

الفصل التاسع

**الغلاف الصخري لكوكب الأرض
وتشكيله بالحركات
التكتونية الداخلية**

obeikandi.com

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 ولوناً وتركيباً معدنيّاً. والصخر أو الحجر في العهد القديم (التوراة) كان يرمز إلى القوة الحامية، في حين أن الحديث عنه في القرآن الكريم كثيراً ما يقترن بالقسوة والعذاب، وأحياناً 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 رمزاً لرجل وامرأة فسقا في الحرم الشريف فمسخا إلى حجرين (٣). كما كانت قريش تعبد حجراً «اللات» قبل الإسلام وتقدم لها القرابين.

وجاء الحجر في القرآن الكريم أحياناً تعبيراً 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 الزبيدي «الطبيعة في القرآن الكريم» دار الرشيد (١٩٨٠م)، ص ١٧٠-١٧٨.

(٢) د. جواد علي «تاريخ العرب قبل الإسلام»، ج ٥/١٦٨.

(٣) أ- المسعودي «مروج الذهب» ج ٥/٥٠.

ب- ابن الكلبي «الأصنام» ص ٩.

ج- الشهرستاني «الملل والنحل» ج ٢/١٠٩.

(٤) الرزمخشري، «الكشاف» ج ١/٢٢٣.

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 نارا وقودها الناس والحجارة. . . ﴾ التحريم (٦) .

وفسر البيضاوي (١) الحجارة على أنها الأصنام الحجرية التي نحتها المشركون بأنفسهم وعبدوها طمعا في شفاعتها مستندا في ذلك على قوله تبارك وتعالى :

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

ويعد الغلاف الصخري في الحقيقة جزءا 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 تبعا لاختلاف كثافتها وتكوين الغلاف الصخري الخارجي ، أو القشرة الأرضية الخارجية التي تتألف من صخور بردت تماما ، 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 أساسا 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 . . .» ، ج ١ / ٥١ ، طبعة ١٢٨٥ هـ - القسطنطينية .

(٢) فيرنسيد ، د . ج . وبولمان . ا . م «الجيولوجيا» ، الألف كتاب رقم ٢١٧ - 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 يَلُجُ في الأرض وما يخرج منها وما ينزل من السماء وما يعرج فيها . . . ﴾ سبأ (٢) .

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

﴿ الله الذي خلق سبع سموات ومن الأرض مثلهن ينزل الأمـر بينهن لتعلموا أن الله على كل شيء قدير وأن الله قد أحاط بكل شيء علماً ﴾ الطلاق (١٢) .

وقد اختلف المفسرون في تفسير الأرضين السبع ؛ فاعتقد بعضهم أنها كرات أثرية تحيط بالكرة الأرضية . يقول القرطبي^(١) عن الأرضين السبع «ذكر تعالى أن السموات 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 طباقاً 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 السموات» .

(١) القرطبي ، أبو عبد الله محمد بن أحمد ، «الجامع لأحكام القرآن» ، القاهرة (١٩٣٨م) ، مطبعة بيروت (١٩٦٧م) ، ج ٢ / ٢٨٥ ، ج ١٨ / ١٧٤ .

وعن أبي الحسن الرضا - فيما أخرجه العياشي - 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 الرحمن فوق السماء السابعة » . أما القتيبي في عيون الأخبار فيحكى 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 رؤوسنا 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 - كما حدث من رواد الفضاء عند هبوطهم على سطح القمر - صار هذا الجرم بالنسبة له أرضاً ؛ 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 أراضي 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 الجيوفيزيائية إلى وجود سبع طبقات للكرة

(١) أ - ابن كثير ، « تفسير القرآن العظيم » ، طبع الحلبي - بدون تاريخ - ج ٤ / ٣٨٥ .

ب - الألوسي ، شهاب الدين محمود ، « روح المعاني » ، بيروت - بدون تاريخ - ج ٢٨ / ١٤٤ .

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

الأرضية تتعاقب إحداها فوق الأخرى ولكل منها دوره المهم في الحفاظ على استمرار الحياة ومعيشة الإنسان على سطح الأرض ، وفي بقاء الأرض في الفضاء بالصورة التي هي عليها اليوم . وتمثل هذه الطبقات الأرضية السبع (١) في الآتي :

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

١ - طبقة السيال الخارجية : Sial وتتألف منها صخور القارات وهي قليلة الكثافة ، وتتركب من معادن خفيفة الوزن وكثافتها نحو ٨ , ٢ وسمكها نحو عشرة أميال .

٢ - طبقة السيماء السفلية : Sima وتتألف منها صخور أرضية المحيطات ، وهي تقع أسفل طبقة السيال ، وتصل كثافتها إلى ٤ , ٣ وتتركب من معادن ثقيلة الوزن ، ويصل سمكها إلى نحو ٤٠ ميلا . وتنفصل طبقة السيماء عن طبقة السيال بفواصل يعرف باسم حد الأندسيت Andesite Line .

ثانياً : طبقة الغطاء الداخلي للأرض (المانتل) Mantle وهذه تتركب هي الأخرى من طبقتين هما من أعلى إلى أسفل ما يلي :

٣ - طبقة الأثنوسفير : Asthenosphere وهي الطبقة العليا من المانتل التي تقع أسفل قشرة الأرض مباشرة وتصل كثافة موادها إلى ٤ ولا يزيد سمكها على ٢٧٥ ميلا .

٤ - طبقة الميزوسفير : Mesosphere وهي الطبقة السفلى من المانتل وتصل كثافة موادها إلى ٥ , ٥ وسمكها نحو ١٥٧٥ ميلا وتنفصل طبقة الغطاء الداخلي

(١) يبلغ سمك هذه الطبقات السبع جميعا حوالي ٣٩٥٠ ميلا - راجع د . حسن أبو العينين ، «كوكب الأرض» ، الطبعة العاشرة - مرجع سابق ، ص ٩٦ - ٩٨ .

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

ثالثاً: الطبقة الداخلية المركزية للأرض: Centrosphere وهذه يصل سمكها نحو ٢١٠٠ ميل وتقع أسفل طبقة الغطاء الداخلي للأرض (المانتل) وتتألف بدورها من طبقتين:

٥ - الطبقة العليا المركزية: وتصل كثافتها إلى ٥, ٧ وتنكسر فيها الموجات الزلزالية، وموادها في حالة لدنة تبعاً للضغط الشديد الواقع عليها ويصل سمكها إلى نحو ١٠٠٠ ميل.

٦ - الطبقة السفلى المركزية: وتصل كثافتها إلى ٩ وتتألف أساساً من مواد معدنية ثقيلة جداً، وتتجمع معها المواد المشعة، وتمثل الفرن الناري لجوف الأرض ويقدر سمكها بنحو ٧٠٠ ميل.

٧ - قلب الأرض: Core ويمثل النواة المركزية للأرض وثقلها الشديد الذي جعله الله فيها ليحفظ للأرض وزنها وتوازنها وموقعها في الكون، وتصل كثافتها إلى ١١، ويتركب من الحديد والنيكل وهو بؤرة نشوء التيارات الحرارية الصاعدة الناتجة عن فعل المواد المشعة في قلب الأرض التي بدورها تؤثر في تشكيل مظهر سطح الأرض وظواهره الكبرى وتكوين أغلفته المختلفة، ويقدر سمك قلب الأرض بنحو ٤٠٠ ميل^(١).

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

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

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

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

وتتألف قشرة الأرض من مجموعات متنوعة من الصخور أساسها الصخور التي انبثقت من باطن الأرض وظهرت فوق السطح وأخذت تبرد بالتدرج 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، وتبعاً 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 معاً، 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 orogenesis 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 دائماً بين حركتين تكتونيتين عنيفتين . وليس من الصواب الاعتقاد بأن باطن الأرض يبرد بالتدريج ، بل هو يبرد أو يسخن تبعاً لمدى نشاط وتجمع المواد الإشعاعية في باطن الأرض . وإذا كان باطن الأرض يبرد بالتدريج لكان لزاماً على الحركات التكتونية الأحدث عمراً (مثل الحركة الألبية الميوسينية) أن تكون أقل قوة وتأثيراً في تشكيل سطح الأرض عن تلك الحركات الأقدم منها عمراً (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 صدور القشرة الأرضية:**

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

ذلك مما يدل على أنه ليس من الصواب الاعتقاد بأن باطن الأرض يبرد بالتدريج ، ومن ثم فنحن على سطح الأرض نعيش اليوم في مرحلة هدوء تكتوني نسبي ، وقد يحدث بعد عدة ملايين من السنين ، وعند تجمع المواد المشعة في المواد المرتفعة الكثافة في باطن الأرض أن يتعرض سطح الأرض لحركة تكتونية عنيفة جديدة ، وهذه الحركة قد تكون أقل أو أشد قوة من تلك الحركة التي سبقتها وفقاً لمدى تجمع المواد المشعة في باطن الأرض وتبعاً لطبيعة تفاعل هذه المواد ومدى نشاطها . كما تبين أن المواد المشعة يعظم تجمعها في باطن الأرض ، وفي مركزها بالذات مع وجود 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 السموات والأرض لاستمرار الحياة على سطح هذا الكوكب . وأنعم الله تبارك وتعالى على الإنسان بنعم لا تعد ولا تحصى ، وإن كثيراً 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 نفذت 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 . وضماناً لاستمرارية هذا التنوع التضاريسي سخر الله - عز وجل - عوامل متعددة (خارجية مثل عوامل التجوية وعوامل التعرية ، وداخلية تكتونية

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

وخلق الله سبحانه وتعالى السموات والأرض وما بينهما ، ووضع القوانين الإلهية المنظمة لها ، وكل ما في الكون مسخر ويتحرك ويتفاعل مع غيره لحظة بلحظة بأمر الله - عز وجل - وبمشيئته والله قائم على كل ما خلق في الكون إلى يوم الدين . فإذا تُركَّ 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 - جل وعلا - تتفاعل المواد المعدنية الثقيلة في جوف الأرض ومركزها ، وتتجمع معها المواد المشعة وتنصهر المواد الجوفية للأرض ، وتنبثق منها المصهورات البركانية ، وتعرض قشرة الأرض للثني والطي ، وتتكون فيها السلاسل الجبلية . ومن ثم فإن أجزاء الأرض التي سبق لها أن تأكلت وتم تسوية أسطحها ، بفعل عوامل التجوية والتعرية ، وصارت سهولا تحتاتية 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 أيضا نعمة من نعم الله تبارك وتعالى على حفظ التوازن الأرضي ، وتحمي الكرة الأرضية من الانفجار في الفضاء السماوي (تبعاً 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 والضحور 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 الشى أي تحركه حركة عنيفة ومتكررة في وقت قصير. ويقول المولى عز وجل: ﴿... وزلزلوا زلزالا شديدا﴾ الأحزاب (١١). أي أزعجوا إزعاجا شديدا شبيها بالزلزلة.

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

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

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

﴿ إِذَا رُجَّتِ الْأَرْضُ رَجًا * وَبُسَّتِ الْجِبَالُ بَسًّا ﴾ الواقعة (٤ - ٥).

﴿ وحملت الأرض والجبال فدكتا دكة واحدة * فيومئذ وقعت الواقعة ﴾

الحاقة (١٤ - ١٥).

﴿ يوم ترجف الأرض والجبال وكانت الجبال كثيبًا مهيلاً ﴾ الزمل (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 كم^٢، وراح ضحيته أكثر من ٥٠ ألف

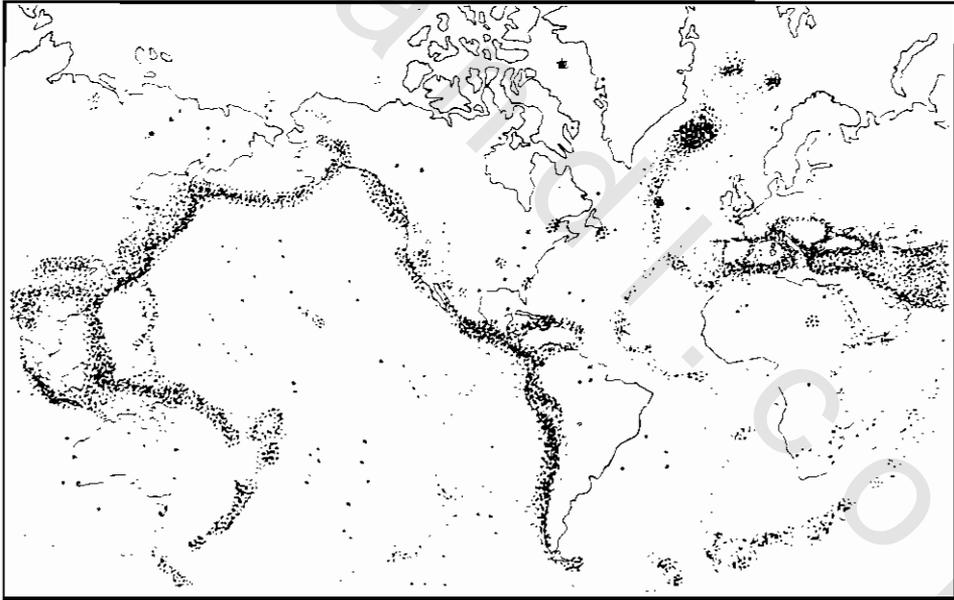
(١) للدراسة التفصيلية، راجع د. حسن أبو العينين، كوكب الأرض، مرجع سابق (١٩٨٨م) ٢٣٦ -

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 ٤,٦ 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 ضخمة ، ولكن نتيجة لتحرك جسم هذا الحيوان ببطء تحدث الهزات الزلزالية في الأرض . واختلفت التفسيرات حول نوع هذا الحيوان الضخم ، فاعتبره اليابانيون عنكبوتًا ضخماً يحمل الأرض بين طيات نسيجه ، وظنه الصينيون حوتًا ضخماً ، 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 السنة 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) التوزيع الجغرافي لأهم مناطق حدوث الزلازل في العالم
(خلال هذا القرن).

لقدوم الهواء الرطب من باطن الأرض . وربما أسهمت آراء أرسطو بعض الشيء في ظهور نظرية تكوين الزلازل المصاحبة للبراكين التي ظهرت في منتصف القرن الثامن عشر.

ومن بين نماذج الزلازل التي تكونت مع الصدوع العميقة زلزال ألسكا عام ١٨٩٩ م . وقد تكون هذا الزلزال نتيجة لتحرك الطبقات رأسيا على طول سطح صدع (انكسار) قديم . وقد ارتفعت الطبقات التي رميت إلى أعلى نحو ٤٧ قدما على طول سطح الصدع . وتعزى أسباب حدوث معظم الزلازل في اليابان إلى شدة الحركات الصدعية التي تتأثر بها صخور اليابان . ومن أشهر الزلازل الصدعية في اليابان ذلك الذي تعرضت له منطقتا طوكيو ويوكوهاما في سبتمبر عام ١٩٢٣ م . (شكل ٢٥ ب).

وعندما تنبعث الهزات الأرضية من المركز الباطني للزلزال تنطلق من هذا المركز طاقة تؤدي إلى تكوين ذبذبات قوية في الصخور تسري فيها على شكل تموجات ، بحيث تكون شديدة في المركز السطحي للزلزال وتضعف كلما بعدت عنه . وإذا كان الإنسان لا يشعر إلا بالهزات الأرضية القوية والعنيفة ، فإن أجهزة رصد الزلازل المعروفة بأجهزة السيسموجراف Seismograph تسجل جميع الهزات الأرضية الزلزالية على اختلاف قوتها التي أعطتها 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.

تأثيرها في مناطق العمران	مدى اهتزازها	درجة الزلازل
Instrumental لا يحس بها سوى أجهزة التسجيل .	بالغة الضعف	I
Very feeble لا يشعر بها سوى سكان الطوابق العليا من المباني .	ضعيفة جداً	II
Slight يشعر بها الناس أثناء أوقات راحتهم في منازلهم .	خفيفة	III
Moderate يشعر بها العاملون ، وتهتز نوافذ وأبواب المنازل .	معتدلة	IV
Rather strong توقظ النائمين .	محسوسة أو قوية نسبياً	V
Strong تحدث تلفاً محدوداً في المنازل .	قوية	VI
Very strong تشقق جدران المنازل .	قوية جداً	VII
Destructive تساقط مداخن المنازل وتهدم أجزاء المنازل القديمة .	مخرّبة	VIII
Ruinous تساقط بعض المنازل - قد يلقى بعض الناس مصرعهم .	مدمرة	IX
Disastrous تساقط كثير من المنازل - تحطم السدود - انزلاق الأرض .	شديدة التدمير	X
Very disastrous تدمير عام من المنشآت - تحدث شقوق واسعة في الأرض .	بالغة التدمير	XI
Catastrophic تدمير كل المنشآت العمرانية بالمنطقة وتطير أجزاء منها في الهواء . انحناء سطح الأرض واختلاف مناسب سطح الأرض .	مفجعة وشاذة	XIII

ويختلف عدد الزلازل التي تحدث في قشرة الأرض من عام إلى آخر. كما قد تتعرض أجزاء من قشرة الأرض لزلازل عنيفة جدًا في عام ما ثم إلى زلازل ضعيفة جدًا في عام آخر. وقد أوضح جوتنبرج Gutenberg من دراسته لعدد مرات حدوث الزلازل في قشرة الأرض فيما بين عام ١٩٠٤ م وعام ١٩٤٦ م، 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 جدًا (١). ومع ذلك فلا يزيد المتوسط السنوي لعدد الزلازل العنيفة جدًا عن زلزالين، ويبلغ عدد الزلازل القوية نحو ١٢ زلزالاً سنوياً. وتتلخص دراسات جوتنبرج عن عدد الزلازل والمتوسط السنوي لحدوثها في قشرة الأرض فيما بين عام ١٩٠٤ م إلى ١٩٤٥ م في الجدول الآتي:

نوع الزلازل	قوة الزلازل	المتوسط السنوي لعددتها
عنيفة جدًا	٨,٦ — ٧,٧	٢
قوية	٧,٧ — ٧,٠	١٢
مخربة إلى ضعيفة	٧,٠ — ٦,٠	١٠٨
وضعيفة جدًا	٦,٠ — ٥,٠	٨٠٠
	٥,٠ — ٤,٠	٦٢٠٠
	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).

يعود لفظ «بركان» إلى فالكان Valcan إله النار عند الرومان القدماء ، وأصبح يطلق هذا الاسم على المخروط البركاني الذي يتكون من تجمع المواد اللاصقة 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 السهوي دون انفجار ، وبالمنفعة والبركة على سكان الأرض أجمعين ، وصدق قول العزيز الحكيم :

﴿ . . . وَعَسَى أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَكُمْ وَعَسَى أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَكُمْ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ ﴾ 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 والخرات والحمامات في التراث العربي»، الجمعية الجغرافية الكويتية - نشرة (١١٧) سبتمبر (١٩٨٨م)، ص ٥ .

فالبراكين بالنسبة للأرض أشبه بالزفرات الحارة التي يلفظها الإنسان عندما يشعر بالتعب أو يضجر من الإرهاق، ولولا انبثاق الغازات الملتهبة وبعض المصهورات البركانية من جوف الأرض عبر الشقوق الطولية وقصبات البراكين التي تصل إلى سطح الأرض لانفجرت الكرة الأرضية وصارت أشبه بقنبلة نووية وتبعثت أجزائها في الفضاء . وتسهم الغازات البركانية في تكوين الغلافين الغازي والمائي ومن دونها ما صارت على الأرض حياة . فإذا كانت المياه هي أساس كل شيء حي فإن الغازات البركانية هي مصدر هذه المياه والتي أخرجها المولى - عز وجل - من باطن الأرض ؛ فالبراكين هي إذن صمام الأمان لبقاء كوكب الأرض في الفضاء السعوي ، وتعمل على توازن ما يحدث من تفاعلات نووية في الفرن الناري الممثل في ثقل الأرض ومركزها ، وفي استمرار 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 يقومون بالزراعة في التربة البركانية الخصبة غير مكترئين بما قد يلفظه البركان وما قد يخرج منه من حمم منصهرة ومقدوفات نارية ؛ فالمواد البركانية تعيد للتربة خصوبتها وتزودها بالمعادن الثقيلة اللازمة لها ، وإن التربات الطينية في كل سهول العالم الفيضية ، وفي دلتاوات الأنهار ما هي إلا حطام الصخور النارية والبركانية التي انبثقت من باطن الأرض وتفتت بفعل عوامل التجوية والتعرية ونقلت مع المجاري النهرية ورسبت في السهول الفيضية ودلتاوات الأنهار . وتضيف المقدوفات البركانية معادن جديدة على سطح الأرض لم يكن للإنسان القدرة على اكتشافها أو استخراجها من هذه الأعماق البعيدة من سطح الأرض ؛ فالبراكين كغيرها من بقية عناصر الكون وظواهره مسخرة لمنفعة الإنسان لاستمرار حياته على سطح الأرض^(١) .

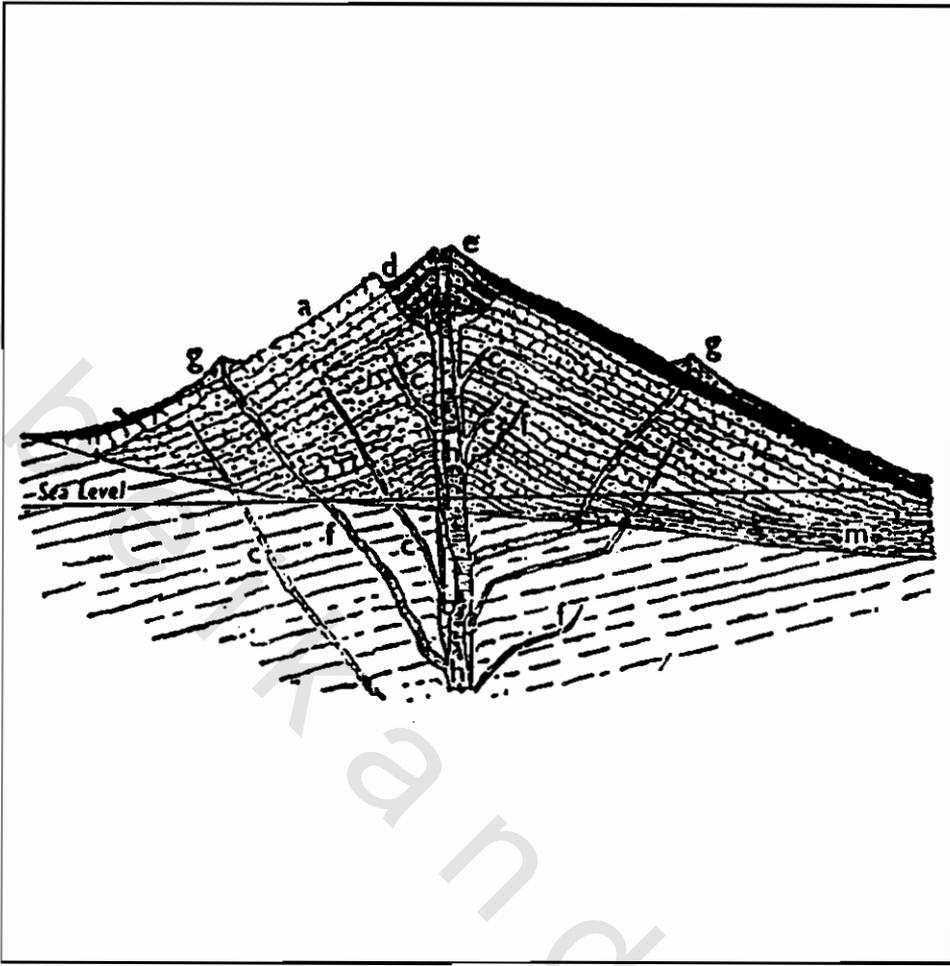
(١) للدراسة التفصيلية راجع :

د . حسن أبو العينين «كوكب الأرض» ، مرجع سابق ، ص ٢٥٩ - 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 للماجما والمصهورات البركانية عبر فتحة كبرى رئيسة تعرف باسم قنطرة البركان Volcanic Neck وتصل قنطرة البركان بين مصدر الماجما في باطن الأرض وأعلى المخروط البركاني على سطح الأرض ، وتتخذ المصهورات البركانية طريقها إلى الأرض عبر القنطرة الرئيسية للبركان . وعندما تصل المصهورات البركانية إلى سطح الأرض تتجمع وتسهم في بناء المخروط البركاني Volcanic Cone . ويختلف شكل المخروط البركاني تبعاً للتركيب الكيميائي للمواد اللافا، في حين يختلف حجمه تبعاً لكمية المواد المنبثقة من البركان . ويطلق على الأطراف العليا للقنطرة 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 حائضية 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 بالقنطرة الرئيسية 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 القنطرة 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 جدًا 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 نسبيًا 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 القسبة البركانية الشديدة الصلابة . ومن بين أمثلة الهياكل البركانية شيبروك Shiprock في المكسيك وديفلزتور (برج الشيطان) Devil's Tower في ولاية وايومنغ بالولايات المتحدة الأمريكية .

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



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

لانخام نشاطه البركاني لمدة بلغت أكثر من ٧٠٠ سنة . ولكن في عام ٨٠ ميلادياً 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 - 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 القنطرة 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 - 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 :

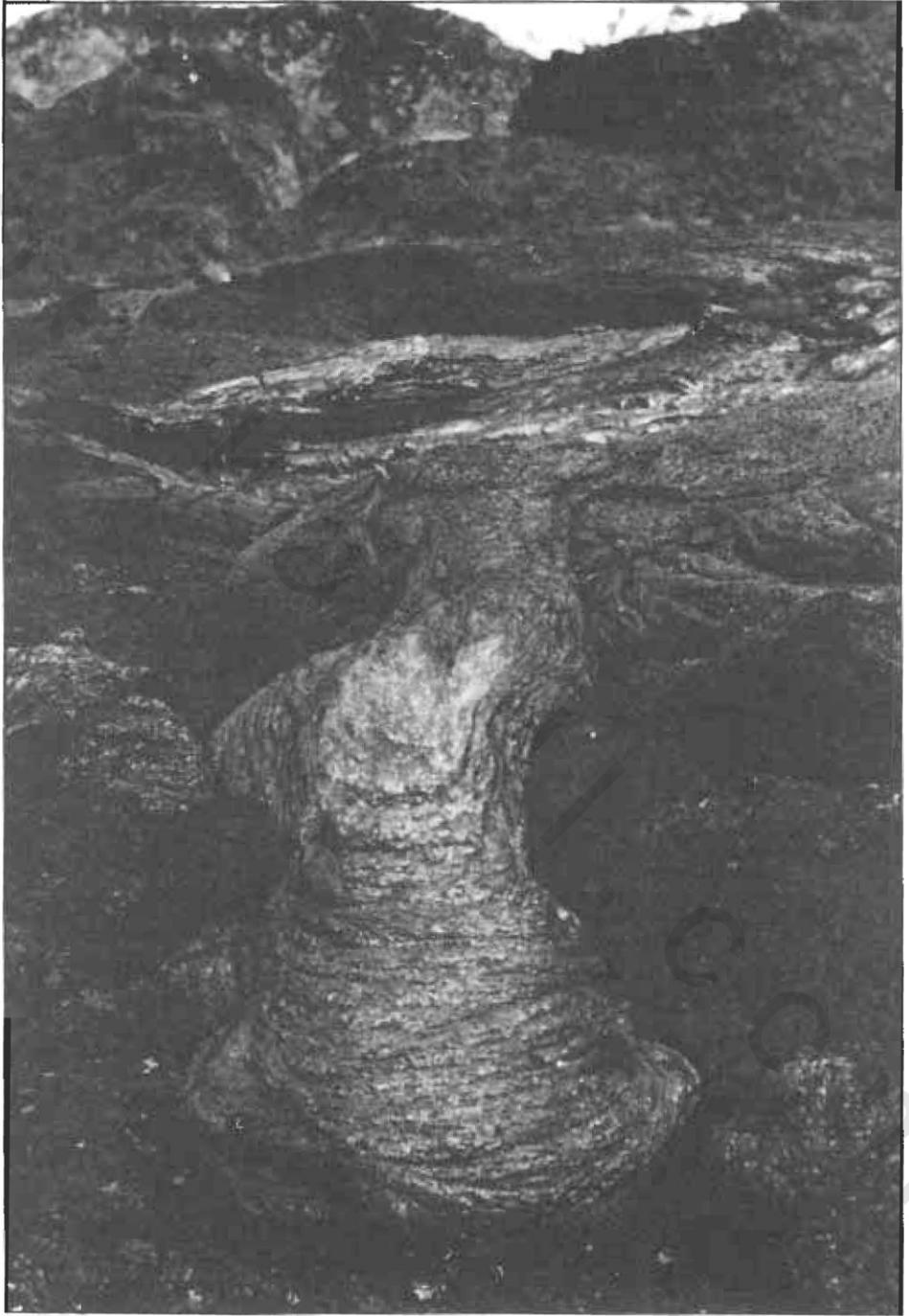
د . حسن أبو العينين : كوكب الأرض - مرجع سابق ، ص ٢٥٩ - ٢٩٣ .

البركانية التي تنبثق من فوهات البراكين أو من الشقوق في سطح الأرض وتنساب فوق هذا السطح مكونة المخروطات والهضاب البركانية . أما إذا انحبست هذه المصهورات البركانية داخل قشرة الأرض ولم تتعرض للبرودة السريعة فوق السطح ، فتعرف في هذه الحالة باسم الماجما Magma .

وتختلف درجة حرارة اللافا عند سطح الأرض تبعاً لخصائص تركيبها الكيميائي ونسبة الغازات الممثلة فيها . وتؤثر هذه العوامل الأخيرة كذلك على مظهر اللافا ودرجة سيولتها وانسيابها . وتتراوح درجة حرارة اللافا من 600°م - 1200°م ، ويمكن القول بأن اللافا البازلتية القاعدية دائماً أعلى حرارة من الأنواع الأخرى من اللافا عند سطح الأرض . وتتميز اللافا القاعدية كذلك بأنها عالية المرونة وتكثر فيها الغازات ، ومن ثم تصبح أكثر سيولة وتنساب من أعالي المخروط البركاني وتنحدر على جوانبه وتحت أقدامه لمسافات طويلة قبل أن تتعرض لعمليات البرودة والتجمد . أما اللافا الحمضية أي الغنية بالسليكات فتتميز بأنها شديدة اللزوجة والتماسك . ومن ثم تكون هذه اللافا قليلة السيولة وبطيئة الانسياب وتتراكم حول الفوهات والشقوق البركانية التي تنبثق منها ولا تتعد ألسنتها وفرشاتها كثيراً عن هذه الفوهات . وتتراوح سرعة انسياب اللافا أثناء خروجها من فوهة البركان بين 30 و 60 ميلاً في الساعة ، ولكن لا تزيد سرعتها في معظم الأحيان على ميل واحد في الساعة . (شكل ٢٦ ب) .

٣ - الغازات البركانية :

ينبثق مع المصهورات البركانية الصلبة والسائلة كميات كبيرة من بخار الماء والغازات تقدر بنحو 5% من جملة حجم المصهورات البركانية . كما تتراوح نسبة بخار الماء بين 60 و 90% من جملة الغازات التي تنبثق من الفوهات البركانية . وتمثل النسبة الباقية الأخرى مجموعة من الغازات أهمها ثاني أكسيد الكربون والنتروجين وغازات أحماض الأيدروكلوريك والكبريتيك والنشادر .



(شكل ٢٦ ب) لافا بازلتية منبثقة من فوهة بركان كلاوا - 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 اللاافية .

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 اللاافية ، 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 ، وكثيراً ما تكون سوداء اللون تبعاً لكثرة الرماد بعضها البركاني فيها ، ويظهر فيها كذلك ألسنة من النيران تبعاً لاحتكاك ذرات الرماد بعضها ببعض ، ومن ثم تسمى أحياناً 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 .

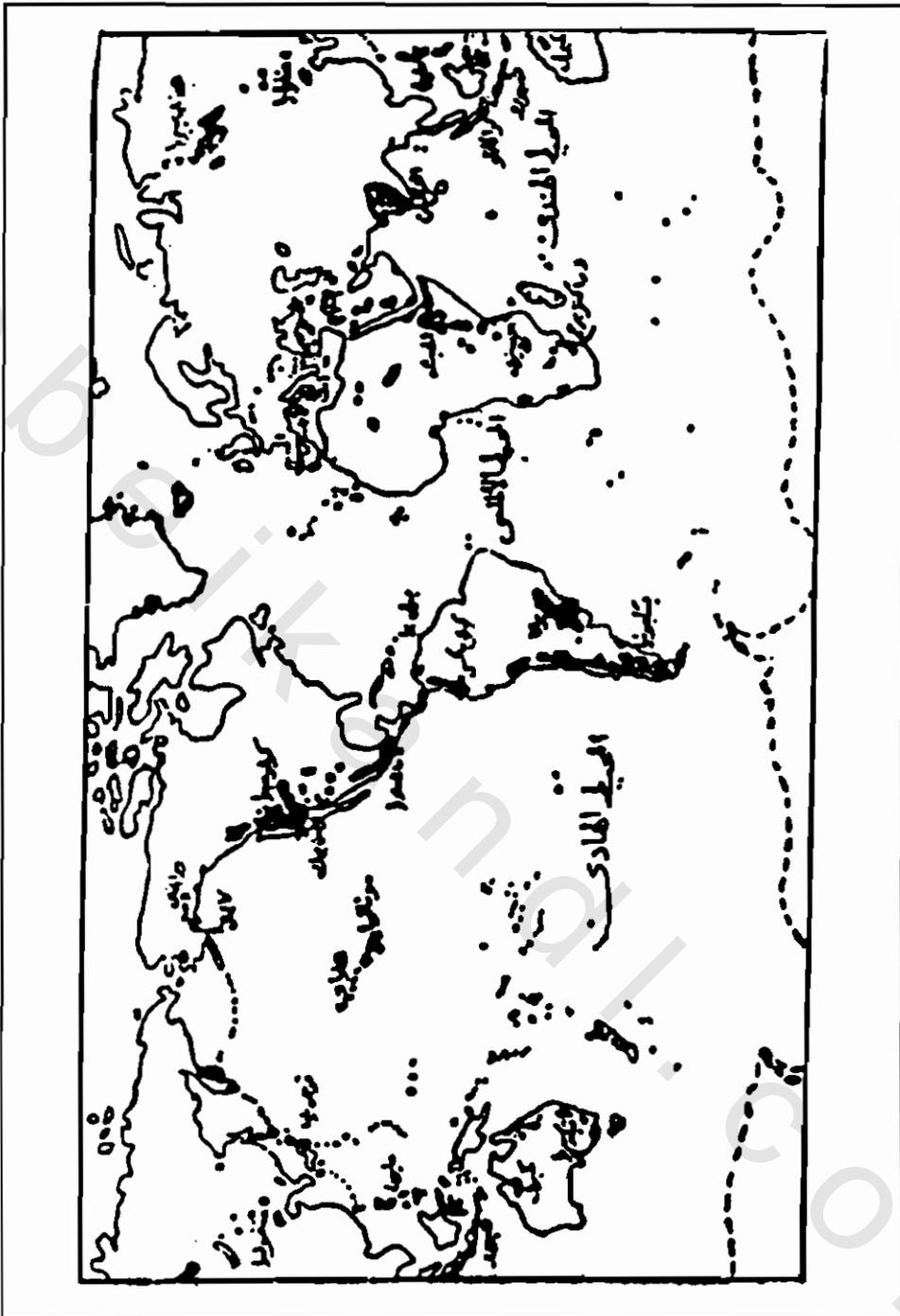
ويلاحظ أن الغازات والأبخرة التي تنبثق مع البراكين تكوّن مياهاً لم تكن موجودة على سطح الأرض من قبل ، بل هي مياه باطنية ، وأطلق الجيولوجيون عليها تعبير المياه الأولية Juvenile water . وتعمل هذه المياه على إضافة مورد جديد لمياه البحار والمحيطات . وقد أوضح الباحثون أن من أسباب ارتفاع نسبة ملوحة مياه البحار وكثرة نسبة الكلوريدات 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 النشطة لا يزيد عددها على ٥٠٠ بركان، وترتبط بمناطق محددة من سطح الأرض، وهي المناطق الضعيفة جيولوجيًا 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 النشطة في هذا النطاق بنحو ٣٠٠ بركان أي نحو ٦٠٪ من جملة عدد البراكين النشطة أو النشطة 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 شمالاً. 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، وسيليبس ونيوغيانيا وسولومون ونيوكاليدونيا وجزر نيوزيلند.



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

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

تعرض 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 تبعاً 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 تبعاً لقوة الحركات التكتونية نفسها، ومدى اختلاف التركيب الصخري.

عناصر الالتواء - 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

جانب منها اسم جانب الثنية أو جناح الطية Limb. وتعرف أعلى نقطة في الثنية المحدبة التي تعد منطقة فاصلة بين جانبي الثنية باسم قمة الثنية Crest (شكل ٢٨).

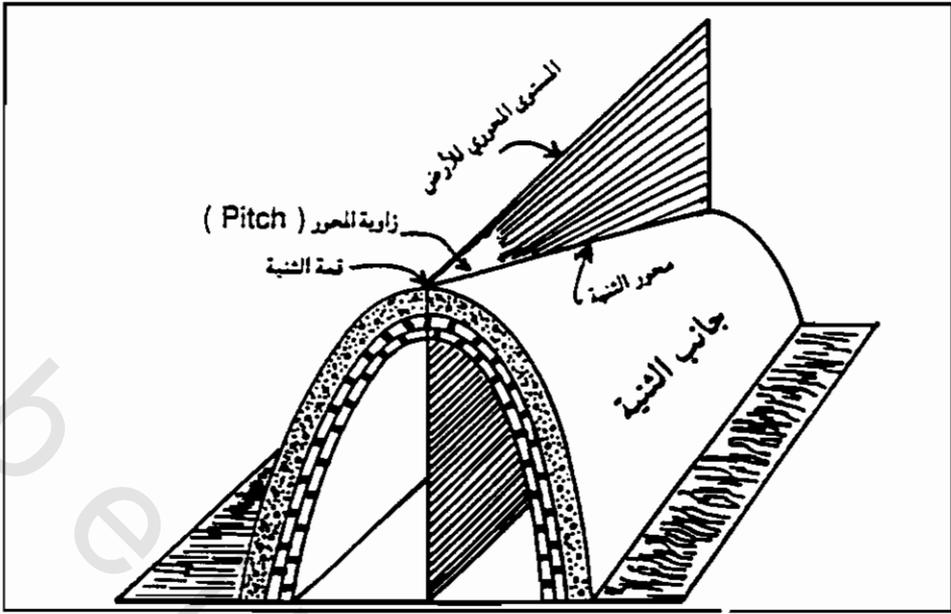
أما الخط الذي ينصف الثنية فيعرف باسم محور الالتواء Axial plane or An-ticlinal axis وليس من الضروري أن يكون المحور عمودياً، بل كثيراً ما يكون مائلاً أو شبه أفقي (١).

وتتنوع أشكال الثنيات المحدبة وفقاً لدرجة ميل المحور؛ فإذا كان المحور عمودياً (٩٠°) يؤدي ذلك إلى تكوين ثنيات محدبة رأسية. أما إذا كانت زاوية المحور أقل أو أكثر من الزاوية القائمة في حدود عشرين درجة (أي ٧٠° أو ١١٠°) فيؤدي ذلك إلى تكوين الثنيات المحدبة المائلة البسيطة. أما إذا كان الفرق في ميل المحور عن الزاوية القائمة كبيراً (أي ٣٠° أو ١٥٠°) فيؤدي ذلك إلى تكوين الثنيات المحدبة المقلوبة، وإذا كان محور الثنية المحدبة شبه أفقي (أي يكون مع خط سطح الأرض الأفقي زاوية حادة جداً أو منفرجة جداً) فيؤدي ذلك إلى تكوين الثنيات المحدبة النائمة أو المضطجعة. (شكل ٢٩).

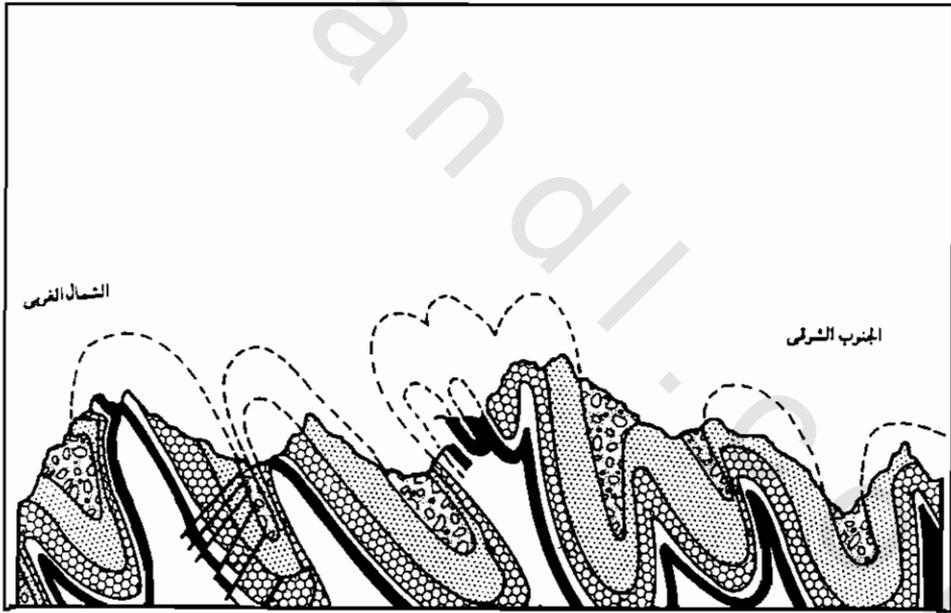
ومن النادر أن تكون جميع أجزاء الثنية المحدبة متساوية في الشكل والمنسوب فوق سطح الأرض، بل كثيراً ما تكون الثنية المحدبة أعلى ارتفاعاً ومنسوباً في جانب عنها في جانب آخر. ومن ثم يميل سطح المحور المنصف للثنية المحدبة ميلاً بسيطاً أو شديداً من قمة الثنية إلى قاع مستوى الثنية. ويطلق على الزاوية المنصورة بين هذا المستوى المائل (مستوى خط قمة الثنية) والمستوى 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 (القبة المحدبة)



(شكل ٢٩) نماذج مختلفة لقنفيات محدبة
في مرتفعات الألب تبعاً 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 المنثية 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 جانبيين متساويين فيعرف باسم محور الثنية المقعرة Axis of the syncline وليس من الضروري كذلك أن يكون هذا المحور عمودياً .

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 .

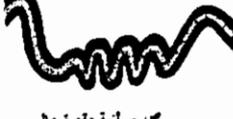
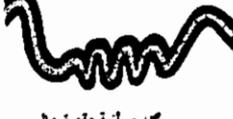
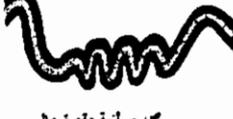
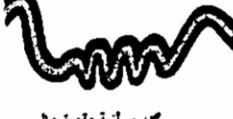
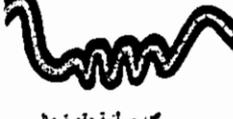
ويمكن تصنيف الثنيات المحدبة والمقعرة إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

أ - 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- الثنيات المحدبة والمقعرة غير المتماثلة Asymmetrical 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، أيًا منها إلى قسمين متساويين .

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

		أ- وحدة الجانب
		ب- متماثلة
		ج- غير متماثلة
		د- مقلوبة
		هـ- نائمة أو مضطجعة
		و- نائمة صدعية
		ز- ثنيات متوازية
		ح- ثنيات ملتوية
		س- ثنية محدبة كبرى
		ص- ثنية مقعرة كبرى

(شكل ٣٠) بعض أشكال الثنيات الالتوائية

يقول المولى عز وجل :

﴿ فلما تجلّى ربه للجبل جعله دكا وخر موسى صِعْقًا ﴾ 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 - ١٣) .

وعلى الرغم من أن الجبال هي انتفاخات في قشرة السيل الخارجية للأرض ، فإن جذورها تمتد إلى أسفل لأعماق بعيدة وترتكز السلاسل الجبلية العالية بجذور في تكوينات السيل السفلية لقشرة الأرض ، وهكذا جعل الله تبارك وتعالى السلاسل الجبلية منصوبة وثابتة لئلا تتمد الأرض بأهلها (١) . 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 - عز وجل - وقال ابن عباس لو حمل الجبل هذا القرآن لتصدع وخشع من ثقله ومن خشية الله (٢) .

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

(١) ابن كثير ، «مختصر تفسير ابن كثير» ، اختصار محمد علي الصابوني - بيروت - الطبعة الخامسة ١٤٠٠هـ ، ج ٣ ، ص ٦٩٣ .

(٢) المرجع السابق ، ج ٣ / 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 الشني 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 جغرافيًا 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 .