الفصل الثانى

التراكيب الأولية فى الصخور النارية والمتحولة

تتكون القشرة الأرضية فى غالبيتها من الصخور النارية التى تنشأ من تصلب المادة الصخرية المصهورة والتى تعرف بالصهارة أو الحمما . ومن أكثر الأمثلة وضوحاً للصهارة الحمم أو اللافا التى تقذفها البراكين النشطة حالياً . وبمقارنة صفات الحمم التى تقذفها البراكين الحالية ببعض الصخور النارية المتداخلة فى الصخور الأخرى بالعمود الجيولوجى ، فإننا نلاحظ أن هذه الصخور تعزى إلى تصلب الحمم التى انبثقت من البراكين القديمة ، والتى يمكن أحياناً التعرف على قنواتها .

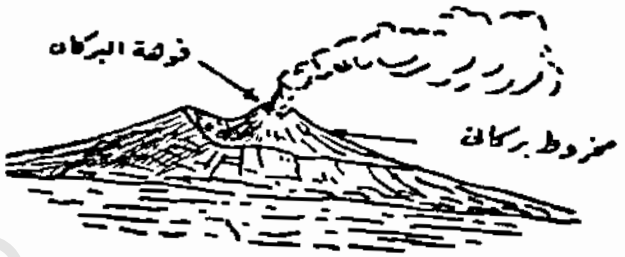
والحمم هى الصورة التى تتخذها الصهارة عندما تنساب على سطح الأرض ، ومما لا شك فيه أن كل ثوران بركانى يكون مصحوباً بنشاط كبير للصهارة على نطاق شاسع . ونتيجة لذلك فإنه تنشأ الأشكال أو الصور المختلفة للصخور المتداخلة أو الجوفية ، والتى تظهر على سطح الأرض عندما تؤثر عليها عوامل التعرية أو الحركات الأرضية . ويتضح من ذلك الفرق بين ظروف نشأة الصخور المقذوفة (البركانية) والصخور المتداخلة (الجوفية) ، وفى معظم الأحيان يكون من السهل التمييز بينهما فى الحقل . والصخور المقذوفة التى تعرضت لسطح الأرض تفقد معظم ما تحويه من غازات والتى يتسبب عن انطلاقها نشأة سطوح بها فجوات تشبه تلك التى توجد فى مواد الخبث والفحم الساخن لدرجة الاحمرار ، بالإضافة إلى تراكيب أخرى مميزة تتواجد بوجه خاص فى الأجزاء العلوية للطفوح البركانية . وينشأ عن التبريد السريع أن تتكون بلورات دقيقة يصل قطرها إلى أقل من الملليمتر كما تتكون أيضاً مادة زجاجية وتركيب انسيابى . ومن الناحية الأخرى .

فإن الصخور المتداخلة نادراً ما يوجد بها فجوات أو مواد زجاجية ، كما أنها عادة تكون متوسطة أو خشنة الحبيبات . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الصخور المحيطة بالصخور المتداخلة تتعرض لتأثير الغازات والمحاليل مما يؤدى إلى تغيرها أو تحولها نتيجة لارتفاع درجات الحرارة ، أما فى حالة الحمم المقذوفة فإن الصخور التى تحتها فقط هى التى تتعرض لتأثيرات تكاد تكون طفيفة نتيجة لارتفاع الحرارة . والبازلت هو الصخر النارى القاعدى الذى يفرق بكثير الصخور البركانية الأخرى فى درجة انتشاره ويحتوى هذا الصخر على حوالى ٤٦ ٪ بلاجيو كليز فلسبار ، ٣٧ ٪ أوجيت ، ٨ ٪ أوليفين وقليل من المجنتيت والألمنيت ، وعند خروج الصهارة على سطح الأرض أو تداخلها بين الطبقات فإن الصخور الناتجة تكتسب أشكالا وتركيبات أولية مختلفة وفيما يلى وصف موجز لتلك التراكيب الأولية المميزة لكل من الصخور البركانية والصخور المتداخلة .

١ ـ التراكيب الأولية فى الصخور البركانية

تتدفق الحمم على سطح الأرض إما من براكين مستقلة على هيئة أشكال مخروطية لها فوهات وأعناق مثل بركانى اثنا وفيزوف ، شكل (٢٠) ، أو من شقوق عميقة كما هو الحال فى براكين أيسلندا ، شكل (٢١). وتكون الحمم عادة أجساماً مسطحة تغطى مساحات شاسعة بالنسبة إلى سمكها ، وتمتد فى الاتجاه الرئيسى لتدفقها أو انسيابها . ويعتمد شكل الحمم أساساً على درجة لزوجة الصهارة والتى تتوقف بالتالى على تركيبها الكيميائى ودرجة حرارتها . فعلى سبيل المثال تكون الحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة وتنساب لمسافات كبيرة جداً ، أما الصهارة الحمضية كالرايوليت والتراكيت فإنها ذات لزوجة عالية وتتراكم حول الفتحات التى

تندفع منها مكونة كتلاً بصلية الشكل ذات جوانب شديدة الانحدار .



(شكل ٢٠)

رسم تخطيطى يوضح خروج الحمم والغازات من الفوهة البركانية
التى توجد وسط المخروط البركانى

(شكل ٢١)

قطاع رأسى يوضح خروج الحمم من شقوق عميقة بالقشرة الأرضية

وأهم التراكيب الأولية فى الصخور البركانية هى :

١ — التراكيب الفجوى واللوزى (Vesicular & amygdaloidal structres)

٢ — الحمم الكتلية والحمم الحبلية (Block lava & ropy lava)

٣ — تركيب الحمم الوسادية (Pillow lava structre)

٤ — التركيب الانسيابى (Flow structre)

٥ — تراكيب الفواصل والألواح والشرائح

(Jointing, sheet & platy structres)

٦ – التركيب العمدانى والمنشورى

(Columnar and prismatic structures)

٧ – التركيب الكالدرى « المنخفضات البركانية » (Caledras)

٨ – القصبات البركانية (Volcanic necks)

١ – التركيب الفجوى واللوزى :

تحتوى معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التى تنطلق نتيجة لانخفاض الضغط عند خروج الصهارة على سطح الأرض وينشأ عن خروج الغازات تمدد فى المادة المنصهرة ، وبذلك تتكون فقاعات أو فجوات ذات شكل كروى أو بيضاوى أو أسطوانى أو غير منتظم وفى حالة التمدد الشديد للحمم فإنه تتكون كتلة رغوية ينتج عنها صخر يعرف بالحجر الخفاف (Pumice) وتتكون أحياناً فجوات طويلة أسطوانية أو أنبوبية الشكل عند قاع الحمم نتيجة لخروج الغازات فى اتجاه رأسى من السطح السفلى ، وقد تعزى هذه الفجوات إلى انطلاق الغازات من الرواسب الواقعة أسفل الحمم الساخنة . وفى بعض الحالات غير المؤكدة تستخدم الفجوات الأسطوانية أو الأنبوبية من الناحية الاستراتجرافية فى التعرف على الوضع الأصلى للطبقات .

وبعد نشأة الفجوات بالحمم . فإنها قد تملأ بالمياه الساخنة المذاب فيها بعض المواد التى تترسب على صورة معادن تشغل الفجوات ومثل هذا الترسيب يحدث بدرجة ملحوظة فى الحمم البازلتية ، وبذلك يحتوى صخر البازلت الأسود اللون على أجسام فاتحة اللون مستديرة أو بيضاوية الشكل تعرف باللوز والتى منها التركيب اللوزى . ورغم أن الفجوات الصغيرة تملأ تماماً بهذه المعادن ، إلا أن الفجوات الكبيرة قد تكون مجوفة ولكنها مبطنة بمعادن على شكل بلورات تامة النمو وملتصقة بالجدار وتشبه فى ذلك الجيود .

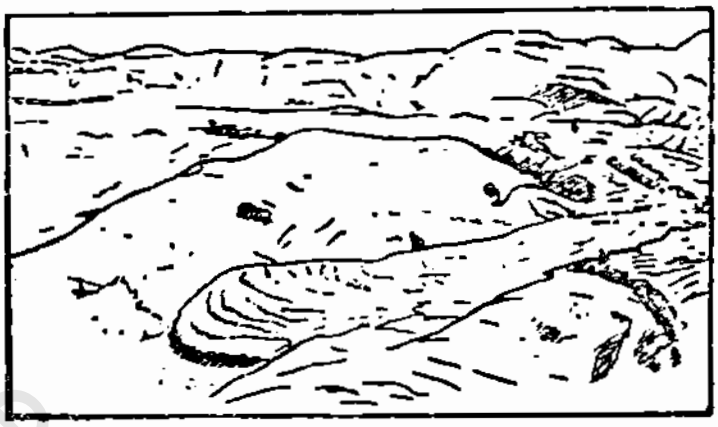
والتركيب اللوزى أكثر وجوداً فى الحمم ذات الارتباط الوثيق بالصخور البركانية ، ولكنها قد توجد أيضاً فى بعض الكتل النارية المتداخلة التى على شكل جدد وقواطع وخاصة على حدودها الخارجية .

٢ ــ الحمم الكتلية والحمم الحبلية :

قد تأخذ الحمم البركانية صورتين مختلفتين ، وأحياناً يغطى السطح بكتل خشنة غير منتظمة ومسننة وذات أبعاد متباينة كما فى شكل (٢٢) وتنشأ هذه الكتل أثناء انسياب الحمم وتشبه فى شكلها العام تراكم كتل كبيرة مزدحمة بعد سقوطها . وهناك عدة أسماء لهذه الظاهرة وأبسطها الحمم الكتلية ، ويطلق عليها فى أيسلندا « الخزازيات الرمادية Grey moss » بينما يطلق عليها العالم ياجار الصخر الرغوى (Foam stone) .

ومن الناحية الأخرى ، فإن الحمم ذات اللزوجة المنخفضة والسريعة الانسياب تكتسب بعد تصلبها سطوحاً أكثر نعومة ، وذات لمعان شديد ،

(شكل ٢٢)
الحمم الكتلية



(شكل ٢٣)
الحمم الحبلية

وإذا فحصناها عن قرب فإنها تظهر على شكل حبال مجعدة ويتشكل سطحها على صورة قباب منخفضة يصل قطرها لعدة أمتار ، كما تظهر شقوق على امتداد أقطارها وهذا النوع من الحمم الحبلية ، الموضحة فى شكل (٢٣) يطلق عليها العالم ياجار الحمم الجلدية . وتوجد الحمم الكتلية والحبلية بوضوح فى صخور البازلت ، وقد يتواجد النوعان جنباً إلى جنب فى نفس الحمم المقذوفة .

ويختلف النوعان من الحمم فى نسبة وحجم الفجوات التى توجد فيهما . فى حالة الحمم الكتلية نلاحظ أن الفجوات كبيرة الحجم وغير منتظمة الشكل ، بينما فى حالة الحمم الحبلية نجد أن الفجوات صغيرة الحجم وأكثر عدداً وذات شكل كروى منتظم . ونجد أن الحجم الكلى للفجوات فى وحدة الحجم يكون أكبر فى حالة الحمم الحبلية عن الحمم الكتلية . أما من الناحية الكيميائية فإن النسبة بين أكسيد الحديدوز إلى أكسيد الحديديك تكون أكثر انتظاماً فى حالة الحمم الحبلية التى تكون دائماً أقل تباوراً من الحمم الكتلية .

وطبقاً للعالم واشنجتن يمكن تفسير الصفات المميزة للحمم المختلفة على

ضوء لزوجة الحمم ودرجة حرارتها . فى الحمم الحبلية تكون درجة الحرارة أكثر ارتفاعاً من حرارة الحمم الكتلية ، ولكن كمية الغازات فى الحمم الحبلية تكون أقل بكثير عن الحمم الكتلية . وعند انطلاق الغازات تتصلب الحمم الحبلية سريعاً مع أدنى درجة للتبلور . وعلى العكس من ذلك فإن الحمم الكتلية تكون درجة حرارتها منخفضة نسبياً ، ولكنها تحتوى على نسبة عالية من الغازات ولذلك فإنها تكون أكثر انسياباً وذات لزوجة أقل من الحمم الحبلية . ونتيجة لهذه الظروف فإن التبلور فى الحمم الكتلية يبدأ قبل الحمم الحبلية ويحدث بسرعة ، أما انطلاق الغازات فإنه يكون أيضاً سريعاً وبدرجة متزايدة وقد يكون بدرجة عنيفة أثناء تصلب الحمم ، غير أن السائل المتبقى يكون دائماً مشبعاً بالغازات ، وبذلك تصبح الظروف مناسبة للتبلور . ومن ذلك يتضح أن الحمم الكتلية والحمم الحبلية يمكن اعتبارهما نوعين أساسيين يشتق من أى خليط منهما عدد كبير من الحمم الانتقالية .

٣ – تركيب الحمم الوسادية :

يوجد هذا التركيب عادة بالحمم القاعدية وخاصة فى الحمم البازلتية الغنية بالصوديوم والتى تسمى سبيليت ، وتشبه الحمم أكواماً من كتل صغيرة كالوسادات . ويكون للوسادات عادة قشرة فجوية وأحياناً غطاء زجاجى رقيق ، وتتميز عادة بشرائط انسيابية مخططة وبها فجوات متمركزة على السطح والمسافات البينية بين الوسادات تكون أحياناً مملوءة بالبريشيا المتلاحمة بمعادن ثانوية وعادة بالتشيرت الراديولارى والصخور الجيرية السيليسية غير النقية ، والكتل عادة مستطيلة الشكل وتكاد تكون محاورها الطويلة متوازية بشكل واضح . وقد تتصل الوسادات بعضها ببعض بأنابيب قصيرة أو بواسطة أعناق على امتداد جوانبها .

وفى المناطق البركانية تتواجد جميع الأشكال الانتقالية بين الحمم الوسادية

والحمم الحبلية المجعدة والحمم بصلية الشكل . ولقد أدى التلازم الوثيق بين الحمم الوسادية والرواسب البحرية إلى الرأى القائل بأن هذا التركيب يعزى إلى ملامسة الحمم المنصهرة لمياه البحر. ولكن خروج الحمم على سطح الأرض وملامستها للهواء المشبع بالأمطار أو تدفقها تحت غطاء ثلجى أو فى رواسب ناعمة مغطاة بالماء قد ينشأ عنه تبريد سريع وتكوين حمم وسادية .

وتوجد الحمم الوسادية فقط فى حالة الحمم البازلتية التى تنساب بسهولة ، والتى تحتفظ بدرجة كبيرة من السيولة خلال فترة التبريد الطويلة ، برغم أن لزوجتها تكاد تكون كبيرة عندما تقترب من حالة التصلب . وتتميز المراحل النهائية لانسياب الحمم الوسادية بتكون قشرة على السطح ، ولكن تدفق الحمم يستمر عن طريق الشقوق التى تنشأ بهذه القشرة . وتبعاً لذلك ، فإنه فى حالة حدوث انسياب كبير للحمم قد يظهر عدد كبير من هذه الطفوح الصغيرة على هيئة كتل مستطيلة بصلية الشكل ، ويتكون على سطح هذه الطفوح الصغيرة غطاء مرن صلب ، كما تؤدى الضغوط الداخلية إلى تمدد هذا الغطاء وكسره مما يساعد على استمرار خروج الحمم رويداً رويداً وتصلبها بسرعة مكونة الحمم الوسادية . وقد ينشأ عن تمدد كل وسادة تركيب انسيابى كاذب يتميز بأنه يكاد يكون موازياً للسطح الخارجى . كما أن الفجوات تكاد تكون ذات ترتيب مركزى . وكما سبق الذكر فإن الغلاف الزجاجى والقشرة الفجوية تعزى إلى التبريد السريع نتيجة تلامس الحمم للماء أو الهواء المشبع بالرطوبة .

وتمتلىء المسافات البينية بين الحمم الوسادية بمواد مقذوفة من الحمم نفسها أو برواسب قاع البحر . وطبقاً للعالمين ديوى وفات فإن التلازم الدائم للحمم الوسادية مع التشيرت الراديولارى يعزى إلى تدفق محاليل غنية بالسيليكا مع الحمم التى تنساب على قاع البحر ، ووجود السيليكا يساعد على نمو الكائنات العضوية ذات القشرة السيليسية مثل الراديولاريا .

٤ – التركيب الانسيابى :

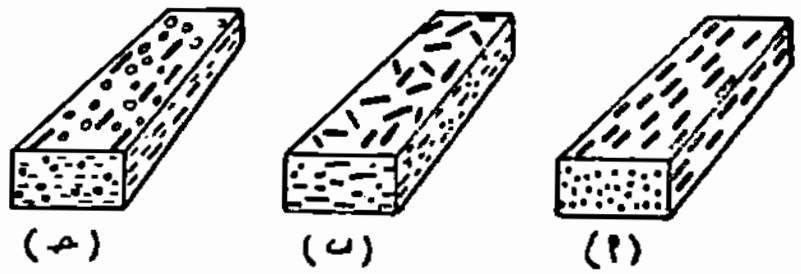
لا تكون الحمم البركانية متجانسة على الإطلاق سواء أثناء اندفاعها إلى سطح الأرض أو بعد خروجها مباشرة . وتختلف طبقات الحمم اختلافاً طفيفاً فى تركيبها الكيميائى وما تحتويه من غازات ولزوجتها ودرجة حرارة تبلورها . وفى حالة الحمم الحمضية والمتوسطة مثل الرايوليت والتراكيت تكون الحمم على درجة عالية من اللزوجة مما يؤدى إلى نشأة التركيب الانسيابى بشكل واضح فيها . ويوجد التركيب الانسيابى أيضاً بالصخور النارية المتداخلة على صورة طبقات متبادلة تختلف فى التركيب الكيميائى أو النسيج أو كليهما ، وقد يعزى هذا التركيب فى الصخور المتداخلة إلى أسباب عديدة منها انسياب الصهارة .

والتراكيب الانسيابية الأولية التى تتواجد بالصخور النارية تنشأ عن الترتيب المتوازى لأجسام مختلفة الأبعاد ، ويعزى هذا الترتيب لانسياب الحمم البركانية أو الصهارة فى اتجاهات معينة . وينقسم التركيب الانسيابى إلى نوعين هما :

(ا) التركيب الانسيابى المسطحى (Planar flow structre)

(ب) التركيب الانسيابى الخطى (Linear flow structure)

(ا) التركيب الانسيابى المسطحى : وهو موضح فى شكل (٢٤ – ا) والذى يسمى أحياناً بالتورق (Foliation) وينشأ عن الترتيب المتوازى أو شبه المتوازى لمعادن مسطحه أو قرصية الشكل مثل رقائق الميكا أو مواد مغزلية الشكل . وقد ينشأ هذا التركيب فى كثير من الأحيان نتيجة لاختلافات طفيفة فى درجة لزوجة وتركيب الحمم البركانية .



(شكل ٢٤)
الترتيب الانسيابي

(أ) تركيب خطى نتيجة للترتيب المتوازى لمعادن منشورية مثل الهورنبلند .
(ب) تركيب ورقى نتيجة لاتجاهات معدن منشورى بموازاة السطح .
(جـ) تركيب خطى مصحوب بتركيب ورقى .

(ب) التركيب الانسيابى الخطى : وهو موضح فى شكل (٢٤ ب) ويسمى أحياناً بالتخطيط (Lineation) وينشأ عن الترتيب المتوازى أو شبه المتوازى لحبيبات معدنية إبرية أو منشورية أو ذات شكل مغزلى وتكون عادة مستطيلة فى أحد الاتجاهات البلورية مثل معدن الهورنبلند . وأحياناً يتواجد كل من التركيبين الانسيابى المسطحى والخطى فى نفس الصخر . وجدير بالذكر أن خاصيتى التورق والتخطط قد تكون ذات أصل أولى أو ثانوى أو قد تكون موروثة عن الصخور المتحولة الأصلية .

٥ ــ تراكيب الفواصل والألواح والشرائح :

الفواصل عبارة عن مستويات أو سطوح انفصالية توجد فى جميع أنواع الصخور النارية . ويحتوى الجرانيت عادة على ثلاثة مجموعات من الفواصل يكون مستوى إحداها أفقياً تقريباً ، أما الآخران فيكونان فى وضع رأسى ومتعامدان . وإذا كانت المجموعات الثلاثة من الفواصل على أبعاد متساوية تقريباً ينتج عن ذلك كتل مكعبة الشكل . وأحياناً تكون مستويات

الانفصال الأفقية متقاربة جداً مما يؤدى إلى نشأة تركيب لوحى أو شرائحى كما فى شكل (٢٥) ، وتكون الشرائح أقل سمكاً كلما اقتربنا من سطح الأرض . وفى غالبية الصخور النارية تكون الفواصل غير منتظمة ، كما قد تكون المستويات الانفصالية متجعدة أو متموجة .

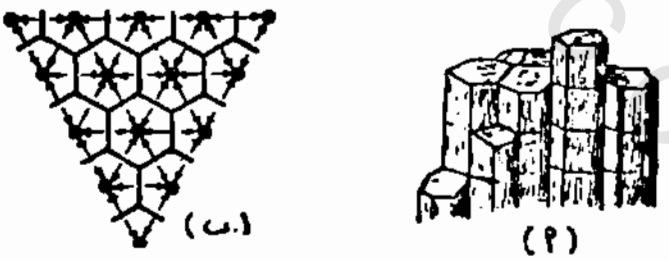
(شكل ٢٥)
الفواصل فى صخر الجرانيت

وصخر الفلسيت وكذلك الصخور الحمضية الأخرى تكون غالباً مقطوعة بمستويات ضعف متقاربة وفواصل غير منتظمة وعندما تتعرض هذه الصخور لعوامل التجوية فإنها تتفتت إلى قطع صغيرة ذات زوايا حادة ، لدرجة أنه يصبح من الصعب الحصول على عينة يدوية ذات حجم عادى . وقد يوجد بالصخور مجموعة من مستويات الفواصل المتقاربة بشكل واضح مما يؤدى إلى نشأة كتل لوحية شبيهة بالشرائح كما هو الحال فى الصخور البركانية التى تسمى فونوليت . وقد تعزى الفواصل إلى ضغوط شديده ناتجة عن الانكماش (التقلص) بعد تبريد الصهارة ، بينما فى حالات أخرى قد تنشأ الفواصل بسبب حركات أرضية ينتج عنها قوى شدية أو ضغطية أو دورانية .

٦ – التراكيب العمدانية والمنشورية :

إذا كان تبريد الصهارة المتجانسة وانكماشها منتظماً ، فإن مستويات الانفصال تتخذ أشكالا عمدانية أو منشورية منتظمة على هيئة منشورات ذات أربعة أو خمسة أو ستة أضلاع وقد تقطعها فواصل أخرى . وتوجد هذه الفواصل بشكل واضح فى صخور البازلت وأحياناً فى أنواع أخرى من الصخور . وتنشأ هذه التراكيب متعامدة على سطوح التبريد ، شكل (٢٦ – ا) ففى حالة الجدد (Sills) تكون رأسية ، بينما فى حالة القواطع (Dikes) فإنها تكون أفقية تقريباً .

ويعزى التركيب العمدانى إلى نشأة مراكز للتقلص على أبعاد متساوية من سطوح التبريد . وتمثل الخطوط التى تصل بين هذه المراكز اتجاهات قوى الشد العالية ، وعندما تقل مرونة الصخر فإنه تتكون شقوق متعامدة على هذه الخطوط ، ويتضح من شكل (٢٦ – ب) أن هذه التشققات تتقاطع مكونة أشكالا سداسية ، وعندما تمتد هذه الشقوق إلى أسفل أو إلى أعلى أو جانبيًّا من سطوح التبريد فإنها تكون الأعمدة المنشورية المعروفة فى بعض صخور البازلت وتعزى الأشكال ذات أربعة أوخمسة أو سبعة أضلاع إلى عدم انتظام المسافات بين مراكز الانكماش على سطوح التبريد .



(شكل ٢٦)

(ا) تركيب الفواصل العمدانية فى البازلت .

(ب) شكل يوضح نشأة الفواصل العمدانية نتيجة لتبريد اللافا التى ينشأ عنها قوى الشد على مسافات متساوية من نقطة مركزية .

٧ – المنخفضات البركانية (التركيب الكالدرى) :

طبقاً للعالم وليامز تسمى المنخفضات البركانية كاليدرات وتكون عادة مستديرة الشكل ويصل قطرها لعدة أميال والمنخفضات البركانية أكبر بكثير من الأنابيب البركانية التى تغذيها . وتنقسم الكاليدرات إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

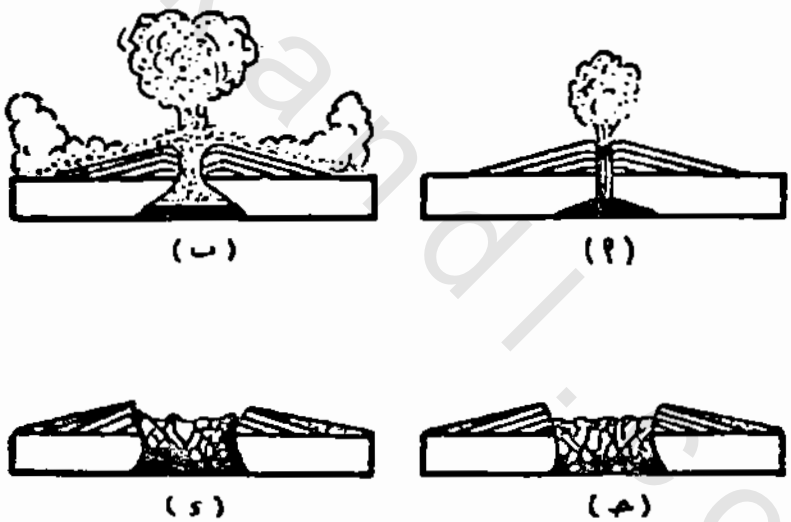
(ا) الكاليدرات المتفجرة وتعزى إلى انفجارات عنيفة تؤدى إلى تهشم وتكسير كتلة عظيمة من الصخر ، ومن أمثلتها تلك التى حدثت فى باندای رسان فى اليابان . وقد ظل البركان هادئاً لمدة أكثر من ١٠٠٠ عام ولكن فى عام ١٨٨٨ حدث بالبركان ١٥ أو ٢٠ تفجيراً عنيفاً فى الهواء خلال دقيقة واحدة تقريباً ، وكان من جراء هذه التفجيرات أن تطايرت قمة البركان وجانبه الشمالى دون أن يصاحب ذلك خروج حمم بركانية ؛ وقد تحول الماء الأرضى إلى بخار نتيجة للحرارة الشديدة كما أدت الضغوط الشديدة للغازات إلى حدوث هذا الانفجار العظيم .

(ب) الكاليدرات الانهيارية وهى أكثر وجوداً ، وتعزى أساساً إلى انهيار الصخور العلوية للبركان نتيجة لفقدان التوازن بعد خروج الصهارة إلى سطح الأرض . وقد يعزى الانهيار إلى سبب أو عدة أسباب مشتركة والثوران البركانى السريع المصحوب بانطلاق كميات عظيمة من الرماد البركانى والحجر الخفاف قد يؤدى إلى انخفاض منسوب الصهارة فى الاعماق وبذلك ينشأ فراغ يؤدى إلى حالة عدم اتزان فى الصخور مما يؤدى إلى انهيارها وهبوطها. ومن أفضل الأمثلة للكاليدرات الانهيارية تلك التى حدثت فى بركان كراكاتو فى إندونيسيا الموضح بشكل (٢٧) .

(حـ) الكاليدرات الناشئة بعوامل التعرية . وهى تنتج من اتساع الفوهة البركانية بواسطة عوامل التعرية .

٨ ـ القصبات البركانية :

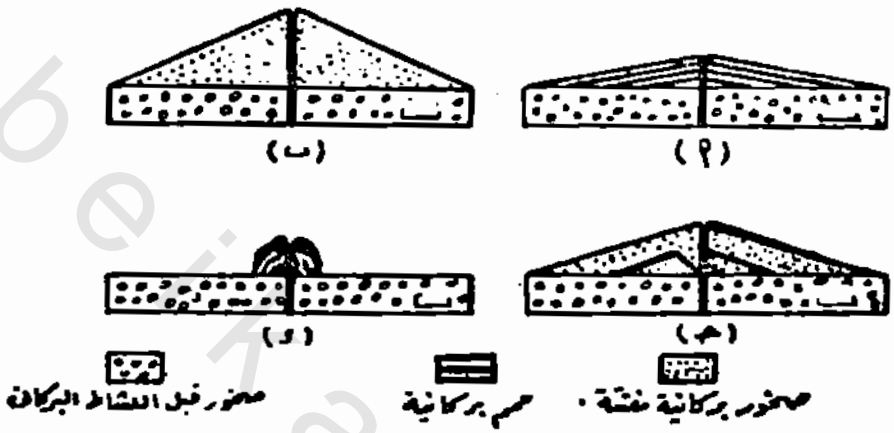
إن القناة المركزية التى تقذف منها الصهارة ، شكل (٢٨) لا يمكن مشاهدتها على الإطلاق فى حالة البراكين النشطة ، ولكن عوامل التعرية تؤدى إلى إزالة الأجزاء العلوية من الحمم والصخور البركانية المفككة ، وبذلك يمكن مشاهدة شكل القصة البركانية والمواد التى بداخلها . وتكون القصبة البركانية عادة صغيرة نسبيًا ومقطعها دائرى أما قطرها فيتفاوت من عدة مئات إلى آلاف الأقدام . وقد تنشأ بعض الأنابيب البركانية نتيجة لتقاطع فالقين ، بينما يتكون بعضها على طول شق رئيسى يزداد



(شكل ٢٧)
المنخفضات البركانية (الكاليدرات)

(ا) ثوران بركانى متوسط .
(ب) ثوران شديد .
(جـ) انهيار قمة المخروط البركانى .
(د) تجدد النشاط البركانى .

اتساعاً نتيجة لانصهار الصخور واندفاع الغازات أوحدوث انفجارات شديدة ٥ ولقد أثبتت عمليات التعدين فى جنوب أفريقيا أن الأنابيب البركانية تتحول فى الأعماق إلى قواطع .



(شكل ٢٨)
القصبات والمخروط البركانى

(ا) مخروط وقصبة بركانية .
(ب) مخروط من الصخور البركانية الفتاتية .
(جـ) مخروط مختلط من ا ، ب .
(د) مخروط بركانى نتيجة نشاط مستمر .

٢ ـ التراكيب الأولية فى الصخور المتداخلة

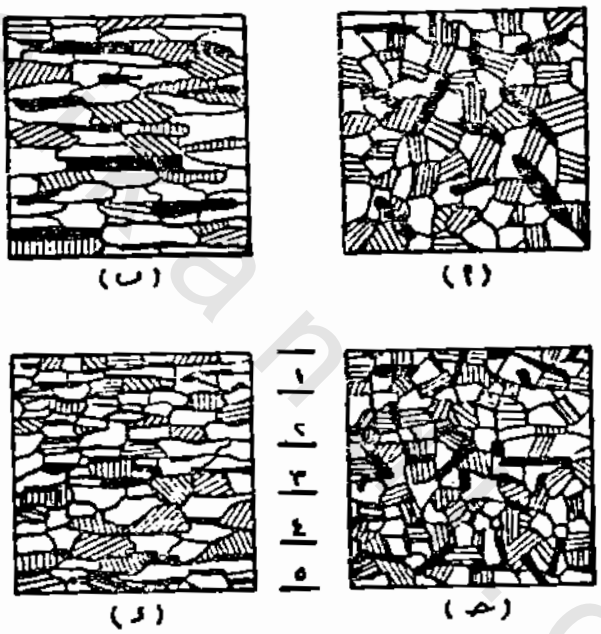
تنشأ الصخور النارية المتداخلة من تصلب الصهارة تحت سطح الأرض . وقد تتكون صخور تشبه الصخور النارية من النواحى المنرالوجية والكيميائية والنسيج بواسطة عملية الإحلال المتبادل لصخور قديمة تتحول تدريجيًّا إلى صخور أخرى بإضافة أو إزاحة بعض العناصر فى درجات الحرارة المختلفة . والصخور الجوفية عبارة عن أجسام من الصخور النارية التى تكونت تحت

سطح الأرض إما بتصلب الصهارة أو بالإحلال المتبادل لصخور قديمة . ويتفاوت طول المتداخلات النارية من عدة أقدام إلى مئات الأميال . وتلعب التراكيب الجيولوجية للصخور المتداخلة دوراً رئيسيًّا فى تشكيل وتحديد مورفولوجية القشرة الأرضية . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الجيولوجى يهتم بصفة خاصة بميكانيكية تداخل هذه الكتل النارية وعلاقتها الوثيقة بتشوه الصخور ولتفهم النواحى التركيبية للمتدا خلات النارية ، فإنه يجب الإلمام بتركيبها الداخلى وشكلها وحجمها بالإضافة إلى علاقتها التركيبية وعمرها النسبى بالنسبة للصخور المجاورة .

النسيج والتركيب الداخلى للصخور المتداخلة :

تتفاوت الصخور المتداخلة بصفة عامة فى حجم حبيباتها ، فبعضها قد يكون ذات حبيبات دقيقة ، بينما بعضها تكون حبيباته خشنة جداً . ويعتمد حجم الحبيبات عادة على حجم الكتلة المتداخلة وعلى مقدار المسافة من حدودها الخارجية . فالصخور دقيقة الحبيبات ، التى يقل قطر بلوراتها عن ملليمتر واحد ، توجد فى المتداخلات النارية الصغيرة والتى يصل عرضها لعدة أقدام ، أو على الحدود الخارجية للمتداخلات النارية الكبيرة والصخور متوسطة الحبيبات ، التى يتراوح قطر بلوراتها من واحد إلى خمسه ملليمترات ، توجد بالمتداخلات المتوسطة التى يصل عرضها لعشرات الأقدام ، أو بالقرب من الحدود الخارجية للمتداخلات الكبيرة أيضاً . أما الصخور خشنة الحبيبات ، التى يتفاوت قطر بلوراتها من خمسة ملليمترات إلى ثلاثة سنتيمترات ، فإنها توجد عادة بالمتداخلات التى لا يقل عرضها عن عدة مئات من الأقدام . والصخور النارية خشنة الحبيبات التى تتكون على عمق كبير من تحت سطح الأرض تسمى عادة بالصخور الجوفية ، أما الصخور التى حبيباتها خشنة جداً والتى يبلغ قطر حبيبات معادنها لأكثر من ثلاثة سنتيمترات فإنها تسمى بجماتيت ، ويعزى وجود الحبيبات الخشنة

إلى توفر الغازات أثناء عملية التبلور التى تحدث ببطء شديد . وكثير من الصخور المتداخلة تكون كتلية الشكل ، ولا يظهر فيها ترتيب للمعادن المكونة لها فى اتجاه معين كما فى شكل (٢٩ — ا) غير أن بعض هذه الصخور يتميز بالتورق نتيجة للترتيب المتوازى للمعادن المفلطحة كما فى شكل (٢٩ — ب) . وينشأ التورق الأولى أثناء تبلور الصهارة ، أما



(شكل ٢٩)

نسيج الصخور النارية المتداخلة أو الجوفية

الأجزاء السوداء تمثل المعادن الصفائحية داكنة اللون مثل البيوتيت ،

والمخططة تمثل الفلسبار والأجزاء البيضاء تمثل الكوارتز :

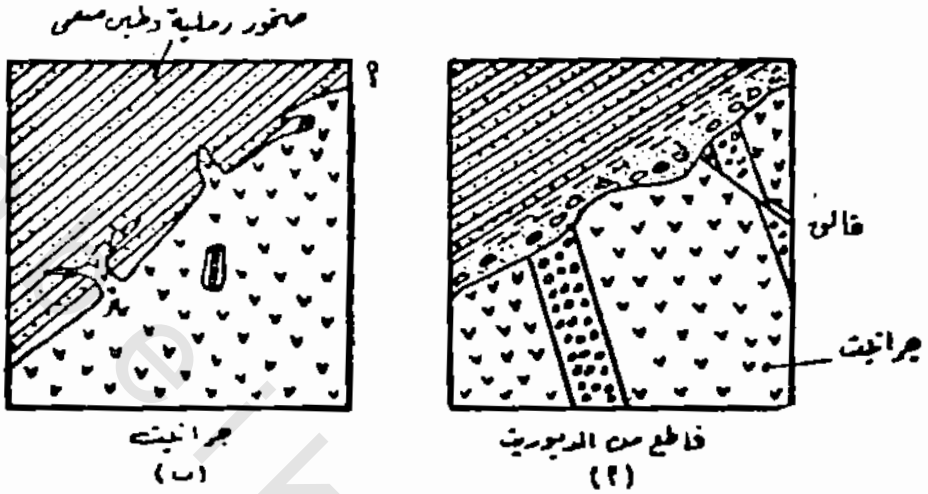
(ا) صخر كتلى . (ب) صخر ورقى . (حـ) صخر شرائطى .

(د) صخر ورقى وشرائطى . وفى حالة حـ ، د فإن المناطق ١ ، ٣ ، ٥ ، تحتوى على كمية أكبر من المعادن الداكنة عن المنطقتين ٢ ، ٤ .

التورق الثانوى فيتواجد فى الصخور الصلبة عند تعرضها لضغوط معينة ، أما التورق الموروث فيمثل بقايا من صخور متحولة قديمة مثل الشيست والتى تأثرت بعمليات الإحلال المتبادل .

العلاقة الزمنية بين الصخور النارية والصخور المجاورة :

قد يكون الصخر النارى المتداخل إما أقدم عمراً أو أحدث عمراً من تكاوين الصخور المجاورة . فإذا كان الصخر المتداخل أقدم عمراً ، فإن الصخور المجاورة تكون فى عدم توافق فوق الصخور النارية كما فى شكل (٣٠ — ا) ويكون تطابق الصخور الرسوبية ، التى تقع فوق سطح عدم التوافق ، موازياً تماماً للحدود الفاصلة بين الصخور النارية والرسوبية . كذلك توجد عادة فتات من الصخر النارى ، فى صورة حصى أو حبيبات معدنية ، فى قاع التكاوين السفلية من الصخر الرسوبية كما فى شكل (٣٠ — ب) أما إذا كان الصخر المتداخل أحدث عمراً من الصخور الرسوبية المجاورة فإن قواطع أو ألواحاً صغيرة من الصخر النارى تقطع الصخور المجاورة ، كما قد توجد مكتنفات (Inclusions) من الصخر الرسوبى بداخل الصخر النارى . وقد يكون الصخر النارى دقيق الحبيبات وأحياناً ذات نسيج زجاجى عند حدوده الفاصلة مع الصخور الرسوبية الأقدم عمراً . ومن الصعب أحياناً التأكد من العلاقة الزمنية بين الصخور النارية والرسوبية ، ولكن البحث الدقيق والمشاهدات العديدة كثيراً ما تساعد على إلقاء بعض الضوء عن طبيعة الحدود الفاصلة بين هذه الصخور . وعلى امتداد بعض الحدود الفاصلة قد توجد منطقة تأثرت لدرجة كبيرة بعملية الإحلال المتبادل فى درجات الحرارة العالية ، وهذه المنطقة تتدرج فى أحد الاتجاهات إلى الصخر الرسوبى ، أما فى الاتجاه الآخر فإنها تتدرج إلى الصخر النارى . ومنطقة الإحلال المتبادل يتفاوت عرضها من عدة أقدام إلى آلاف الأقدام كما أنها قد تغطى عدة أميال مربعة .



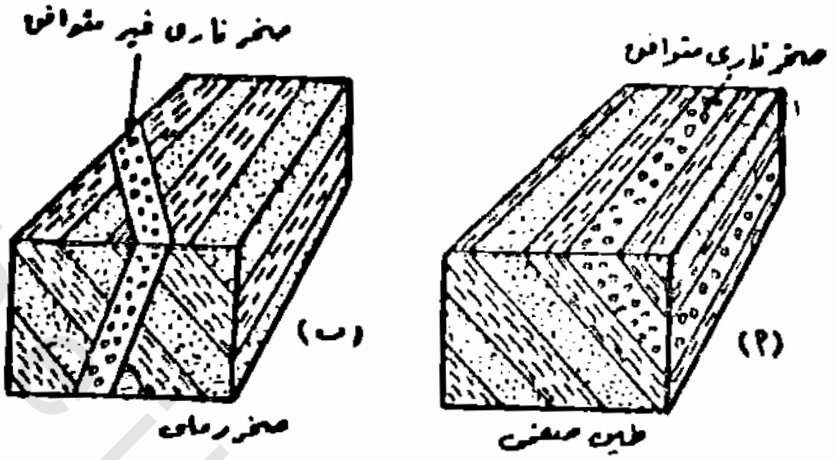
(شكل ٣٠)

العلاقة الزمنية بين المتداخلات النارية والصخور المجاورة ا ـ ا = سطح عدم التوافق .

٣ ـ العلاقات التركيبية

بين الصخور المتداخلة والصخور المجاورة

تتميز الصخور القديمة المجاورة للصخور النارية المتداخلة بوجود تطابق واضح أو تركيب شيستى ، وفى هذه الحالة يقال للصخر النارى بأنه متوافق (Concordant) مع الصخور المجاورة إذا كانت الحدود الفاصلة بين الصخور موازية لمستويات التطابق أو للتركيب الشيستى للصخور القديمة كما فى شكل (٣١ ـ ا) . أما إذا كانت الحدود الفاصلة للصخور النارية قاطعة لمستويات التطابق أو للتركيب الشيستى للصخور المجاورة ، فإن الصخر النارى يقال له إنه غير متوافق (Discordant) مع الصخور القديمة كما فى شكل (٣١ ـ ب) وفى كثير من الأحوال قد تكون الحدود الفاصلة بين الصخور النارية والرسوبية متوافقة فى بعض الأجزاء وغير متوافقة فى أجزاء أخرى .



(شكل ٣١)

(أ) متداخلات متوافقة . (ب) متداخلات غير متوافقة .

ويكون التمييز بين المتداخلات المتوافقة وغير المتوافقة فى غاية السهولة عندما تتداخل الصخور النارية فى طبقات أفقية تقريباً ، وفى هذه الحالة تكون الكتل المتوافقة فى وضع أفقى تقريباً بينما تكون الكتل غير المتوافقة فى وضع رأسى تقريباً . ولكن من الصعب تطبيق هذه القاعدة إذا كانت الصخور القديمة مائلة بزوايا كبيرة قبل أن تتداخل الصهارة فيها ويعتمد تقسيم الصخور النارية على طبيعة توافقها أو عدم توافقها مع الصخور المجاورة بالإضافة إلى شكلها وحجمها ويتضح ذلك من الجدول رقم (٣) .

جدول (٣)

التراكيب الأولية فى الصخور المتداخلة

علاقة المتداخلات مع الصخور المجاورة	متداخلات فى مناطق لا توجد بها طيات أو فى مناطق بها طيات بسيطة أو طبقات مائلة	متداخلات فى مناطق بها طيات معقدة وصخور تعرضت لضغوط شديدة
متداخلات متوافقة (Corordant)	١ — جدد (Sills) ٢ — لاكوليث (Laccolith) ٣ — لوبوليث (Lapolith)	٤ — فاكوليث (Phacolith)
متداخلات غير متوافقة (Discordont)	١ — قواطع (Dikes) ٢ — ألواح مخروطية (Conc Sheets) ٣ — الأنابيب البركانية (Volcanic pipes) ٤ — قواطع حلقية (Ring dikes)	٥ — باثولت (Batholith) ٦ — ستوك وبوص (Stock & boss)

obeikandl.com

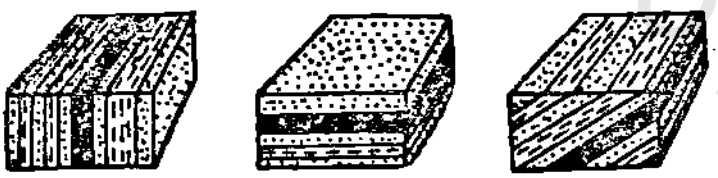
المتداخلات المتوافقة :

١ – الجلد :

الجلد عبارة عن متداخلات لوحية الشكل موازية لمستويات التطابق أو التركيب الشيستى للصخور المتحولة كما فى شكل (٣٢) والصخور المكونة للجلد أصغر عمراً من الصخور التى تقع على سطحها العلوى والسفلى وقد تكون الجلد أفقية أو رأسية أو مائلة ، وتكون عادة رقيقة السمك نسبياً بالمقارنة بامتدادها الشاسع بموازاة تراكيب الصخور المجاورة كما فى شكل (٣٣) وتتفاوت الجلد فى حجمها من ألواح دقيقة يقل سمكها عن عدة سنتيمترات إلى ألواح كبيرة قد يصل سمكها إلى عشرات الأمتار ويتراوح امتدادها

(شكل ٣٢)

متداخلات متوافقة على شكل جلد من صخر الديابيز فى طبقات رسوبية من العصرين الأردوفيسى والسيلورى فى منطقة قريبة من براغ بتشيكوسلوفاكيا



(شكل ٣٣)

(ا) جلدة مائلة . (ب) جلدة أفقية . (جـ) جلدة رأسية .

من بضعة أمتار إلى عدة كيلو مترات وتقسم الجدد إلى أربعة أنواع هى :

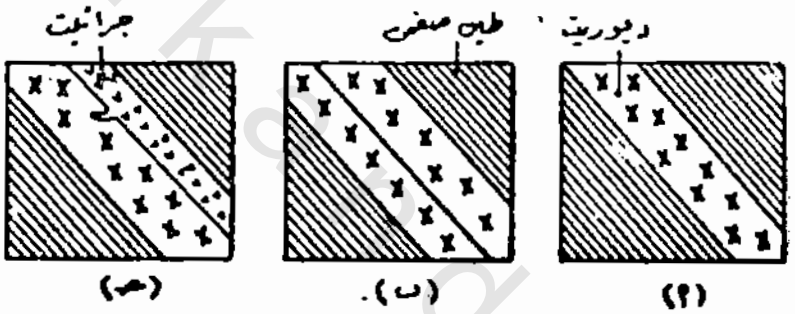
(ا) جدد بسيطة (Simple Sills)

(ب) جدد مزدوجة (Multiple Sills)

(حـ) جدد مركبة (Complex Sills)

(د) جدد متفاضلة أو مقسمة (Differentiated Sills)

الجدد البسيطة : وتنشأ عن تداخل واحد للصهارة فى الصخور المجاورة كما فى شكل (٣٤ — ا) وتحت الظروف المناسبة تكون الحدود الخارجية للجدة البسيطة ذات تركيب زجاجى نتيجة للتبريد الفجائى .



(شكل ٣٤)
قطاع رأسى فى جدد مختلفة
(ا) جدة بسيطة . (ب) جدة مزدوجة . (حـ) جدة مركبة .

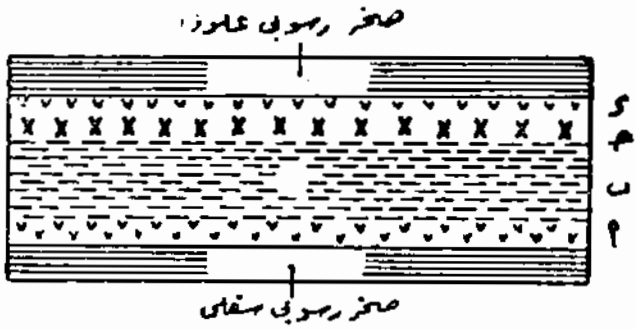
الجدد المزدوجة : وتنشأ عن تداخل نفس الصهارة مرتين أو أكثر كما فى شكل (٣٤ — ب) وتكون حدودها الخارجية أيضاً ذات تركيب زجاجى ، غير أنه قد يوجد فى وسطها منطقة دقيقة الحبيبات ويعتمد مكان تلك المنطقة على السمك النسبى لكل جدة على حدة .

الجدد المركبة : وتنشأ من تداخل صهارة ذات تركيب متباين لمرتين أو أكثر . ويتضح من الشكل (٣٤ — حـ) أن الجدة تتكون من تداخل

صهارة ذات تركيب كيمائى مختلف مما أدى إلى أن الجدة تتكون من صخرى الديوريت والجرانيت .

الجدد المتفاضلة : وتمثلها شكل (٣٥) وهى ذات أهمية خاصة فى دراسة نشأة الصخور لأنها تفسر عملية التفاضل أو الانقسام الصهارى (Magmatic differentiation) والتى ينشأ عنها أنواع مختلفة من الصخور نتيجة لتبلور الصهارة الأصلية . وهذا النوع من الجدد يبلغ سمكه عشرات الأمتار ، وينشأ من تداخل الصهارة على هيئة كتلة أفقية لوحية الشكل . وعندما تبرد الصهارة ببطء وتحت تأثير الجاذبية فإنها تنتقل إلى ألواح مختلفة فى تركيبها الكيميائى والمعدنى . وباستمرار عملية التبلور فإن بلورات المعادن الثقيلة التى تنفصل مبكراً من الصهارة تنزل إلى أسفل فى اتجاه قاع الصهارة ، بينما البلورات ذات الكثافة الأقل فإنها تصعد إلى السطح العلوى للصهارة . وفى الحالة المثالية الموضحة فى شكل (٣٥) فإن الجدد المتفاضلة يتكون على كل من سطحيها العلوى والسفلى (ا ، د) ألواح رقيقة نسبياً ذات حبيبات دقيقة وتمثل تلك الأجزاء من الصهارة التى بردت بسرعة كبيرة . وفوق الألواح السفلية توجد صخور ثقيلة (ب) تحتوى على معادن ذات كثافة عالية ، ويوجد فوق اللوح (ب) صخور خفيفة (جـ) تحتوى على معادن ذات كثافة منخفضة نسبياً . والتركيب الكيميائى للطبقتين (ب ، حـ) يعادل التركيب الكيميائى للطبقتين (ا ، د) ، كما يوجد أيضاً تدرج فى الحدود الفاصلة بين الطبقات الأربعة

والحمم الانسيابية تشبه الجدد فى أنها أجسام من الصخور النارية لوحية الشكل وتكون موازية لسطوح التطابق للصخور السفلية والعلوية ، ويمكن التمييز بينهما بواسطة العلاقة الزمنية بين الجدد أو الطفوح الانسيابية والصخور المجاورة لهما . وتكون الجدد أحدث عمراً من الصخور التى تقع فوقها وتحتها ، أما الحمم فإنها أحدث من الصخور التى تحتها فقط ولكنها



(شكل ٣٥)

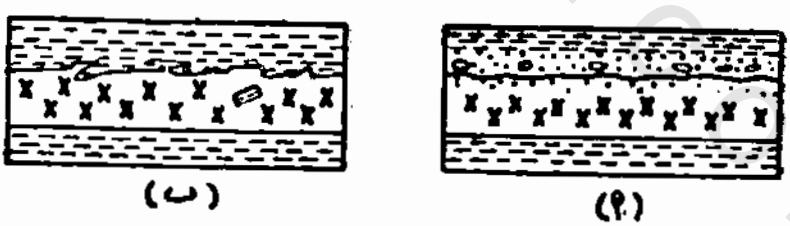
جلة متفاصلة (مقسمة)

(أ ، د) صخر يشبه في تركيبه الكيميائي الصهارة الأصلية .

(ب) صخر غني بالمعادن الفيرومغنيسية .

(جـ) صخر غني بمعادن الفلسبارات والكوارتز .

أقدم من الصخور التي فوقها . وفي حالة الجدد تكون الصخور العلوية والسفلية قد تماسكت وتداخلت حبيباتها بدرجة كبيرة نتيجة لإعادة تباورها (Recrystallization) ، أما في حالة الطفوح الانسيابية فإن الصخور التي تقع تحتها فقط هي التي تتعرض لعملية إعادة التبلور نتيجة الحرارة الصادرة عن الحمم . ويوضح شكل (٣٦) الفروق الأساسية بين الجدد والطفوح



(شكل ٣٦)

الفرق بين الحمم البركانية والجدد

(أ) حمم بركانية تظهر فيها الفقاعات الغازية (النقط السوداء) .

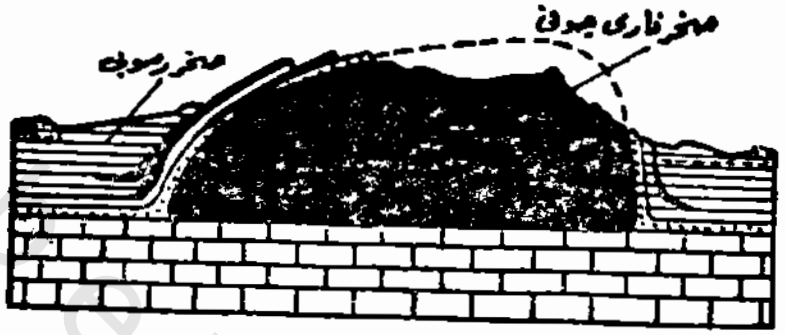
(ب) جلة أنقية .

البركانية ، إذ تتميز الجدد بسطح علوى ناعم دقيق الحبيبات . ونادراً ما توجد به فجوات ، كما أن الصخور العلوية بوجه خاص قد تخترقها نتوءات من صخور الجدة نفسها والتى قد تحتوى على مكتنفات من الصخور المحيطة . أما فى حالة الطفوح الانسيابية فإن سطحها العلوى يكون ذات تركيب فجوى وشكل متموج ، وكذلك توجد بالصخور العلوية قطع من الصخور المكونة للحمم .

٢ – لاكوليث :

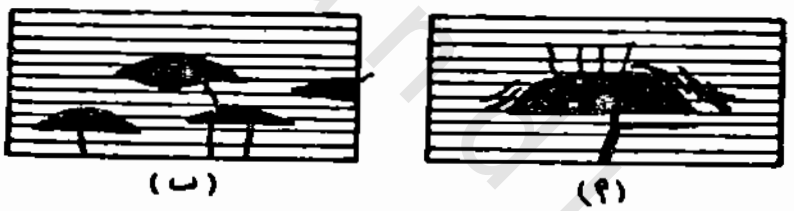
اللاكوليث عبارة عن جسم نارى متداخل ومتوافق مع الصخور المجاورة ويكون مقطعها الأفقى مستديراً أو بيضاوياً ، وينتج عن اللاكوليث عادة تقوس فى الصخور العلوية كما فى شكل (٣٧) . وإذا كان السطح السفلى للاكوليث أفقياً فإنها تسمى باللاكوليث المحدبة المستوية (Plano-convex) كما فى شكل (٣٨ – ا) ، أما إذا كان السطح السفلى محدباً إلى أسفل فإنها تسمى باللاكوليث مزدوجة التحدب (Doubly Convex) . كما فى شكل (٣٨ – ب) وبعض أنواع اللاكوليث يشبه فى شكله شجرة البلوط (Cedar tree) وتتكون من ألواح مزدوجة أو مركبة نتيجة لتداخل الصهارة بين مستويات التطابق لعدة مرات كما فى الشكل (٣٩) ويتفاوت قطر اللاكوليث عادة من اثنين إلى ثلاثة كيلومترات ، بينما يصل السمك إلى مئات الأمتار .

وتوجد جميع المراحل الانتقالية بين الجدد واللاكوليث. ويسمى الصخر النارى المتداخل باللاكوليث إذا كانت النسبة بين قطره وسمكه أقل من عشر مرات أما إذا كانت النسبة أكبر من عشر مرات فإن الكتلة المتداخلة اللوحية الشكل تعتبر من الجدد . وفى الحالة المثالية يكون للاكوليث قاع ولكن امتداده يعتمد على الاستنتاج أكثر من المشاهدة أو الملاحظة المباشرة ويوضح



(شكل ٣٧)

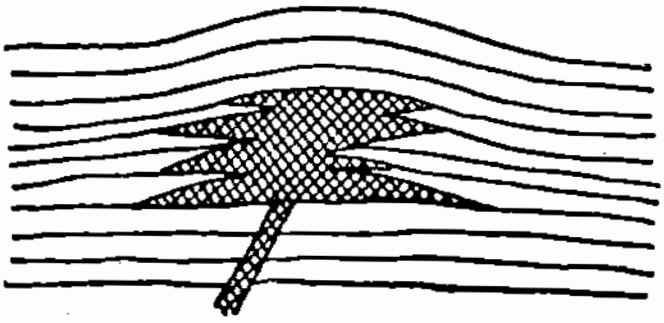
لاكوليت غير متماثلة



(شكل ٣٨)

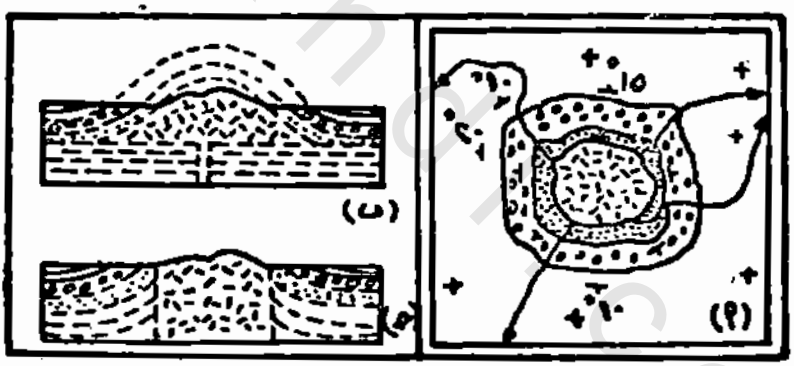
(أ) لاكوليث مصحوبة بجدد وقواطع .
(ب) لاكوليث مستوية محدبة ومزدوجة التحدب

الشكل (٤٠ – ١) كيفية ظهور اللاكوليث على الخريطة الجيولوجية ، وفيها تظهر اللاكوليث على شكل جسم مركزى تحيط به صخور رسوبية تميل إلى الخارج وإذا اعتبرنا الجسم النارى المتداخل لاكوليث فيجب أن يكون الصخر النارى أحدث عمراً من الصخور التى تقع فوقه ، كما تكون الحدود الفاصلة متوافقة مع الصخور المحيطة . والمعلومات التى يمكن مشاهدتها تمثل على الخريطة الجيولوجية بخطوط كاملة ، أما الاستنتاجات الأخرى المتعلقة بشكل اللاكوليث وقاعها



(شكل ٣٩)
لاكوليث على شكل شجرة البلوط

فإنها تمثل بخطوط متقطعة . وطبيعة المسالك أو القنوات التى تجتازها الصهارة لنشأة اللاكوليث من المشاكل التى يصعب حلها ، فعلى سبيل المثال يتضح من الشكل (٤٠ — ب) أن يحتمل تواجد أنبوبة رأسية تحت مركز اللاكوليث .



(شكل ٤٠)
(ا) خريطة جيولوجية لكتلة نارية .
(ب) تفسير الكتلة النارية على شكل لاكوليث .
(ﺟ) تفسير الكتلة النارية على شكل ستوك .

وقد استنتج العالم جلبرت أن الصهارة قد تنتشر من مصدر تغذيتها الرئيسى فى جميع الاتجاهات على الجوانب ، وتبعاً لذلك فإن مصدر التغذية يجب أن يقع فى مركز اللاكوليث ولكن العالم هنت استنتج من دراسته المتعلقة بهذا الموضوع

بأن كثيراً من اللاكوليث تكون مصادر تغذيتها فى الاتجاه الأفقى من أحد الاتجاهات الجانبية كما يتضح ذلك من شكل (٤١) .

(شكل ٤١)
لاكوليث
مصدر تغذيتها من الجانب الأيسر

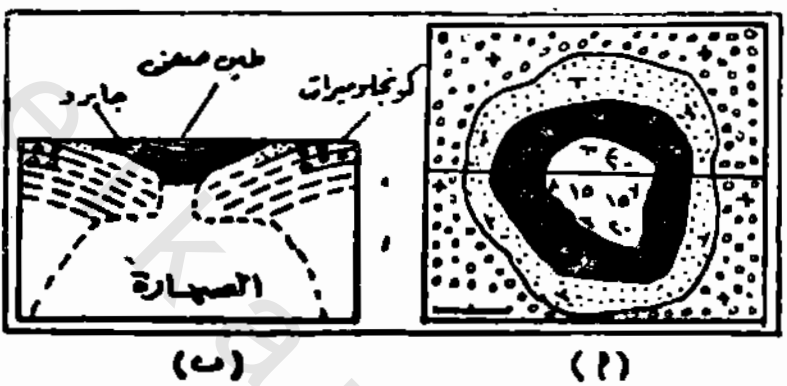
وفى حالة اللاكوليث غير المتماثلة يختلف ميل صخور الغطاء اختلافاً كبيراً فى القطاعات المختلفة لهذا التراكيب كما فى شكل (٣٧) ، أما اللاكوليث المتداخلة بين الطبقات (Intraformational laccoith) فهى نوع يوجد على امتداد سطوح عدم التوافق . وهناك أنواع معينة من اللاكوليث يسمى بيزماليت وفيها يرتفع الغطاء الصخرى بواسطة فوالق أسطوانية كما فى شكل (٤٢) .

(شكل ٤٢)
(بيزماليت لاكوليث
ارتفعت قمتها بواسطة فوالق)

وتعتمد نشأة اللاكوليث أو الجدد عند انسياب الصهارة بين مستويات التطابق الأفقية على عدة عوامل أهمها درجة لزوجة الصهارة فإذا كانت صغيرة ، فإنها تنساب بسهولة مما يؤدى إلى نشأة متداخلات رقيقة تمتد لمسافات كبيرة وفى هذه الحالة تتكون الجدد ، أما إذا كانت لزوجة الصهارة كبيرة فحينئذ يقل انتشارها على الجوانب وتتراكم فى مكانها مكونة بذلك لاكوليث . وترتفع صخور غطاء أو سقف اللاكوليث إلى أعلى نتيجة للضغط الهيدروستاتيكى للصهارة مما يؤدى إلى استطالة الصخور العلوية وتكون هذه الاستطالة موازية تقريباً لمستويات التطابق ، ويتوقف مقدار الاستطالة على شكل اللاكوليث ، وفى نفس الوقت قد تتشقق صخور الغطاء نتيجة لتعرضها لعوامل الشد أو القص .

٣ – لوبوليث .

اللوبوليث عبارة عن جسم نارى متداخل متوافق مع الصخور المحيطة ذات شكل حوضى كما فى شكل (٤٣ – ١) . وتميل الصخور الرسوبية التى تقع فوق وتحت اللوبوليث إلى الداخل ناحية مركز الكتلة المتداخلة .



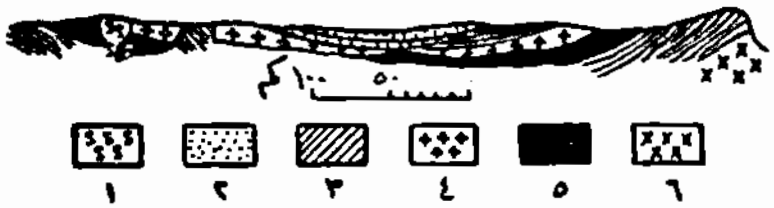
(شكل ٤٣)

(أ) خريطة جيولوجية توضح لوبوليث .

(ب) قطاع يوضح التركيب فى المستوى الرأسى .

ويصل قطر اللوبوليث لعشرات أو مئات من الأميال ، بينما قد يبلغ سمكها آلاف الأقدام . ومن أشهر الأمثلة لهذا النوع من التراكيب الأولية للصخور النارية المتداخلة تلك التى توجد فى جنوب أفريقيا فى الصخور النارية المعقدة فى منطقة بوشفيلد حيث توجد كتلتان متداخلتان على هيئة لوبوليث كما فى شكل (٤٤) . وتتكون اللوبوليث العلوية من الجرانيت أما السفلية فإنها تتكون من صخور النوريت (Norite) ويعتقد كذلك أن المتداخلات الكبيرة التى توجد فى منطقة ساد بورى بكندا ، والتى توجد بها أعظم رواسب النيكل فى العالم ، بأنها على شكل لوبوليث .

وطبيعة مصدر تغذية اللوبوليث بالصهارة من المشاكل الصعبة ، فقد تكون الأنابيب المغذية ضيقة نسبيا وفى وضع مركزى كما فى شكل (٤٣ – ب)



(شكل ٤٤)

لوبوليث من صخر التوريث فى بوشفيله بجنوب إفريقيا ١ – سينيت .
٢ – رواسب من مجموعة الكابرو . ٣ – رواسب من مجموعة الترانسفال .
٤ – جرانيت . ٥ – توريت . ٦ – جرانيت قديم .

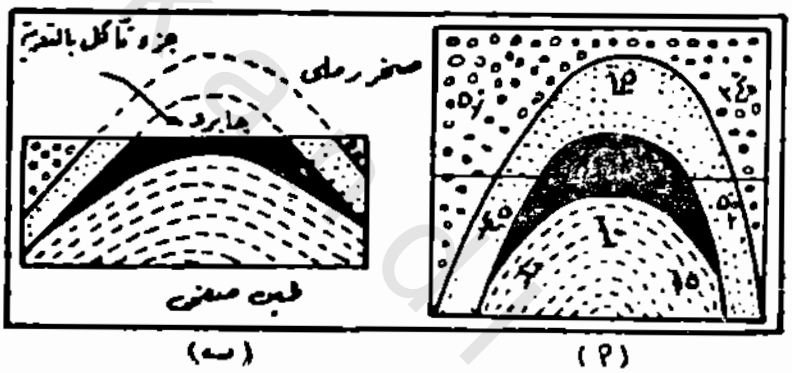
وأحياناً تكون كبيرة نسبياً. وهناك اعتقاد بأن نشأة الحوض تكون معاصرة لتداخل الصهارة بل يعتقد بعض الجيولوجيين أن عماية نشأة الحوض هى أحد الأركان الأساسية لتكوين اللوبوليث . وجدير بالذكر أن اللوبوليث تشبه الجدد من حيث أنواعها المختلفة فقد تكون اللوبوليث بسيطة أو مزدوجة أو مركبة أو تفاضلية (مقسمة) .

٤ – فاكوليث :

إن أشكال الصخور النارية المتداخلة فى صخور رسوبية سبق طيها لا تكون بسيطة كما هو الحال فى الصخور الأفقية . وقمم وقيعان الطيات هى مناطق ضعف نظراً لتعرضها لعوامل الشد ، بينما تكون أزرع الطيات مناطق ضغط ، وتبعاً لذلك فإنه إذا تداخلت الصهارة فى صخور رسوبية ذات تراكيب الطيات فإن الصهارة تتجمع فى قمم الطيات المحدبة وفى قيعان الطيات المقعرة ، مكونة أجساماً عدسية الشكل محدبة السطحين وتسمى هذه التراكيب بالفاكوليث كما فى شكل (٤٥) والفاكوليث ذات شكل هلالى فى كل من القطاعين الرأسى والأفقى لأنها تكون عادة مصاحبة للطيات الغاطسة . ويوضح الشكل (٤٦) الخريطة الجيولوجية لطية محدبة غاطسة

(شكل ٤٥)
فاكوليث وعلاقتها بالطيات المحدبة والمقعرة

فى اتجاه الشمال ثم تداخلت فيها فاكوليث . وتتفاوت الفاكوليث فى سمكها من مئات إلى آلاف الأقدام .



(شكل ٤٦)
فاكوليث

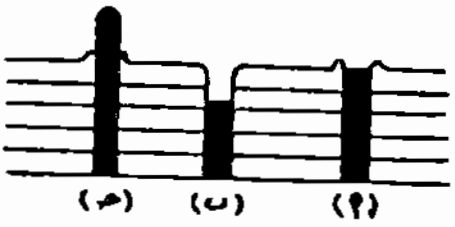
(أ) خريطة توضح فاكوليث متداخلة فى طية محدبة غاطسة .
(ب) قطاع رأسى للفاكوليث .

المتداخلات غير المتوافقة :

١ ــ القواطع :

عبارة عن أجسام من الصخور النارية لوحية الشكل وقاطعة لتراكيب التكاوين القديمة كما فى شكل (٣١ ــ ب) وتنشأ القواطع من تداخل الصهارة فى الشقوق ، ونتيجة للضغوط الناتجة من الصهارة فإن حوائط الشقوق قد تدفع إلى الخارج مما يؤدى إلى اتساع الشقوق . وتنقسم القواطع كما هو الحال الجدد ، إلى عدة أنواع تشمل القواطع البسيطة والمزدرجة والمركبة والمتفاضلة أو المقسمة . وقد تكون القواطع صغيرة جداً ومعظمها يتفاوت عرضها من قدم واحد إلى عشرين قدماً . وتبعاً لصلابة الصخور المحيطة بالقواطع فإنها قد تظهر على هيئة حوائط بارزة إذا كانت الصخور المحيطة أقل صلابة من القاطع ، أو قد يتكون تجويف فوق القاطع إذا كانت الصخور المحيطة أكثر صلابة من القاطع ويتضح ذلك من الشكل (٤٧) .

وتوجد القواطع عادة على هيئة مجموعات متوازية وتسمى بمجموعة



(شكل ٤٧)

القواطع وأشكال تآكلها بعوامل التعرية

(أ) القاطع يشبه فى صلابته الصخور المجاورة .

(ب) القاطع أقل صلابة من الصخور المجاورة .

(جـ) القاطع أكبر صلابة من الصخور المجاورة .

القواطع (Swarms) وفى بعض المناطق قد تتواجد عدة مجموعات يتميز كل منها بتركيب صخرى معين مما يدل على أن المجموعات ذات أعماق مختلفة .

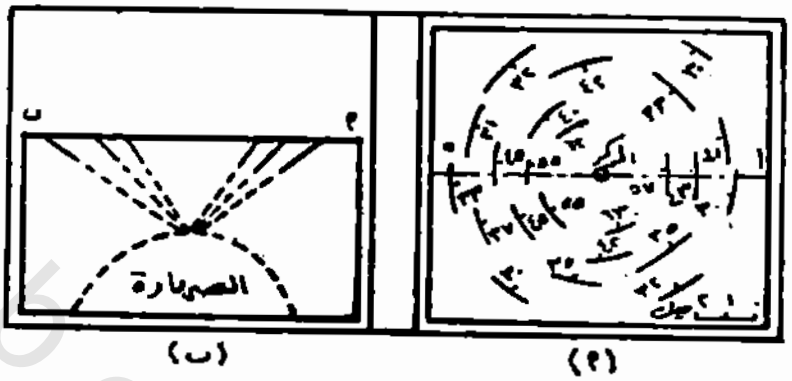
وتوجد القواطع الشعاعية حول المراكز البركانية وتوجد آلاف من القواطع يصل عرضها إلى أربعة أقدام ، بينما قد يصل عرض بعض القواطع إلى عشرين قدماً . والشقوق الأصلية التى تشغلها القواطع تنشأ عادة نتيجة لتعرض الصخور لقوى الشد ، وأحياناً تنشأ عن الصهارة التى توجد بالمخروط البركانى ضغوط شديدة فى الاتجاه الأفقى على الصخور المحيطة ، وتكون الكسور الناتجة عن هذه الضغوط على شكل مجموعات رأسية ذات نظام إشعاعى . وفى بعض الأحوال قد تكون الشقوق وثيقة الصلة بالقرى الناتجة عن مستودع الصهارة الذى يوجد فى قاع البركان ، وفى هذه الحالة فإن الضغوط الرأسية الناتجة عن الصهارة يتسبب عنها شقوق رأسية ذات نظام إشعاعى .

٢ – الألواح (الشرائح) المخروطية :

عبارة عن قواطع مائلة إلى الداخل وتكون مجموعة ذات مركز واحد كما فى شكل (٤٨ – ا) ويمكن متابعة هذا التركيب فقط لعدة أميال . ومتوسط ميل القواطع حوالى ٤٥° والقواطع الخارجية يكون ميلها أقل من القواطع الداخلية . والألواح المخروطية التى تكونت فى العصر الثلاثى بإسكتلندا إذا تصورنا امتدادها إلى أسفل فإنها تتقابل عند مركز يقع على بعد خمسة كيلومترات تقريباً من السطح الحالى كما فى شكل (٤٨ – ب) .

٣ – الأنابيب البركانية :

عبارة عن كتل من الصخور النارية التى تسد فتحات البراكين القديمة والتى على هيئة قنوات أسطوانية الشكل . والأنابيب البركانية أو القصبات البركانية يمكن اعتبارها جذور البراكين التى تآكلت بعوامل التعرية ، وتظهر هذه



(شكل ٤٨)
الألواح المخروطية

(ا) خريطة توضح مقدار واتجاهات ميل الألواح المخروطية .
(ب) قطاع رأسى على الخط (ا ب) .

الأنابيب فى المستطح الأفقى بأشكال مستديرة أو شبه مستديرة أو غير منتظمة كما فى شكل (٤٩) ويتفاوت قطرها من عشرات الأمتار إلى أكثر من كيلومتر . وبعض الأنابيب البركانية المركبة تكون كبيرة جداً وتنشأ عن عدة ثورانات بركانية متتابعة والحدود الفاصلة بين الأنابيب البركانية والصخور المحيطة بها تكون عادة رأسية أو مائلة للداخل ونادراً ما تكون مائلة إلى الخارج . وقد

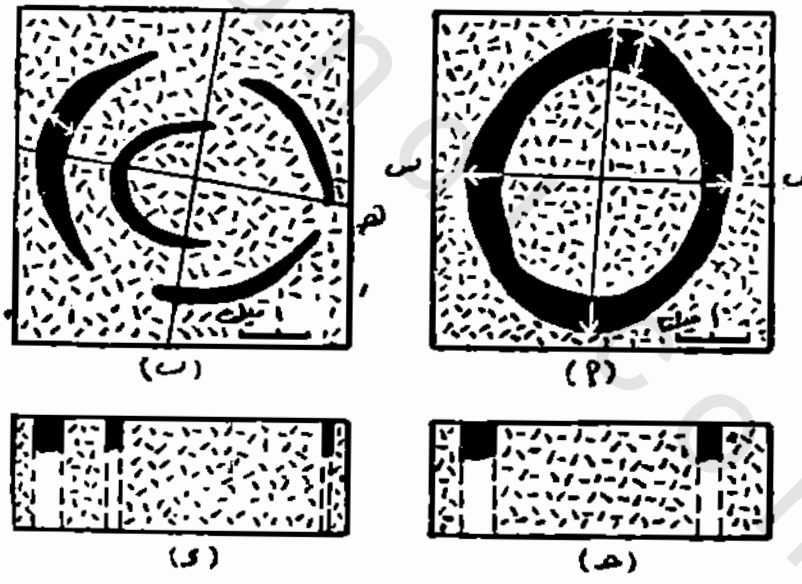
(شكل ٤٩)
الأنابيب البركانية

(ا) مستطح أفقى
(ب) قطاع رأسى

تتصل الأنابيب البركانية بألواح أو قواطع تتداخل وتتفرع فى الصخور المحيطة ، وفى بعض الحالات قد تتصل جانبياً بجسم إنسيابية .

٤ ــ القواطع الحلقية :

تكون القواطع الحلقية فى المستوى الأفقى بيضاوية الشكل أو على صورة أقواس كما فى شكل (٥٠) والحدود الفاصلة بينها وبين الصخور المحيطة قد تكون رأسية أو شديدة الانحدار . ومتوسط قطر القواطع الحلقية يبلغ حوالى ستة كيلومترات ، ويصل قطر بعضها إلى حوالى ثلثمائة متر فقط ، وفى أنواع أخرى قد يصل القطر لأكثر من ٢٢ كيلومتراً . ومتوسط عرض القواطع الحلقية يبلغ ٥٠٠ متر تقريباً . ويبلغ أقصى عرض لها حوالى ٤ ½ كيلومترات . وقد

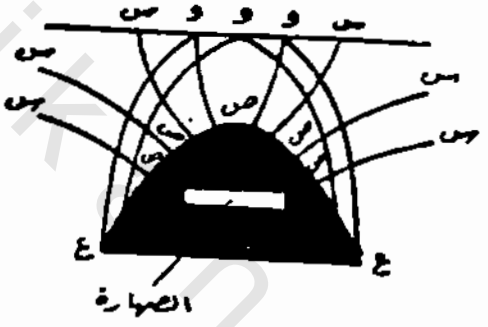


(شكل ٥٠)
القواطع الحلقية

(أ) قواطع حلقية كاملة .
(ب) قواطع حلقية متقطعة .
(جـ) قطاع على الخط (س ص) .
(د) قطاع على الخط (هـ و) .

تتواجد براكين مصحوبة بفوالق فى داخل بعض القواطع الحلقية ، وهذه البراكين كانت نشطة فى الوقت الذى تداخلت فيه القواطع الحلقية .

وقد شرح العالم اندرسون نشأة القواطع الحلقية والألواح المخروطية على أساس أنها نتيجة للظواهر الديناميكية التى تصاحب تداخل الصهارة فى الصخور المحيطة ثم خروجها على سطح الأرض على هيئة براكين . ويتضح من شكل (٥١) أن الخطوط (س ص) تبين آثار خطوط مخروطية الشكل

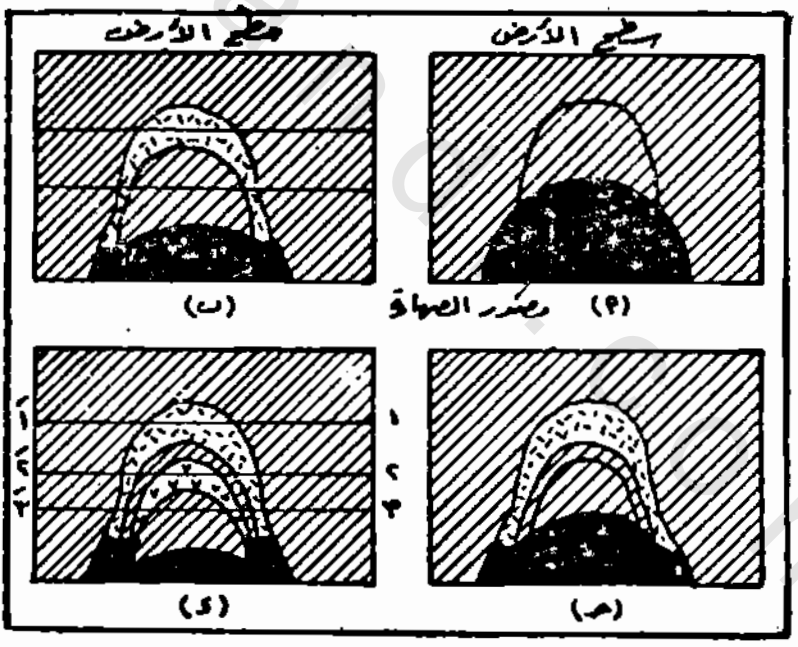


(شكل ٥١)
نشأة الألواح المخروطية والقواطع الحلقية
س ص = ألواح مخروطية و ع = قواطع حلقية

ناتجة عن زيادة الضغط الهيدروستاتيكى للصهارة ، ويلاحظ أن مستويات الشقوق تزداد انحداراً كلما زاد العمق . وأن الألواح المخروطية الناشئة عن ملء هذه الشقوق تكون أكبر انحداراً ناحية مركز المنطقة التى تداخلت فيها الصهارة . ومن الناحية الأخرى ، فإنه عندما تنخفض الضغوط الناتجة عن الصهارة بعد خروجها على هيئة براكين ، فإن مستويات التشقق تتخذ آثار الخطوط (و ع) والتى عند ملئها بالصهارة ينشأ عنها تركيب القواطع الحلقية . ويلاحظ بصفة عامة أن الصخور الداخلة فى نطاق هذه الكسور تهبط إلى أسفل ، وتسمى ميكانيكية نشأة القواطع الحلقية بالهبوط الكالدرى الذى يوجد منه نوعان هما :

(١) الهبوط الكالدرى تحت سطح الأرض :

ويمثله شكل (٥٢) وينشأ عندما تكون أحد الشقوق أو مجموعة من الشقوق ، تقع مباشرة فوق مصدر الصهارة ، ذات حجم كبير مما يؤدى إلى انفصال كتلة من الصخور المحيطة عن الغطاء الصخرى ، وتهبط هذه الكتلة إلى أسفل نظراً لأنها أثقل من الصهارة التى توجد تحتها . وفى أثناء هبوط الكتلة الصخرية المركزية فإن الصهارة ترتفع من مستودعها لتملأ الفراغ الناشىء بين الغطاء الصخرى والكتلة الهابطة وإذا تآكلت الصخور بعوامل التعرية لدرجة كبيرة إلى السطح (حـ د) كما فى شكل (٥٢ — ١) فإنه يظهر على سطح الأرض كتلة نارية مستديرة أو بيضاوية الشكل ذات حدود



(شكل ٥٢)

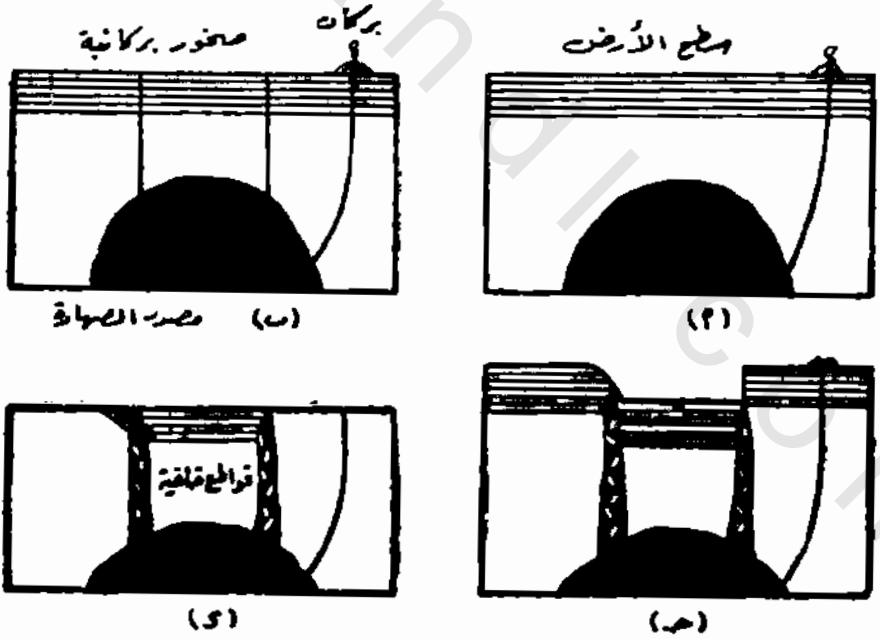
خطوات نشأة الهبوط الكالدرى تحت سطح الأرض

الخطوط ١ — ١ ، ٢ — ٢ ، ٣ — ٣ تمثل مستويات سطوح التآكل بعوامل التعرية .

فاصلة شديدة الانحدار . وإذا هبطت الكتلة المركزية عدة مرات كما فى شكل (٥٢ – ب) فإنه قد تنشأ فى هذه الحالة عدد من القواطع الحلقية المركزية . وتسمى كتلة الصخور المحيطة الواقعة بين قاطعين حلقيين بالحاجز كما هو موضح فى شكل (٥٢ – حـ) .

(ب) الهبوط الكالدرى على سطح الأرض :

وهو موضح بالشكل (٥٣) وفيه تكون القواطع الحلقية رأسية وتحتمل نشأتها بنفس الطريقة التى سبق ذكرها فى الهبوط الكالدرى تحت سطح الأرض ولكن هناك نظرية أخرى تفسر نشأة الهبوط الكالدرى على سطح الأرض ، وفيها تضغط الصهارة على صخور الغطاء مما يؤدى إلى نشأة شقوق رأسية فى الصخور المحيطة ، وتصل هذه الشقوق بين مستودع الصهارة وسطح



(شكل ٥٣)
خطوات نشأة الهبوط الكالدرى على سطح الارض

الأرض . وعندما تنفصل الكتلة الصخرية المكونة للغطاء بواسطة الشقوق فإنها تهبط إلى أسفل لأنها أثقل من الصهارة . وفى المرحلة التالية تملأ الصهارة الشقوق الرأسية مكونة قواطع حلقية ، وبعد ذلك تؤثر عوامل التعرية على الأجزاء البارزة ، مما يؤدى إلى ظهور كتلة من الصخور البركانية ذات شكل مستدير أو بيضاوى على سطح الأرض ويحيط بها قواطع حلقية .

٥ – باثوليث :

الباثوليث هى متداخلات عظيمة من الصخور النارية الجوفية التى تتميز بما يأتى :

(ا) يطلق هذا التركيب عادة على كتل عظيمة تزيد مساحتها عن ستين كيلومتراً مربعاً . وفى كولمبيا البريطانية تمتد الباثوليث المكونة لسلاسل الجبال على الساحل الشمالى الغربى للمحيط الهادى لمسافة ٢٠٠٠ كيلو متر تقريباً يصل عرضها إلى ١٢٠ كيلومتراً أما عمقها فهو غير معروف .

(ب) يزداد حجم الباثوليث فى الأعماق ، أى أن الحدود الخارجية للباثوليث تميل للخارج كما أنها ذات امتداد كبير فى العمق والذى يعتقد أنه يمتد لعدة كيلومترات كما فى شكلى (٥٤ ، ٥٥) .

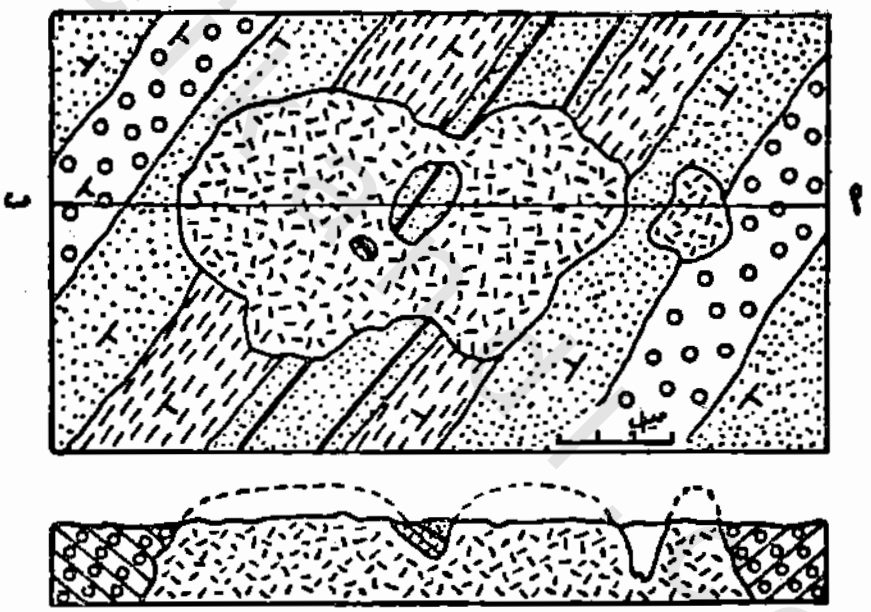
(جـ) تكون الأجزاء العلوية من الباثوليث غير منتظمة وتسمى الأجزاء المدلاة من صخور الغطاء باسم السقوف المعلقة (Roof pendants) أما الأجزاء الصغيرة نسبياً من الباثوليث التى تحاط بالصخور الرسوبية فإنها تسمى بالمثذنة (Cupola) وهى متصلة فى الأعماق بالباثوليث الرئيسية .

(د) بعض أنواع الباثوليث تكون متوافقة مع الصخور المحيطة أما الأنواع الأخرى فإنها غير متوافقة وتقطع الصخور المحيطة بها .

(هـ) تتكون الباثوليث عادة من أنواع عديدة من الصخور الجوفية وأهمها الجرانيت والجرانوديوريت .

(شكل ٥٤)

باثوليث من الديوريت متداخلة فى صخور جيرية



(شكل ٥٥)

خريطة توضح باثوليث متداخلة فى صخور رسوبية وقطاع على طول الخط ا ب

(و) تتواجد الباثوليث فى المناطق المكونة للجبال وتكون ذات استطالة بموازاة محاور الطيات التى توجد بالمنطقة . وأفضل الأماكن لدراسة الباثوليث هى المناطق التى تعرضت لفترات جيولوجية طويلة لعوامل التعرية مثل دروع القارات (Continental shields) والتى يرجع أصلها إلى عصر ما قبل

الكمبرى ومن أمثلتها تلك التى توجد فى جنوب أفريقيا وفنلندا وكندا وسيبيريا والصحراء الشرقية بمصر .

(س) الباثوليث من التراكيب الهامة من الناحية التعدينية ، إذ توجد فى أجزائها العلوية تجمعات من العروق المعدنية الحاملة لمعادن اقتصادية هامة مثل الكاستيرايت والولفرام والمولبدينايت والبيرل والتوباز وغيرها .

٦ – بوص وستوك :

المتداخلات النارية التى تغطى مساحة تتراوح من ٥٠ إلى ٦٠ كيلومتراً مربعاً . تسمى بالكتل المتداخلة متوسطة الحجم ، وإذا كانت حدودها الخارجية مستديرة أو شبه مستديرة فإنها تسمى بوص ، أما إذا كانت غير منتظمة الشكل فإنها تسمى ستوك كما فى شكل (٥٦) . وقد تكون هذه الكتل عبارة عن نتوءات أو بروزات من باثوليث كبيرة لا زالت مغطاة بالصخور الأخرى ، ولكن قد تكون هذه الكتل المتوسطة أيضاً عبارة عن متداخلات مستقلة وليس لها علاقة بالباثوليث .

(شكل ٥٦)

ﷺ من الصخور النارية على شكل ستوك