الباب الرابع : الصخور

♣ **دورة الصخور**:هى تغير الصخور من نوع لآخر بواسطة العمليات الجيولوجية الخارجية والداخلية المؤثرة على سطح الأرض فتكون هذه الصخور

العالم الأسكتلندى **جيمس هاتون** فى عام 1785 م هو أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة فى دورة واحدة هى دورة الصخور

♣ شرح الدورة : 1- أول دورة بدأت بتفتت الصخور النارية لأنها أول صخور تكونت عندما كانت الأرض منصهرة فى المراحل الأخيرة من نشأتها .

2- تتفتت الصخور وتتحلل بتأثير عوامل التجوية من رياح وأمطار وغيرها .

3- ينتقل فتات الصخور بعوامل النقل الطبيعية مثل تيارات الهواء وتيارات الماء والثلاجات ويترسب فى أحواض الترسيب فى المناطق المنخفضة .

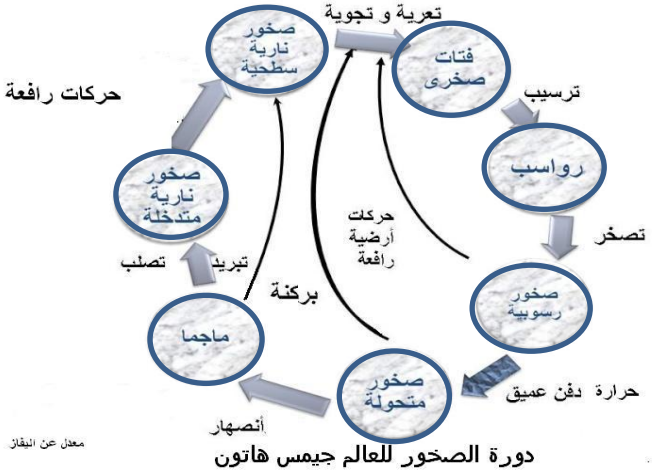
4- يحدث الترسيب فى أحواض الترسيب (قاع البحر أو المحيط) فى طبقات أفقية يزداد سمكها مع تتابع الترتيب فيزيد الثقل على الطبقات السفلية وتتضاغط الحبيبات وتتلاصق بمادة لاحمة ترسبت بينها فتتكون الصخور الرسوبية .

5- يحدث هبوط للصخور الرسوبية فى المناطق الغير مستقرة حيث تتعرض لحرارة وضغط كبير فى باطن الأرض فتتحول لصخور متحولة حيث يحدث تغير للمعادن والنسيج لتصبح متوازنة مع الظروف الجديدة من حرارة وضغط .

6- عندما تتعرض الصخور المتحولة أو أية صخور أخرى لحرارة وضغط أكبر فى العمق فإنها تنصهر مكونة المجما (الصهير) .

7- عند إنخفاض درجة حرارة الصهير (المجما) فإنها تبرد وتتصلد مكونة صخور نارية جوفية أشهرها الجرانيت أو متداخلة أو تندفع للسطح على شكل حمم بركانية مكونة صخور نارية بركانية أشهرها البازلت .

8- ثم تبدأ الدورة من جديد بتأثير عوامل الجو على أى نوع من الصخور ، ومعنى هذا أن الدورة الآن تبدأ بتفتت أى نوع من الصخور على سطح الأرض .



دورة الصخور للعالم جيمس هاتون

العمليات التى تؤدى إلى تغيير معالم سطح الأرض

♣ أولاً : التجوية (سبق دراستها) ♣ ثانياً : التعرية والنقل ♣ ثالثاً : الترسيب ♣ والجدول التالي يوضح **عوامل النقل** المختلفة :

1- التيارات الهوائية	2- التيارات المائية فى الأنهار	3- الثلاجات (المثالج)	4- الأمواج (البحار والمحيطات)
♣ من أهم عوامل نقل الفتات الصخرى من مختلف الأحجام وفقاً لسرعة الرياح .	♣ من اهم عوامل نقل الفتات الصخرى تعتمد كمية المواد التى ينقلها النهر على قدرته على الحمل والتى تعتمد أساساً على : 1- الإنحدار الذى يتحكم فى سرعة جريان المياه . 2- كمية المياه التى يستوعبها مجرى النهر . ♣ أى أنه كلما زادت قدرة النهر على الحمل زاد حجم الفتات المنقول وكميته **وتنقسم الحمولة التى تنقلها الأنهار إلى :** 1- **الحمل الذائب** : هو الأملاح الذائبة فى الماء وتتوقف عليها درجة عذوبة الماء فهى قليلة فى نهر النيل ولذلك فهو عذب ، وتزيد الأملاح فى العديد من الأنهار فتحتاج لمعالجة حتى نشربها 2- **الحمل المعلق** : هو الحبيبات الصغيرة الحجم مثل السلت والطين وتنقل على هيئة معلق فى تيار الماء . 3- **الحمل المعلق قرب القاع** : هو الحبيبات المتوسطة الحجم مثل الرمل وتنقل معلقة قرب القاع لمسافة ما ثم تتغلب الجاذبية عليها وتعود إلى القاع متدحرجة وهكذا . 4- **حمل القاع** : هو الحبيبات الكبيرة الحجم مثل الحصى وتنقل متدحرجة على القاع ولذلك تنبرى وتصقل وتصبح مستديرة الأوجه .	♣ الثلاجة عامل مهم للنقل ولاتوجد فى مصر وهى كالنهر ولكنها تحمل الماء متجمداً فى المناطق القطبية الباردة والمناطق الجبلية المرتفعة حيث يتساقط الثلج ♣ ثم يتجمع الثلج فى الوديان بين الجبال حتى تمتلئ مكونة كتلة واحدة من أعلاها لأسفلها ♣ عند إرتفاع حرارة الجو يبدأ الجليد فى الذوبان فى المكان الأكثر دفئاً أسفل الوادى فتتحرك الثلاجة لأسفل فى كتلة واحدة حاملة معها فتات الصخور من سفح الجبل حيث يرسبه عند القاعدة .	♣ عندما تلتقى الأمواج باليابسة فى المنطقة الشاطئية فهى تعتبر عامل تعرية ونقل ♣ حيث تهاجم الشواطئ وتؤدى إلى تآكلها وتنقل الفتات مع التيار لداخل البحر فى المياه العميقة ♣ أو تنقل الفتات موازياً للساحل لترسب فى مناطق أخرى .

♣ ثالثاً : **الترسيب** : يحدث الترسيب عندما تضعف قدرة عامل النقل على حمل فتات الصخور وتتغير هذه القدرة بالزيادة والنقصان حتى يصل لحوض الترسيب ، والرواسب التى تكونت على القارة ستنتقل بعد فترة طالت أم قصرت لتستقر فى عمق البحر أو المحيط .

♣ أنواع الرواسب : تصنف الرواسب حسب مكان تكونها إلى 1- رواسب قارية 2- رواسب بحرية (سبق دراستها فى الباب الثانى) 3- رواسب دلتاوية

الرواسب القارية	الرواسب الدلتاوية (مشتركة بين النهرية والبحرية)
♣ هى الرواسب التى تكونت على اليابس وأحسن أمثلتها رواسب السهل الفيضى لنهر النيل : والتى تكونت قبل بناء السد العالى فى وقت الفيضان . ♣ ونتيجة إرتفاع مستوى الماء فى النهر وزيادة حمولته من فتات الصخور تصبح الجسور ضعيفة وتتعرض للكسر أو طغيان الماء وفى كلتا الحالتين يترسب الطمى على الجانبين بمعدل (1) ملليمتر فى السنة .	♣ تتكون عند إلتقاء النهر بالبحر فتقل سرعة النهر ويرسب حمولته ، ويبدأ الترسيب بالأحجام الأكبر أما الأحجام الأصغر من غرين وصلصال فتظل متعلقة فى تيار النهر العذب الذى يبدأ فى التوزع مع إختلاطه بمياه البحر ثم تترسب مع مرور الوقت . ♣ وتكون الرواسب مصنفة ومتدرجة مع إزدياد العمق من رمل قرب الشاطئ ثم الغرين وأخيراً حجم الصلصال فى الأماكن الأكثر عمقاً وهذا التوزيع نعرفه فى رواسب مخروط دلتا النيل قبالة سواحل الدلتا فى مصر أما **حمل القاع** من فتات فى حجم الحصى فيتدحرج على القاع ويترسب على جانبى الدلتا مكوناً محاجر الزلط حيث يختلط برواسب أصغرحجماً ♣ محاجر الزلط على طريق القاهرة السويس الصحراوى كونتها أنهارأقدم من نهر النيل .

أنواع الصخور

3 أنواع هى (رسوبية – نارية – متحولة)

♣ **أولاً : الصخور الرسوبية :** هى الصخور التى تكونت نتيجة ترسيب النواتج الصلبة والذائبة للتجوية والتعرية والتى تنقلها عوامل النقل الطبيعية لأحواض الترسيب وترسبها فى طبقات متوازية فوق بعضها .

♣ أهميتها : 1- تغطى ($\frac{3}{4}$) سطح الأرض . 2- لاتمثل أكثر من (5%) من حجم صخور القشرة الأرضية لأن طبقاتها تكون رقيقة نسبياً .
3- للكثير منها أهمية إقتصادية مثل رواسب الحجر الجيرى والفوسفات والفحم والحديد ، كما أنها تضم صخور الخزان للنفط والغاز والمياه الجوفية

♣ أنواعها : قليلة بالنسبة للصخور النارية والمتحولة وتقسم لعدد محدود جداً حيث تسود ثلاثة منها هى الصخور الطينية والرملية والجيرية والتى تكون (90%) من الصخور الرسوبية ♣ تقسيمها : تقسم حسب طريقة تكونها لـ (3) أنواع فتاتية – كيميائية – عضوية وبيوكيميائية

أ) الصخور الرسوبية الفتاتية	ب)الرسوبية الكيميائية	ج) الصخور الرسوبية العضوية والبيوكيميائية
♣ تنقسم الرواسب (الصخور) الفتاتية حسب الحجم السائد لمكوناتها الصلبة إلى (3) أقسام هى : 1- رواسب الزلط : تتكون من فتات مستدير فى حجم الحصى والجلاميد التى يزيد حجم مكوناتها عن 2 ملليمتر ♥ الكونجلوميرات : ينتج من تماسك حبيبات الزلط بمادة لاحمة وتحجرها (وهو الصخر المتحجر للزلط)	♣ هى الصخور التى تتكون نتيجة ترسب الأملاح الذائبة فى الماء نتيجة تبخر الماء وزيادة تركيز الأملاح . ♥ ويحدث ذلك فى البحيرات المقفولة أو شبه المقفولة أو فى السبخات الساحلية . ♥ وقد إستغل الإنسان هذه الظاهرة فى إستخراج ملح الطعام من مياه البحر بتبخيرها صناعياً فى الملاحات (الملح الصخرى) .	♣ من أمثلتها مايأتى : 1- صخور الحجر الجيرى : هى صخور عضوية تتكون نتيجة تراكم الهيكل الداخلى أو الخارجى الصلب للأحياء البحرية بعد موتها وهى تتكون من كربونات الكالسيوم التى تستخلصها من ماء البحر . ♥ وهى غنية بالحفريات (البقايا الصلبة للكائنات) مثل : حفريات فقارية (أسماك) – حفريات لافقارية (محاريات وشعاب مرجانية) – أحياء دقيقة الحجم (فورامنيفرا) – نباتات (طحالب جيرية ذات أصل عضوى) .
2- رواسب الرمل : يتراوح حجم الحبيبات بين 2 ملليمتر و 62 ميكرون ويتكون أغلبها من حبيبات الكوارتز . (الميكرون = $\frac{1}{1000}$ من الملليمتر) . ♥ الحجر الرملى : هو الصخر المتحجر للرمل ومنها رواسب الكثبان الرملية فى الصحارى .	♣ أمثلتها : 1- ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) . 2- رواسب الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية) . 3- خامات الحديد الرسوبى مثل حديد أسوان البطروخى فى مصر الذى يتكون من أكسيد الحديد الأحمر (الهيماتيت) .	2- صخور الفوسفات : تحتوى على بقايا حفرية غنية بالفوسفات بالإضافة إلى مكونات معدنية فوسفاتية تزيد من تركيز الفوسفات فى الصخور البيوكيميائية
3- الرواسب الطينية : تتكون من فتات فى حجمى : أ) الغرين (62 – 4) ميكرون . ب) الصلصال (أقل من 4 ميكرون) ♥ وتتكون رواسب الطين عادة من إختلاط الغرين والصلصال مثل أغلب مكونات تربة مصر الزراعية . ♥ الطفل (الطين الصفحى) : هو صخور طينية متماسكة تظهر به خاصية التورق أو التصفح نتيجة تضاغط مكوناته .		3- رواسب الفحم : هى رواسب عضوية ذو قيمة إقتصادية تتكون نتيجة دفن مواد نباتية فى باطن الأرض بعيداً عن الأكسجين لمدة طويلة حت تفقد الأنسجة النباتية المواد الطيارة ويتركز الكربون مكوناً الفحم . ♥ يتم ذلك عادة فى مناطق المستنقعات خلف دلتاوات الأنهار حيث الظروف ملائمة للطمر (الدفن) السريع للبقايا النباتية بمعزل عن الهواء . 4- صخور المصدر : هى صخور طينية تحتوى على مواد هيدروكربونية (تتكون من هيدروجين وكربون) تكونت من تحلل بقايا النباتات والحيوانات البحرية الدقيقة بمعزل عن الهواء حيث يتم نضجها فى باطن الأرض عند حرارة بين (70– 100)° م وعمق (2 – 4) كم وتتحول إلى الحالة السائلة والغازية للهيدروكربون مكونة النفط والغاز ، ثم تهاجر إلى صخور الخزان . ♣ صخور الخزان : هى صخور مسامية مكونة من الرمال والحجر الرملى والحجر الجيرى إحياناً ويختزن فيها النفط والغاز بعد هجرته من صخور المصدر ♣ لايعتبر النفط والغاز رواسب لكنهما يتكونان ويختزنان فى الصخورالرسوبية . 5- الطفل النفطى (الطين النفطى) : هو صخر طينى غنى بالمواد الهيدروكربونية أغلبها من أصل نباتى توجد فى حالة شمعية صلبة تسمى الكيروجين وتتحول لمواد نفطية عند تسخين الصخر إلى درجة (480) درجة مئوية تقريباً . ♥ يعتبر مصدر هام للطاقة فى المستقبل لأنه لايستغل حالياً ويبقى كإحتياطى لحين نفاذ كميات البترول من الأرض ولن يبدأ إستغلاله كوقود قبل أن يصبح سعر إنتاجه منافساً لسعر النفط .

♣ **ثانياً : الصخور النارية :** هى الصخور التى تكونت نتيجة تبلور الصهير (المجما) المكون من العناصر الثمانية لمعادن السليكات وبعض الغازات المحبوسة وأهمها بخار الماء وهذا الصهير يقع تحت ضغط كبير عند عمق يزيد عن 150 كم فى باطن الأرض وعند إنخفاض درجة حرارته لدرجة التبلور تتجمع أيونات العناصر المكونة له وتعطى بلورات المعدن . ♣ وتقسم بطريقتين : حيث تبلور المعادن من الصهير فى ترتيب وتتابع يتوقف على : التركيب الكيميائى للصهير وسرعة فقده للحرارة أو سرعة تبريده .

♣ أولاً : تقسيم الصخور النارية تبعاً لمكان تكوينها (والذى يؤثر على سرعة التبريد ونوع النسيج) : تنقسم إلى 3 أنواع

وجه المقارنة	الصخور النارية الجوفية	الصخور النارية المتداخلة	النارية البركانية (السطحية)
1- الأمثلة	جرانيت – جابرو - دايورايت	الصخور المكونة للجدد – العروق – القباب (لاكوليث – لوبوليث)	بازلت – أنديزايت – رايوليت – الحجر الخفاف - الأبسيديان
2- مكان التكوين	باطن (جوف) الأرض	باطن الأرض ، وبالقرب من سطحها	قرب سطح الأرض ، وفوق سطحها
3- النسيج وسبب تكونه	♣ النسيج خشن : ذات بلورات كبيرة الحجم ترى بالعين المجردة كما فى الجرانيت لأن التبريد بطىء فى باطن الأرض فيعطى الفرصة لكمية كبيرة من الأيونات للتجمع حول مركز التبلور الواحد ويكون عدد البلورات قليل .	♣ النسيج بورفيرى : هو بلورات كبيرة الحجم وسط أرضية من بلورات أصغر حجماً لكنها غالباً من نفس التركيب المعدنى ويتكون نتيجة التبريد البطىء أولاً فى باطن الأرض فيعطى البلورات كبيرة الحجم ثم يكون التبريد سريع بالقرب من سطح الأرض فتتكون البلورات الأصغر حجماً .	♣ النسيج زجاجى عديم التبلور أو دقيق التبلر تكون بلوراته كثيرة العدد صغيرة الحجم لاترى بالعين المجردة كما فى البازلت حيث يبرد الصهير بسرعة قرب سطح الأرض وفوق سطحها بعد خروجه على صورة حمم أثناء الثورات البركانى

MR HASSAN

♣ التركيب المعدنى للصخور النارية الشائعة : تتركب من 6 مجموعات (فصائل) معدنية هى : 1- أوليفين 2- بيروكسين 3- أمفيبول 4- كوارتز (مرو) 5- ميكا (بيضاء أو سوداء) 6- فلسبار بلاجيوكلازى (غنى بالكالسيوم والصوديوم) ، فلسبار أرثوكلازى (غنى بالبوتاسيوم)

ثانياً :تقسيم الصخور النارية تبعاً لتركيبها المعدنى والكيميائى (خاصة نسبة السليكا) والذى يؤثر على لون الصخر : تنقسم إلى 3 أنواع هى :

وجه المقارنة	الصخور الجرانيتية (الجرانيت) (الحامضية)	الصخور الأنديزايتية (الأنديزايت) (المتوسطة)	الصخور البازلتية (البازلت) (القاعدية)
1- المثال ونوع الصخر	♣ الجرانيت : صخر نارى جوفى حامضى	♣ الأنديزايت : صخر نارى بركانى متوسط (متعادل)	♣ البازلت : صخر نارى بركانى قاعدى
2- التركيب الكيميائى	♣ غنى بالبوتاسيوم والصوديوم والسيليكا ♣ نسبة السيليكا تزيد عن 70%	♣ كميات متقاربة من الحديد والكالسيوم والصوديوم ♣ نسبة السيليكا (55% - 59%)	♣ غنى بسيليكات الحديد والماغنسيوم والكالسيوم ♣ فقير فى السيليكا (50%)
3- اللون	♣ الجرانيت لونه : وردى فاتح لإحتوائه على الكوارتز بنسبة (25%) بالإضافة إلى الفلسبارات البوتاسية والصودية .	♣ الأنديزايت لونه : متوسط بين الجرانيت والبازلت .	♣ البازلت لونه : أسود غامق نتيجة زيادة نسبة الحديد فيه
4- التركيب المعدنى	♣ فلسبار أرثوكليزى (بوتاسى) – كوارتز – ميكا سوداء – أمفيبول – فلسبار بلاجيوكليزى صودى	فلسباربلاجيوكليزى كلسى وصودى – فلسبار أرثوكليزى – كوارتز – ميكا سوداء - أمفيبول - بيروكسين	♣ أوليفين – بيروكسين – فلسبار بلاجيوكليزى كلسى
5- الإنتشار ومرحلة التبلور	♣ أكثر الصخور النارية الجوفية إنتشاراً ، وتتكون فى المراحل الأخيرة لتجمد الصهير .	♣ سميت كذلك نسبة لجبال الأنديز ، وتتكون فى المراحل الأولى لتجمد الصهير .	♣ أكثر الصخور البركانية إنتشاراً ، وتتكون فى المراحل الأولى لتجمد الصهير(حرارة أكثر من 1100) $^{\circ}$م

♣ المكافىء الصخرى (البركانى والجوفى) : هما صخران لهما نفس التركيب الكيميائى والمعدنى ولكنهما يختلفان فى النسيج .
♣ المكافىء البركانى للجرانيت هو : 1- الرايوليت خفى أو دقيق التبلر . 2- الحجر الخفاف غنى بالفقاقيع الهوائية والذى يستخدم كثيراً فى المنازل 3- الأبسيديان مكافىء زجاجى لم يتبلور بعد .
♣ المكافىء الجوفى للأنديزايت هو الدايورايت . ♣ المكافىء الجوفى للبازلت هو الجابرو .

البراكين

♣ البركان : هو فتحة أو شق فى القشرة الأرضية تسمح للصخور المنصهرة والغازات المحبوسة معها بالخروج إلى سطح الأرض .
♣ سبب حدوث البراكين : تعتبر طاقة الغازات المحبوسة هى القوة الرئيسية لتفجير البراكين ويتضح ذلك فى مناطق إندساس الألواح التكتونية حيث تؤدى إلى حدوث تشققات تنطلق منها هذه البراكين . وتعتبر الثورانات البركانية من أكبر الظواهر المروعة والمفجعة فى الطبيعة
♣ أنواع البراكين : تصنف لـ 3 أنواع حسب ثورانها هى :
1- براكين خامدة مثل معظم البراكين . 2- براكين مستديمة الثوران مثل بركان سترومبولى فى إيطاليا .
3- براكين متقطعة الثوران : تثور على فترات متقطعة مثل بركان فيزوف بإيطاليا وبركان أتنا فى جزيرة صقلية .
♣ أجزاء البركان : 3 أجزاء هى : 1- فوهة البركان . 2- القصبة : تندفع من خلالها المواد البركانية إلى الفوهة .
3- المخروط : يمثل شكل البركان وتوجد به فتحة فوهة البركان .
♣ تأثيرات وفوائد البراكين : تعتبر البراكين من عوامل البناء لصخور القشرة الأرضية حيث :
1- يظهر تأثيرها على سطح القشرة الأرضية فهى تضيف ملايين الأطنان سنوياً من الصخور البركانية التى تكون غطاءات كبيرة الإمتداد أو تظهر على شكل هضاب وجبال بركانية . 2- ظهور جزر بركانية جديدة إذا حدث ثوران للبركان تحت سطح الماء فى البحار .
3 تكوين تربة خصبة جداً من الرماد البركانى . 4- تكون بحيرات مستديرة عند تجمع المطر بفوهة البراكين الخامدة .
♣ المواد المندفعة من البراكين أثناء ثورانها : يخرج منها : 1- اللافا : مواد معدنية منصهرة درجة حرارتها 1200 $^{\circ}$م .
2- غازات وأبخرة : مثل الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين و CO_2 وبخار الماء . 3- مواد معدنية دقيقة : تتطاير مع الغازات والأبخرة فى الجو .
4- المقذوفات أو القنابل البركانية : هى كتل صخرية بيضاوية الشكل تتكون من مواد اللافا عند تجمدها بالقرب من سطح الأرض .

♣ ثالثاً :الصخور المتحولة : هى الصخور التى تكونت نتيجة تعرض الصخور النارية أو الرسوبية الأصل لعملية التحول بسبب إرتفاع الحرارة والضغط فتتغير هيئتها لإعادة التوازن حيث تتغير معادنها لمعادن جديدة ويصبح النسيج أكثر تبلراً .
مميزات النسيج فى الصخور المتحولة : 1- أكثر تبلوراً 2- كبر حجم بلورات معادنها بسبب تأثير زيادة الحرارة كعامل بناء فى الصخور المتحولة .
3- تترتب معادنه وتنمو بالحرارة فى إتجاه عمودى على إتجاه الضغط الواقع عليها لتقليل تأثيره .
♣ حدوث التحول : 1- يحدث التحول عادة أثناء الحركات البانية للجبال 2- وعند ملامسة أو ملاصقة الصخور لكتلة من الصهير درجة حرارتها عالية 3- كما يحدث التحول بدرجة أقل عند إحتكاك كتل الصخور على مستويات الصدوع وإرتفاع درجة حرارتها .
♣ تقسيمها : أ) صخور متحولة بالحرارة (التحول بالتلامس) : مثل الرخام : صخر متحول ينتج بتأثير الحرارة على صخور الحجر الجيرى حيث تتلاحم بللورات الكالسيت وتتداخل فتزداد صلابة الرخام وقوة تماسكه .
♣ قد يستخدم الرخام كأحد أحجار الزينة إذا إحتوى على أنواع من الشوائب تكسبه ألوان وتعرق متغير .
ب) صخور متحولة بالحرارة والضغط (التحول الإقليمى) : مثل : 1- صخر الاردواز .
2- صخر الشست (خاصة الشست الميكائى) : الذى تظهر فيه خاصية التورق : هى ترتيب بللورات الميكا فى إتجاه واحد فى الصخر الطينى ، ونموها بتأثير إرتفاع الحرارة فى إتجاه عمودى على الضغط لتقليل تأثيره .
3- صخر النيس : الذى ينتج من تحول صخر الجرانيت بتأثير الحرارة والضغط .

MR HASSAN