الصخور (Rocks):

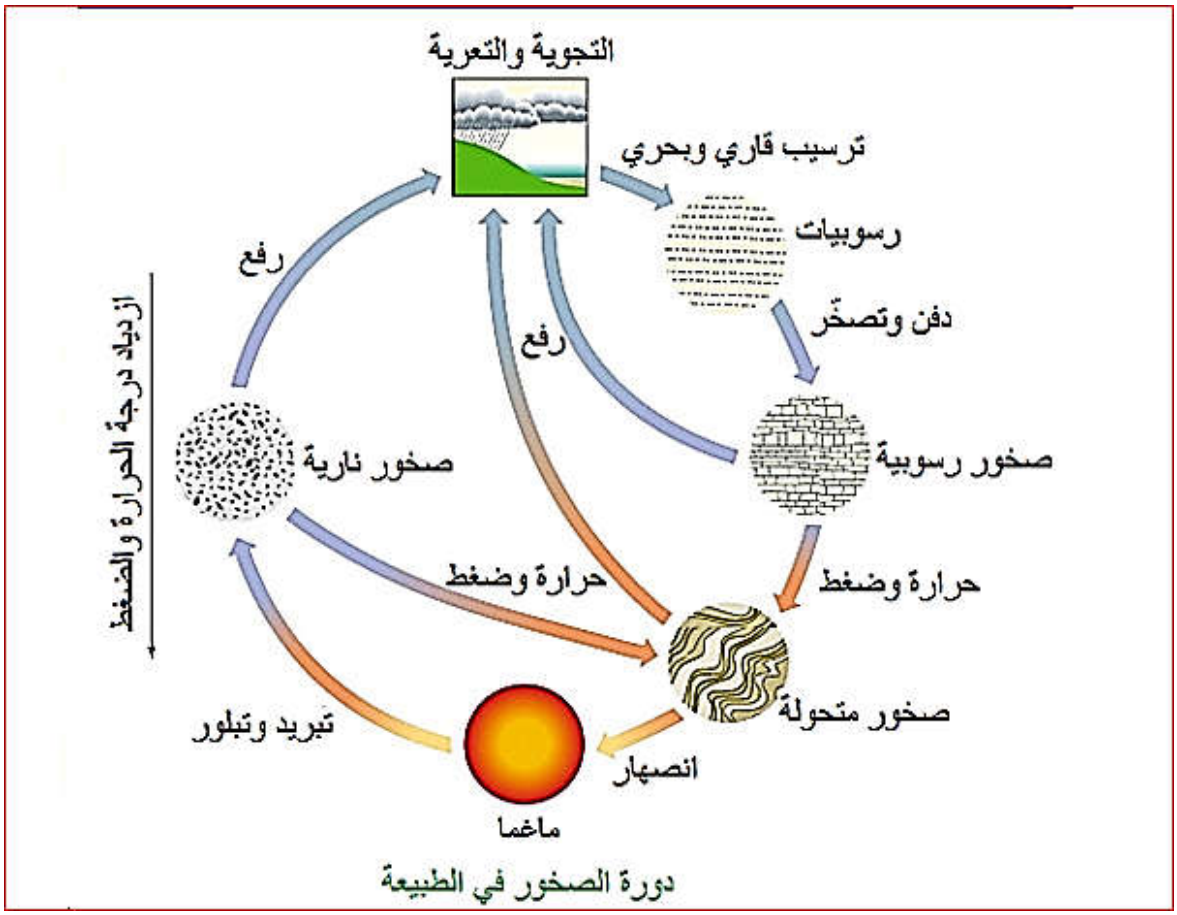
العلم الذي يدرس صفات الصخور يدعى علم الصخور (Petrology)

الصخرة : هو تجمع لمعدن واحد او عدة معادن والمعادن هي مركبات كيميائية مستقرة تتكون تحت ظروف معينة من الضغط والحرارة. ويعرف الصخر أيضا بأنه وحدة تركيب القشرة الأرضية وهو مادة طبيعية صلبة تتكون أساساً من خليط بين اثنان وعشرة معادن إلا أن هناك بعض الصخور تتكون من معدن واحد مثل صخرة الدولومايت (Dolomite). وبعض آخر مكون من مواد عضوية مثل الفحم الحجري. وتقسم الصخور عادة إلى أقسام رئيسية هي الصخور النارية التي تبلورت من الصهير؛ والصخور الرسوبية المشتقة من أنواع الصخر الأخرى عن طريق التجوية ثم النقل والإرساب ثم التصخر؛ والصخور المتحولة التي تعرضت لضغط وحرارة عاليين فتغير تركيبها المعدني وبناؤها عن الصخر الأصلي، الذي تحولت منه والذي قد يكون صخراً نارياً أو متحولاً أو رسوبياً.

<u>دورة الصخور في الطبيعة:</u>

تبدأ دورة الصخور بمادة تسمى الصهير (Magma) وهي مادة صخرية منصهرة مكوناتها العناصر الكيميائية المكونة للأرض وتشمل(O_2, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K) بالإضافة إلى الغازات($H_2S, SO_2, H_2O, H_2, N_2, CO_2, Cl, F$) وتواجدها في باطن الأرض وعلى أعماق عشرات الكيلومترات (اللب الخارجي للأرض).

يبدأ الصهير بالتبلور والتصلب مكونا صخور جوفية عندما يصل إلى مستويات اقرب لسطح الأرض واذا ما وجدت منفذا إلى السطح فإنها تتدفق بشكل حمم بركانية تدعى اللافا (Lava) تتصلب على هيئة صخور بركانية. في كلتا الحالتين ان الصخور المتكونة تدعى بالصخور النارية (Igneous Rocks) وهي الصخور التي تتكون من تبلور و تصلب مادة الصهير.



دورة الصخور في الطبيعة

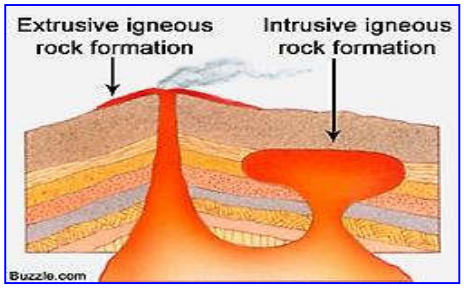
تتحول الصخور النارية بفعل عوامل التجوية والتعرية مثل الهواء والماء عندما تكون منكشفة على السطح الى مواد عالقة أو ذائبة لتترسب لاحقا بشكل صخور تدعى الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks). فإذا ما تعرضت الصخور الرسوبية إلى حركات أرضية وانتقلت إلى أعماق متوسط باطن الأرض فإنها تتحول وهي في الحالة الصلبة إلى صخور متحولة (Metamorphic Rocks) وقد تصل إلى أعماق سحيقة ذات درجات حرارة وضغط عالي متحولة إلى مادة الصهير ثانية وهذه دورة الصخور في الطبيعة.

الصخور النارية (Igneous Rocks):

تبلور الصهير: ان حرارة الصهير العالية في حالته السائلة تجعل أيوناته حرة الحركة دونما ترتيب معين وبرودته تبطئ حركتها العشوائية وتجعلها اكثر انتظاماً تحكمها شحنات الأيونات نفسها وحجومها. ينجم عن استمرار البرودة وانتظام الأيونات وترابطها الكيمياوي ما يعرف ببلورة المعادن. ولا تتبلور جميع مكونات الصهير في آن واحد و عند درجة حرارة واحدة؛ وإنما يتكون فيه عدة مراكز بلورية يستمر نموها بإضافة أيونات جديدة من الصهير. ولا يلبث نمو هذه المراكز أن يتوقف و تتقابل حافاتها. كما أن التبلور يستمر في المواقع الأخرى إلى أن تتبلور جميع مادة الصهير مكونة كتلة من البلورات المختلفة المتماسكة، على شكل صخر ناري. يتحكم المعدل الزمني لبرودة الصهير، في عملية التبلور وحجم البلورات الناتجة. فعندما يكون معدل برودته بطيئاً جداً، فإن المراكز البلورية فيه تكون قليلة نسبياً ما يتيح وقتاً ومكاناً كافيين لنمو البلورة ولذا يكون حجم البلورات كبيراً.

وفي المقابل عندما يكون معدل برودة الصهير سريعاً تتكون عدة مراكز للتبلور ما يجعل نمو البلورات يتوقف بسرعة عند تقابلها ولذلك يكون حجمها صغيراً. أما إذا تعرض الصهير لبرودة مفاجئة فإنه يتجمد في لحظات قبل أن تنتظم أيوناته على شكل بلوري لذا يكون توزُّعها عشوائياً وتكون الصخور الناتجة زجاجاً (غير بلورية).

النسيج: يقصد بنسيج الصخر حجم بلورات المعادن المكونة له. وهو خاصية مهمة لأنها توضح البيئة التي تتكون فيها الصخور النارية. وأهم العوامل المؤثرة في نسيج الصخور النارية هي معدل برودة الصهير. ومعدل البرودة يرتبط بمكانها فعندما تكون في

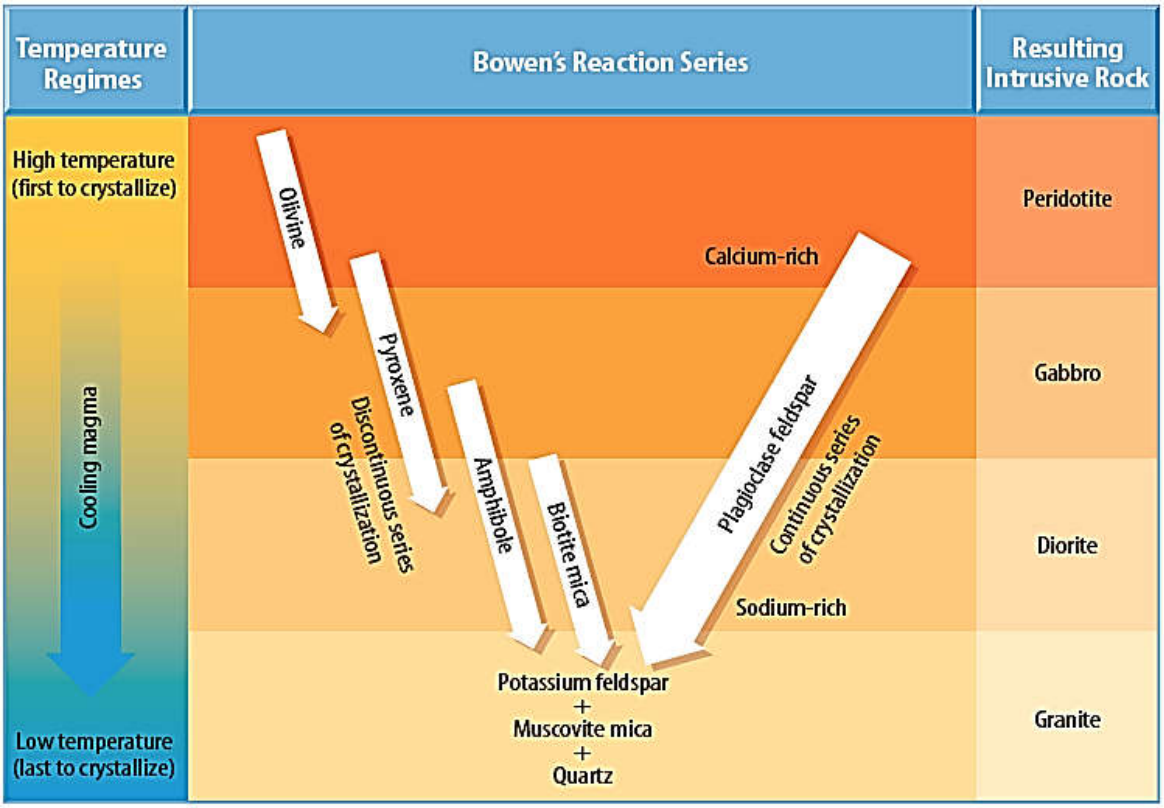


أعماق القشرة الأرضية على شكل باثوليت أو لاكوليت، يكون فقدانها للحرارة بطيئاً ؛ ويكون هناك وقت كافٍ لنمو البلورات إلى حجوم كبيرة؛ وتكون الصخور المتشكلة خشنة النسيج. ولأن هذه الصخور، تكونت من الصهير، داخل القشرة الأرضية، فإنها تسمَّى صخوراً نارية جوفية.

أما إذا وصل الصهير إلى السطح قبل أن يتبلور فإنه يتدفق على شكل لافا Lava، فيبرد بسرعة، قبل أن يتاح الوقت الكافي لنمو بلورات المعادن؛ ما يجعل حجم بلورات الصخور صغيرة، أي أن هذه الصخور تكون ناعمة النسيج، حتى إنه لا يمكن تمييز بلورات المعادن المكونة للصخر بالعين المجردة. وتسمَّى الصخور التي تبلورت المعادن المكونة لها من الصهير فوق سطح الأرض، صخوراً نارية سطحية أو بركانية. ويوجد أحياناً فراغات في الصخور النارية البركانية على شكل فتحات كروية أو مستطيلة تسمى الحويصلات؛ ناتجة من تسلل غازات الصهير عند التبلور إلى الجزء الخارجي من طفوح اللافا.

التركيب المعدني: يتوقف التركيب المعدني للصخور النارية على كيماوية الصهير. اكتشف الجيولوجي باون، أنه عندما يبرد الصهير في المعمل، فإن معادن محددة تتبلور أولاً ومع تتابع انخفاض حرارة الصهير تبدأ معادن أخرى بالتبلور من الصهير المتبقي بعد تبلور المعادن السابقة. وبتتابع عمليات التبلور يستمر التركيب الكيماوي للصهير المتبقي في التغير.

في الصخور النارية تتبلور المعادن من الصهير وفق تسلسل معين يعرف بسلسلة تفاعل بوين(Bowen) لتبلور المعادن من الصهير. ان موديل تفاعل بوين يتألف من سلسلتين:



– الأولى: السلسلة غير المستمرة

وتشمل معدن الأوليفين–بايروكسين–الأمفيبول–البايوتايت(مايكا) حيث تتبلور المعادن على التوالي مع تناقص درجة الحرارة.

- إذا كان الصهير الأصلي مفتقر للكالسيوم، وغنياً بالحديد والمغنسيوم، تتبلور المعادن في سلسلة منفصلة(غير مستمرة)؛
- فعند درجات الحرارة العالية تبدأ معادن الأوليفين Olivine بالتبلور.
- وبعد تناقص نسب الحديد والمغنيسيوم مع تناقص الحرارة يبدأ تبلور معادن البيروكسين Pyroxene.
- مع استمرارية تناقص محتوى الصهير من المغنيسيوم وازدياد نسبة السليكا، تتبلور معادن الأمفيبول Amphiboles؛ تليها معادن المايكا Mica مثل معدن البايوتايت Biotite.
- وفي المرحلة النهائية وبعد استنفاد مكونات المعادن القاعدية، تبدأ مكونات المعادن الحمضية ذات المحتوى العالي من السليكا والألومنيوم بالتبلور، ابتداءًا بالفلدسبار البوتاسي K–Feldspar، ثم المسكوفايت Mascovite، وأخيراً، المرو (الكوارتز) Quartz SiO_2.

–الثانية: السلسلة المستمرة

ويشمل معادن البلاجوكليس حيث ان هذا المعدن يغير تركيبه الكيميائي بإحلال ايونات الصوديوم محل ايونات الكالسيوم يرافقه إحلال السليكون محل الألمنيوم ليتحول من بلاجوكليس غني بالكالسيوم إلى بلاجوكليس غني بالصوديوم.

وبعد تبلور معادن البايوتايت من السلسلة غير المستمرة والبلاجوكليس من السلسلة المستمرة وبانخفاض درجة الحرارة تبدأ مجموعة بوتاس– فلدسبار بالتبلور يليها الموسكوفايت ثم الكوارتز. تتبلور من الصهير الفلدسبارات الغنية بالكالسيوم مثل الأنورثايت $CaAl_2Si_2O_8$ ثم يتوالى تبلور فلدسبارات البلاجوكليس في سلسلة متصلة يتناقص محتواها من الكالسيوم ويزداد محتواها من الصوديوم لتنتهي هذه السلسلة إلى تبلور معدن الألبايت $NaAlSi_3O_8$ الخالي من الكالسيوم. الصخور المكونة من المعادن التي تبلورت من الصهير في البداية وعند درجات حرارة عالية تسمى صخوراً قاعدية داكنة اللون؛ لاحتوائها على نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم. أما الصخور المكونة من المعادن التي تبلورت في آخر التتابع فتكون صخوراً حمضية فاتحة اللون لانخفاض نسبة الحديد والمغنيسيوم وارتفاع نسبة السليكا فيها.

تصنيف الصخور النارية:

تقسم الصخور النارية استنادا إلى التركيب الكيميائي والمعدني إلى :

1– الصخور الحامضية Acidic Rocks

وتكون فيها نسبة SiO_2 اكبر من 66% وتحوي على نسب عالية من المعادن ذات اللون الفاتح وخفيفة الوزن مثل معدني الفلدسبار والكوارتز مكونة صخور الجرانيت والرايولايت.

2– الصخور المتوسطة (Intermediate Rocks)

و تكون فيها نسبةSiO_2 بين (52–66)% وتحوي على نسب عالية من معادن اللون المتوسط مثل معادن الاورثوكليس والبلاجيوكليس مكونة صخور السيانايت، التراخايت والدايورايت.

3– الصخور القاعدية Basic Rocks

وتكون فيها نسبة SiO_2 اقل من 52% ومعادنها ذات لون قاتم وهي ثقيلة نسبيا مثل الهورنبلند والاوگايت مكونة صخور گابرو والبازلت وهنالك فصيلة صغيرة من الصخور تسمى صخور فوق القاعدية (Ultra–basic Rocks) وفيها تصل نسبة SiO_2 اقل من 40% وهي صخور قاتمة وثقيلة مثل صخور بيردوتايت.

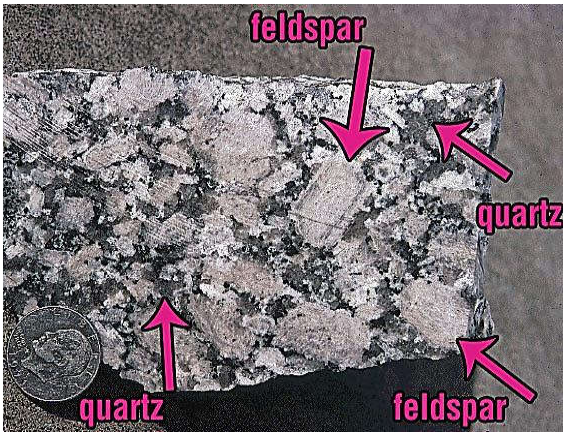
Classification of Igneous Rocks by Mineral Composition and Texture					
Chemical Composition		Felsic (Granitic)	Intermediate (Andesitic)	Mafic (Basaltic)	Ultramafic
Dominant Minerals		Quartz, Potassium Feldspar, Sodium-rich plagioclase feldspar	Amphibole, Sodium-and calcium-rich plagioclase feldspar	Pyroxene, Calcium-rich plagioclase feldspar	Olivine, Pyroxene
Accessory Minerals		Amphibole, Muscovite, Biotite	Pyroxene, Biotite	Amphibole, Olivine	Calcium-rich plagioclase feldspar
Rock Color (% of dark minerals)		0-25 %	25 – 45 %	45 – 85 %	85 – 100 %
Texture	Phaneritic (coarse-grained)	Granite	Diorite	Gabbro	Peridotite
	Aphanitic (fine- grained)	Rhyolite	Andesite	Basalt	Komatiite
	Porphyritic	Porphyritic used to describe abundant presence of phenocrysts in Granite, Diorite, Gabbro, Peridotite, Rhyolite, Andesite, and Basalt			Uncommon
	Glassy	Obsidian (compact) and Pumice (frothy-like)			
	Pyroclastic	Tuff (fine grained) and Volcanic Breccia (coarse grained)			

تواجد الصخور النارية:

تقسم الصخور النارية استنادا إلى تواجدها كالآتي:

1- **الصخور الجوفية (Plutonic Rocks(Intrusive Rocks**

هذه الصخور توجد في أعماق كبيرة من جوف الأرض وتصلبت من الماگما تحت عوامل الضغط وحرارة عالية وبظروف تبريد بطيئة أدت إلى تبلور المعادن بشكل بلورات كبيرة مشكلة نسيجا خشنا مثل صخور الجرانيت – الكابرو– الدايورايت. تقسم الصخور النارية الجوفية (خشنة النسيج) إلى صخور قاعدية، وصخور متوسطة، وصخور حامضية .



أ- الصخور الحامضية: ومنها:

-الجرانيت Granite وهي صخور خشنة النسيج لونها فاتح ومكونة بشكل رئيسي من معادن الكوارتز والفلدسبار. والفلدسبار يتكون أساساً من معدني الاورثوكليس (الفلدسبار البوتاسي،K-feldspar)، والأوليجوكليس (الألبايت Albite). ويكون معدن الفلدسبار البوتاسي وردي اللون إلى أحمر؛ بينما لون الألبايت أبيض. كما يحتوي الجرانيت على نسبة ضئيلة من معادن الميكا والهورنبلند، لا تزيد على 8%. أما المعادن الموجودة بنسبة قليلة جداً في صخور الجرانيت، فهي: الزركون Ziricon، التايتانيت Titanite، الأباتايت Apatite، الماجناتايت Magnetite، الأيلمنايت Illmenite .

الصخر الناري الجوفي يسمى جرانيت إذا كانت نسبة الكوارتز فيه تتراوح بين 20 و60%؛ ونسبة معادن الفلدسبار من نوع البلاجيوكليس بين 10 و65%. ونظراً إلى ارتفاع نسبة السليكا فهو يصنف من الصخور الحمضية.

– الگرانودايورايت: يسمى الصخر الناري الجوفي گرانودايورايت إذا كانت نسبة الكوارتز فيه بين 20–60%؛ وتشكل معادن البلاجيوكليس 65–90% من معادن الفلدسبارات. وهو صخر حمضي لاحتوائه على نسبة عالية من السليكا.

ب– الصخور المتوسطة: يقصد بالصخور المتوسطة تلك التي تركيبها الكيماوي ليس حمضياً (غني بالسليكا)، ولا قاعدياً (غني بالمغنسيوم والحديد). ومنها:

– الدايورايت المروي Quartz Diorite: نسبة الكوارتز فيه تتراوح بين 5 و20%؛ وتشكل معادن البلاجيوكليس أكثر من 90% من معادن الفلدسبارات.

– السيانايت (Quartz Syenite) في هذا النوع من الصخور النارية الجوفية تكون نسبة الكوارتز فيه 5–20%، وتشكل الفلدسبارات القاعدية 90%–65% من مجمل معادن الفلدسبارات.

ج– الصخور القاعدية Mafic Rocks: الصخور القاعدية هي تلك التي ترتفع فيها نسبة المعادن المحتوية على عناصر الحديد والمغنسيوم. ولأن درجة انصهار المعادن عالية فإن هذه الصخور تتبلور من الصهير أولاً قبل أن يفقد الكثير من عنصري المغنسيوم والحديد.

– الدايورايت والگابرو Diorite– Gabbro: تكون نسبة معادن البلاجيوكليس فيها 90% أو أكثر من معادن الفلدسبارات؛ ولا يزيد محتواها من الكوارتز على 5%. وإذا كانت معادن البلاجيوكليس فيها تميل في تركيبها إلى عنصر الكالسيوم مثل الأنورثايت Anorthite؛ فإن الصخر يسمى جابرو وإن لم يكن كذلك فهو دايورايت .

– السيانايت :Syenite ويطلق هذا الاسم على الصخر الناري الجوفي الذي لا يزيد محتواه من الكوارتز على 5%؛ وتشكل فيه الفلدسبارات القلوية (مثل الميكروكلين والأورثوكليس) ما نسبته 90–65%، من مجمل المعادن الفلدسبارية.

– سيانايت الفلدسبارات القلوية Alkali Feldspar Syenite

وهذا الصخر، لا يزيد محتواه من الكوارتز على 5%. وتفوق الفلدسبارات القلوية فيه ما نسبته 90% من مجمل معادن الفلدسبارات، أي أن معادن الفلدسبار فيه تكون مكونة من الألبايت والميكروكلين والأورثوكليس.

2– الصخور البركانية (Volcanic Rocks (Extrusive Rocks

وهي الصخور التي تصلبت بسرعة على سطح الأرض أو بالقرب منه و التي تدفقت على شكل منصهر من فوهات البراكين او الشقوق حيث تتبلور هذه الصخور على شكل بلورات صغيرة أو تتصلب بنسيج مجهري أو نسيج زجاجي مثل صخور البازلت و الأنديسايت والاوبسيدين (Obsidian) وقد تتكون في اللافا فجوات نتيجة خروج فقاعات غازية مثل صخرة البيومس (Pumice).

الصخور النارية البركانية، صخور ناعمة النسيج، ناجمة عن سرعة تبريد الصهير، على سطح الأرض ما عجل باصطدام بلورات المعادن والبلورات الأخرى فأوقف أولاهما عن النمو فبقيت حجومها صغيرة. وتقسم الصخور البركانية إلى صخور قاعدية (مافية)، وصخور متوسطة، وصخور حمضية؛ وذلك حسب نسبة العناصر المافية (الحديد والمغنسيوم) والسليكا فيها. وكل نوع يضم مجموعة من الصخور الرئيسية .

أ- الصخور الحمضية: تشمل الصخور النارية البركانية الحمضية أنواع رئيسية تقسم تبعاً لنسبة الكوارتز ونوع معادن الفلدسبار ونسبتها فيها مثل:

-الرايولايت : Rhyolite تسمى الصخور النارية البركانية التي تتراوح فيها نسبة الكوارتز بين 20 و60%، وتشكل معادن البلاجيوكليس 10-35% من مجمل معادن الفلدسبار، بصخور الرايولايت. وهي تشابه صخر الجرانيت من حيث التركيب المعدني.

-الداسايت(Dacite): الداسايت يماثل صخور الجرانودايورايت من حيث التركيب المعدني؛ فنسبة الكوارتز فيه تتراوح بين 20 و60%؛ وتشكل معادن البلاجيوكليس فيه ما نسبته90-65% من مجمل معادن الفلدسبار.

-الأنديسايت(Quartz Andesite): صخور الأنديسايت تشابه صخور التونالايت الجوفي من حيث التركيب المعدني؛ إذ تكون نسبة الكوارتز فيه بين20-60% وتزيد نسبة معادن البلاجيوكليس فيه على 90% من مجمل معادن الفلدسبار.

ب- الصخور المتوسطة: يطلق على الصخور النارية البركانية التي تتراوح نسبة الكوارتز فيها بين 5 و 20%، اسم الصخور المتوسطة؛ إذ إن تركيبها المعدني متوسط بين الصخور الحمضية والصخور القاعدية. وتضم الصخور المتوسطة الأنواع التالية:

- الأنديسايت Andesite: صخر الأنديسايت هو أكثر الصخور النارية البركانية المتوسطة احتواءًا على معادن البلاجيوكليس؛ إذ تزيد فيه نسبتها على 90% من مجمل معادن الفلدسبار ويتراوح محتواه من الكوارتز بين 5 و20%. وهو يشابه نظيره صخر الدايورايت من الصخور النارية الجوفية من حيث التركيب المعدني.

-الأنديسايت-الليتايت :Quartz Latite-Andesite وهذا الصخر يشابه صخر المونزودايورايت، المنتمي إلى الصخور المتوسطة من الصخور النارية الجوفية من حيث التركيب المعدني؛ إذ لا يشكل الكوارتز فيه إلا ما نسبته 5-20%؛ وتكون نسبة معادن البلاجيوكليس فيه 65-90%، من معادن الفلدسبار.

- الليتايت :Quartz Latite يشابه صخر المونزونايت في التركيب المعدني؛ إذ تتراوح نسبة الكوارتز فيه بين 5 و20%؛ وتشكل معادن البلاجيوكليس فيه ما نسبته 35-65% من مجمل المعادن الفلدسبار.

- التراخايت القلوي: يعد صخر التراخايت القلوي نظيراً لصخر السيانايت القلوي من حيث التركيب المعدني إذ لا تزيد نسبة معدن الكوارتز فيه على 20%؛ وتفوق نسبة معادن الفلدسبار القلوية فيه 90% من مجمل معادن الفلدسبار.

ج- الصخور القاعدية (الصخور المافية): هي تلك التي ترتفع فيها نسبة المعادن المحتوية على عناصر الحديد والمغنسيوم، ولا تزيد نسبة الكوارتز فيها على 5%. وتضم الصخور النارية البركانية القاعدية، أنواع من الصخور الرئيسية، هي:

– البازلت :Basalt صخر البازلت هو أكثر الصخور النارية البركانية القاعدية احتواءً على معادن البلاجيوكليس إذ تفوق نسبتها فيه 90% من مجمل معادن الفلدسبار؛ بينما لا تزيد نسبة الكوارتز فيه على 5%. وهو يشابه صخري الدايورايت والجابرو، من حيث التركيب المعدني.

– الليتايت :Latite يشابه صخر الليتايت صخر المونزونايت من حيث التركيب المعدني فنسبة الكوارتز فيه لا تزيد على 5% وتشكل معادن البلاجيوكليس فيه 35–65% من مجمل معادن الفلدسبار.

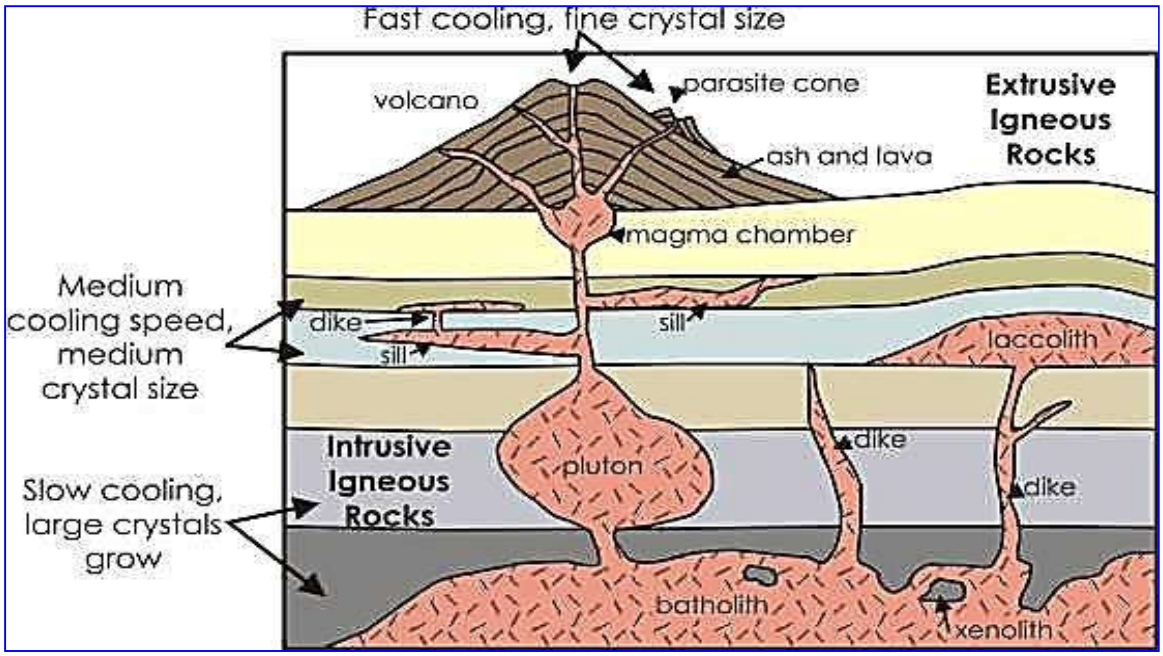
– التراخايت :Trachyte صخر ناري بركاني يشابه صخر السيانايت من الصخور النارية الجوفية إذ لا تزيد نسبة الكوارتز فيه على 5%؛ وتتراوح نسبة الفلدسبارات القلوية فيه بين 65 و90%، من مجمل معادن الفلدسبار.

– التراخايت القلوي : صخر بركاني يشبه صخر السيانايت القلوي الجوفي؛ إذ تفوق نسبة معادن الفلدسبار القلوية فيه 90% من مجمل معادن الفلدسبار ولا تتعدى نسبة الكوارتز فيه 5%.

أشكال الصخور النارية :

أولا : أشكال الصخور النارية الجوفية:

صفات الصخور النارية الجوفية خشنة الحبيبات وبلوراتها كبيرة ومتوسطة وتوجد هذه الصخور على شكل كتل كبيرة تعرف باثولث (Batholith) وتشغل مساحات شاسعة ولعدة مئات من الكيلومترات المربعة وبعمق كبير لقاعدتها. وإذا وجدت على السطح فإنها بسبب التعرية والتجوية.



ثانيا : أشكال الصخور النارية المتوسطة:

وهي أشكال تداخلت مع طبقات القشرة الأرضية وهي صخور بلوراتها دقيقة ونسيجها دقيق البلورات(Fine grounded textual) أو بورفيري وتوجد هذه الصخور على هيئة سدود متوازية تسمى بالجدد(Sills) أو سدود قاطعة (Dykes) أو أجسام على شكل ناقوس تعرف laccolith أو على شكل طبق يعرف لوبولث lopolith أو على شكل سرج تعرف بالفاكولث phacolith

ثالثا: أشكال الصخور البركانية:

توجد على شكل طفح بركاني (lava flow) أو رماد بركاني(Volcanic Ash) وقد توجد على شكل طبقات من البازلت تغطي

مساحات شاسعة مثل هضبة الدكن. إشكال الصخور البركانية غير المنتظمة ضمنها تراكيب انسيابية (flow structure) او حمم حبليه (Ropy lava) أو حمم وسادية (Pillow lava) أو بشكل رماد بركاني يتكون من ذرات دقيقة متكتلة أو متماسكة قريبة أو بعيدة من فوهات البراكين .