

الفصل الثاني

التراكيب الأولية في الصخور النارية والمتحولة

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

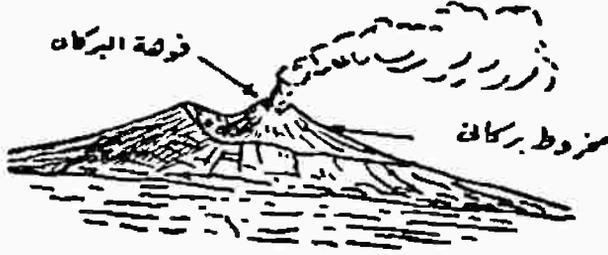
والحمم هي الصورة التي تتخذها الصهارة عندما تنساب على سطح الأرض ، وما لا شك فيه أن كل ثوران بركاني يكون مصحوباً بنشاط كبير للصهارة على نطاق واسع . ونتيجة لذلك فإنه تنشأ الأشكال أو الصور المختلفة للصخور المتداخلة أو الجوفية ، والتي تظهر على سطح الأرض عندما تؤثر عليها عوامل التعرية أو الحركات الأرضية . ويتضح من ذلك الفرق بين ظروف نشأة الصخور المقذوفة (البركانية) والصخور المتداخلة (الجوفية) ، وفي معظم الأحيان يكون من السهل التمييز بينهما في الحقل . والصخور المقذوفة التي تعرضت لسطح الأرض تفقد معظم ما تحويه من غازات والتي يتسبب عن انطلاقها نشأة سطوح بها فجوات تشبه تلك التي توجد في مواد الخبث والفحم الساخن لدرجة الاحمرار ، بالإضافة إلى تراكيب أخرى مميزة تتواجد بوجه خاص في الأجزاء العلوية للطفوح البركانية . وينشأ عن التبريد السريع أن تتكون بلورات دقيقة يصل قطرها إلى أقل من المليمتر كما تتكون أيضاً مادة زجاجية وتركيب انسيابي . 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 يؤدي إلى تغيرها أو تحولها نتيجة لارتفاع درجات الحرارة ، أما في حالة الحمم المتقدرفة فإن الصخور التي تحتملها فقط هي التي تتعرض لتأثيرات تكاد تكون طفيفة نتيجة لارتفاع الحرارة . والبازلت هو الصخر الناري القاعدي الذي يفرق بكثير الصخور البركانية الأخرى في درجة انتشاره ويمتد هذا الصخر على حوالي ٤٦ ٪ بلاجيو كليز فلبسبار ، ٣٧ ٪ أوجيت ، ٨ ٪ أوليفين وقليل من المجتيت والألميت ، وعند خروج الصهارة على سطح الأرض أو تداخلها بين الطبقات فإن الصخور الناتجة تكتسب أشكالاً وتركيبات أولية مختلفة وفيما يلي وصف موجز لتلك التراكيب الأولية المميزة لكل من الصخور البركانية والصخور المتداخلة .

١ - التراكيب الأولية في الصخور البركانية

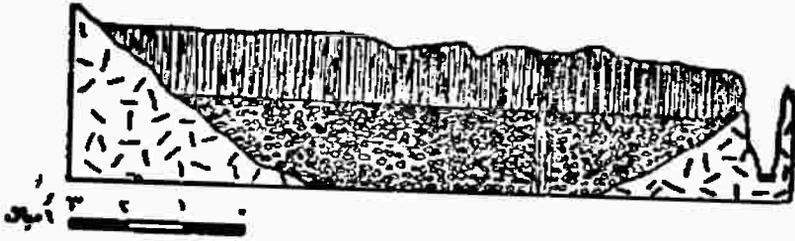
تندفق الحمم على سطح الأرض إما من براكين مستقلة على هيئة أشكال مخروطية لها فوهات وأعناق مثل بركاني اثنا وفيروف ، شكل (٢٠) ، أو من شقوق عميقة كما هو الحال في براكين أيسلندا ، شكل (٢١) . وتكون الحمم عادة أجساماً مسطحة تغطي مساحات شاسعة بالنسبة إلى سمكها ، وتمتد في الاتجاه الرئيسي لتدفقها أو انسيابها . ويعتمد شكل الحمم أساساً على درجة لزوجة الصهارة والتي تتوقف بالتالي على تركيبها الكيميائي 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 التي

تندفع منها مكونة كتلاً بصلية الشكل ذات جوانب شديدة الانحدار .



(شكل ٢٠)

رسم تخطيطي يوضح خروج الحمم والغازات من الفوهة البركانية التي توجد وسط المخروط البركاني



(شكل ٢١)

قطاع رأسي يوضح خروج الحمم من شقوق عميقة بالقشرة الأرضية

وأهم التراكيب الأولية في الصخور البركانية هي :

- ١ - التراكيب الفنجوى واللوزي (Vesicular & amygdaloidal structures)
- ٢ - الحمم الكتلية والحمم الحبلية (Block lava &ropy lava)
- ٣ - تركيب الحمم الوسادية (Pillow lava structure)
- ٤ - التركيب الانسيابي (Flow structure)
- ٥ - تراكيب الفواصل والألواح والشرائح (Jointing, sheet & platy structures)

٦ - التركيب العمداني والمنشوري

(Columnar and prismatic structures)

٧ - التركيب الكالدري « 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 يتسج عنها صخر يعرف بالحجر الخفاف (Pumice) وتتكون أحياناً فجوات طويلة أسطوانية أو أنبوية 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 الأنبوية من الناحية الاستراتيجرافية فى التعرف على الوضع الأصيل للطبقات .

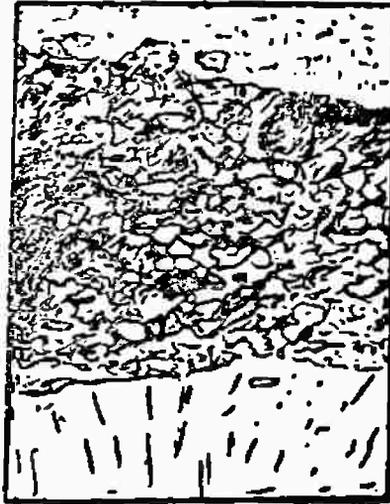
وبعد نشأة الفجوات بالحمم . فإنها قد تملأ بالمياه الساخنة المذاب فيها بعض المواد التى ترسب على صورة معادن تشغل الفجوات ومثل هذا الترسيب يحدث بدرجة ملحوظة فى الحمم البازلتية ، وبذلك يحتوى صخر البازلت الأسود اللون على أجسام فاتحة اللون مستديرة أو بيضاوية الشكل تعرف باللوز والى منها التركيب اللوزى . ورغم 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 الحبيود .

والتركيب اللوزي أكثر وجوداً في اللحم ذات الارتباط الوثيق بالصخور البركانية ، ولكنها قد توجد أيضاً في بعض الكتل التارية المتداخلة التي على شكل جدد وقواطع وخاصة على حدودها الخارجية .

٢ - اللحم الكتلية واللحم الحبلية :

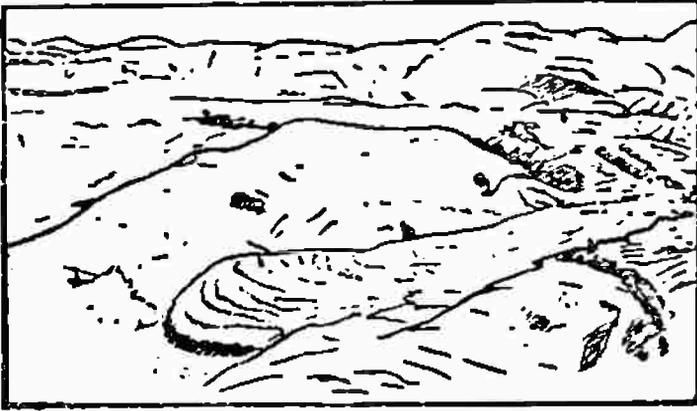
قد تأخذ اللحم البركانية صورتين مختلفتين ، وأحياناً يغطي السطح بكتل خشنة غير منتظمة ومسننة وذات أبعاد متباينة كما في شكل (٢٢) وتنشأ هذه الكتل أثناء انسياب اللحم وتشبه في شكلها العام تراكم كتل كبيرة مزدحمة بعد سقوطها . وهناك عدة أسماء لهذه الظاهرة وأبسطها اللحم الكتلية ، ويطلق عليها في أيسلندا « الحزازيات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

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



(شكل ٢٢)

اللحم الكتلية



(شكل ٢٣)
الحجم الحبلية

وإذا فحصناها عن قرب فإنها تظهر على شكل جبال مجمعة ويتشكل سطحها على صورة قباب منخفضة يصل قطرها لعدة أمتار ، كما تظهر شقوق على امتداد أقطارها وهذا النوع من الحجم الحبلية ، الموضحة في شكل (٢٣) يطلق عليها العالم ياچار الحجم الحبلية . وتوجد الحجم الكناية والحبلية بوضوح في صحور البازلت ، وقد يتواجد النوعان جنباً إلى جنب في نفس الحجم المقذوفة .

ويختلف النوعان من الحجم في نسبة وحجم الفجوات التي توجد فيهما . ففي حالة الحجم الكتلية نلاحظ أن الفجوات كبيرة الحجم وغير منتظمة الشكل ، بينما في حالة الحجم الحبلية نجد أن الفجوات صغيرة الحجم وأكثر عدداً وذات شكل كروي منتظم . ونجد أن الحجم الكلي للفجوات في وحدة الحجم يكون أكبر في حالة الحجم الحبلية عن الحجم الكتلية . أما من الناحية الكيميائية فإن النسبة بين أكسيد الحديدوز إلى أكسيد الحديدك تكون أكثر انتظاماً في حالة الحجم الحبلية التي تكون دائماً أقل تبلوراً من الحجم الكتلية .

وطبقاً للعالم واشنجتن يمكن تفسير الصفات المميزة للحجم المختلفة على

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

٣ - تركيب الحمى الوسادية :

يوجد هذا التركيب عادة بالحمى القاعدية وخاصة فى الحمى البازلية الغنية بالصوديوم والى تسمى سيليت ، وتشبه الحمى 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 بالكثيرت الراديولارى والصخور الحيرية السيليسية غير النقية ، والكل عادة مستطيلة الشكل وتكاد تكون محاورها الطويلة متوازية بشكل واضح . وقد تتصل الوسادات بعضها ببعض بأنايب قصيرة أو بواسطة أعناق على امتداد جوانبها .

وفى المناطق البركانية تتواجد جميع الأشكال الانتقالية بين الحمى الوسادية

والحم الحبلية المجمدة والحم بصلية الشكل . ولقد أدى التلازم الوثيق بين اللحم الوسادية والرواسب البحرية إلى الرأي القائل بأن هذا التركيب يعزى إلى ملامسة اللحم المنصهرة لمياه البحر . ولكن خروج اللحم على سطح الأرض وملامستها للهواء المشبع بالأمطار أو تدفقها تحت غطاء ثلجي أو في رواسب ناعمة مغطاة بالماء قد ينشأ عنه تبريد سريع وتكوين لحم وسادية .

وتوجد اللحم الوسادية فقط في حالة اللحم البازلتية التي تنساب بسهولة ، والتي تحتفظ بدرجة كبيرة من السيولة خلال فترة التبريد الطويلة ، برغم أن لزوجتها تكاد تكون كبيرة عندما تقترب من حالة التصاب . وتميز المراحل النهائية لانسياب اللحم الوسادية بتكون قشرة على السطح ، ولكن تدفق اللحم يستمر عن طريق الشقوق التي تنشأ بهذه القشرة . وتبعاً لذلك ، فإنه في حالة حدوث انسياب كبير للحم قد يظهر عدد كبير من هذه الطفوح الصغيرة على هيئة كتل مستطيلة بصلية الشكل ، ويتكون على سطح هذه الطفوح الصغيرة غطاء من صلب ، كما تؤدي الضغوط الداخلية إلى تمدد هذا الغطاء وكسره ، ما يساعد على استمرار خروج اللحم رويداً رويداً وتصلبها بسرعة مكونة اللحم الوسادية . وقد ينشأ عن تمدد كل وسادة تركيب انسيابي 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 اللحم للماء أو الهواء المشبع بالرطوبة .

وتتمثل المسافات البينية بين اللحم الوسادية بمواد مقدوفة من اللحم نفسها أو برواسب قاع البحر . وطبقاً للعالمين ديوى وفات فإن التلازم الدائم للحم الوسادية مع التشيرت الراديولارى يعزى إلى تدفق محاليل غنية بالسليكا مع اللحم التى تنساب على قاع البحر ، ووجود السليكا يساعد على نمو الكائنات العضوية ذات القشرة السليسية مثل الراديولاريا .

٤ - التركيب الانسيابي :

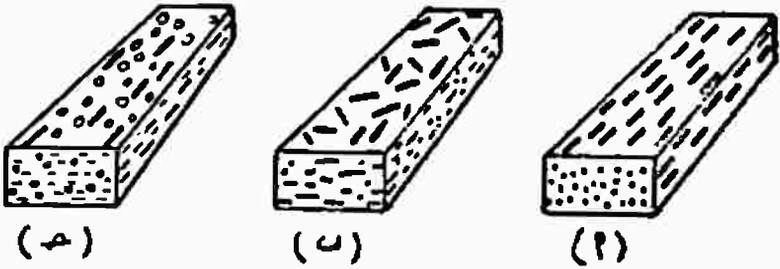
لا تكون الحمم البركانية متجانسة على الإطلاق سواء أثناء اندفاعها إلى سطح الأرض أو بعد خروجها مباشرة . وتختلف طبقات الحمم اختلافاً طفيفاً في تركيبها الكيميائي وما تحتويه من غازات ولزوجتها ودرجة حرارة تبلورها . وفي حالة الحمم الحمضية والمتوسطة مثل الرايوليت والتراكيت تكون الحمم على درجة عالية من اللزوجة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

والتركيب الانسيابي الأولية التي تتواجد بالصخور النارية تنشأ عن الترتيب المتوازي لأجسام مختلفة الأبعاد ، ويعزى هذا الترتيب لانسياب الحمم البركانية أو الصهارة في اتجاهات معينة . وينقسم التركيب الانسيابي إلى نوعين هما :

(١) التركيب الانسيابي المسطحي (Planar flow structure)

(ب) التركيب الانسيابي الخطي (Linear flow structure)

(١) التركيب الانسيابي المسطحي : وهو موضح في شكل (٢٤ - ١) والذي يسمى أحياناً بالتورق (Foliation) وينشأ عن الترتيب المتوازي أو شبه المتوازي لمعادن مسطحة أو قرصية الشكل مثل رقائق الميكا أو مواد مغزلية الشكل . وقد ينشأ هذا التركيب في كثير من الأحيان نتيجة لاختلافات طفيفة في درجة لزوجة وتركيب الحمم البركانية .



(شكل ٢٤)

الترتيب الانسيابي

- (١) تركيب حطى نتيجة لترتيب المتوازي لمعادن منشورية مثل المورنيلند .
 (ب) تركيب ورقى نتيجة لاتجاهات معدن منشورى بموازاة السطح .
 (ح) تركيب حطى مصحوب بتركيب ورقى .

(ب) التركيب الانسيابي الحطى : وهو موضح فى شكل (٢٤ ب)

ويسمى أحياناً بالتخطيط (Lination) 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 المورنيلند . وأحياناً يتواجد كل من التركيبين الانسيابي المسطحى والحطى فى نفس الصخر . وجدير بالذكر أن خاصيتى التورق والتخطيط قد تكون ذات أصل أولى أو ثانوى أو قد تكون موروثه عن الصخور المتحولة الأصلية .

٥ - 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 أفئياً 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 ١٤ يؤدي 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 متجمدة أو متموجة .



(شكل ٢٥)

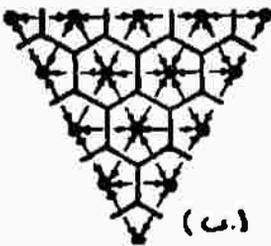
الفواصل فى صخر الجرانيت

وصخر الفلسيت وكذلك الصخور الحمضية الأخرى تكون غالباً مقطوعة بمستويات ضعف متقاربة وفواصل غير منتظمة وعندما تعرض هذه الصخور لعوامل التجوية فإنها تنفتت 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 ١٤ يؤدي إلى نشأة كتل لوحية شبيهة بالشرائح كما هو الحال فى الصخور البركانية التى تسمى فونوليت . وقد تعزى الفواصل إلى ضغوط شديدة ناتجة عن الانكماش (التقلص) بعد تبريد الصهارة ، بينما فى حالات أخرى قد تنشأ الفواصل بسبب حركات أرضية يتبع عنها قوى شديدة أو ضغطية لودورانية .

٦ - التراكيب العمدانية والمنشورية :

إذا كان تبريد الصهارة المتجانسة وانكماشها منتظماً ، فإن مستويات الانفصال تتخذ أشكالاً عمدانية أو منشورية منتظمة على هيئة منشورات ذات أربعة أو خمسة أو ستة أضلاع وقد تنقطعها فواصل أخرى . وتوجد هذه الفواصل بشكل واضح في صخور البازلت وأحياناً في أنواع أخرى من الصخور . وتنشأ هذه التراكيب متعامدة على سطوح التبريد ، شكل (٢٦ - ١) ففي حالة الجدد (Sill) تكون رأسية ؛ بينما في حالة التواطع (Dikes) فإنها تكون أفقية تقريباً .

ويعزى التركيب العمداني إلى نشأة مراكز للتخلص على أبعاد متساوية من سطوح التبريد . وتمثل الخطوط التي تصل بين هذه المراكز اتجاهات قوى الشد العالية ، وعندما تنزل مرونة الصخر فإنه تتكون شقوق متعامدة على هذه الخطوط ، ويتضح من شكل (٢٦ - ب) أن هذه الشقوق تتقاطع مكونة أشكالاً سداسية ، وعندما تمتد هذه الشقوق إلى أسفل أو إلى أعلى أو جانبياً من سطوح التبريد فإنها تكون الأعمدة المنشورية المعروفة في بعض صخور البازلت وتعزى الأشكال ذات أربعة أو خمسة أو سبعة أضلاع إلى عدم انتظام المسافات بين مراكز الانكماش على سطوح التبريد .



(١)



(٢)

(شكل ٢٦)

(١) تركيب الفواصل العمدانية في البازلت .

(ب) شكل يوضح نشأة الفواصل العمدانية نتيجة لتبريد اللافا التي

ينشأ عنها قوى شد 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 التي تغذيها . وتنقسم الكاليدرات إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

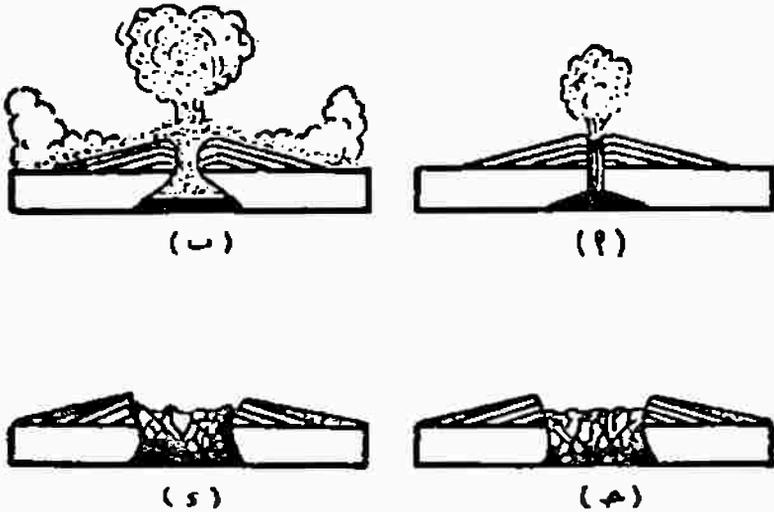
(أ) الكاليدرات المتفجرة وتعزى إلى انفجارات عنيفة تؤدي إلى تهشم وتكسير كتلة عظيمة من الصخر ، ومن أمثلتها تلك التي حدثت في يانداى رسان في اليابان . وقد ظل البركان هادئاً لمدة أكثر من ١٠٠٠ عام ولكن في عام ١٨٨٨ حدث بالبركان ١٥ أو ٢٠ تفجيراً عنيفاً في الهواء خلال دقيقة واحدة تترتياً ، وكان من جراء هذه التفجيرات 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 وهي 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 يؤدي إلى انخفاض منسوب الصهارة في الأعماق وبذلك ينشأ فراغ يؤدي إلى حالة عدم اتزان في الصخور ، يؤدي إلى انهيارها وهبوطها . ومن أفضل الأمثلة لالكاليدرات الانهيارية تلك التي حدثت في بركان كراكاتو في إندونيسيا الموضح بشكل (٢٧) .

(ج) الكاليدرات الناشئة بعوامل التعرية . وهي تنتج من اتساع الفوهة البركانية بواسطة عوامل التعرية .

٨ - القصبات البركانية :

إن الثناة المركزية التي تقذف منها الصهارة ، شكل (٢٨) لا يمكن مشاهدتها على الإطلاق في حالة البراكين النشطة ، ولكن عوامل التعرية تؤدي إلى إزالة الأجزاء العلوية من الحمم والصخور البركانية المفككة ، وبذلك يمكن مشاهدة شكل القصة البركانية والمواد التي بداخلها . وتكون القصة البركانية عادة صغيرة نسبياً ومقطعها دائري أما قعرها فيتفاوت من عدة مئات إلى آلاف الأقدام . وقد تنشأ بعض الأنابيب البركانية نتيجة لتقاطع فالقين ، بينما يتكون بعضها على طول شق رئيسي يزداد



(شكل ٢٧)

المنخفضات البركانية (الكاليدرات)

- (١) ثوران بركاني متوسط .
- (ب) ثوران شديد .
- (٣) انهيار قمة مخروط البركاني .
- (د) تجدد النشاط للبركاني .

اتساعاً نتيجة لاتصهار الصخور واندفاع الغازات أو حدوث انفجارات شديدة وقد أثبتت عمليات التعدين في جنوب أفريقيا أن الأتاييب البركانية تتحول في الأعماق إلى قواطع .



(أ)



(ب)



(ج)



(د)

صخور قبل اندفاع البركان

حجم بركانية

صخور بركانية مفتحة

(شكل ٢٨)

القنصات والمخروط البركاني

(أ) مخروط قنصة بركانية .

(ب) مخروط من الصخور البركانية الفتاتية .

(ج) مخروط مختلط من أ، ب .

(د) مخروط بركاني نتيجة نشاط مستمر .

٢ - التراكيب الأولية في الصخور المتداخلة

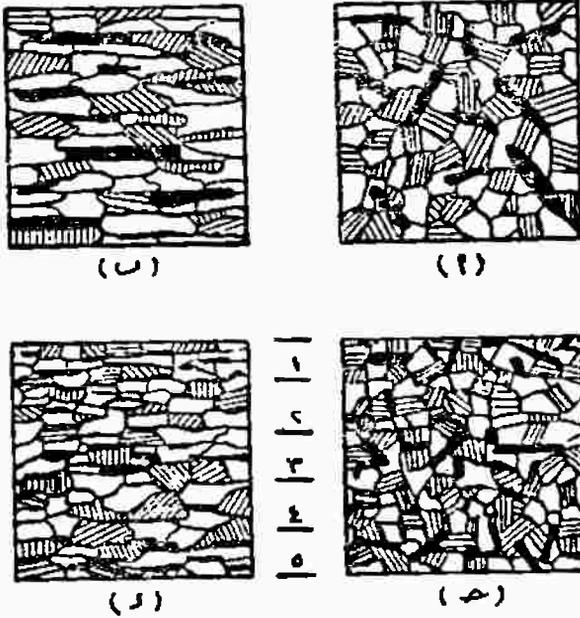
تشأ الصخور النارية المتداخلة من تصلب الصهارة تحت سطح الأرض . وقد تكون صخور تشبه الصخور النارية من النواحي المترولوجية والكيميائية والنسيج بواسطة عملية الإحلال المتبادل لصخور قديمة تتحول تدريجياً إلى صخور أخرى بإضافة أو إزاحة بعض العناصر في درجات الحرارة المختلفة . والصخور الجوفية عبارة عن أجسام من الصخور النارية التي تكونت تحت

سطح الأرض إما بتصلب الصهارة أو بالإحلال المتبادل لصخور قديمة .
 وتتفاوت طول المتداخلات النارية من عدة أقدام إلى مئات الأميال . وتلعب
 التراكيب الجيولوجية للصخور المتداخلة دوراً رئيسياً في تشكيل وتحديد
 مورفولوجية القشرة الأرضية . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الجيولوجى يتم
 بصفة خاصة بميكانيكية تداخل هذه الكتل النارية وعلاقتها الوثيقة بنشوء
 الصخور ولتفهم النواحي التركيبية للمتداخلات النارية ، فإنه يجب الإلمام
 بتركيبها الداخلى وشكلها وحجمها بالإضافة إلى علاقتها التركيبية وعمرها
 النسبي بالنسبة للصخور المجاورة .

النسيج والتركيب الداخلى للصخور المتداخلة :

تتفاوت الصخور المتداخلة بصفة عامة في 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 مليمتر واحد ، توجد في المتداخلات النارية الصغيرة التى يصل
 عرضها لعدة أقدام ، أو على الحدود الخارجية للمتداخلات النارية الكبيرة
 والصخور متوسطة الحبيبات ، التى يتراوح قطر بلوراتها من واحد إلى
 خمسة مليمترات ، 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 مليمترات
 إلى ثلاثة سنتيمترات ، فلأنها 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 التى يبلغ قطر حبيبات معادنها لأكثر
 من ثلاثة سنتيمترات فلأنها تسمى بجمائيت ، ويعزى وجود الحبيبات الخشنة

إلى توفر الغازات أثناء عملية التبلور التي تحدث ببطء شديد . وكثير من الصخور المتداخلة تكون كتلية الشكل ، ولا يظهر فيها ترتيب للمعادن المكونة لها في اتجاه معين كما في شكل (٢٩ - ١) غير أن بعض هذه الصخور يتميز بالتورق نتيجة للترتيب المتوازي للمعادن المنفلطحة كما في شكل (٢٩ - ب) . وينشأ التورق الأولى أثناء تبلور الصهارة ، أما



(شكل ٢٩)

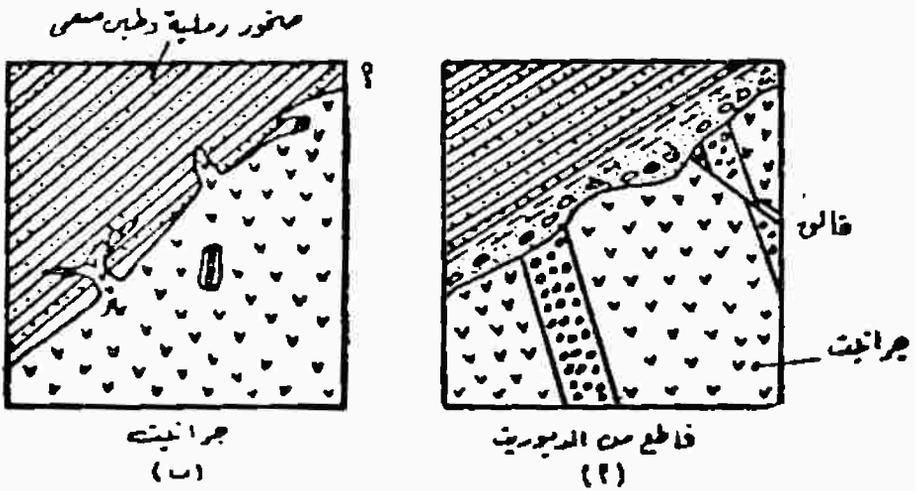
نسيج الصخور النارية المتداخلة أو الحبيبية
الأجزاء السوداء تمثل المعادن الصفائحية داكنة اللون مثل البيوتيت ،
والخططة تمثل الفلسبار والأجزاء البيضاء تمثل الكوارتز :

- (١) صخر كتلي . (ب) صخر ورقى . (ج) صخر شرائطي .
(د) صخر ورقى وشرائطي . وفي حالة ج ، د فإن المناطق ١ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، تحتوي على كمية أكبر من المعادن الداكنة من المنحطين ٢ ، ٤ .

التورق الثانوى فيتواجد فى الصخور الصلبة عند تعرضها لضغوط معينة ، أما التورق الموروث فيمثل بقايا من صخور متحولة قديمة مثل الشيست والتي 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 - ١) 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 الواحاً صغيرة من الصخر النارى تقطع الصخور المجاورة ، كما قد توجد مكثفات (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 تندرج فى أحد الاتجاهات إلى الصخر الرسوبى ، أما فى الاتجاه الآخر فإنها تندرج إلى الصخر النارى . ومنطقة الإحلال المتبادل يتفاوت عرضها من عدة أقدام إلى آلاف الأقدام كما أنها قد تغطى عدة أميال مربعة .



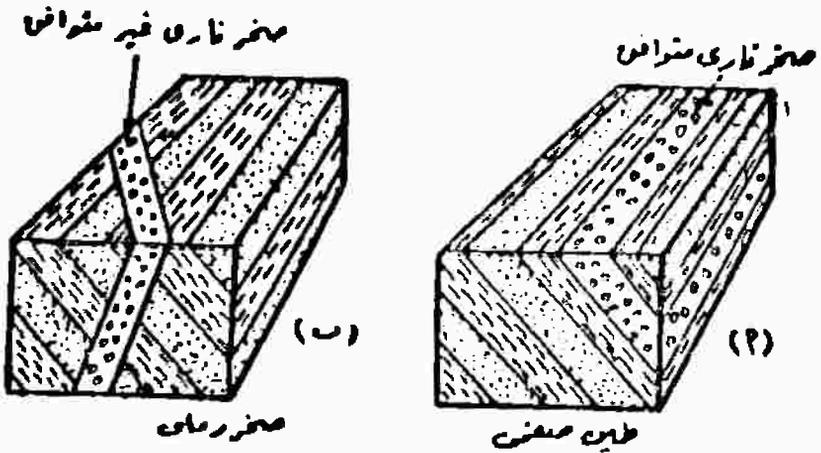
(شكل ٢٠)

العلاقة الزمنية بين المتداخلات النارية والصخور المجاورة ١ - ١ = سطح عدم التوافق .

٣ - العلاقات التركيبية

بين الصخور المتداخلة والصخور المجاورة

تميز الصخور القديمة المجاورة للصخور النارية المتداخلة بوجود تطابق واضح أو تركيب شبيهي ، وفي هذه الحالة يقال للصخر الناري بأنه متوافق (Concordant) مع الصخور المجاورة إذا كانت الحدود الفاصلة بين الصخور موازية لمستويات التطابق أو للتركيب الشبيهي للصخور القديمة كما في شكل (٣١ - ١) . أما إذا كانت الحدود الفاصلة للصخور النارية قاطعة لمستويات التطابق أو للتركيب الشبيهي للصخور المجاورة ، فإن الصخر الناري يقال له إنه غير متوافق (Discordant) مع الصخور القديمة كما في شكل (٣١ - ٢) وفي كثير من الأحوال قد تكون الحدود الفاصلة بين الصخور النارية والرسوبية متوافقة في بعض الأجزاء وغير متوافقة في أجزاء أخرى .



(لكل ٢١)

(٢) متداخلات غير متوافقة .

(١) متداخلات متوافقة .

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

جدول (٣)

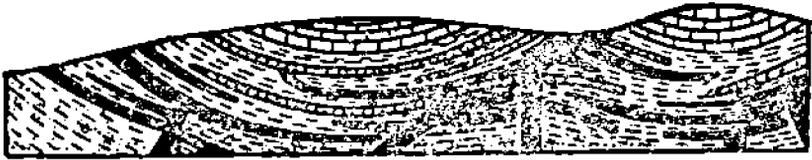
الراكيب الأولية في الصخور المتداخلة

متداخلات في مناطق بها طيات معقدة وصخور تعرضت لضغوط شديدة	متداخلات في مناطق لا توجد بها طيات أو في مناطق بها طيات بسيطة أو طبقات مائلة	علاقة المتداخلات مع الصخور المجاورة
٤ - فاكوليث (Phacolith)	١ - جدد (Sills) ٢ - لاكلوليث (Laccolith) ٣ - لوبوليث (Lapolith)	متداخلات متوافقة (Corordant)
٥ - باثوليث (Batholith) ٦ - ستوك وبوس (Stock & boss)	١ - قواطع (Dikes) ٢ - ألواح مخروطية (Conc Sheets) ٣ - الأنابيب البركانية (Volcanic pipes) ٤ - قواطع حلقة (Ring dikes)	متداخلات غير متوافقة (Discordant)

المتداخلات المترافقة :

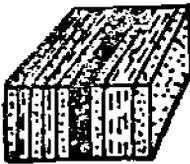
١ - الجلد :

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

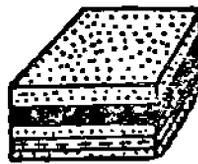


(شكل ٣٢)

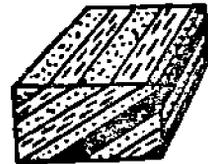
متداخلات مترافقة على شكل جلد من صخر الدياباز في طبقات رسوبية من المصريين الأندونسي والسيلوري في منطقة قرية من براغ بتشيكوسلوفاكيا



(ح)



(ب)



(أ)

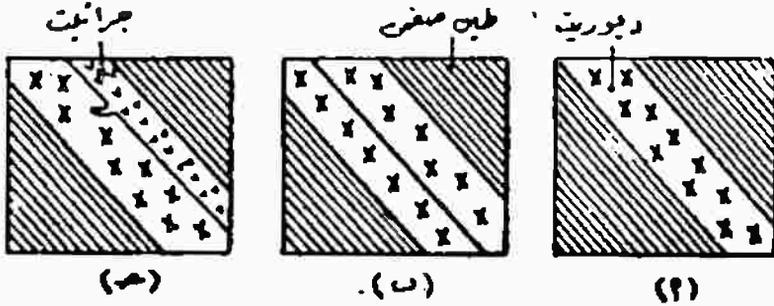
(شكل ٣٣)

(أ) جلد مائلة . (ب) جلد أفقية . (ح) جلد رأسية .

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

(Simple Sills)	(١) جدد بسيطة
(Multiple Sills)	(ب) جدد مزدوجة
(Complex Sil's)	(ج) جدد مركبة
(Differentiated Sills)	(د) جدد متفاضلة أو مقسمة

الجلد البسيطة : وتنشأ عن تداخل واحد للصحارة في الصخور المجاورة كما في شكل (٣٤ - ١) وتحت الظروف المناسبة تكون الحدود الخارجية للجلد البسيطة ذات تركيب زجاجي نتيجة للتبريد الفجائي .



(شكل ٣٤)

لطاق رأس في جدد مختلفة

(١) جلد بسيطة . (ب) جدد مزدوجة . (ج) جدد مركبة .

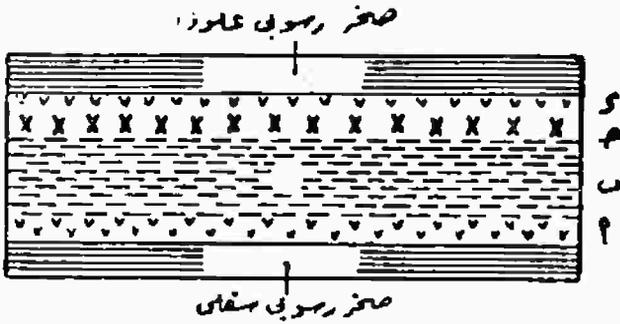
الجلد المزدوجة : وتنشأ عن تداخل نفس الصحارة مرتين أو أكثر كما في شكل (٣٤ - ب) وتكون حدودها الخارجية أيضاً ذات تركيب زجاجي ، غير أنه قد يوجد في وسطها منطقة دقيقة الحبيبات ويعتمد مكان تلك المنطقة على السمك النسبي لكل جلد على حدة .

الجلد المركبة : وتنشأ من تداخل صحارة ذات تركيب متباين لمرتين أو أكثر . ويتضح من الشكل (٣٤ - ج) أن الجلد تتكون من تداخل

صهارة ذات تركيب كيميائي مختلف ١٤ أدى إلى أن الجلدة تتكون من صخور الديوريت والجرانيت .

الجلدد المتفاضلة : وعملها شكل (٣٥) وهي ذات أهمية خاصة في دراسة نشأة الصخور لأنها تفسر عملية التفاضل أو الانفصام الصخري (Magmatic differentiation) والتي ينشأ عنها أنواع مختلفة من الصخور نتيجة لتباور الصهارة الأصلية . وهذا النوع من الجدد يباغ سمكه عشرات الأمتار ، وينشأ من تداخل الصهارة على هيئة كتلة أفقية لوحية الشكل . وعندما تبرد الصهارة يبطء وتحت تأثير الجاذبية فإنها تنتقل إلى ألواح مختلفة في تركيبها الكيميائي والمعدني . وباستمرار عملية التباور فإن بلورات المعادن الثميلة التي تنفصل مبكراً من الصهارة تنزل إلى أسفل في اتجاه قاع الصهارة ، بينما البلورات ذات الكثافة الأقل فإنها تصعد إلى السطح العلوي للصهارة . وفي الحالة المثالية الموضحة في شكل (٣٥) فإن الجدد المتفاضلة يتكون على ككل من سطحها العلوي والسفلي (ا ، د) ألواح رقيقة نسبياً ذات حبيبات دقيقة وتمثل تلك الأجزاء من الصهارة التي بردت بسرعة كبيرة . وفوق الألواح السفلية توجد صخور ثقيلة (ب) تحتوي على معادن ذات كثافة عالية ، ويوجد فوق اللوح (ب) صخور خفيفة (ج) تحتوي على معادن ذات كثافة منخفضة نسبياً . والتركيب الكيميائي للطبقتين (ب ، ج) يعادل التركيب الكيميائي للطبقتين (ا ، د) ، كما يوجد أيضاً تدرج في الحدود الفاصلة بين الطبقات الأربعة

والحم الانسيابية تشبه الجدد في أنها أجسام من الصخور النارية لوحية الشكل وتكون موازية لسطوح التطابق للصخور السفلية والعاوية ، ويمكن التمييز بينهما بواسطة العلاقة الزمنية بين الجدد أو الطفوح الانسيابية والصخور المجاورة لهما . وتكون الجدد أحدث عمراً من الصخور التي تقع فوقها وتمتها ، أما الحم فإنها أحدث من الصخور التي تحتها فقط ولكنها

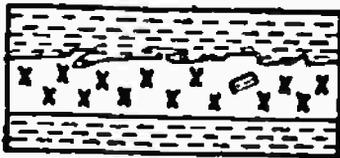


(شكل ٣٥)

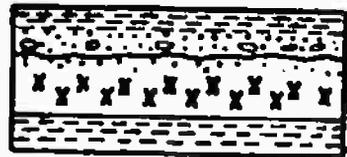
جدة متجانسة (مقسمة)

- (ا ، د) صخر يشبه في تركيبه الكيميائي الصهارة الأصلية .
- (ب) صخر غني بالمعادن الفيروماغنيسية .
- (ح) صخر غني بمعادن الفلبيارات والكوارتز .

أقدم من الصخور التي فوقها . وفي حالة الجدد تكون الصخور العالوية 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) الفرق الأساسية بين الجدد والطفوح



(ا)



(ب)

(شكل ٣٦)

الفرق بين الحمم البركانية والجدد

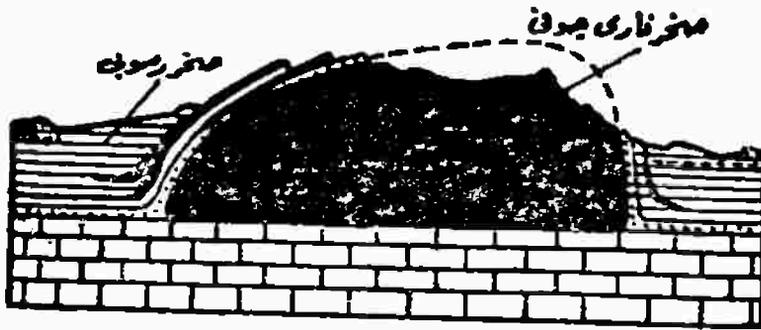
- (ا) حمم بركانية تظهر فيها الفقاعات الغازية (النقط السوداء) .
- (ب) جدة أفقية .

البركانية ، إذ تتميز الجدد بسطح علوى ناعم دقيق الحبيبات . ونادراً ما توجد به فجوات ، كما أن الصخور العلووية بوجه خاص قد تحتقرها نتوءات من صخور الجدة نفسها والتي قد تحتوى على مكثفات من الصخور المحيطة . أما في حالة الطفوح الانسيابية فإن سطحها العارى يركز ذات تركيب فجوى وشكل متموج ، وكذلك توجد بالصخور العلووية أقطع من الصخور المكونة للحم .

٢ - لاكوليث :

اللاكوليث عبارة عن حجم نارى متداخل ومتوافق مع الصخور الجاورة ويكون مقطعها الأفقى مستديراً أو بيضاوياً ، وينتج عن اللاكوليث عادة تقوس فى الصخور العلووية كما فى شكل (٣٧) . وإذا كان السطح السفلى لللاكوليث أفقياً فإنها تسمى باللاكوليث المحدبة المستوية (Plano-convex) كما فى شكل (٣٨ - ١) ، 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) وينفارت 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 الاستتاج أكثر من المشاهدة أو الملاحظة المباشرة ويوضح



(شكل ٣٧)

لاكوليت غير متباعدة



(أ)



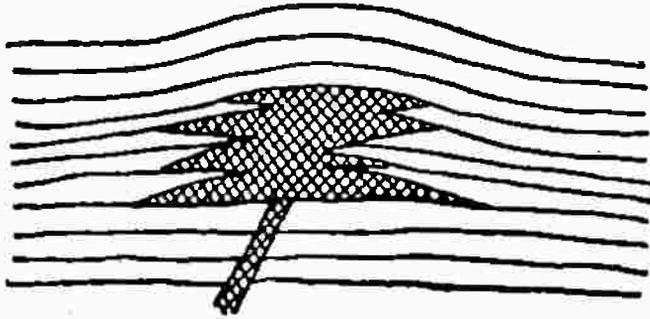
(ب)

(شكل ٣٨)

(أ) لاكوليت مصحوبة بمجدد وقواطع .

(ب) لاكوليت ستوية محدبة ومزدوجة التحدب

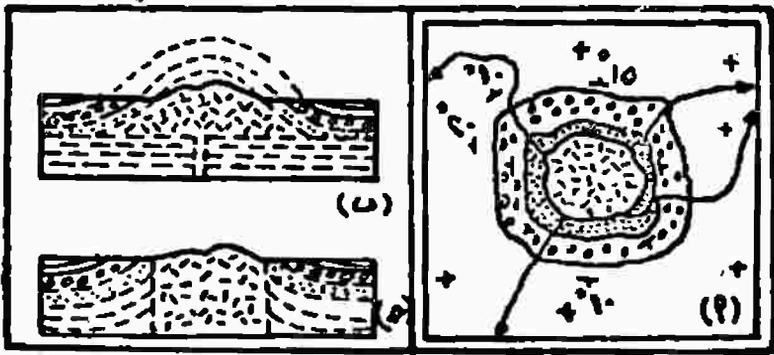
الشكل (٤٠ - ١) كيفية ظهور اللاكوليت على الخريطة الجيولوجية ، وفيها تظهر اللاكوليت على شكل جسم مركزي تحيط به صخور رسوبية تميل إلى الخارج وإذا اعتبرنا الجسم الناري المتداخل لاكوليت فيجب أن يكون الصخر الناري أحدث عمراً من الصخور التي تقع فوقه ، كما تكون الحدود الفاصلة متوافقة مع الصخور المحيطة . والمعلومات التي يمكن مشاهدتها تمثل على الخريطة الجيولوجية بخطوط كاملة ، أما الامتتاجات الأخرى المتعلقة بشكل اللاكوليت وقاعها



(شكل ٣٩)

لاكويت على شكل شجرة البلوط

فإنها تمثل بخطوط متقطعة . وطبيعة المسالك أو القنوات التي تجتازها الصمارة لنشأة اللاكويت من المشاكل التي يصعب حلها ، فعلى سبيل المثال يتضح من الشكل (٤٠ - ب) أن يحتل تواجد أنبوبة رأسية تحت مركز اللاكويت .



(شكل ٤٠)

(ا) خريطة جيولوجية لكثلة فارية .

(ب) تفسير الكثلة النارية على شكل لاکوئٹ .

(ج) تفسير الكثلة النارية على شكل ستوك .

وقد استنتج العالم جلبرت أن الصمارة قد تنتشر من مصدر تغذيتها الرئيسي في جميع الاتجاهات على الجوانب ، وتبعاً لذلك فإن مصدر التغذية يجب أن يقع في مركز اللاكويت ولكن العالم هنت استنتج من دراسته المتعلقة بهذا الموضوع

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



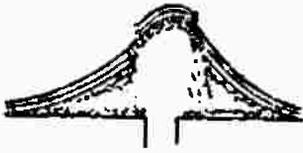
(شكل ٤١)

لاكوليث

مصدر تغذيتها من الجانب الأيسر

وفي حالة اللاكوليث غير المتماثلة يختلف ميل الصخور الغطاء اختلافاً كبيراً في القطاعات المختلفة لهذا التراكيب كما في شكل (٣٧) ، أما اللاكوليث المتداخلة بين الطبقات فهو (Intraformational laccolith)

نوع يوجد على امتداد سطوح عدم التوافق . وهناك أنواع معينة من اللاكوليث يسمى بيزماليث وفيها يرتفع الغطاء الصخري بواسطة فولق أسطوانية كما في شكل (٤٢) .



(شكل ٤٢)

(بيزماليث لاکوليث)

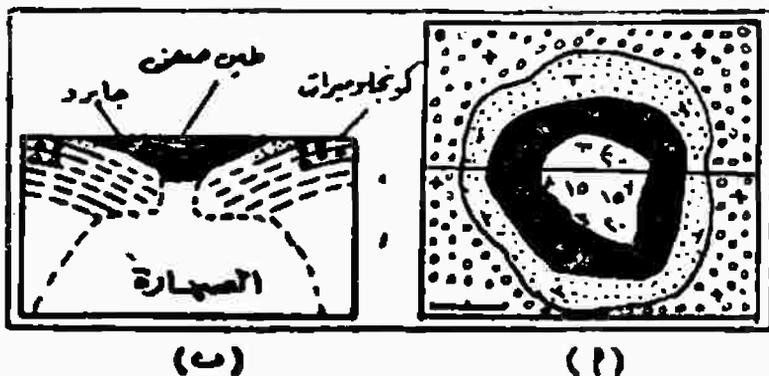
ارتفعت قسماً بواسطة فولق

وتعتمد نشأة اللاكوليث أو الجدد عند انسياب الصهارة بين مستويات التظابق الأفقية على عدة عوامل أهمها درجة لزوجة الصهارة فإذا كانت صغيرة ، فإنها تنساب بسهولة مما يؤدي إلى نشأة متداخلات رقيقة تمتد لمسافات كبيرة وفي هذه الحالة تتكون الجدد ، أما إذا كانت لزوجة الصهارة كبيرة فحينئذ

يقل انتشارها على الجوانب وتراكم في مكانها مكونة بذلك لأكوليث . وترتفع الصخور غطاء أو سقف اللاكوليث إلى أعلى نتيجة للضغط الهيدروستاتيكي للصهارة مما يؤدي إلى استطالة الصخور العلوية وتكون هذه الاستطالة موازية تقريباً لمستويات التظابق ، ويتوقف مقدار الاستطالة على شكل اللاكوليث ، وفي نفس الوقت قد تنشقق الصخور الغطاء نتيجة لتعرضها لعوامل الشد أو القص .

٣- لوبوليث .

اللوبوليث عارة عن جسم ناري متداخل متوافق مع الصخور المحيطة ذات شكل حوضي كما في شكل (٤٣ - ١) . وتميل الصخور الرسوبية التي تقع فوق وتحت اللوبوليث إلى الداخل ناحية مركز الكتلة المتداخلة .

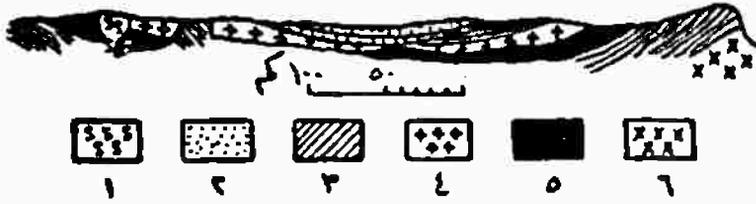


(شكل ٤٣)

- (١) خريطة جيولوجية توضح لوبوليث .
(ب) قطاع يوضح التركيب في المستوى الرأسى .

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

وطبيعة مصدر تغذية اللوبوليث بالصحارة من المشاكل الصعبة ، فقد تكون الأتاليب المغذية ضيقة نسبيا وفي وضع مركزي كما في شكل (٤٣ - ب)



(شكل ٤٤)

- 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 الصحارة بل يعتقد بعض الجيولوجيين أن عمارة نشأة الحوض هي 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 :

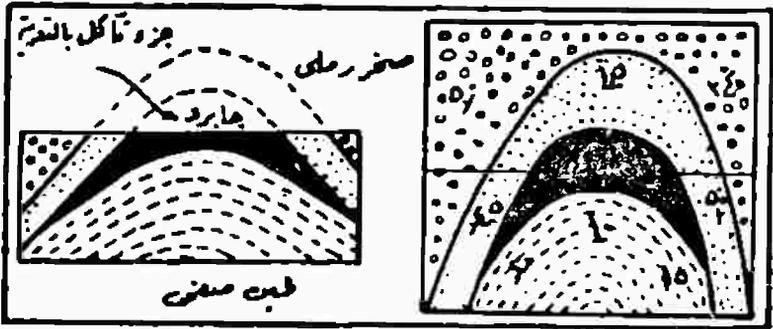
إن أشكال الصخور النارية المتداخلة في صخور رسوبية سبق طمها لا تكون بسيطة كما هو الحال في الصخور الأفقية . وقسم وقيعان الطيات هي مناطق ضعف نظراً لتعرضها لعوامل الشد ، بينما تكون أزرع الطيات مناطق ضغط ، وتبعاً لذلك فإنه إذا تداخلت الصحارة في صخور رسوبية بها تراكيب الطيات فإن الصحارة تتجمع في قسم الطيات المحدبة وفي قيعان الطيات المقعرة ، مكونة أجساماً علمية الشكل محدبة السطحين وتسمى هذه التراكيب بالفاكوليث كما في شكل (٤٥) والفاكوليث ذات شكل هلالى في كل من القطاعين الرأسي والأفقى لأنها تكون عادة مصاحبة للطيات الغاطسة . ويوضح الشكل (٤٦) الخريطة الجيولوجية لعلية محدبة غاطسة



(شكل ٤٥)

فاكوليث وعلاقتها بالطيات المحدبة والمقعرة

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



(أ)

(ب)

(شكل ٤٦)

فاكوليث

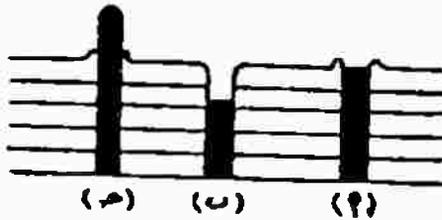
- (أ) خريطة توضح فاكوليث متداخلة في طية محدبة غاطسة .
 (ب) قطاع رأسي للفاكوليث .

المتداخلات غير المتوافقة :

١- القواطع :

عبارة عن أجسام من الصخور النارية لوحية الشكل وقاطعة لتراكيب التكاوين القديمة كما في شكل (٣١ - ب) وتنسأ القواطع من تداخل الصهارة في الشقوق ، ونتيجة للضغط الناتجة من الصهارة فإن حوائط الشقوق قد تدفع إلى الخارج ما يؤدي 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 نجوميف 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 تأكلها بموامل التمرية

- (أ) القاطع يشبه في صلابته الصخور المجاورة .
- (ب) القاطع أقل صلابة من الصخور المجاورة .
- (ج) القاطع أكبر صلابة من الصخور المجاورة .

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

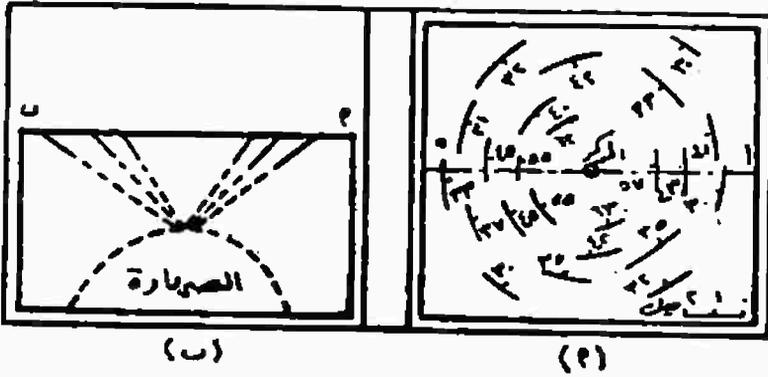
وتوجد القواطع الشعاعية حول المراكز البركانية وتوجد آلاف من القواطع يصل عرضها إلى أربعة أقدام ، بينما قد يصل عرض بعض القواطع إلى عشرين قدماً . والشقوق الأصلية التي تشغلها القواطع تنشأ عادة نتيجة لتعرض الصخور لقوى الشد ، وأحياناً تنشأ عن الصهارة التي توجد بالمخروط البركاني وضغوط شديدة في الاتجاه الأفقي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

٢- الألواح (الشرائح) المخروطية :

عبارة عن قواطع مائلة إلى الداخل وتكون مجموعة ذات مركز واحد كما في شكل (٤٨ - ١) ويمكن متابعة هذا التركيب فقط لعدة أميال . ومتوسط ميل القواطع حوالي ٤٥° والقواطع الخارجية يكون ميلها أقل من القواطع الداخلية . والألواح المخروطية التي تكونت في العصر الثلاثي بإسكتلندا إذا تصورنا امتدادها إلى أسفل فإنها تتقابل عند مركز يقع على بعد خمسة كيلومترات تقريباً من السطح الحالي كما في شكل (٤٨ - ب) .

٣- الأنابيب البركانية :

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



(شكل ٤٨)

الألواح الغروبية

- (١) خريطة توضح مقدار واتجاهات ميل الألواح الغروبية .
 (ب) قطاع رأسى على الخط (١) .

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



(شكل ٤٩)

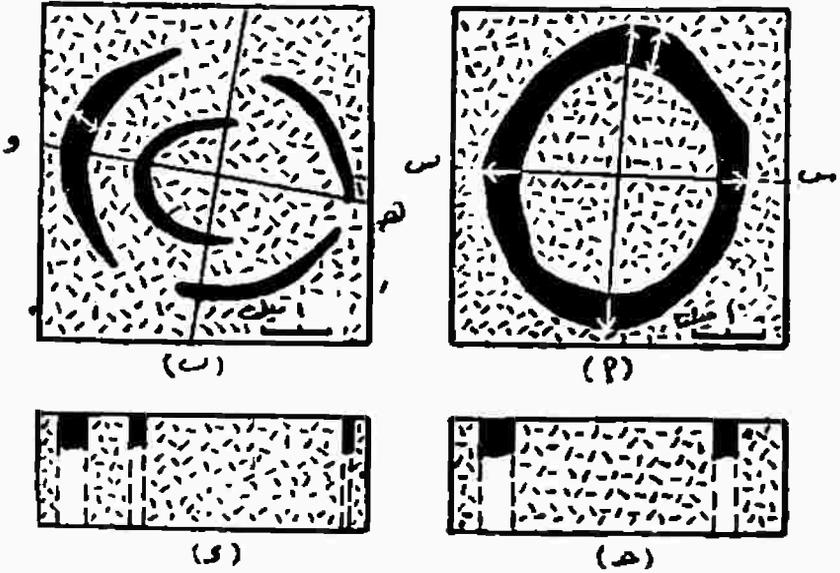
الأنابيب البركانية

- (١) مقطع أفقى
 (ب) قطاع رأسى

تتصل الأنابيب البركانية بالوواح أو قواطع تتداخل وتتفرع في الصخور المحيطة ،
وفي بعض الحالات قد تتصل جانبياً بحمم إنسيابية .

٤ - القواطع الحلقية :

تكون القواطع الحلقية في المستوى الأفقى بيضاوية الشكل أو على صورة
أقواس كما في شكل (٥٠) والحدود الفاصلة بينها وبين الصخور المحيطة قد
تكون رأسية أو شديدة الانحدار . ومتوسط قطر القواطع الحلقية يبلغ حوالي
سنة كيلومترات ، ويصل قطر بعضها إلى حوالي ثلثمائة متر فقط ، وفي أنواع
أخرى قد يصل القطر لأكثر من ٢٢ كيلومتراً . ويوسط عرض القواطع الحلقية
بيلغ ٥٠٠ متر تقريباً . ويبلغ أقصى عرض لها حوالي $\frac{1}{4}$ كيلومتراً . وقد



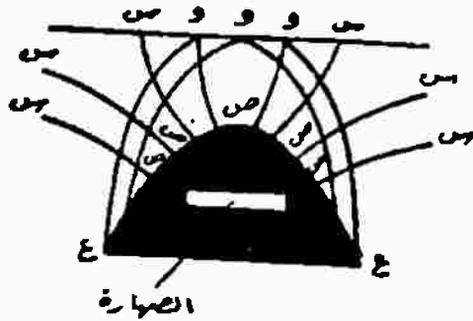
(شكل ٥٠)

القواطع الحلقية

- (١) قواطع حلقية كاملة .
(٢) قطاع على الخط (س س) .
(٣) قواطع حلقية متقطعة .
(٤) قطاع على الخط (هـ هـ) .

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

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



(شكل ٥١)

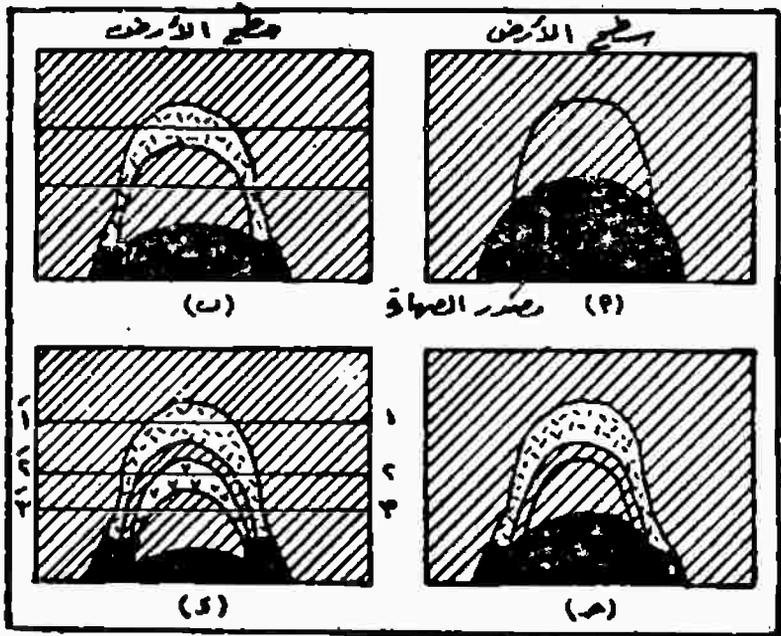
نشأة الألواح المخروطية والقواطع الحلقية

م ص = ألواح مخروطية و ع = قواطع حلقية

ناجمة عن زيادة الضغط الهيدروستاتيكي للصحارة ، ويلاحظ أن مستويات الشقوق تزداد انحداراً كلما زاد العمق ، وأن الألواح المخروطية الناشئة عن ملء هذه الشقوق تكون أكبر انحداراً ناحية مركز المنطقة التي تداخلت فيها الصهارة . ومن الناحية الأخرى ، فإنه عندما تنخفض الضغوط الناتجة عن الصهارة بعد خروجها على هيئة براكين ، فإن مستويات الشقوق تتخذ آثار الخطوط (و ع) والتي عند ملئها بالصحارة ينشأ عنها تركيب القواطع الحلقية . ويلاحظ بصفة عامة أن الصخور الداخلة في 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 ، يؤدي إلى انفصال كتلة من الصخور المحيطة عن الغطاء الصخري ، وتثبيت هذه الكتلة إلى أسفل نظراً لأنها أثقل من الصهارة التي توجد تحتها . وفي أثناء هبوط الكتلة الصخرية المركزية فإن الصهارة ترتفع من مستودعها لتبدأ الفراغ الناشئ بين الغطاء الصخري والكتلة الهابطة وإذا تأكلت الصخور بعوامل التعرية لدرجة كبيرة إلى السطح (د - د) كما في شكل (٥٢ - ١) فإنه يظهر على سطح الأرض كتلة نارية مستديرة أو بيضاوية الشكل ذات حدود



(شكل ٥٢)

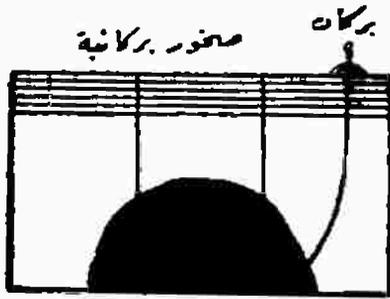
خطوات نشأة الهبوط الكالدرى تحت سطح الأرض

الخطوط ١ - ٢ ، ٣ - ٢ ، ٤ - ٢ ، ٦ - ٢ ، ٧ - ٢ تمثل مستويات سطوح التآكل بعوامل التعرية .

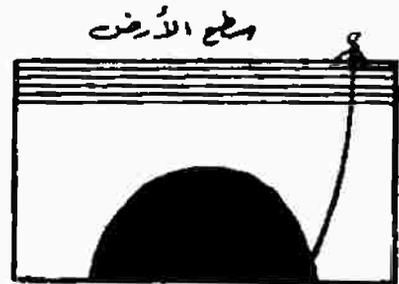
فاصلة شديدة الانحدار . وإذا هبطت الكتلة المركزية عدة مرات كما في شكل (٥٢ - ب) فإنه قد تنشأ في هذه الحالة عدد من القواطع الحلقيّة المركزية . وتسمى كتلة الصخور المحيطة الواقعة بين قاطعين حلقيين بالحاجز كما هو موضح في شكل (٥٢ - ج) .

(ب) الهبوط الكالدري على سطح الأرض :

وهو موضح بالشكل (٥٣) وفيه تكون القواطع الحلقيّة رأسية وتحتل نشأتها بنفس الطريقة التي سبق ذكرها في الهبوط الكالدري تحت سطح الأرض ولكن هناك نظرية أخرى تفسر نشأة الهبوط الكالدري على سطح الأرض ، وفيها تضغط الصهارة على صخور الغطاء مما يؤدي إلى نشأة شقوق رأسية في الصخور المحيطة ، وتصل هذه الشقوق بين مستودع الصهارة وسطح



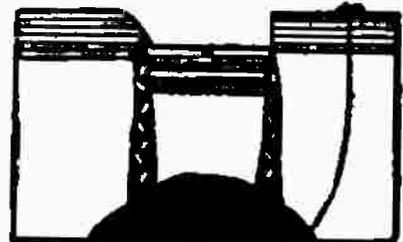
(أ) مصدر الصهارة



(ب)



(ج)



(د)

(شكل ٥٣)

خطوات نشأة الهبوط الكالدري على سطح الأرض

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

٥ - باثوليث :

الباثوليث هي متداخلات عظيمة من الصخور النارية الجوفية التي تتميز بما يأتي :

(أ) يطلق هنا التركيب عادة على كتل عظيمة تزيد مساحتها عن ستين كيلومتراً مربعاً . وفي كوليبيا البريطانية تمتد الباثوليث المكونة لسلاسل الجبال على الساحل الشمال الغربي للمحيط الهادى لمسافة ٢٠٠٠ كيلو متر تقريباً يصل عرضها إلى ١٢٠ كيلومتراً أما عمقتها فوو غير معروف .

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

(ج) تكون الأجزاء العلوية من الباثوليث غير منتظمة وتسمى الأجزاء المدلاة من صخور الغطاء باسم السقوف المعلقة (Roof pendants) أما الأجزاء الصغيرة نسبياً من الباثوليث التي تحاط بالصخور الرسوبية فإنها تسمى بالثلثنة (Cupola) وهي متصلة في الأعماق بالباثوليث الرئيسية .

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

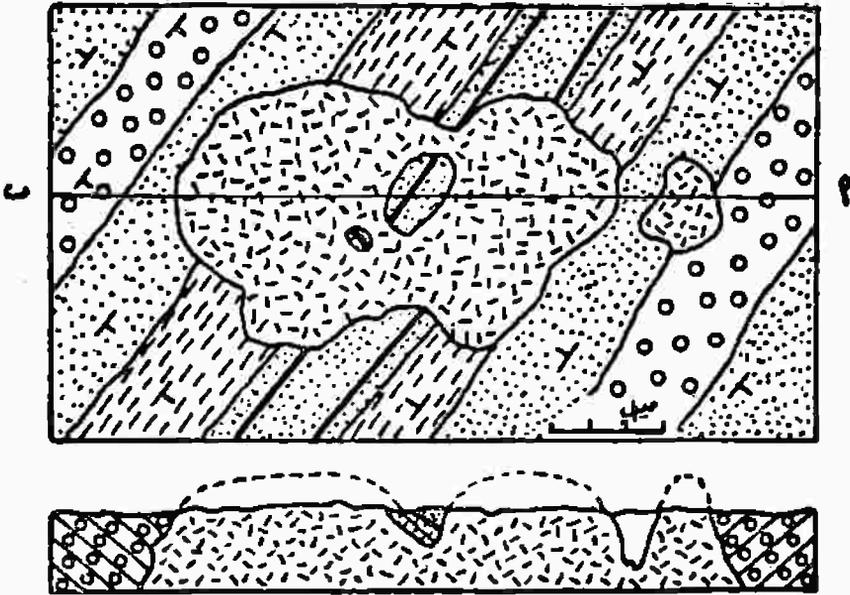
(هـ) تتكون الباثوليث عادة من أنواع عديدة من الصخور الجوفية وأهمها الجرانيت والجرانوديوريت .



١ كم

(شكل ٥٤)

بائوليت من الديوريت متداخلة في صخور جيرية



(شكل ٥٥)

خريطة توضع بائوليت متداخلة في صخور رسوية وقطاع على طول الخط ا ب

(و) تتواجد البائوليت في المناطق المكونة للجبال وتكون ذات استطالة بموازية محاور الطيات التي توجد بالمنطقة . وأفضل الأماكن لدراسة البائوليت هي المناطق التي تعرضت لفترات جيولوجية طويلة لعوامل التعرية مثل دروع القارات (Continental shields) والتي يرجع أصلها إلى عصر ما قبل

الكمبرى ومن أمثلتها تلك التي توجد في جنوب أفريقيا وفنلندا وكندا وسيبيريا والصحراء الشرقية بمصر .

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

٦ - بوس وستوك :

المتداخلات النارية التي تغطي مساحة تراوح من ٥٠ إلى ٦٠ كيلومتراً مربعاً . تسمى بالكتل المتداخلة متوسطة الحجم ، وإذا كانت حدودها الخارجية مستديرة أو شبه مستديرة فإنها تسمى بوس ، أما إذا كانت غير منتظمة الشكل فإنها تسمى ستوك كما في 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)

تتخذ من الصخور النارية على شكل ستوك