. كما تبين أن المواد المشعة يعظم تجمعهـا في باطن الأرض، وفي مركزها بالذات مع وجـود المعادن الأعلى ثقلاً عن غيرها (الحديد والنيكل)، ومن ثم تقل نسبة وجود هذه المواد المشعة في القشرة الخارجية لسطح الأرض.

العوامل التكتونية الداخلية
التي تشكل الغلاف الصخري لكوكب الأرض

استخلف الله سبحانه وتعالى الإنسان على سطح الأرض ليعمرها، وسخر له ما في السمٰوات والأرض لاستمرار الحياة على سطح هذا الكوكب. وأنعم الله تبارك وتعالى على الإنسان بنعم لا تعد ولا تحصى، وإن كثيرًا من هذه النعم والمعطيات لا يدركها الإنسان اليوم، وقد تكتشف الأجيال القادمة بعض هذه النعم وتستفيد منها. ونعم الله جل وعلا متجددة وعطاؤه لا ينقطع ومستمر إلى يوم الساعة. فإذا نفدت خامات معدنية من سطح الأرض سرعان ما يكتشف الإنسان معادن أخرى غيرها أو مواقع لمعادن مماثلة لها، وإذا ما تلوث الغلاف الغازي والغلاف المائي سرعان ما تنبثق مياه أولية جديدة وغازات جديدة من باطن الأرض، وتظهر على سطحها لتحل محل تلك التي استنفدها الإنسان أو أساء استخدامها. ومن ثم لم يتكون سطح الأرض من ظاهرة تضاريسية واحدة، بل تنوعت الأشكال التضاريسية من موقع إلى آخر على سطح هذا الكوكب فانتشرت هنا وهناك السهول، والهضاب، والجبال، والبحار، والمحيطات، والخلجان، والأخوار، والبحيرات، وقُطع سطح الأرض بالأنهار والوديان، وانبثقت من الأرض الينابيع والنافورات المائية الحارة. ولتنوع تضاريس سطح الأرض أثره في تنوع الظروف المناخية واختلاف التربة، ومن ثم في تنوع الغطاءات النباتية الطبيعية والمحاصيل الزراعية التي يقوم الإنسان بزراعتها، وفي تعدد النعم والمعطيات التي لا تعد ولا تحصى على سطح هذا الكوكب. وضمانًا لاستمرارية هذا التنوع التضاريسي سخر الله ـ عز وجل ـ عوامل متعددة (خارجية مثل عوامل التجوية وعوامل التعرية، وداخلية تكتونية

مثل الزلازل والبراكين والالتواءات والصدوع) لتشكيل سطح الأرض بظاهرات تضاريسية متنوعة بين فترة وأخرى.

وخلق الله سبحانه وتعالى السمٰوات والأرض وما بينهما، ووضع القوانين الإلهية المنظمة لها، وكل ما في الكون مسخر ويتحرك ويتفاعل مع غيره لحظة بلحظة بأمر الله ـ عز وجل ـ وبمشيئته والله قائم على كل ما خلق في الكون إلى يوم الدين. فإذا تُرِكَ سطح الأرض منذ يوم نشوئه لفعل عوامل التجوية والتعرية فقط، لتمكنت هذه العوامل الأخيرة من نحت وتسوية سطح الأرض، وجعلته في النهاية سهلا مستوي السطح، ولتشابهت فيه أشكال تضاريس السطح من موقع إلى آخر. وبمشيئة الله ـ جل وعلا ـ تتفاعل المواد المعدنية الثقيلة في جوف الأرض ومركزها، وتتجمع معها المواد المشعة وتنصهر المواد الجوفية للأرض، وتنبثق منها المصهورات البركانية، وتتعرض قشرة الأرض للثني والطيّ، وتتكون فيها السلاسل الجبلية. ومن ثم فإن أجزاء الأرض التي سبق لها أن تآكلت وتم تسوية أسطحها، بفعل عوامل التجوية والتعرية، وصارت سهولا تحاتية في مرحلة زمنية ما، قد تتشكل بفعل الحركات التكتونية الداخلية، وتبدأ دورة نمو جديدة أخرى، ويتكون فيها سلاسل جبلية ومخروطات بركانية ليحافظ سطح الأرض على استمرار تنوع مظهره التضاريسي.

والعوامل التكتونية الداخلية الفجائية مثل الزلازل والبراكين والتي يعدها البعض كوارث طبيعية فاجعة، وتهدد حياة البشر، ونقمة على سكان هذا الكوكب، هي أيضًا نعمة من نعم الله تبارك وتعالى على حفظ التوازن الأرضي، وتحمي الكرة الأرضية من الانفجار في الفضاء السماوي (تبعًا للتفاعلات النووية التي تحدث في باطن الأرض) وتمد الأرض بغازات ومياه ومعادن جديدة تضاف إلى ما هو موجود منها على سطح الأرض. والعوامل التكتونية البطيئة الحدوث مثل حركات الثني والطي والتصدع هي التي تكوّن السلاسل الجبلية والحافات

الصخرية والأغوار والضهور الصدعية والهضاب الالتوائية، والقصد من حدوثها هو استمرار وجود التنوع التضاريسي على سطح الأرض، الذي يؤثر بدوره في التنوع المناخي والنبات الطبيعي من موقع إلى آخر على سطح هذا الكوكب.

الحركات التكتونية الفجائية السريعة:

(١) الزلازل: Earthquakes

هي هزات سريعة قصيرة المدى في قشرة الأرض تنتج عن حدوث التفاعلات النووية في باطن الأرض ونتيجة للحركة المحورية للأرض، وتجمع المواد المشعة في جوفها، وإعادة توازن القشرة الأرضية وتحرك طبقاتها على طول أسطح الصدوع العميقة فيها. وتسهم الزلازل في استمرار الأرض في الاحتفاظ بتوازنها وبقائها بصورتها الحالية في الفضاء السماوي. وزلزلة الشي أي تحركه حركة عنيفة ومتكررة في وقت قصير. ويقول المولى عز وجل: ﴿ . . . **وزلزلوا زلزالا شديدًا** ﴾ الأحزاب (١١). أي أزعجوا إزعاجًا شديدًا شبيهًا بالزلزلة.

وما يحدث للأرض من زلازل هي هزات مقننة ومحكمة بعلم الله ـ عز وجل ـ ولها حساباتها وأبعادها في حفظ الأرض وبقائها. ويوم قيام الساعة ستصاب الأرض بزلزالها الأكبر الموعود الذي تنتهي به الحياة الدنيوية على سطحها، وتفقد الأرض ثقلها ويختل توازنها، وتنعدم قوة جاذبيتها ويقول جل وعلا:

﴿**إذا زلزلت الأرضُ زلزالها * وأخرجت الأرضُ أثقالها * وقال الإنسان ما لها * يومئذ تحدث أخبارها * بأن ربك أوحى لها**﴾ الزلزلة (١ ـ ٥).

﴿**يا أيها الناسُ اتقوا ربكم إن زلزلة الساعة شيء عظيم**﴾ الحج (١).

﴿ إذا رُجَّتِ الأرضُ رجًّا * وبُسَّتِ الجبالُ بَسًّا ﴾ الواقعة (٤ ـ ٥).

﴿ وحملت الأرض والجبال فدكتا دكة واحدة * فيومئذ وقعت الواقعة﴾ الحاقة (١٤ ـ ١٥).

﴿ يوم ترجف الأرض والجبال وكانت الجبالُ كثيبًا مهيلاً ﴾ المزمل (١٤).

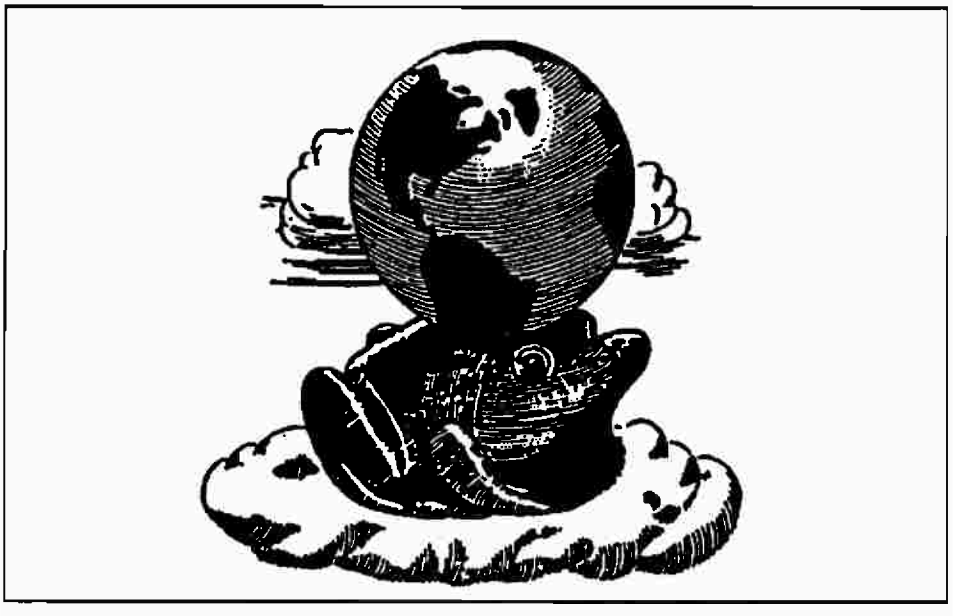
وفي حالة حدوث الزلازل العنيفة تهتز أجزاء من قشرة الأرض بشدة ويشعر بها الإنسان، أما إذا كانت الزلازل ضعيفة فلا يشعر بها الإنسان ولا تسجل إلا عن طريق أجهزة الرصد السيسموجرافية. وتتميز بداية حدوث الهزات الأرضية بضعفها، ثم بمرور ثوان معدودات تنبعث بعدها الهزات العنيفة، وبمضي ثوان أخرى تتناقص قوة الهزات الأرضية إلى أن تتلاشى تمامًا [١]. ولكن يظل الإنسان على موعد آخر مع حدوث هزات زلزالية أخرى فجائية جديدة، وينجم عن حدوث الزلازل العنيفة تدمير المنشآت العمرانية وهلاك أعداد كبيرة من السكان، ومن بين تلك الزلازل المدمرة العنيفة **زلزال شنسي** (الصين) عام ١٥٦٦م الذي قتل فيه نحو ٨٣٠ ألف نسمة. **وزلزال كلكتا** عام ١٧٣٧م وراح ضحيته نحو ٣٠٠ ألف نسمة **وزلزال أكوادور** عام ١٧٩٧م وقتل فيه نحو ٤١ ألف شخص **وزلزال كانسو** في الصين عام ١٩٢٠م وأدى إلى مصرع نحو ١٨٠ ألف شخص. ومن بين أحدث الزلازل المدمرة **زلزال بيرو** الذي حدث في ٢ من يونيو عام ١٩٧٠م لمدة ٤٠ ثانية فقط، ومع ذلك ترك الزلزال وراءه منطقة مدمرة تمامًا بلغت مساحتها نحو ١٢٨,٠٠٠ كم٢، وراح ضحيته أكثر من ٥٠ ألف

---

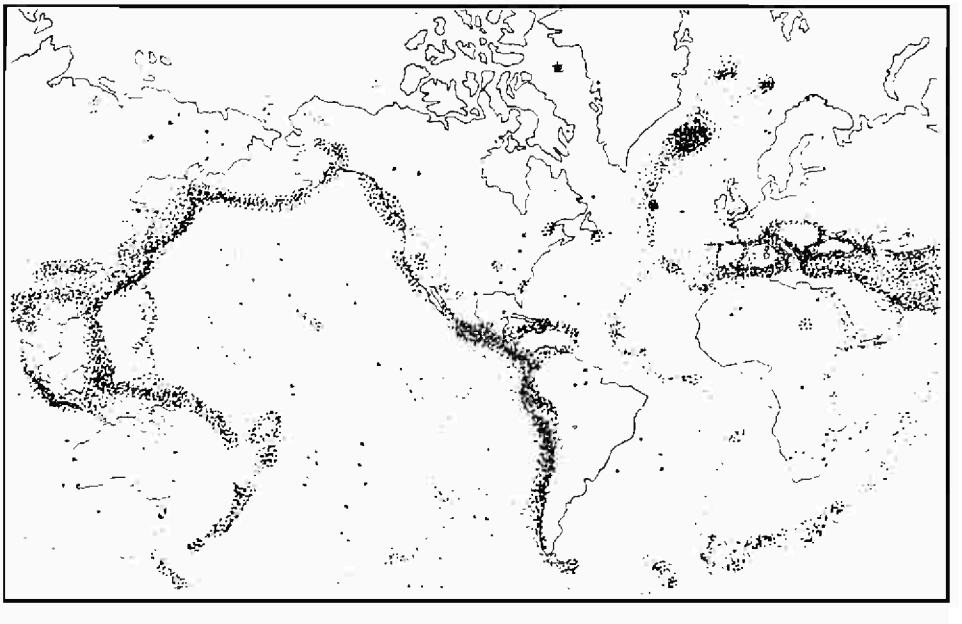
(١) للدراسة التفصيلية، راجع د. حسن أبو العينين، كوكب الأرض، مرجع سابق (١٩٨٨م) ٢٣٦ ـ ٢٥٩.

قتيل و٢٠ ألف جريح، وتشرد بسببه أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ نسمة. كما بلغ عدد ضحايا زلزال شيراز الذي حدث في أبريل ١٩٧٢م نحو ٢٥,٠٠٠ نسمة ودمر الزلزال أكثر من ٣٠ قرية في المنطقة المجاورة لمدينة شيراز، ونتج عن زلزال ماناجوا في نيكارجوا الذي حدث في ديسمبر سنة ١٩٧٢م مصرع أكثر من ٥٠ ألف نسمة، وإصابة أكثر من ٢٠٠ ألف نسمة بجروح بالغة. وفي يوم ٣٠ من سبتمبر ١٩٩٣م ضرب زلزال قوته ٦,٤ بمقياس ريختر ولاية مهاراشترا في غرب الهند. وتركز المركز السطحي للزلزال إلى الشرق من مدينة بومباي وأدى إلى هدم أكثر من ٥٠ قرية وتسوية منازلها بالأرض تمامًا، وكان عدد ضحايا هذا الزلزال أكثر من ٥٠ ألف قتيل وجريح وكان معظمهم من قرى خيلاري وإمبارجا ولاتور. (شكل ٢٥).

وحاول الإنسان منذ القدم تفسير نشأة الزلازل وأسباب حدوثها ليهتدي إلى تلك القوى الخفية التي تعمل على تدمير منشآته فوق سطح الأرض. وفي بداية العصور التاريخية اعتقد الإنسان أن الأرض مثبتة فوق رأس حيوان صخم، ولكن نتيجة لتحرك جسم هذا الحيوان ببطء تحدث الهزات الزلزالية في الأرض. واختلفت التفسيرات حول نوع هذا الحيوان الضخم، فاعتبره اليابانيون عنكبوتًا ضخمًا يحمل الأرض بين طيات نسيجه، وظنه الصينيون حوتًا ضخمًا، في حين رمز إليه الهنود الحمر بسلحفاة هائلة الحجم، كما اعتقدت جماعات اللاماس Lamas في منغوليا أن الله بعد أن خلق الأرض ثبتها فوق ظهر ضفدعة هائلة الحجم، وفي كل مرة عندما تحرك الضفدعة رأسها أو قدميها تتعرض الأرض لحدوث الهزات الزلزالية (شكل ٢٥ أ). أما الفيلسوف الإغريقي أرسطو في القرن الرابع قبل الميلاد فإنه اعتقد أن نشأة الزلازل ترجع إلى تسرب ألسنة هائلة من الغازات والهواء من باطن الأرض عبر الشقوق والفتحات الصخرية. وأكد أنه قبيل حدوث الزلازل سرعان ما يتغير الطقس ويصبح الجو أكثر رطوبة نتيجة



(شكل ٢٥) العالم فوق رأس الضفدعة الضخمة
حسب اعتقاد جماعات اللاماس في منغوليا.



(شكل ٢٥ أ) التوزيع الجغرافي لأهم مناطق حدوث الزلازل في العالم
(خلال هذا القرن).

لقدوم الهواء الـرطب من باطن الأرض. وربما أسهمـت آراء أرسطو بعض الشيء في ظهور نظرية تكوين الـزلازل المصاحبة للبراكين التي ظهرت في منتصف القرن الثامن عشر.

ومن بين نماذج الـزلازل التي تكونت مع الصـدوع العميقة زلـزال ألسكا عـام ١٨٩٩م. وقد تكوّن هـذا الزلزال نتيجة لتحرك الطبقـات رأسيا على طول سطح صدع (انكسار) قديم. وقد ارتفعت الطبقات التي رميت إلى أعلى نحو ٤٧ قدما على طول سطـح الصدع. وتعـزى أسباب حدوث معظـم الزلازل في اليـابان إلى شـدّة الحركات الصـدعيـة التي تتأثـر بها صخور اليـابـان. ومن أشهر الـزلازل الصدعية في اليابان ذلك الذي تعرضت لـه منطقتا طوكيو ويوكوهاما في سبتمبر عام ١٩٢٣م. (شكل ٢٥ ب).

وعندما تنبعث الهزات الأرضية من المركز الباطني للزلزال تنطلق من هذا المركز طـاقـة تـؤدي إلى تكـوين ذبـذبـات قـويـة في الصخـور تسري فيهـا على شكل تموجات، بحيث تكون شديدة في المركـز السطحي للزلزال وتضعف كلما بعدت عنـه. وإذا كان الإنسـان لا يشعـر إلا بالهزات الأرضيـة القـوية والعنيفـة، فإن أجهزة رصد الزلازل المعروفـة بأجهزة السيسموجراف Seismograph تسجل جميع الهزات الأرضية الزلـزالية على اختلاف قوتها التي أعطتهـا درجات تتفاوت من ١ إلى ١٣ حسب مقياس ريختر كما في الجدول الآتي:

(شكل ٢٥ ب) أثر حدوث الزلازل في تشقق سطح الأرض
وانهيار المنشآت العمرانية.

درجة الزلازل	مدى اهتزازها	تأثيرها في مناطق العمران	
I	بالغة الضعف	Instrumental	لا يحس بها سوى أجهزة التسجيل .
II	ضعيفة جدًّا	Very feeble	لا يشعر بها سوى سكان الطوابق العليا من المباني .
III	خفيفة	Slight	يشعر بها النـاس أثناء أوقـات راحتهم في منازلهم .
IV	معتدلة	Moderate	يشعر بها العـاملون ، وتهتز نوافـذ وأبواب المنازل .
V	محسوسة أو قوية نسبيًّا	Rather storong	توقظ النائمين .
VI	قويَّة	Strong	تحدث تلفا محدودًا في المنازل .
VII	قويَّة جدًّا	Very strong	تشقق جدران المنازل .
VIII	مخربة	Destructive	تسـاقط مـداخن المنـازل وتتهـدم أجـزاء المنازل القديمة .
IX	مدمرة	Ruinous	تسـاقط بعض المنازل ــ قـد يلقى بعض الناس مصرعهم .
X	شديدة التدمير	Disastrous	تسـاقط كثير من المنـازل ـ تحطم السدود ـ انزلاق الأرض .
XI	بالغة التدمير	Very disastrous	تدمير عام من المنشـآت ـ تحـدث شقوق واسعة في الأرض .
XIII	مفجعة وشاذة	Catastrophic	تـدمير كل المنشـآت العمـرانية بـالمنطقـة وتطاير أجزاء منها في الهواء . انحناء سطح الأرض واختـلاف مناسيب سطح الأرض .

ويختلف عدد الزلازل التي تحدث في قشرة الأرض من عام إلى آخر. كما قد تتعرض أجزاء من قشرة الأرض لزلازل عنيفة جدًّا في عام ما ثم إلى زلازل ضعيفة جدًّا في عام آخر. وقد أوضح جوتنبرج Gutenberg من دراسته لعدد مرات حدوث الزلازل في قشرة الأرض فيما بين عام ١٩٠٤م وعام ١٩٤٦م، أن المتوسط السنوي لعدد الزلازل التي تتعرض لها قشرة الأرض قد يبلغ نحو ١٥٠,٠٠٠ زلزال. بل أكد جوتنبرج كذلك أن قشرة الأرض قد تتعرض في بعض السنوات لحدوث أكثر من نصف مليون زلزال، إلا أن القسم الأكبر منها عبارة عن زلازل غير محسوسة ولا تسجلها إلا أجهزة الرصد السيسموجرافية الدقيقة جدًّا [1]. ومع ذلك فلا يزيد المتوسط السنوي لعدد الزلازل العنيفة جدًّا عن زلزالين، ويبلغ عدد الزلازل القوية نحو ١٢ زلزالاً سنويًّا. وتتلخص دراسات جوتنبرج عن عدد الزلازل والمتوسط السنوي لحدوثها في قشرة الأرض فيما بين عام ١٩٠٤م إلى ١٩٤٥م في الجدول الآتي:

نوع الزلازل	قوة الزلازل	المتوسط السنوي لعددها
عنيفة جدًّا	٨,٦ — ٧,٧	٢ ملحوظة جيدا
قوية	٧,٧ — ٧,٠	١٢ من محسوسة
مخربة إلى ضعيفة	٧,٠ — ٦,٠	١٠٨ إلى ضعيفة جدًّا
وضعيفة جدًّا	٦,٠ — ٥,٠	٨٠٠
	٥,٠ — ٤,٠	٦٢٠٠ ولا تسجلها إلا أجهزة الرصد الزلزالي
	٤,٠ — ٣,٠	٤٩,٥٠٠
	٣,٠ — ٢,٥	١٠٠,٠٠٠

(1) Gutenberg, B., and Richter, C.f. (Seismicity of the earth). Princeton (1949).

(٢) البراكين: Volcanoes

يعود لفظ «بركان» إلى فالكان Valcan إله النار عند الرومان القدماء، وأصبح يطلق هذا الاسم على المخروط البركاني الذي يتكون من تجمع المواد اللافية على سطح الأرض. ومنذ فترات ما قبل التاريخ ربط الإنسان القديم بين حدوث البراكين وما ينتج عنها من دمار وخراب، وبين غضب الآلهة عليه. واعتقد الفلاسفة الإغريق أن نشأة البراكين تعزى إلى الغازات الساخنة الصاعدة من باطن الأرض، وأكد هذا الرأي أرسطو وبليني وإسترابو وهيرودوت، وفي التراث الجغرافي الإسلامي اتفقت آراء إخوان الصفاء وخلان الوفاء وكتابات القزويني مع آراء الفلاسفة الإغريق حول نشأة البراكين. وأطلق المسعودي في كتابه «مروج الذهب» عام ٣٣٦هـ على البراكين اسم «آطام النيران». وعني كثير من الكتاب العرب (ومن بينهم البكري والإدريسي والمسعودي) في مخطوطاتهم القديمة بدراسة آطام النيران التي كانت تحدث وقتذاك في حوض البحر المتوسط وما كان ينتج عنها من كوارث رهيبة (١).

وعلى الرغم مما تسببه البراكين وثوراناتها من دمار وخراب لمواقع مختلفة من سطح الأرض فإن لها في الوقت نفسه فوائد ومنافع جمة تعود بالخير على الأرض نفسها وعلى بقائها في الفضاء السماوي دون انفجار، وبالمنفعة والبركة على سكان الأرض أجمعين، وصدق قول العزيز الحكيم:

﴿ . . . وعَسَى أن تكرهُوا شيئًا وهُوَ خير لكُم وعَسَى أن تُحبوا شيئًا وهو شرٌّ لكم والله يعلمُ وأنتم لا تعلمون ﴾ البقرة (٢١٦).

﴿ لا تحسبوه شرًّا لكم بل هو خير لكم ﴾ النور (١١).

﴿ فعسى أن تكرهوا شيئًا ويجعل الله فيه خيرًا كثيرًا ﴾ النساء (١٩).

---

(١) عبد الله يوسف الغنيم «البراكين والحرات والحمات في التراث العربي»، الجمعية الجغرافية الكويتية ـ نشرة (١١٧) سبتمبر (١٩٨٨م)، ص ٥.

فالبراكين بالنسبة لـلأرض أشبه بالزفرات الحارة التي يلفظهـا الإنسان عندما يشعـر بالتعب أو يضجـر من الإرهـاق، ولولا انبثـاق الغازات الملتهبـة وبعض المصهورات البركـانية من جـوف الأرض عبر الشقوق الطوليـة وقصبات البراكين التي تصل إلى سطح الأرض لانفجرت الكرة الأرضية وصارت أشبه بقنبلـة نووية وتبعثرت أجزاؤهـا في الفضاء. وتسهـم الغازات البركانيـة في تكويـن الغلافين الغـازي والمائي ومن دونهما مـا صارت على الأرض حيـاة. فإذا كـانت الميـاه هي أساس كل شـيء حي فإن الغازات البركانية هي مصدر هذه المياه والتي أخرجها المولى ـ عز وجل ـ من باطن الأرض؛ فالبراكين هي إذن صمام الأمان لبقاء كوكب الأرض في الفضاء السماوي، وتعمل على توازن ما يحدث من تفـاعلات نووية في الفرن الناري الممثـل في ثقل الأرض ومركزها، وفي استمـرار معيشة الإنسان على سطح هذا الكوكب في سهولة ويسر.

ولا عجب أن نرى بعض التجمعات البشرية اليوم متمركزة حول قاعدة بعض المخروطات البركانية الثائرة حيث يقومـون بالزراعة في التربة البركانية الخصبة غير مكترثين بما قـد يلفظه البركـان ومـا قد يخرج منـه من حمم منصهـرة ومقذوفـات نارية؛ فـالمواد البركانية تعيد للتربـة خصوبتها وتزودهـا بالمعادن الثقيلة الـلازمة لها، وإن التربات الطينيـة في كل سهول العالم الفيضية، وفي دلتـاوات الأنهار ما هي إلا حطام الصخـور النارية والبركانيـة التي انبثقت من باطن الأرض وتفتتت بفعل عوامل التجويـة والتعرية ونقلت مع المجاري النهـرية ورسبت في السهول الفيضيـة ودلتاوات الأنهار. وتضيف المقـذوفـات البركانيـة معـادن جديـدة على سطح الأرض لـم يكن لـلإنسان القدرة على اكتشـافها أو استخراجهـا من هذه الأعماق البعيـدة من سطح الأرض؛ فـالبراكين كغيرهـا من بقية عنـاصر الكـون وظواهره مسخرة لمنفعة الإنسان لاستمرار حياته على سطح الأرض[1].

---

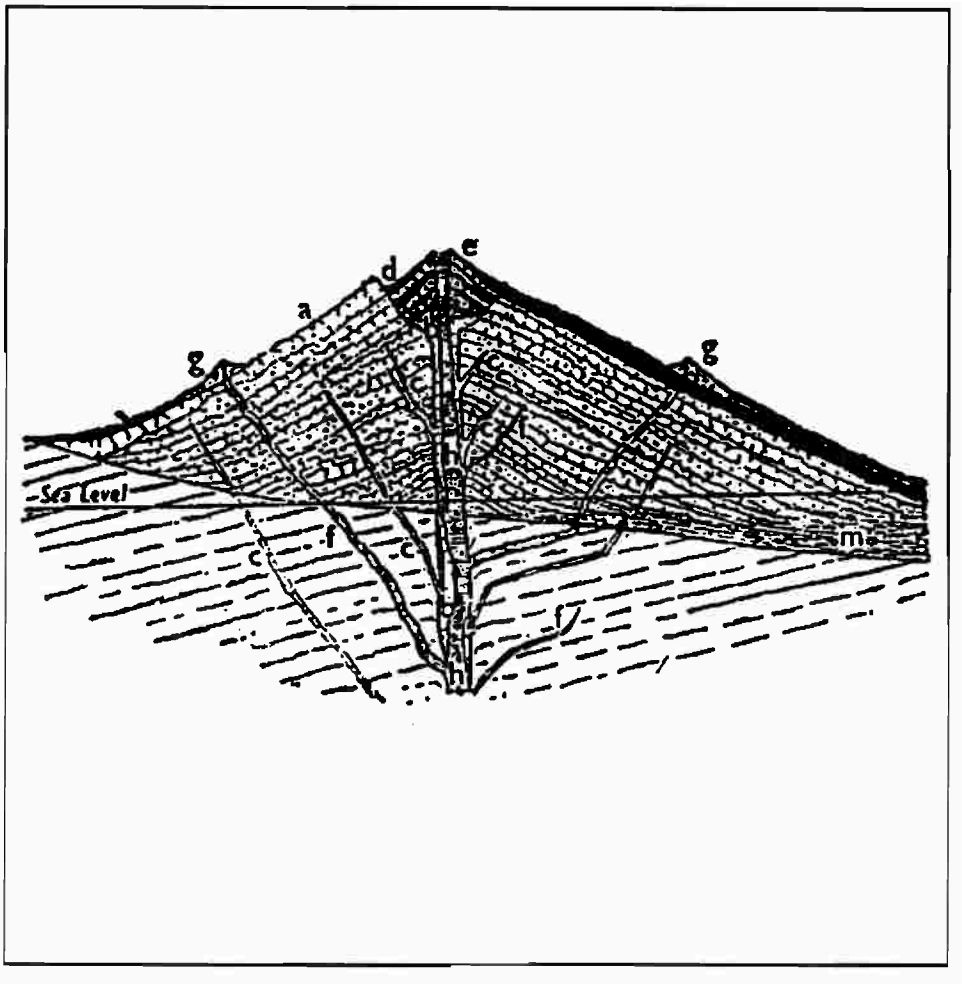
(١) للدراسة التفصيلية راجع:

د. حسن أبو العينين «كوكب الأرض»، مرجع سابق، ص ٢٥٩ ـ ٢٩٤.

البراكين والمواد التي تنبثق منها:

عندما تنبثق الماجما من باطن الأرض قد تظهر على سطح الأرض على شكل مخروطات هرمية الشكل من اللافا تعرف باسم البراكين Volcanoes أو قد تظهر على شكل انسيابات وفرشات لافية وتكون الهضاب البركانية Volcanic Plateaux. ويعزي أسباب تكوين المخروطات البركانية الهرمية الشكل إلى خصائص التركيب الكيميائي للماجا والمصهورات البركانية عبر فتحة كبرى رئيسة تعرف باسم **قصبة البركان** Volcanic Neck وتصل قصبة البركان بين مصدر الماجما في باطن الأرض وأعالي المخروط البركاني على سطح الأرض، وتتخذ المصهورات البركانية طريقها إلى الأرض عبر القصبة الرئيسة للبركان. وعندما تصل المصهورات البركانية إلى سطح الأرض تتجمع وتسهم في بناء **المخروط البركاني** Volcanic Cone. ويختلف شكل المخروط البركاني تبعًا للتركيب الكيميائي لمواد اللافا، في حين يختلف حجمه تبعًا لكمية المواد المنبثقة من البركان. ويطلق على الأطراف العليا للقصبة البركانية وفتحتها التي تخرج منها المصهورات البركانية اسم **الفوهة البركانية** Volcanic Crater. ويختلف حجم واتساع الفوهة البركانية من فوهات صغيرة لا يزيد نصف قطر كل منها على عدة أمتار، في حين أن هناك فوهات بركانية واسعة يزيد نصف قطرها على عشرات الأمتار ولها جدران عائلية حائطية عالية، وفي هذه الحالة تعرف باسم الكالديرا Caldera. وليس من الضروري أن يكون للبركان فوهة واحدة، بل قد يتمثل على جوانب المخروط البركاني عدة فوهات ثانوية تستمد اللافا من شقوق وفتحات ثانوية تتصل بالقصبة الرئيسة للبركان (شكل ٢٦).

وحيث تعمل المصهورات البركانية على بناء المخروط البركاني نفسه فإنه كلما كانت هذه المصهورات هائلة الحجم ودائمة التدفق، ارتفع المخروط وزاد



(شكل ٢٦) قطاع لأجزاء مخروط بركاني مركب ولاحظ ما يلي:

a - المخروط الرئيسي للبركان .

b - انسيابات اللافا داخل القصبة الرئيسة .

c - العروق النارية .

d - فوهة جديدة داخل الفوهة القديمة .

e - مخروط الفوهة البركانية الجديدة .

f - عروق نارية أحدث عمرا .

g - مخروطات جنينية صغيرة تستمد اللافا من عيون جانبية .

m - رواسب بحرية قديمة .

حجمه، أما إذا انخمدت المصهورات البركانية وتعرض البركان لفترة من الهدوء النسبي، فيتعرض بدوره لفعل عوامل التعرية التي تعمل على تشكيل المخروط البركاني، ونحت الأجزاء الضعيفة منه. والبراكين الدائمة الثوران Active قليلة جدًّا على سطح الأرض في الوقت الحاضر، ومن بينها بركان سترمبولي Stremboli بجزر ليباري قرب جزيرة صقلية، والمعروف بمنارة حوض البحر المتوسط، وتنبثق المصهورات البركانية وألسنة اللهب من فوهة البركان مرة كل دقيقتين. وبركان مونت سانت هيلين Mount St. Helens في ولاية واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية، فقد انفجر ثورانه في يوم ١٨ مايو عام ١٩٨٠م (شكل ٢٦ أ). وأغلب البراكين فوق سطح الأرض من النوع المتقطع الثوران أو هادئة نسبيًّا Dormant، حيث ينخمد النشاط البركاني خلال فترة من الزمن، ثم يتجدد من جديد خلال فترة أخرى. ومن بينها بركان اتنا بجزيرة صقلية، وهناك مجموعة ثالثة من البراكين تعد **خامدة** Extinct، أي انخمد النشاط البركاني فيها تمامًا منذ فترة زمنية طويلة، وأصبحت تتشكل بعوامل التعرية التي أخذت على عاتقها نحت جوانب المخروط البركاني الذي لا يتبقى منه في النهاية سوى القصبة البركانية الشديدة الصلابة. ومن بين أمثلة الهياكل البركانية **شيبروك** Shiprock في المكسيك وديفلزتور (برج الشيطان) Devil's Tower في ولاية وايومنج بالولايات المتحدة الأمريكية.

إلا أن تصنيف البراكين إلى مجموعات نشيطة وهادئة وخامدة لا يعد تقسيماً عمليًّا دقيقًا، ذلك لأن بعضا من البراكين الهادئة أو الخامدة قد تتعرض لثورانات بركانية جديدة تجدد من دوراتها ونشاطها، وتنبثق منها بذلك مصهورات بركانية ثائرة، وتدخل من جديد ضمن مجموعة البراكين النشيطة. وقد عدّ سكان مدينتي بومبيي Pompei وهاركلانيوم Herculameum في نابلي بإيطاليا بركان سوما Monte Somma بركانًا خامدًا؛ وذلك حتى عام ٧٩ ميلاديًّا

(شكل ٢٦ أ) ثوران بركان مونت سانت هيلين في يوم ١٨ مايو سنة ١٩٨٠م.

لانخماد نشاطه البركاني لمدة بلغت أكثر من ٧٠٠ سنة. ولكن في عام ٨٠ ميلاديًا تجدد نشاط البركان وانبثقت منه الحمم والمصهورات البركانية معلنة تجديد حياته وميلاد بركان نشيط في قلب البركان القديم، وسمي هذا البركان الجديد باسم بركان فيزوف Vesuvius.

المواد التي تنبثق من البراكين:

تنبثق من البراكين مواد مختلفة، بعضها أجسام صلبة وأخرى مواد سائلة وبعضها الآخر غازات ساخنة وتتلخص خواص تلك المواد في الآتي:

١ ـ المواد الصلبة:

وتتألف من المقذوفات البركانية الحطامية Pyroclasts التي تنتج عن تحطيم صخور قشرة الأرض نفسها في منطقة فوهة البركان عند ظهوره على سطح الأرض، وتتطاير هذه المواد المفتتة إلى أعلى بفعل الضغط الناتج عن اندفاع الغازات والمصهورات النارية داخل القصبة البركانية. وتتخذ هذه المقذوفات الحطامية البركانية أشكالاً مختلفة منها الخشنة المظهر مثل القنابل البركانية Volcanic bombs وكتل السكوريا Scoria (كتل اللافا أو اللابا المخرمة) وقطع صخور الخفاف Pumice، ومفتتات صخرية متجمعة ومنغمسة مع اللافا تعرف باسم البريشيا البركانية Volcanic breccia. ومن المقذوفات الحطامية البركانية الدقيقة الحبيبات ما يعرف باسم الجمرات النارية والحصى البركاني Lapilli والرماد البركاني V. Ashes [١].

٢ ـ المواد المنصهرة السائلة: اللافا Lavas

اللافا Lavas أو الحمم أو الطفوح البركانية أو اللابا هي عبارة عن المصهورات

---

(١) للدراسة التفصيلية لخصائص أنواع هذه الصخور وكل ما يتعلق بالبراكين راجع:
د. حسن أبو العينين: كوكب الأرض ـ مرجع سابق، ص ٢٥٩ ـ ٢٩٣.

البركانية التي تنبثق من فوهات البراكين أو من الشقوق في سطح الأرض وتنساب فوق هذا السطح مكـونة المخروطات والهضاب البركانيـة . أما إذا انحبست هذه المصهـورات البركـانيـة داخل قشرة الأرض ولم تتعـرض للبرودة السريعـة فـوق السطح ، فتعرف في هذه الحالة باسم **الماجما** Magma.

وتختلف درجة حرارة اللافا عند سطح الأرض تبعًا لخصائص تركيبها الكيميائي ونسبة الغازات الممثلة فيها . وتؤثر هذه العوامل الأخيرة كذلك على مظهر اللافا ودرجة سيولتهـا وانسيابها . وتتراوح درجة حرارة الـلافا من ٦٠٠°م ـ ١٢٠٠°م ، ويمكن القول بأن **اللافا البازلتية القاعدية** دائما أعلى حرارة من الأنواع الأخرى من اللافا عند سطح الأرض . وتتميز اللافا القاعـدية كذلك بأنها عالية المرونة وتكثر فيها الغـازات ، ومن ثم تصبح أكثر سيولـة وتنساب من أعالي المخـروط البركاني وتنحدر على جـوانبه وتحت أقدامـه لمسافـات طويلة قبل أن تتعـرض لعمليات البرودة والتجمد . أما **اللافا الحمضية** أي الغنية بالسليكات فتتميـز بأنها شديدة اللزوجـة والتماسك . ومن ثم تكون هذه اللافـا قليلة السيولة وبطيئـة الانسياب وتتراكم حـول الفوهـات والشقـوق البركانيـة التي تنبثق منهـا ولا تبتعد ألسنتهـا وفرشاتها كثيرًا عـن هذه الفوهات . وتتراوح سرعـة انسياب اللافا أثنـاء خروجها من فوهة البركان بين ٣٠ و٦٠ ميلا في السـاعة ، ولكن لا تزيد سرعتها في معظم الأحيان على ميل واحد في الساعة . (شكل ٢٦ ب) .

٣ ـ الغازات البركانية :

ينبثق مع المصهورات البركـانية الصلبة والسائلة كميـات كبيرة من بخار الماء والغازات تقدر بنحو ٥٪ من جملة حجـم المصهورات البركانية . كما تتراوح نسبة بخـار الماء بين ٦٠ و٩٠٪ من جملـة الغـازات التي تنبثـق من الفوهـات البركانية . وتمثـل النسبة الباقية الأخـرى مجموعة من الغازات أهمهـا ثاني أكسيد الكربـون والنيتروجين وغازات أحماض الأيـدروكلوريك والكبريتيـك والنشادر .

(شكل ٢٦ ب) لافا بازلتية منبثقة من فوهة بركان كلاوا ـ جزر هاواي

وتتراوح درجة حرارة تلك الغازات أثناء انبثاقها من فوهات البراكين بين ١٠٠ و٥٠٠° م. ولا يقتصر خروج الغازات من فوهات البراكين أثناء حدوث الثورات البركانية فقط، بل قد ينبعث من البراكين الساكنة كميات هائلة الحجم من الأبخرة والغازات دون أن يصاحبها انبثاق للمصهورات اللافية.

وتساعد الغازات الذائبة في مواد الماجما على تقليل كثافتها وسهولة تحركها وانسيابها فوق سطح الأرض. وقد تبين أن مواد المصهورات البركانية التي لا تزال تحتوي على بعض الغازات فيها يمكن لها أن تنبثق من باطن الأرض وتنساب فوق سطح الأرض حتى إذا انخفضت درجة حرارتها إلى ٦٠٠°م. أما إذا تسربت الغازات من مواد المصهورات اللافية، فيؤدي ذلك إلى شدة لزوجة اللافا وزيادة تماسكها وسرعان ما تتجمد بعد خروجها من الفوهات البركانية بأيام قليلة.

وينجم عن خروج الغازات والأبخرة من فوهات البراكين تكون نطاقات هائلة من السحب المنخفضة الكثيفة، وكثيرًا ما تكون سوداء اللون تبعًا لكثرة الرماد بعضها البركاني فيها، ويظهر فيها كذلك ألسنة من النيران تبعًا لاحتكاك ذرات الرماد بعضها ببعض، ومن ثم تسمى أحيانًا بالسحب البركانية المتوهجة، وعندما تتعرض هذه السحب لعمليات التكاثف تسقط على شكل أمطار غزيرة وتؤدي إلى حدوث الانسيابات الطينية البركانية. وهذه الأخيرة قد تعمل على تدمير المناطق العمرانية التي كانت تقع بجوار البركان قبل ثورانه.

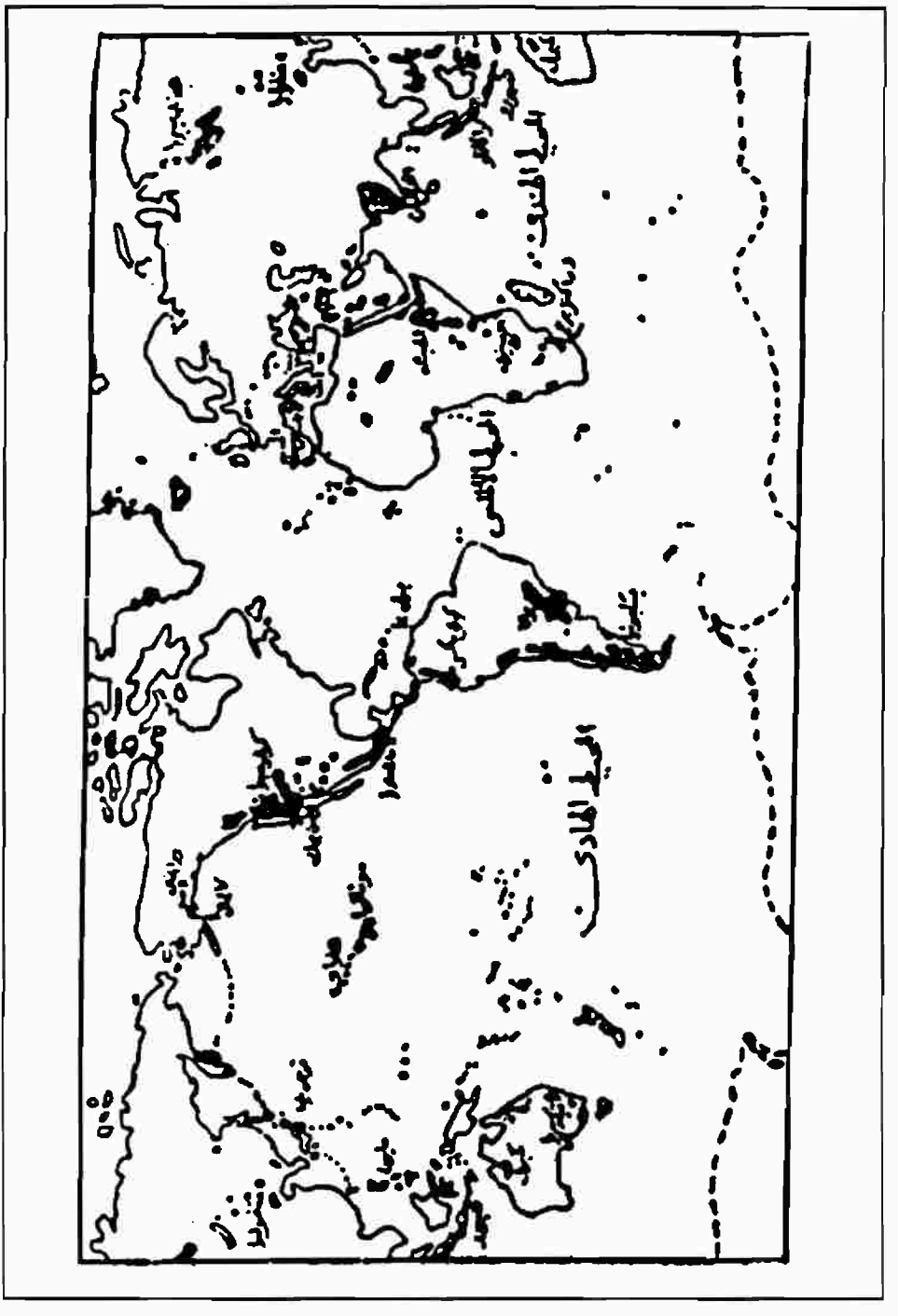
ويلاحظ أن الغازات والأبخرة التي تنبثق مع البراكين تكوّن مياهًا لم تكن موجودة على سطح الأرض من قبل، بل هي مياه باطنية، وأطلق الجيولوجيون عليها تعبير المياه الأولية Juvenile water. وتعمل هذه المياه على إضافة مورد جديد لمياه البحار والمحيطات. وقد أوضح الباحثون أن من أسباب ارتفاع نسبة ملوحة مياه البحار وكثرة نسبةالكلوريدات فيها تأثير المياه الأولية التي تتكثف من الغازات البركانية والتي ترتفع فيها نسبة الكلوريدات.

التوزيع الجغرافي للبراكين على سطح الأرض

ينتمي معظم البراكين الممثلة فوق سطح الأرض إلى القسمين الأوسط والأخير من الزمن الجيولوجي الثالث، وقليل من البراكين حديثة العمر الجيولوجي، ومن النادر أن يتمثل فوق سطح الأرض براكين أقدم من الزمن الجيولوجي الثالث. وإذا كان عدد البراكين الخامدة التي تنتشر في مناطق واسعة من سطح الأرض يزيد على عدة آلاف، فإن البراكين النشيطة لا يزيد عددها على ٥٠٠ بركان، وترتبط بمناطق محددة من سطح الأرض، وهي المناطق الضعيفة جيولوجيًّا والحديثة النشأة.

ومن ثم، فإن أظهر نطاق للبراكين يتمثل في ذلك الحزام أو النطاق الذي يحيط بمعظم سواحل المحيط الهادي والمعروف باسم **حلقة النار** Ring of Fire. ويقدر عدد البراكين الثائرة في هذا النطاق بنحو ٣٠٠ بركان أي نحو ٦٠٪ من جملة عدد البراكين الثائرة أو النشيطة في العالم. (شكل ٢٧).

وتظهر براكين هذا النطاق الواسع الامتداد في أجزاء متفرقة من مرتفعات الإنديز بأمريكا الجنوبية ومرتفعات أمريكا الوسطى والمكسيك (سيراماديرا الغربية)، ومرتفعات الكاسكيد في غرب الولايات المتحدة الأمريكية، ومرتفعات كولومبيا البريطانية وقوس جزر الوشيان شمالا. أما على طول السواحل الشرقية لآسيا فتظهر براكين هذا النطاق في كل من كمشتكا وجزر كوريل وجزر اليابان. كما تظهر بعض البراكين كذلك في أقواس الجزر المحيطية في شرق وجنوب شرق آسيا، خاصة في مجموعات جزر الفلبين، وسيلبيس ونيوغينيا وسولومون ونيوكاليدونيا وجزر نيوزيلند.



(شكل ٢٧) التوزيع الجغرافي لأهم البراكين والهضاب البركانية في العالم

الحركات التكتونية الداخلية البطيئة:
(حركات الثني أو الطيّ والتصدع)

تتعرض صخور قشرة الأرض لحركات رفع تكتونية بطيئة، وتتم في صورة تدريجية خلال فترات طويلة من التاريخ الجيولوجي. وتعزى أسباب هذه الحركات إلى الاضطرابات والتغيرات التي تحدث في باطن الأرض. وعلى الرغم من أن حركات الرفع التكتونية تؤثر في جميع أنواع الصخور فإن الكتل النارية الصخرية عند تأثرها بمثل هذه الحركات تندفع إلى أعلى وتظهر فوق سطح الأرض على شكل كتل قبابية وجبال نارية، أما المناطق التي تتألف من صخور رسوبية ومتحولة قديمة العمر الجيولوجي (أي منذ العصر الكمبري وأصبحت كتلا قارية شديدة الصلابة) فمن النادر أن تنثني أو تلتوي بحركات الثني والطي تبعًا لصلابة الطبقات الصخرية، ومن ثم عندما تتأثر بحركات الرفع التكتونية يحدث فيها كثير من عمليات التصدع.

أما الطبقات الصخرية الرسوبية الحديثة العمر الجيولوجي والهائلة السمك، فهذه تعد أنسب مجموعات الصخور لإظهار تأثير حركات الثني والطي في تشكيل صخور قشرة الأرض؛ فبفعل هذه الحركات التكتونية تنثني الطبقات الصخرية وخاصة الرسوبية منها وتتشكل بأنماط مختلفة تبعًا لقوة الحركات التكتونية نفسها، ومدى اختلاف التركيب الصخري.

عناصر الالتواء ـ الثنية المحدبة:

على الرغم من تعدد أشكال الثنيات المحدبة فإن كلا منها يتألف من عدة عناصر أو أجزاء ثابتة. فعندما تنثني الطبقات الصخرية على شكل ثنية محدبة، يصبح لها جانبان تميل فيهما الصخور في اتجاهين متضادين، ويطلق على كل

جـانب منهما اسم **جانب الثنية** أو **جناح الطيـة** Limb . وتعـرف أعلى نقطـة في الثنية المحدبـة التي تعد منطقة فاصلة بين جـانبي الثنية باسم **قمة الثنيـة** Crest (شكل ٢٨).

أما الخط الذي ينصف الثنية فيعرف باسم **محور الالتواء** Axial plane or Anticlinal axis وليس من الضروري أن يكـون المحور عمـوديًّا، بل كثيرًا مـا يكون مائلا أو شبه أفقي [١].

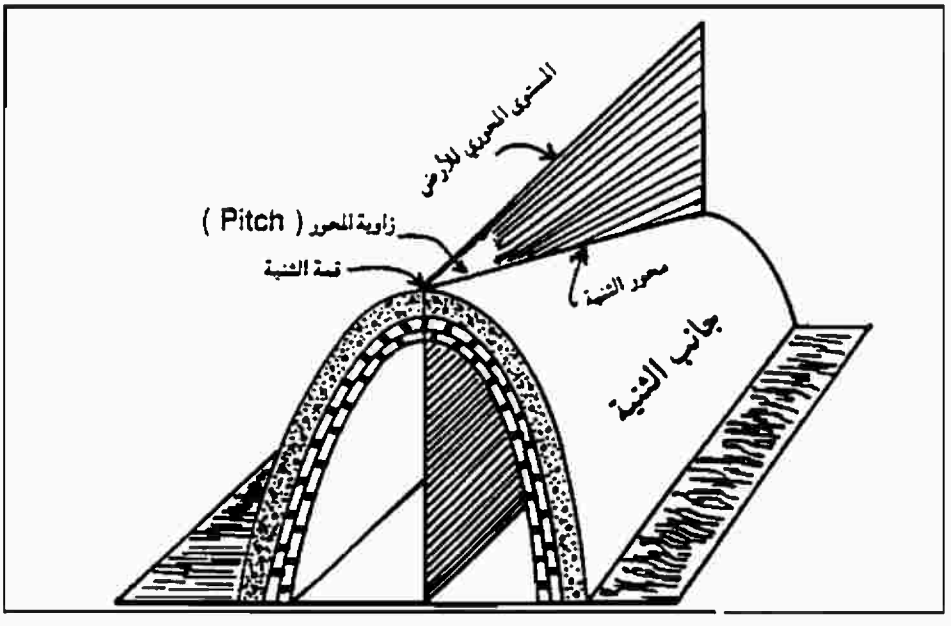
وتتنوع أشكـال الثنيات المحـدبة وفقـا لدرجـة ميل المحور؛ فإذا كـان المحور عموديًّا (٩٠°) يـؤدي ذلك إلى تكوين ثنيات محدبة رأسية. أمـا إذا كانت زاوية المحـور أقل أو أكثـر من الزاويـة القـائمة في حـدود عشرين درجـة (أي ٧٠° أو ١١٠°) فيؤدي ذلك إلى تكـوين الثنيات المحـدبة المائلـة البسيطة. أمـا إذا كان الفرق في ميل المحـور عن الزاوية القائمـة كبيرًا (أي ٣٠° أو ١٥٠°) فيؤدي ذلك إلى تكوين الثنيات المحدبة المقلوبة، وإذا كان محور الثنية المحدبة شبه أفقي (أي يكون مـع خط سطح الأرض الأفقي زاوية حـادة جدًّا أو منفـرجة جـدًّا) فيؤدي ذلك إلى تكوين الثنيات المحدبة النائمة أو المضطجعة. (شكل ٢٩).

ومن النادر أن تكون جميع أجزاء الثنية المحـدبة متساوية في الشكل والمنسوب فوق سطح الأرض، بل كثيرًا مـا تكون الثنيـة المحدبة أعلى ارتفـاعًا ومنسـوبًا في جانب عنها في جانب آخر. ومن ثـم يميل سطح المحور المنصف للثنية المحدبة ميلاً بسيطًا أو شـديدًا من قمة الثنية إلى قاع مستوى الثنيـة. ويطلق على الزاوية المحصـورة بين هذا المستـوى المائل (مستوى خط قمـة الثنية) والمستـوى الأفقي للمحور من عند نقطة الثنية المحدبة اسم **زاوية مستوى المحور** [٢] Pitch .

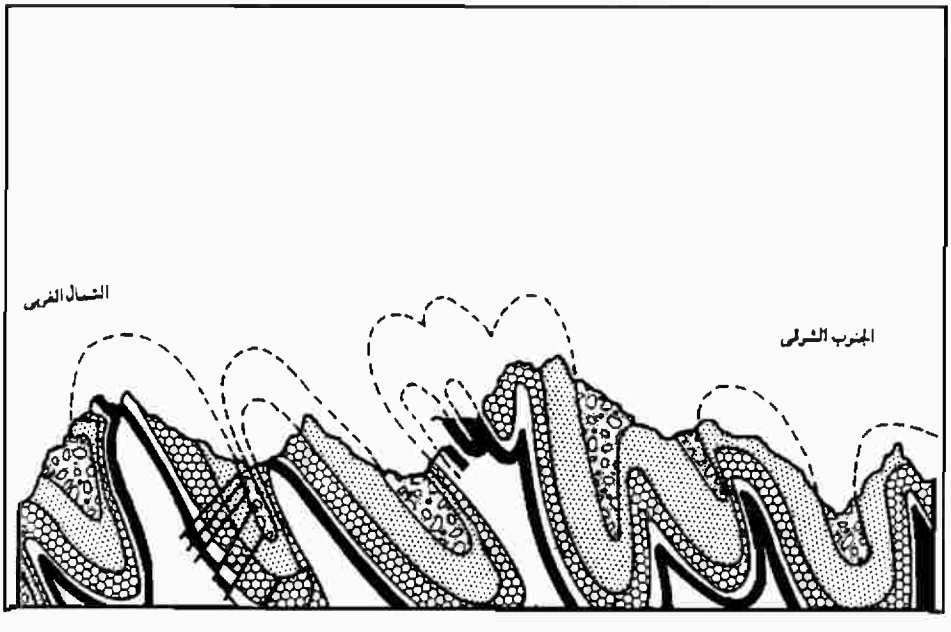
---

(1) Holmes A. "Physical geology", Nelson (1959) 71-75.

(2) Longwell, G., R. Knopf, E, and Flint R. F, "Outline of physical Geology" (1968), p. 251.



(شكل ٢٨) عناصر الالتواء (الثنية المحدبة)



(شكل ٢٩) نماذج مختلفة لثنيات محدبة
في مرتفعات الألب تبعًا لتباين ميل المحور

ويحدد **طول الثنية** المحدبة بطول المسافة التي تمتد فيها الثنية المحدبة على مضرب الطبقات. **أما عرض الثنية** المحدبة فهو عبارة عن المسافة التي تشغلها الطبقات المنثنية في اتجاه ميل الطبقات.

وبالنسبة **للثنية المقعرة** Syncline فهي تشبه الثنية المحدبة إلا أنها مقلوبة الشكل. ويطلق تعبير **قاع الثنية المقعرة** على النقطة التي تمثل أقل منسوب لأسطح طبقات الثنية المقعرة، وأما الخط الذي ينصف الثنية المقعرة إلى قسمين أو جانبين متساويين فيعرف باسم **محور الثنية المقعرة** Axis of the syncline وليس من الضروري كذلك أن يكون هذا المحور عموديًّا.

أشكال الثنيات أو الطيات

Types of folds

يتضح مما سبق أن الثنيات أو الطيات الصخرية Folds قد تكون **ثنيات محدبة** Anticlines، وفيها تنثني الطبقات الصخرية إلى أعلى وتميل الصخور خارج محور الثنية المحدبة، ومن ثم يكون اتجاه ميل الطبقات على جانبي الثنية المحدبة في اتجاهين متضادين. كما قد تكون **ثنيات مقعرة** Synclines وفيها تنثني الطبقات الصخرية إلى أسفل وتميل الصخور إلى الداخل نحو محور الثنية المقعرة، ومن ثم يكون اتجاه ميل الطبقات على جانبي الثنية المقعرة في اتجاهين متقابلين.

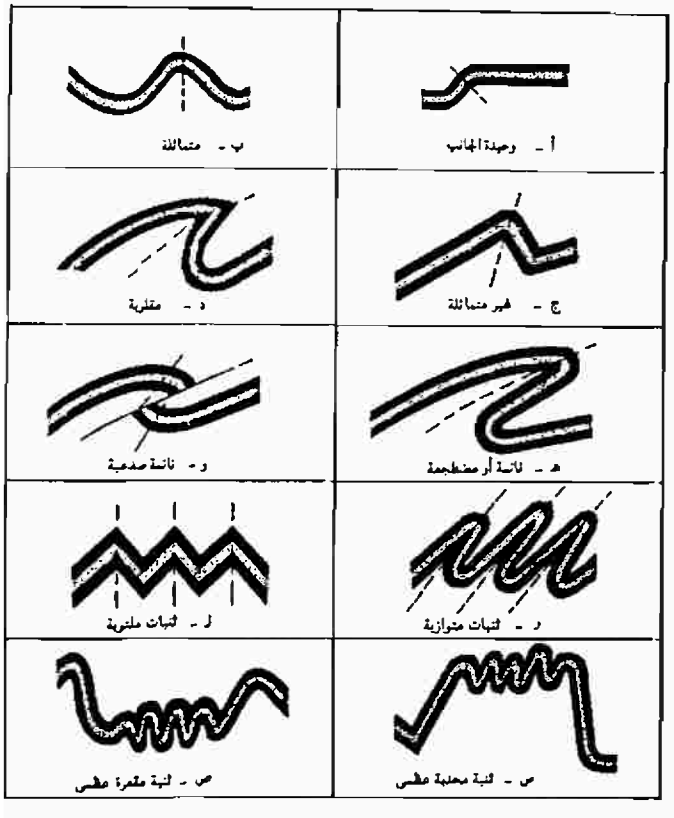
ويمكن تصنيف الثنيات المحدبة والمقعرة إلى مجموعتين رئيستين هما:

أ ـ الثنيات المحدبة والمقعرة **المتماثلة** Symmetrical وفيها لا بد أن تكون زوايا ميل الطبقات الصخرية على جانبي محور الثنية المحدبة أو المقعرة متناظرة إلى حد كبير، كما أنه يجب أن تكون جوانب الثنيات متساوية في الطول ومتشابهة في

الشكل العام . وفي هذه الحالة ينصف المحور الثنية المحدبة أو المقعرة إلى قسمين متساويين ومتشابهين .

ب ـ الثنيات المحدبة والمقعرة **غير المتماثلة** Assymmetrical وفيها يختلف مقدار زاوية ميل الطبقات الصخرية على جانبي محور الثنيات المحدبة والمقعرة . وفي هذه الحالة لا تتساوى جوانب الثنية المحدبة أو المقعرة في الطول أو في الشكل . كما لا ينصف محور الثنيات المحدبة أو المقعرة ، أيًّا منها إلى قسمين متساويين .

وعلى أساس اختلاف درجة ميل محور الثنية المحدبة وخصائصها العامة قسم الجيولوجيون الثنيات المحدبة إلى مجموعات مختلفة تتلخص في الشكل الآتي :



(شكل ٣٠) بعض أشكال الثنيات الالتوائية

يقول المولى عز وجل:

﴿ فلما تجلى ربه للجبل جعله دكا وخر موسى صَعِقًا ﴾ الأعراف (١٤٣).

﴿ لو أنزلنا هذا القرآن على جبل لرأيته خاشعًا متصدعًا من خشية الله . . . ﴾ الحشر (٢١).

﴿ ويسألونك عن الجبال فقل ينسفها ربي نسفًا ﴾ طه (١٠٥).

﴿ وإلى الجبال كيف نصبت ﴾ الغاشية (١٩).

﴿ والأرض ذات الصدع * إنه لقول فصل ﴾ الطارق (١٢ ـ ١٣).

وعلى الرغم من أن الجبال هي انتفاخات في قشرة السيال الخارجية للأرض، فإن جذورها تمتد إلى أسفل لأعماق بعيدة وترتكز السلاسل الجبلية العالية بجذور في تكوينات السيما السفلية لقشرة الأرض، وهكذا جعل الله تبارك وتعالى السلاسل الجبلية منصوبة وثابتة لئلا تميد الأرض بأهلها [1]. وعن ﴿ والأرض ذات الصدع . . . ﴾. قال ابن عباس: هو انصداعها عن النبات، وهو قول ابن جرير وعكرمة والضحاك والحسن وقتادة والسدي. ويقول المفسرون في تفسير الآية ٢١ من سورة الحشر، أي: فإذا كان الجبل في غلظته وقساوته، لو فهم هذا القرآن فتدبر ما فيه لخشع وتصدع من خوف الله ـ عز وجل ـ وقال ابن عباس لو حمل الجبل هذا القرآن لتصدع وخشع من ثقله ومن خشية الله [2].

ويقصد العِلم بالصدوع Faults ومفردها صدع حدوث كسر في الطبقات الصخرية، بحيث تصحبه زحزحة أجزاء من الطبقات رأسيًا أو أفقيًا. وتتأثر هذه الحركات الصدعية التكتونية بفعل قوى الشد والضغط المختلفة التي

---

(١) ابن كثير، «مختصر تفسير ابن كثير»، اختصار محمد علي الصابوني ـ بيروت ـ الطبعة الخامسة ١٤٠٠هـ، ج٣، ص ٦٩٣.

(٢) المرجع السابق، ج٣/ ص ٤٧٨.

تتعرض لها صخور وقشرة الأرض. وحسب نوع زحزحة الطبقات الصخرية على طول أسطح الصدوع ميز الجيولوجيون أنواعًا مختلفة منها الصدوع المعتادة البسيطة والعكسية والأفقية أو الجانبية والدورانية والسُّلمية (الدرجية) وصدوع الضهور والأغوار الصدعية. ومن أظهر أمثلة الصدوع المركبة المكونة للضهور والأغوار الصدعية تلك التي حدثت في الكتل الصخرية القارية القديمة الصلبة لقشرة الأرض، وخاصة في أفريقيا وجنوب غربي آسيا. وكونت الصدوع هنا ما يعرف باسم الأخدود الأفريقي العظيم African Rift Valley الذي يمتد في شرق أفريقيا، ويكوّن حوض البحر الأحمر وأغوار نهر الأردن وسهل البقاع الصدعي. والجبال على جانبي البحر الأحمر هي جبال صدعية مرفوعة، ولم تتكون بفعل حركات الطيّ أو الثني التكتونية.

والجبال نصبت على سطح الأرض بتقدير إلهي محكم وبمشيئة الله عز وجل. ولا يقتصر التناسب الدقيق بين هامات الجبال وبين امتداد جذورها الرأسية المتوغلة في الصخور السفلية لقشرة الأرض، بل إن هناك توزيعًا جغرافيًّا منسقًا بين نطاقات السلاسل الجبلية على سطح الأرض وغيرها من النطاقات التضاريسية الأخرى التي تشكل هذا السطح. وتتجدد دورة نمو الجبال وتظهر مرتفعات جديدة في بقاع متفرقة من سطح الأرض عند حدوث البراكين وحركات الرفع التكتونية. ومن ثم فإن هناك تناسقًا محكمًا مذهلاً بين التوزيع الجغرافي لكل النطاقات التضاريسية (ومن بينها الجبال) على سطح الأرض. وعلى الإنسان أن يتأمل في عناصر الكون وأن يتذكر كيف نصبت الجبال الشامخات واستطاعت الاحتفاظ بتوازن كل ما يتمثل في قشرة الأرض، وكيف يمكن لها في الوقت نفسه أن تتعرض (هي وكل الأرض) للحركات الصدعية وأن تتشقق الأرض ذات الصدع ويتكون فيها الأخاديد الصدعية وأن تدك الجبال وتنهار بمشيئة الله عز وجل.