الجيولوجيا الهندسية

Engineering Geology

محاضرات مادة الجيولوجيا الهندسية / المرحلة الاولى / قسم الهندسة المدنية

كلية الهندسة / جامعة تكريت

تدريسي المادة

أ.م. د. لمياء نجاح الطائي

م.د. سراب سهام

٢٠٢٥/٢٠٢٤

الفصل الثالث: اصل المواد الصخريه وطبيعتها

عند تصميم أي منشأ هندسي يتطلب معرفة امور كثيرة منها:

١. مقاومة القوى الخارجية المسلطة على المنشآت.

٢. الاجهادات الناتجة عن القوى.

٣. الخواص الميكانيكية للمواد المستخدمة.

- معظم الصخور هي عبارة عن مجاميع من المعادن اما ان تكون مواد مفككه او مواد متماسكه فيما بينها وهذا يتطلب دراسه خواص الصخور وتراكيبها وطريقه تكوينها

تركيب الأرض وأغلفتها

١. الغلاف الجوي.
٢. الغلاف المائي.
٣. الغلاف اليابس وجوف الارض.
٤. الغلاف الحيوي.

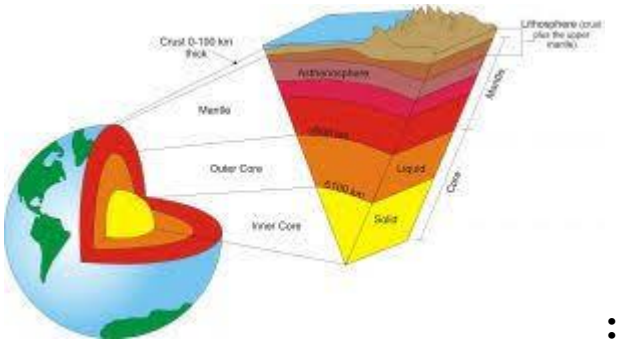
- **الغلاف الجوي:**

يتكون من غازات (كالأوكسجين والنتروجين وثنائي اوكسيد الكاربون وغيرها وبعض الغازات الخاملة كالاوزون) وابخرة الماء، ولهذا الغلاف اهمية لما له من تأثير على الارض إضافة الى عمل الرياح والامطار والثلوج وما يدخل في نطاقه.

- **الغلاف المائي:**

يشمل كل المياه الموجودة على سطح الارض (كالبحار والمحيطات والانهار والبحيرات وغيرها) فضلاً عن المياه الجوفية تحت سطح الارض (وتختلف درجة ملوحتها وعمقها وقد ظهر ان اعمق نقطة في قاع المحيطات تقدر بـ ١١٨٠٠م).

وقد دلت الاستكشافات ايضا بان قيعان المحيطات عبارة عن سهول ممتدة تكتنفها سلاسل من الجبال المغمورة قد يصل بعضها الى سطح الماء او بالقرب منه او قد يعلوه كما في حاله الجزر البحرية ولهذا الغلاف اثر جيولوجي مهم



- **الغلاف الصخري:**

١. القشرة (Crust):

يمثل القشرة الصلبة وجوف الأرض التي تكون القارات وقيعان البحار والمحيطات ويعرف بالقشرة الارضية، وتتكون من حلقتين:

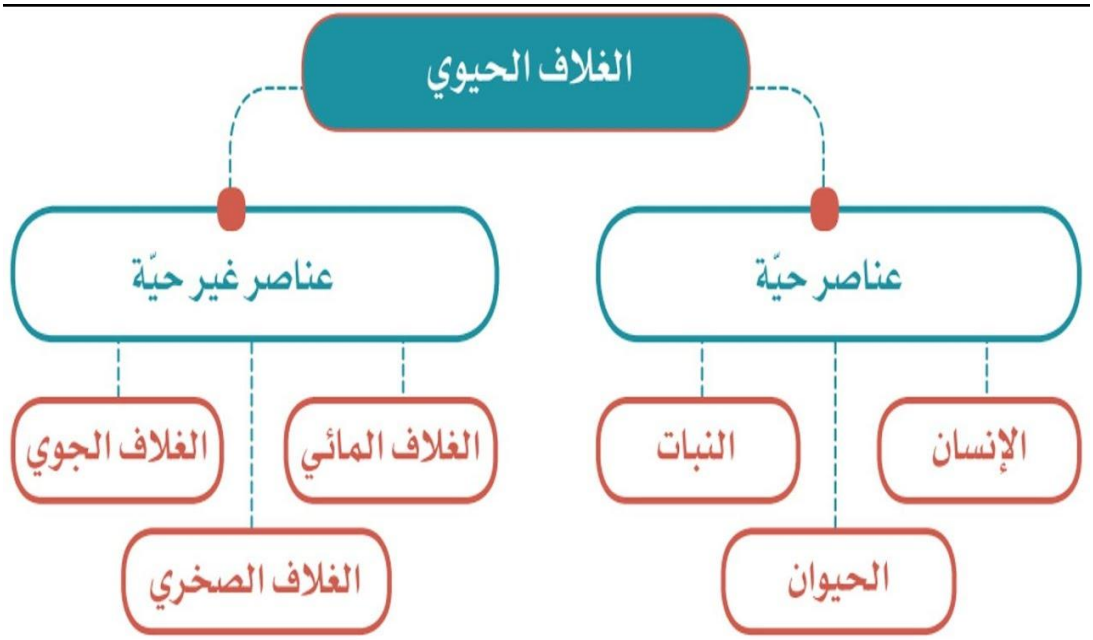
- الحلقة الخارجية (السيال): وتتميز بأن لها تركيب كرانيتي مغطى بالصخور الرسوبية والتي تختلف بالسمك من مكان لأخر، وتتميز أيضاً بلونها الفاتح (سيليكا والمنيوم).
- الحلقة الداخلية (السيما): تقع تحت حلقة السيال تحيط بالارض يكون تركيبها شبيهاً بصخور البازلت (سيليكا ومغنيسيوم).

٢. **الطبقة الوسطى او وشاح الارض (Mantle)**: تتالف من صخور تشبه صخور البريدوتايت الداكنة والغنية بالحديد والمغنيسيوم وسمكها يقدر بـ ٢٩٠٠ كم.

٣. نواة الارض:

- الحلقة الاولى (اللب الخارجي): وهي في حالة شبه مائعة حارة.
- الحلقة الثانية (النواة الداخلية): وهي في حالة صلبة وحارة ويعتقد ان لب الارض يتكون من ٩٠% حديد و ١٠% نيكل.

- الغلاف الحيوي: يضم جميع انواع الحياة من النباتات والحيوانات والبكتريا التي تعيش في الجو اوفي المياه او على اليابسة بمختلف انواعها الكبيرة والمجهرية.



الدورة الجيوكيميائيه للصخور

١ ـالصخور الناريه

قسمت الفعاليات النارية الى قسمين هما:

١. **النشاطات الجوفية**: الصخور الناتجة عن تصلب الصهير في باطن الارض بالصخور النارية الجوفية.

٢. **النشاطات البركانية**: الصخور الناتجة بفعل تبرد وتصلب الطفوح البركانية على سطح الارض بالصخور النارية البريكانية.

الصهير: يتكون من السيليكون والاوكسجين ومصهورات المعادن (كالبوتاسيوم والصوديوم والالمنيوم)، كما يحتوي على بعض الغازات كثنائي اوكسيد الكاربون وثاني اوكسيد الكبريت اضافة الى بخار الماء.

النسيج والتبلور

النسيج (Texture): هو حجم وترتيب البلورات المكونة للصخور النارية ويقسم النسيج حسب حجم البلورات الى:

١. كبير البلورات (القطر اكبر من ٣ سم).

٢. خشن البلورات (القطر اكبر من ٥ ملم وترى بالعين المجردة).

٣. متوسط الحجم (الحجم ١-٥ ملم وترى بعدسة مكبرة او العين المجردة).

٤. دقيق البلورات (اقل من ١ ملم لا ترى إلا بالمجهر).

النسيج البورفيري (الموزاييكي): هو وجود بلورات كبيرة الحجم في وسط مكون من بلورات دقيقة الحجم.

العوامل المؤثرة على النسيج:

١. التبريد البطيء والتركيب الكيميائي للمنصهرة والوقت الكافي للتبلور ينشأ عنها بلورات كبيرة الحجم او خشنة.

٢. التبريد السريع والتركيب الكيميائي للمنصهرة والوقت غير الكافي ينشأ عنها بلورات دقيقة الحجم.

٣. بعض المحاليل كـ (الماء، البورون، الفلور، الكلور، الكبريت، CO_2)[1]، ينتج عنها بلورات كبيرة الحجم.

وعلى اساس تأريخ التبريد والتركيب الكيميائي تم تصنيف الصخور النارية على الوجه التالي:

اولاً: التصنيف الحقلي (على اساس اللون والنسيج والمعادن الاساسية المكونة لهذه الصخور)

ثانياً: الصخور النارية الجوفية (تبعاً للأعماق التي توجد بها والتركيب الكيميائي والمعدني).

---

(1) باعتبارها مواد مساعدة للتبلور؛ لانها تقلل اللزوجة وتؤدي الى نشوء بلورات كبيرة الحجم.

الإشكال البنائية للصخور النارية والجوفية

١. **الباثوليت**: كتل ضخمة من الصخور النارية التي تتبلور على اعماق كبيرة من سطح الارض، حيث يمكن رؤية سقوف الكتل ولا تعرف جذورها؛ كونها قد تمتد الى كيلومترات في العمق والمساحة.

٢. **اللاكوليث**: كتل من الصخور النارية تشبه العدسات او المظلة ولها امتداد يتراوح بين بضعة امتار الى كيلومترات.

٣. **السدود النارية**: كتل من الصخور النارية موازية للطبقات الصخرية التي يتم غزوها بواسطة هذه الاجسام النارية (تمتد من امتار الى عدة كيلومترات وسمكها من سنتمترات الى عدة امتار).

٤. **القاطع الناري**: اجسام نارية تشبه الجدران الرأسية غير متوافقة مع الصخور المحيطة بها، تتراوح احجامها بين عدة سنتمترات الى مئات الأمتار.

أهم الصخور النارية الشائعة

<u>اولاً/ مجموعة الصخور النارية الفاتحة اللون (الحامضية):</u>

١. الكرانيت: تتكون من معدن الفلدسبار ومعدن الكوارتز، لونه فاتح ونسيجه خشن البلورات تتراوح بين الكبيرة الحجم والمتوسطة.(نسيجه خشن البلورات)

٢. الفلسايت: صخر بركاني بلوراته صغيره الحجم، تركيبه الكيميائي يشبه الكرانيت لونه يتراوح بين الفاتح والانتقالي اللون. (بركاني- بلوراته صغيرة الحجم)

٣. الرايولايت: صخر بركاني حامضي نسيجه دقيق البلورات لا ترى الا بالمجهر لونه فاتح وتركيبه يشبه الكرانيت من حيث المعادن. (بركاني – نسيج دقيق البلورات).

ثانياً/ مجموعة الصخور النارية الانتقالية اللون (المتعادلة):

١. الدايورايت: هو صخر ناري جوفي متوسط التركيب المعدني لونه انتقالي بين الفاتح والداكن يحتوي على معدن البلاجيوكليز والهورنبلند، بلوراته خشنة ترى بالعين المجردة قد تحتوي على قليل من الكوارتز.

٢. البورفيرايت: هو صخر ناري جوفي نسيجه بورفيري (موزاييكي) يتكون من بلورات البلاجيوكليز والاورثوكليز، او الهورنبلند موزعة في وسط دقيق البلورات مثل الهورنبلند، والاولفين. (جوفي- موزايـ)

٣. الأندزايت: صخر بركاني متعادل نسيجه يتكون من خليط من معادن اللاجيوكليز والهورنبلند والباتوتايت، بلوراته لا ترى الا بالمجهر، وقد يحتوي على الكوارتز. (بركاني متعادل بلوراته ترى بالمجهر)

ثالثاً: مجموعة الصخور النارية الداكنة اللون (القاعدية):

الكابرو: هو صخر ناري جوفي قاعدي نسيجه خشن البلورات يمكن رؤيتها بالعين المجردة، لونه داكن يتألف أساساً من معدن البلاجيوكليز الكالسيومي والاجايت والاولفين. (جوفي قاعدي- خشن البلورات)

أهم نواتج البراكين:

١. النواتج الغازية (بخار الماء، اول وثاني اوكسيد الكاربون، ثاني اوكسيد الكبريت، كبريتيد الهيدروجين وغاز الكلور).

٢. النواتج الصلبة: وهي جزيئات معدنية او صخرية او زجاجية وتقسم الى:

- القنابل البركانية (تتراوح اقطارها بين ٣-٣،٣ سم وقد تتعدى ٥ سم).
- الرماد البركاني (مواد زجاجية صلبة او صغيرة الحجم).
- صخور الجمر الخفاف (البيوميس): عندما تكون غنية بالسيليكا سوف تتخللها مسامات وتكون صخور خفيفة الوزن مكونة هذا النوع، وعندما تشكل صخور ذات حافات حادة تعرف بـ البريشا البركانية.
- السكوريا: هي صخور نارية غنية بالحديد والمغنيسيوم تتخللها فجوات وتعرف ايضاً بصخور الجفاء

٣. **النواتج المائعة**: عبارة عن طفوح حارة (لافا) تنبعث عن البراكين وتقسم الى:

- النوع الاول غني بالحديد والمغنسيوم ذي طبيعة مائعة وحر الحركة نسبياً.
- النوع الثاني على شكل طفوح حارة غنية بالسيليكا والالمنيوم وذي طبيعة لزجة جداً وبطيئة الحركة.

فوائد البراكين:

١. بناء الاراضي الناشئة عن هذه البراكين (الجزر البحرية).

٢. الاتربة والمعادن التي تصبح فيما بعد أسمدة (تزيد من خصوبة التربة).

٣. بعض نواتجها من الغازات والابخرة والحوامض الكيميائية مفيدة (مثل حامض HCl).

٤. الطاقة الحرارية الارضية (تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية).

٢- الصخور الرسوبيه

تتكون نتيجة تعرض الصخور النارية والمتحولة الى عوامل خارجية مختلفة كالتجوية، وبعد تماسك وتلاحم هذه الرواسب ينشأ عنها صخور من نوع آخر تعرف بالصخور الرسوبية، وقد تتم عملية الترسيب في البحار (رواسب بحرية[٢]) او تترسب على القارات (رواسب قارية[٣]).

([٢]) ترسب في مناطق الشاطئ او مناطق المد والحزر او المياه الضحلة التي تمتد حوالي ٢٠٠م، وتعتمد عملية الترسيب في مثل هذه الاحوال على قوة التصنيف في هذه المياه المتحركة، وتتدرج الرواسب البحرية من الاحجار الكبيرة والحصى الى الرمل والطمى والطين والصلصال والرواسب البركانية.

([٣]) هي الرواسب التي تتكون على اليابسة سواء كانت رواسب هوائية او رواسب نهرية او رواسب بحيرات او وراسب الجلديات، اضافة الى الكثبان الرملية والسهول الفيضانية والدلتاوات.

الجيولوجيا الهندسية

Engineering Geology

البيئات الترسيبية: تعني جميع العوامل الفيزوكيميائية والحيوية التي تتحكم في نوع الراسب.

العوامل الفيزيائية تشمل:

١. كثافة الوسط الترسيبي.

٢. العمق.

٣. شدة التيار المائي وسرعته.

العوامل الكيميائية تشمل:

١. درجة الملوحة.

٢. الاختزال.

٣. الاكسدة.

٤. درجة الحموضة القاعدية.

٥. درجة الحرارة.

٦. ضغط الوسط الترسيبي.

العوامل الحيوية تشمل الكائنات الحية سواء الحيوانية او النباتية.

ومن العوامل المهمة ايضاً طبيعة سطح الارض ومدى تأثره بالحركات الارضية والمناخ

الجيولوجيا الهندسية

Engineering Geology

أنواع البيئات الترسيبية:

<u>أولاً: البيئة البحرية:</u>

١. الأغوار. ٢. الحافات العميقة. ٣. المياه الضحلة.

<u>ثانياً: البيئة الانتقالية:</u>

١. الشاطئية ٢- الدلتاوية

<u>ثانياً: البيئة القارية :</u>

١. البيئة المائية: (أ. الكهوف.ب. البحيرات. ج. المستنقعات. د. الأنهار).

٢. اليابسة: (أ. الصحراوية. ب. الجليدية).

علمية تحجر الصخور: هي عملية تصلب وتحجر الرواسب بفعل الضغط والتماسك والتلاحم اعادة التبلور والحرارة، حيث ينتج عنها صخور رسوبية صلبة.

لكي تتوضح طريقة تكوين الصخر بفعل هذه العلميات في الطبيعة فانها تعني:

١. التماسك والتجفيف. ٢. التلاحم. ٣. اعادة البلورة والاحلال.

تقسم الصخور الرسوبية الى:

١. **الصخور الرسوبية الناشئة عن االرواسب الميكانيكية**: تنشأ بفعل تفتيت الصخور ميكانيكياً ومن ثم نقلها على هيئة فتات او جزيئات بواسطة المياه او الرياح او الجليديات ومن ثم ترسبها فيما بعد على هيئة حصى او رمل او طين او صلصال (الصخور الميكانيكية).

٢. **الصخور الرسوبية الناشئة عن الرواسب الكيميائية:** تتكون بفعل عمليات التجوية الناتجة عن التفتيت والتحلل الكيميائي للمواد ومن ثم انتقالها من مكان نشوئها الى بيئات مائية على هيئة محاليل ذائبة (الصخور الكيميائية).

٣. الصخور الرسوبية الناشئة عن تراكم الرواسب العضوية: تتكون نتيجة تراكم البقايا العضوية سواء النباتية او الحيوانية منها، او نتيجة عمليات بايوكيميائية.

٣-الصخور المتحولة:

التحول: هو عبارة عن اصطلاح عام يشمل جميع التغيرات الحاصلة على الصخور النارية او الرسوبية عند تعرضها الى عوامل خارجية كالضغط والحرارة والمحاليل الكيميائية النشطة، وهذا يعني تغير الصخر الاصلي في الشكل واللون واعادة تبلور او نشوء معادن جديدة وهي في حالة الصلابة دون المرور في الحالة السائلة او غيرها.

ادريناليفالحرارة مصدرها قد يكون ازدياد العمق بإتجاه الارض او وجود المنصهرة قرب صخور رسوبية، كما هي الحال في التحول الحراري (التماسي).

ادريناليناما الضغط قد ينشأ نتيجة ازدياد الاحمال فوق الصخر او قوى عظيمة مكونة للسلاسل الجبلية حين التوائها او أنشاء الطبقات الصخرية، او حين تبدأ هذه الصخور بالتصدع على طول محور هذه السلاسل الجبلية كما هي الحال بالتحول الديناميكي الحراري وعندها يشترك الاثنان.

ادريناليندو يحدث التحول عندما تتعرض القشرة الارضية الى تقلصات على نطاق واسع نتيجة لحدوث فعاليات نارية او حركات ارضية واسعة داخل الارض، يضاف الى ذلك قد تلعب المحاليل الكيميائية النشطة دوراً مهماً في تسريع عملية التحول.

أسس تصنيف الصخور المتحولة

١. النسيج (Texture): يستدل من أنسجة الصخور المتحولة عن حدوث عمليات مهمة اثناء عملية التحول وهي:

أ. اعادة التبلور (تعني توسع وتشابك الجزيئات البلورية).

ب. التكسير والطحن لبعض الجزيئات الصلبة وتحولها الى رقائق اصغر حجماً من بلوراتها الاصلية.

٢. التركيب الكيميائي: يتحدد بواسطة معادن الصخور الاصلية التي نشأت منها هذه الصخور المتحولة وشدة التحول، ونشوء المعادن الجديدة التي لم تكن موجودة في الصخر الاصلي.

٣. التورق: وهو تكوين انسجة متوازية من المعادن المتواجدة في الصخور اما على شكل طبقات متبادلة ومختلفة في معادنها، او قد تترتب على هيئة خطوط متوارية من هذه المعادن او قد ينشأ عنها صفائح رقيقة بسبب انضغاط صفائح المايكا أو غيرها، لذا تعرف هذه الصخور بالصخور المتحولة المتورقة.