جامعة الموصل/
كلية العلوم البيئية/
المرحلة الاولى

د. حازم جمعة محمود
المحاضرة السابعة

الصخور النارية Igneous Rocks

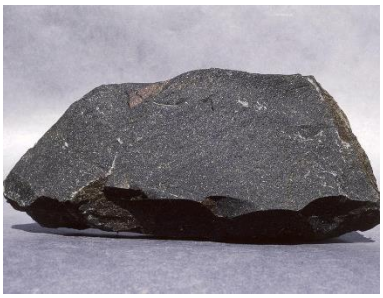
تعريف الصخور النارية: هي الصخور التي تنشأ من تصلب (تبلور) المادة الصخرية المنصهرة الموجودة في اعماق مختلفة في باطن الارض والتي تعرف بالصهير (Magma) او من تصلب الصهير البركاني(Lava). مثال ذلك، صخور الكرانيت والكابرو والدايورايت والبازلت.

الصهير Magma: هي مادة الصخور السائلة التي ترتفع من اعماق كبيرة داخل الارض، خاصة الجزء الاعلى من الجبة، وهي مكونة اساسا من صهير المعادن السيليكاتية (مثل الكوارتز والفلدسبار) ومعادن السيليكات الفيرومغنيسية Ferromagnesian مثل الاوليفين والبايروكسين والامفيبول والتي تتكون من عناصر المكونات الرئيسية للقشرة الارضية (O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K) اضافة الى كمية صغيرة من الابخرة والغازات (F, Cl, CO_2, SO_2, H_2S) وجميع هذه المكونات تكون تحت حرارة عالية وضغط كبير جدا، وعلى اعماق تتفاوت بين عشرات الكيلومترات وبضع مئات من الكيلومترات تحت سطح القشرة الارضية. وتتراوح درجة حرارة الصهير فوق سطح الارض (الطفح البركاني Lava flow) بين 700 – 1200 درجة مئوية. وبشكل عام يكون الصهير بحالته السائلة بحدود 2000 درجة مئوية ويبدأ بالتصلب (التبلور) بحدود 1400 درجة مئوية ليكون المعادن والصخور المختلفة.

النسيج Texture: هو الحجم النسبي لبلورات المعادن في الصخور النارية اضافة الى شكلها وطريقة ترتيبها. وهو يعكس عملية تبريد الصهير عند تكون المعادن والصخور، وهناك عدة انواع من الانسجة:

1- النسيج الخشن Coarse-grained:

يتواجد في الصخور الجوفية التي تتكون في الاعماق الكبيرة حيث ان الصهير يفقد حرارته ببطيء بحيث يكون هناك وقت كافي لترتيب ذرات العناصر الكيميائية وتكوين بلورات كبيرة الحجم بحيث يمكن تمييز المعادن بالعين المجردة. كما هي الحال في صخور الكرانيت والكابرو والدايورايت.



2- النسيج الناعم Fine-grained:

يميز هذا النسيج الصخور السطحية، حيث يبرد الصهير بسرعة ويكون بلورات ناعمة. مثل صخور الرايولايت Rhyolite او البازلت Basalt.

3- النسيج البورفيري Porphyritic texture:

يميز الصخور الوسطية (وأحيانا السطحية). ويتكون من بلورات كبيرة الحجم موزعة في وسط من البلورات الدقيقة او وسط غير متبلور. وهو ينشأ من انتقال البلورات الكبيرة المتكونة في الاعماق مع الصهير حيث تتكون هنا بلورات دقيقة الحجم تحيط بالبلورات الكبيرة اي ان هذا النوع من النسيج يمثل مرحلتين او طورين من اطوار التبلور. مثال ذلك في صخور البورفيرايت Porphyrite والفلسايت Felsite والانديسايت Andesite.

4- النسيج الزجاجي Glassy texture:

يتكون عن طريق التبريد السريع جدا على السطح بحيث لا يسمح للمعدن ان يتبلور بشكله المعين، ولكن فقط بشكل زجاج يطلق عليه الزجاج الطبيعي او الاوبسيديان Obsidian.

5- النسيج الفقاعي Vesicular texture:

يتكون من خلال هروب الغازات من الصهير او الطفح البركاني، فتترك فراغات في محلها. مثل صخرة البيومس Pumice والبازلت الفقاعي Vesicular Basalt. وعندما تمتلئ لاحقا هذه الفراغات ببعض المعادن الفاتحة اللون تشكل ما يعرف بالنسيج اللوزي مثل البازلت اللوزي Amygdaloidal Basalt.

اشكال الصخور النارية:

تمتاز الصخور النارية بتعدد اشكالها وفقا لتموضعها او اماكن تشكلها سواءا كانت صخور بركانية (قريبة من السطح) او متوسطة العمق او صخور جوفية:

اولا: اشكال الصخور البركانية/ تتواحد بعدة اشكال منها:

- **الطفوح البركانية Lava flow:** توجد على شكل طبقات سميكة من البازلت وتتكون نتيجة تصلب الحمم المتدفقة من البراكين.

- **الرماد البركاني Volcanic Ash:** تتكون من مواد دقيقة مفككة او متماسكة وتكون مختلطة بالأبخرة والغازات الخارجة من البراكين.

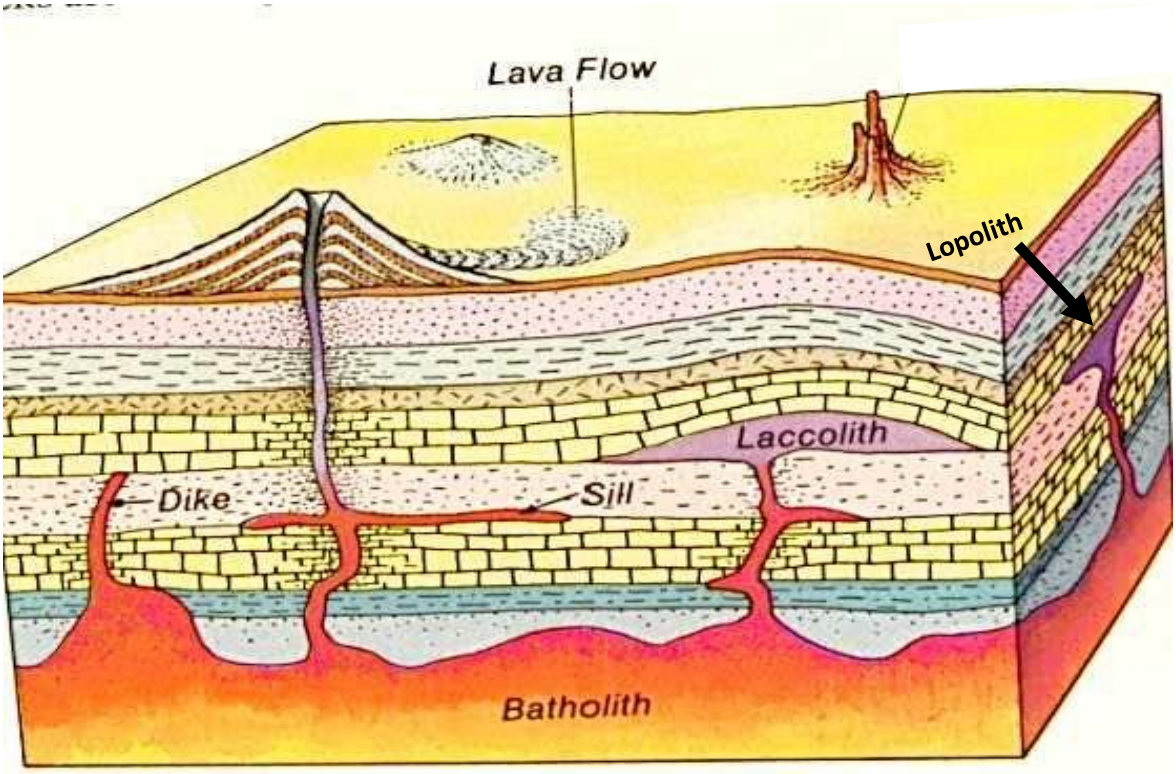
- **المنخفضات البركانية Calderas:** وهي عبارة عن فوهة البركان وتكون مخروطية الشكل وتمتلئ عادة بالمياه مكونة بحيرات في اعالي الجبال.

ثانيا: اشكال الصخور المتوسطة/ وهي تتداخل في صخور وبين طبقات القشرة الارضية على هيئة:

- **السدود الموازية Sills:** تدخل بين طبقات الصخور وتكون موازية لها
- **السدود القاطعة Dykes:** تنتج من تدخل الماكما في الشقوق والكسور القاطعة للطبقات حيث تتصلب هناك.

- **على شكل ناقوس Laccolith:** قاعدته مستوية وسطحه الاعلى محدب حيث ان الصهير يضغط على الطبقات العليا التي تكون اقل صلابة فتنثني الى الاعلى.
- **على شكل طبق Lopolith:** يكون انحناء الطبقات السفلى نحو الاسفل لأنها اقل صلابة.
- **على شكل سرج Phacolith:** وهي اجسام كبيرة نسبيا عدسية الشكل يكون سطحها الاعلى والاسفل منحني نحو الأعلى او الأسفل، حسب وضعية الطبقات القديمة.

ثالثا: اشكال الصخور الجوفية/ تتواجد على شكل باثوليث Batholith وتكون كبيرة الحجم تغطي مئات الكيلومترات المربعة، وتتسع قاعدتها نحو الاسفل وقد تظهرها عوامل التعرية على السطح وتتكون عادة من الصخور الحامضية مثل الكرانيت.



تصنيف الصخور النارية/

اولا: حسب اماكن (اعماق) تكونها:

1- الصخور الجوفية Plutonic Rocks:

تتكون في اعماق كبيرة في باطن الارض تحت ظروف ضغط وحرارة عالية جدا، بحيث يكون تبريد الصهير بطيئ جدا، ولذلك تتبلور المعادن المكونة لها على شكل بلورات كبيرة، اي يكون نسيجها خشن مثال ذلك: صخور الكرانيت Granite والدايورايت Diorite والكابرو Gabbro.

2- الصخور الوسطية Hypabyssal:

توجد في اعماق متوسطة من سطح القشرة الارضية حيث يتصلب الصهير بسرعة أكبر من الصخور الجوفية، وتتكون بذلك بلورات دقيقة او متوسطة الحجم، او قد تتميز بنسيجها البورفيري. مثال ذلك صخور الفيلسايت Felsite والدوليرايت Dolerite.

3- الصخور البركانية (السطحية) Volcanic Rocks:

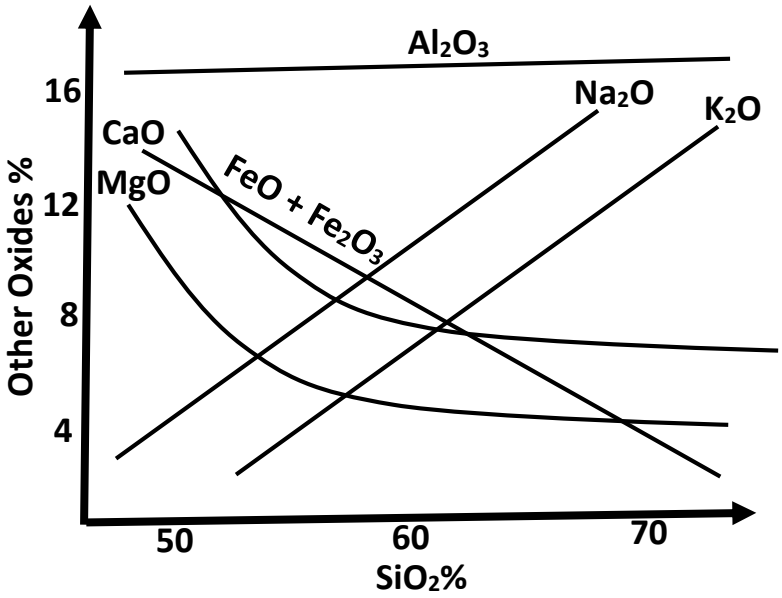
هي الصخور التي تتصلب على سطح الارض. او بالقرب منه بعد خروجها من فوهات البراكين والشقوق. ولان عملية التبريد تكون سريعة جدا فانها تكون بلورات صغيرة جدا. مثال ذلك: صخور البازلت Basalt والرايولايت Rhyolite والانديسايت Andesite.

ثانيا: التصنيف الكيميائي والمعدني:

يضم التركيب الكيميائي للصخور النارية اكاسيد العناصر الشائعة:

SiO_2, Al_2O_3, MgO, CaO, Fe_2O_3, FeO, Na_2O, K_2O

وقد لوحظ وجود علاقة معينة بين نسبة اوكسيد السيليكون Silica والاكاسيد الاخرى بحيث انه كلما ازدادت نسبة السيليكا تقل نسبة اكاسيد الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، بينما تزداد نسبة اكاسيد الصوديوم والبوتاسيوم. وليس هنالك اتجاه واضح لأوكسيد الالمنيوم (والعكس صحيح طبعا).



وحسب اغناء وافتقار العناصر الكيميائية التي يوضحها الرسم يمكن تمييز نوعين من المعادن التي تتكون في الصخور:

- **المعادن الفاتحة Felsic Minerals** (الجانب الايمن من الرسم):

تكون غنية بالسليكا والصوديوم والبوتاسيوم، وفقيرة بالكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، وذو ألوان فاتحة ووزن (كثافة) خفيف، مثل معادن الكوارتز SiO_2 والاورثوكليس $KAlSi_3O_8$ والبلاجيوكليس الغني بالصوديوم (الالبايت) $NaAlSi_3O_8$ والمايكا البيضاء (الماسكوفايت).

وهذه المعادن تكون صخور مثل الكرانيت والرايولايت والاوبسيديان والبيومس.

- **المعادن الداكنة Mafic Minerals** (الجانب الايسر من الرسم):

تكون فقيرة بالسيليكا والصودبوم والبوتاسيوم، وغنية بالكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، ذات لون داكن ووزن ثقيل مثل معادن الاوليفين والبايروكسين والامفيبول (المعادن الفيرومغنيسية) والبلاجيوكليس العني بالكالسيوم (الانورثايت Anorthite $CaAl_2Si_2O_5$)، وهذه المعادن تكون صخور مثل الكابرو Gabbro والبازلت Basalt والبيريدوتايت Peridotite.

وبناءا على هذا التركيب لكيميائي والمعدني تصنف الصخور النارية الى المجاميع التالية:

1- الصخور الحامضية Acidic Rocks:

تكون غنية بالسيليكا (اكثر من 66%)، والالمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم (فقيرة بالكالسيوم والحديد والمغنيسيوم)، وتكون الوانها فاتحة لاحتوائها على نسبة عالية من المعادن الفاتحة، مثل صخور Granite و Rhyolite و Obsidian و Pumice.

2- الصخور المتوسطة Intermediate Rocks:

تتراوح نسبة السيليكا فيها ما بين (52% – 66%) وتكون متوسطة بين الصخور القاعدية والحامضية وتشمل مزيج من المعادن التي تكونهما مثل صخور Diorite و Andesite.

3- الصخور القاعدية Basic Rocks:

تحتوي على نسبة سيليكا تتراوح بين (45% – 52%)، غنية بالكالسيوم والمغنيسيوم والحديد، وفقيرة بالبوتاسيوم والصوديوم. ذو ألوان داكنة عادة ووزنها ثقيل لاحتوائها على نسبة عالية من المعادن الداكنة مثل صخور Gabbro و Basalt.

4- الصخور فوق القاعدية Ultrabasic Rocks:

تكون فقيرة بالسيليكا نسبيا(اقل من 45%)، وتتكون من المعادن الفيرومغنيسية الداكنة بشكل كامل. مثل صخور Peridotite و Dunite

سلسة تفاعل باون لتبلور المعادن من الصهير Bowen Reaction Series

اعطى العالم باون هذه السلسة بعد اجرائه تجارب مختبرية عديدة في مجال علم الجيولوجيا التجريبية Experimental Geology في العشرينيات من القرن العشرين، حيث قام بتكوين المعادن المكونة للصخور في مختبراته حسب ظروف التكوين من ضغط ودرجة حرارة ومكونات كيميائية واستدل على درجات حرارة التكوين للمعادن المتبلورة من الصهير. ورتب العالم باون هذه المعادن في سلسلتين مستمرة Continuous series وغير مستمرة Discontinuous series. ففي **السلسة الغير مستمرة** تم ترتيب المعادن حسب اولوية تكوينها من الصهير في درجات حرارة عالية (حوالي 1400 درجة سيليزية) بدءا بالاوليفين يعقبه البايروكسين ..... وهكذا وصولا الى الكوارتز المتكون في درجات حرارة اقل نسبيا (حوالي 800 درجة سيليزية). وهذا يعني ان المعادن وحسب هذا الترتيب تدل على انخفاض درجات الحرارة من الاوليفين الى الكوارتز. وبالمقابل

فان **السلسة المستمرة** التي تشمل معادن مجموعة البلاجيوكليس تبدأ بالانورثايت (البلاجيوكليس الغني بالكالسيوم) في درجات الحرارة العالية وتنتهي بالالبايت (البلاجيوكليس الغني بالصوديوم) في درجات حرارة اقل نسبيا، اي بانخفاض درجات الحرارة من الانورثايت باتجاه الالبايت.

ومن المعروف ان معادن مجموعة البلاجيوكليس تتكون او تتغير في تركيبها الكيميائي نتيجة الاحلال الايوني Ionic substitution الحاصل فيها، حيث يحل عنصر الصوديوم محل الكالسيوم وبنسب محددة وكما ياتي:

1- Anorthite (100 – 90% Ca, 0 – 10% Na)

2- Bytownite (90 – 70% Ca)

3- Labradorite (70 – 50% Ca)

4- Andesine (50 – 30% Ca)

5- Oligoclase (30 – 10 Ca)

6- Albite (10 – 0% Ca, 90 – 100% Na)

ويذكر ان عملية تبلور المعادن من الصهير تدعى بعملية التفاضل الصهيري Magmatic Differentiation او التبلور الصهيري Magmatic Crystallization.

تساعد سلسة تفاعلات باون في فهم تسمية الصخور النارية، وتكمن هذه الاهمية او الفائدة من هذه السلسة في معرفة المكونات المعدنية لكل نوع من انواع الصخور النارية واهم نقطة هي ان المعادن المكونة لاي صخرة نارية يجب ان تكون في مدى محدد من الدرجات الحرارية، فمثلا نجد ان الصخور فوق القاعدية بشكل عام تحتوي على معدني الاوليفين والبايروكسين بشكل رئيسي اي في درجات حرارة عالية جدا، ومن الخطأ ان نقول انها تحتوي على الكوارتز مثلا لان الكوارتز يتكون في درجات حرارة واطئة فكيف يمكن ان يحدث ذلك ؟ اي كيف نوفر نوعين متفاوتين من درجات الحرارة في ان واحد ؟