كلية القلم الجامعة
قسم الهندسة المدنية
المرحلة الأولى

الجيولوجيا الهندسية
Engineering Geology

بسم الله الرحمن الرحيم

كلية القلم الجامعة
قسم الهندسة المدنية
المرحلة الأولى

محاضرات الجيولوجيا الهندسية

م. م قتيبه نجم عبدالله

الفصل الأول

مقدمة

مهام الهندسة الجيولوجية

عالم الهندسة الجيولوجية

مهام وإعمال المهندس الجيولوجي

فروع الهندسة الجيولوجية

الفصل الثاني

علم المعادن

المعدن

الخصائص الفيزيائية للمعادن

التصنيف الكيميائي للمعادن

عالم البلورات

الاشكال البلوريه للمعادن

الفصل الثالث

اصل المواد الصخريه وطبيعتها

تركيب الأرض وأغلفتها

الدورة الجيوكيميائيه للصخور

الصخور الناريه

النسيج والتبلور

الإشكال البنائية للصخور النارية والجوفية

أهم الصخور النارية الشائعة

الصخور الرسوبيه

الصخور المتحولة

الفصل الرابع

الخواص الفيزيائيه والميكانيكيه للصخور

الخواص الفيزيائيه للصخور

الخواص الميكانيكيه للصخور

الفصل الخامس

الاصل الجيولوجي للتربه وخواصها الهندسيه

التجويه

التعريه

بيئة التجويه

التربة

الفصل السادس

جيولوجيا الانهار

الانهار والتعرية

النقل في الانـهار

الترسيب في الانـهار

<u>الفصل السابع</u>

جيولوجيا المياه التحت السطحيه

المياه الجوفيه

اصل ومصادر المياه التحت السطحيه

التراكيب الجيولوجيه التي تفرض على المستوى المائي اوضاعا معينه

<u>الفصل الثامن</u>

الجيولوجيا التركيبيه وفهم الخرائط الجيولوجيه

الخرائط الطبوغرافيه

مظاهر الطبقات الجيولوجيه

الفوالق

عدم التوافق

الثنيات

مقدمة

الهندسة الجيولوجية: هي احد علوم الارض تهتم بتقديم الدراسات الجيولوجية اللازمة لاختيار مواقع المنشآت الهندسية (بتعبير ابسط فانها تطبيق مباشر للعلوم الجيولوجية في مجال الاعمال الهندسية).

مهام الهندسة الجيولوجية

1. تدرس الصخور والظواهر والعمليات الجيولوجية التي تحدد اسلوب التعامل مع المنشآت الهندسية (اسلوب بناء المنشآت الهندسية وظروف استثمارها والاحتياطات الواجب اتخاذها لضمان الاستقرار).
2. دراسة التغيرات التي تطرأ على الصخور وطبقاتها والعمليات والظواهر الجيولوجية الناجمة عن اقامة المنشآت المختلفة.
3. دراسة الخصائص الكيمياوية والفيزياوية والميكانيكية للصخور وتحديد صلاحيتها للاستخدامات المختلفة.

عالم الهندسة الجيولوجية

هو الشخص المؤهل بسبب معرفته الخاصة للعلوم الجيولوجية التي حصل عليها من التعليم المهني و الخبرة العملية .

مهام وإعمال المهندس الجيولوجي

1- فحص المواقع والاختبارات الميدانيه وتقييم التضاريس االرضيه للاغراض الجيولوجيه الهندسية

2- دراسة مواقع الانفاق والسدود والمنحدرات الصخريه وحمايه الشواطئ من الناحية الجيولوجية الهندسية

3- تقييم الاثار الناتجة عن مخاطر السيول والفيضانات والزلازل والبراكين والتصحر وايجاد الحلول المناسبه لها.

فروع الهندسة الجيولوجية

. الهندسة الجيولوجية الديناميكية.

2. هندسة التربة.

3. الهندسة الجيولوجية الاقليمية.

وايضاً الهندسة الجيولوجية الفضائية والهندسة الجيولوجية البحرية.

الفصل الثاني: علم المعادن

المعدن: مادة طبيعية تكونت خلال علميات جيولوجية، غير عضوية لها مكونات كيميائية معينة وبناء بلوري محدد وغالباً ما يمثل البناء الداخلي المنتظم شكل البلورة نفسها للمعدن.

الخصائص الفيزيائية للمعادن

تتميز المعادن بعدد من الخصائص الفيزيائية منها:

1. الصلابة.
2. الوزن النوعي.
3. الأنفصال.
4. اللون.
5. لون المخدش.
6. البريق.
7. الشفافية: شبه شفافة او معتمة.

وهناك خواص اخرى: (الاشعاع الذري، المغناطيسية، الكهربائية، درجة حرارة الانصهار).

التصنيف الكيميائي للمعادن

- مجموعة العناصر العضوية: ذهب، ماس، والكبريت.
- مجموعة الكبريتيدات: الاملاح المعدنية التي يتحد فيها الكبريت مع العناصر الاخرى (كالبايرات).
- مجموعة الاكاسيد: (الكوارتز والهمياتايت).
- مجموعة الهاليدات: الهالوجينات مع العناصر الاخرى (الهايلايت والفلورايت).

- مجموعة الفوسفات: تتحد عناصرها مع مجموعة الفوسفات (الاباتايت).
- مجموعة الكربونات: تتحد عناصرها مع مجموعة الكربونات (الكالسايت والولومايت).
- مجموعة الكبريتات: تتحد عناصرها مع مجموعة الكبريتات (الجبس).
- مجموعة السيليكات: تتكون نتيجة اتحاد مجموعة السيليكات مع عنصر او اكثر وتعد السيليكات من اكبر مجموعات الاملاح المعدنية.

نشأة المعادن: تتكون نتيجة العمليات التالية:

- النشاط الناري.
- عمليات الترسيب.
- علميات التحول.

عالم البلورات

علم البلورات: علم يختص بدراسة البلورات من حيث شكلها الظاهري او الخارجي وتركيبها الداخلي والتعرف على الصخور والمعادن التي تحويها وتوجد انواع لهذه البلورات فالصلبة منها توجد في ملح الطعام والسائلة في شاشة البلور السائل.

البلورة: هي جسم صلب تكون فيه الجسيمات المتكونة من الذرات او الجزيئات مصطفة بترتيب منتظم وبنموذج متكرر يمتد في فضاء ثلاث الابعاد.

تتبلور الاملاح والمعادن في اشكال بلورية مختلفة منها:

- نظام بلوري مكعب.
- نظام بلوري رباعي.
- نظام بلوري ثلاثي.
- نظام بلوري ثلاثي الميل.
- نظام بلوري احادي الميل.
- نظام بلوري معيني قائم.
- نظام بلوري سداسي (جرافيت).

توجد المادة الصلبة في واحد من ثلاثة تصنيفات بالنسبة لبنيتها البلورية:

1. بلورة احادية : هي مادة صلبة تتميز بامتداد الشبكة البلورية فيها من اولها الى آخرها مكونة بلورة كبيرة منتظمة.
2. كثير البلورات: مكونة من حبيبات بلورية كثيرة لها احجام مختلفة وعشوائية التوزيع، يمكن عن طريق ضبط عملية التبلور التوصل الى تقليل عشوائية التوزيع بحيث تنتظم البنية البلورية ونحل على ما يسمى بالبلورة الاحادية.
3. مادة لا بلورية: هي مادة صلبة لا تتوزع فيها الذرات توزيعاً منتظماً على نطاق بحيث يكون توزيع الذرات فيها عشوائياً، بمعنى ان توزيع الذرات لا يتبع اي نظام من الانظمة البلورية.

الفصل الثالث: اصل المواد الصخريه وطبيعتها

عند تصميم أي منشأ هندسي يتطلب معرفة امور كثيرة منها:

1. مقاومة القوى الخارجية المسلطة على المنشآت.
2. الاجهادات الناتجة عن القوى.
3. 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

1. الغلاف الجوي.
2. الغلاف المائي.
3. الغلاف اليابس وجوف الارض.
4. الغلاف الحيوي.

- **الغلاف الجوي:**

يتكون من غازات (كالأوكسجين والنتروجين وثنائي اوكسيد الكاربون وغيرها) وابخرة ماء، ولهذا الغلاف اهمية لما له من تأثير على الارض إضافة الى عمل الرياح والامطار والثلوج وما يدخل في نطاقها.

- **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 11800م).

- **الغلاف الصخري:**

1. **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).

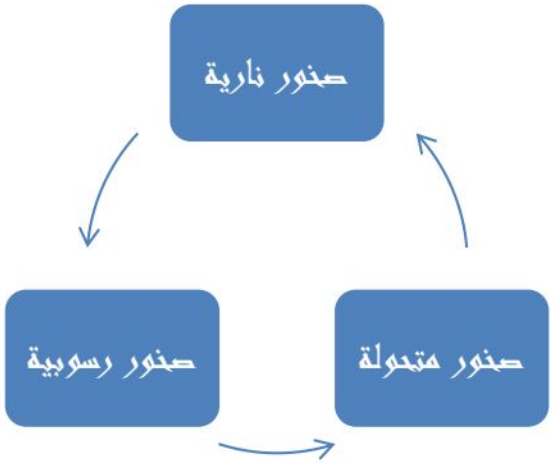
2. **الطبقة الوسطى او وشاح الارض (Mantle)**: تتالف من صخور تشبه صخور البريدوتايت الداكنة والغنية بالحديد والمغنيسيوم وسمكها يقدر بـ 2900 كم.

3. **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 90% حديد و 10% نيكل.
- الغلاف الحيوي: يضم جميع انواع الحياة من النباتات والحيوانات والبكتريا التي تعيش في الجو او المياه بمتخلف انواعها.

الدورة الجيوكيميائيه للصخور



معظم المناطق السهلية او شبه المستوية تقع تحتها طبقات من الصخور الرسوبية تكاد تكون شبه افقية او مائلة.

احياناً تخترق الطبقات الرسوبية كتل او عروق من الصخور النارية.

- في حالة المناطق الجبلية وخاصة تلك التي تعرضت الى تشويهات كبيرة سوف يظهر فيها او بالقرب من جذورها الصخور المتحولة او النارية.
- البراكين النشطة او حديثة التكوين فأنها تنتشر على هيئة حزام يعم الأرض في مناطق معينة.
- ان 80% من سطح الارض مغطى بالرواسب، ولا تشكل الصخور النارية والمتحولة الموجودة فوق سطح الارض سوى 20% من مجموع الصخور الظاهرة فوق سطح الارض.
- لا يتعدى سمك الغطاء الرسوبي الرقيق على 1 كم، بينما تشكل الصخور النارية اكثر من 95% من مجموع الصخور المكونة للقشرة الارضية، وعادة نواة القارات تتكون من الصخور النارية والمتحولة.

الصخور الناريه

قسمت الفعاليات النارية الى قسمين هما:

1. **النشاطات الجوفية**: الصخور الناتجة عن تصلب الصهير في باطن الارض بالصخور النارية الجوفية.
2. **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:

1. كبير البلورات (القطر اكبر من 3 سم).
2. خشن البلورات (القطر اكبر من 5 ملم وترى بالعين المجردة).
3. متوسط الحجم (الحجم 1-5 ملم وترى بعدسة مكبرة او العين المجردة).
4. دقيق البلورات (اقل من 1 ملم لا ترى إلا بالمجهر).

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

العوامل المؤثرة على النسيج:

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

2. التبريد السريع والتركيب الكيميائي للمنصهرة والوقت غير الكافي ينشأ عنها بلورات دقيقة الحجم.
3. 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)

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

الإشكال البنائية للصخور النارية والجوفية

1. **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.
2. **اللاكوليث**: كتل من الصخور النارية تشبه العدسات او المظلة ولها امتداد يتراوح بين بضعة امتار الى كيلومترات.

---

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

3. **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).
4. **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

اولاً/ مجموعة الصخور النارية الفاتحة اللون (الحامضية): **(كرا- فلس- رايو)**

1. الكرانيت: تتكون من معدن الفلدسبار ومعدن الكوارتز، لونه فاتح ونسيجه خشن البلورات تتراوح بين الكبيرة الحجم والمتوسطة.(نسيجه خشن البلورات)
2. الفلسايت: صخر بركاني بلوراته صغيره الحجم، تركيبه الكيميائي يشبه الكرانيت لونه يتراوح بين الفاتح والانتقالي اللون. (بركاني- بلوراته صغيرة الحجم)
3. 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): (دايو- بور- أن)

1. 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.
2. 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)
3. 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:

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

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

- القنابل البركانية (تتراوح اقطارها بين 3-3,3 سم وقد تتعدى 5 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.
- التكوريا: هي صخور نارية غنية بالحديد والمغنيسيوم تتخللها فجوات وتعرف ايضاً بصخور الجفاء

3. **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. (سيال)

فوائد البراكين:

1. بناء الاراضي الناشئة عن هذه البراكين (الجزر البحرية).
2. الاتربة والمعادن التي تصبح فيما بعد أسمدة (تزيد من خصوبة التربة).
3. بعض نواتجها من الغازات والابخرة والحوامض الكيميائية مفيدة (مثل حامض HCl).

الطاقة الحرارية الارضية (تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية).

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[2]) او تترسب على القارات (رواسب قارية[3]).

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

العوامل الفيزيائية تشمل:

1. كثافة الوسط الترسيبي.
2. العمق.
3. شدة التيار المائي وسرعته.

العوامل الكيميائية تشمل:

1. درجة الملوحة.
2. الاختزال.
3. الاكسدة.
4. درجة الحموضة القاعدية.

([2]) تترسب في مناطق الشاطئ او مناطق المد والحزر او المياه الضحلة التي تمتد حوالي 200م، 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.

([3]) 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.

5. درجة الحرارة.

6. ضغط الوسط الترسيبي.

العوامل الحيوية تشمل الكائنات الحية سواء الحيوانية او النباتية.

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

أنواع البيئات الترسيبية:

أولاً: البيئة البحرية:

1. الأغوار. 2. الحافات العميقة. 3. المياه الضحلة.

ثانياً: البيئة الانتقالية:

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

2. 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:

1. التماسك والتجفيف. 2. التلاحم. 3. اعادة البلورة والاحلال.

تقسم الصخور الرسوبية الى:

1. **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).

2. **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).

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

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.

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

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.

متى يحدث التحول؟

يحدث 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.

س/ ما هي أسس تصنيف الصخور المتحولة؟

1. 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.

2. 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.

3. 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.

الفصل الرابع: الخواص الفيزيائيه والميكانيكيه للصخور

الخواص الفيزيائيه للصخور

- **الخواص الفيزيائية للصخور:**

1. *المسامية (Porosity):* هي نسبة حجم الفراغات في عينة ما الى حجم العينة الكلي، وتعتمد على:

أ- شكل الحبيبات المعدنية المؤلفة للصخر.

ب- تدرج احجامها.

ت- كيفية ترتيبها ورصها.

ث- درجة الانضغاط وصلابة هذا الصخر واحتوائها على حبيبات مختلفة الحجوم[4].

- **طريقة حساب المسامية:**

أ- توزن عينة من الصخر وهي جافة بعد وضعها في فرن في درجة حرارة 105^{o} لمدة 24 ساعة وليكن وزنها w_1 وهذا يعني وزن المادة الصلبة في العينة.

ب- توزن العينة بعد غمرها في الماء لمدة 48 ساعة [حيث تملأ الفجوات بالماء] وليكن وزنها w_2، وان حجم الفجوات يتحدد بعد طرح وزن العينة الجافة من وزن العينة المغمورة بالماء وهي في حالة التشبع اي [w_2-w_1].

---

[4] حيث ان الاجزاء الصغيرة سوف تحتل الفراغات بين الحبيبات الكبيرة وبذلك تقل المسامية وقد تزداد المسامية بوجود الشقوق الدقيقة او الفواصل. حيث إن المسامية الصخرية مقياس لقابلية خزنها للسوائل.

ت- يعاد وزن العينة المشبعة بالماء وهي مغمورة بكاملها تحت سطح الماء وليكن الوزن w_3 وهذا يعني وزن الماء المزاح الذي يساوي الحجم الكلي للعينة [w_2 - w_3].

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفجوات في العينة}}{\text{الحجم الكلي للعينة}} \times 100$$

$$Porosity = \frac{w_2 - w_1}{w_2 - w_3} \times 100\%$$

2. *محتوى الرطوبة (Moisture Content)*: وهي عبارة عن النسبة بين وزن الماء الموجود داخل الفجوات المتواجدة في العينة الى وزن المادة الصلبة الجافة من العينة.

وتحدد مختبرياً بأن توزن العينة وهي جافة وليكن وزنها [w_1]، ثم تغمر هذه العينة في الماء لمدة معينة وفي درجة حرارة معينة ثم يحدد وزنها وليكن [w_2]، ويمكن حسابها كما يلي:

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100$$

اما درجة التشبع تعرف بأنها النسبة بين حجم الماء الممتص فعلاً والحجم الكي للعينة، وتختلف من صخرة الى اخرى.

3. *الوزن النوعي (Specific Gravity)*: هو وزن حجم معين من المادة الصخرية الى وزن نفس الحجم من الماء، وعادة يكون خالياً من الوحدات، ويقسم الى نوعين:

أ- الوزن النوعي الظاهري: يتحدد بوزن عينة من الصخر وهي جافة ولتكن [W_1] ثم وزن العينة وهي مشبعة بالماء ولتكن [W_2] ومن ثم توزن وهي مغمورة كلها في الماء ولتكن [W_3]، ويمكن حسابها كما يلي:

$$\text{الوزن النوعي الظاهري} = \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن العينة وهي مشبعة} - \text{وزن العينة وهي مغمورة بالماء}}$$

$$= \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن الماء المزاح}}$$

$$= \frac{W_1}{W_3 - W_2}$$

ب- الوزن النوعي الحقيقي: هو النسبة بين وزن حجم معين من المواد الصلبة الى وزن نفس الحجم المساوي له من الماء (أي: وزن الماء المزاح)، ويمكن حسابه كالآتي:

وزن الماء الذي يكون حجمه مساوياً للحجم الكلي للعينة [W_3-W_2].

وزن الماء في الفجوات فقط يكون حجمه مساوياً لحجم الفجوات الذي يساوي [W] ولكن:

$$w = w_2 - w_1 \; and \; by \; substituting \; from \; [w] \; will \; get:$$

نحصل على وزن الماء بالحجم المساوي للمواد الصلبة $= w_2 - w_3 - w_2)$ $+ w_1)$ والذي ويساوي ايضاً $[w_3 - w_1]$.

$$\text{الوزن النوعي الحقيقي} = \frac{w_1}{w_3 - w_1}$$

$$\text{الوزن النوعي الحقيقي} = \frac{\text{وزن العينة وهي جافة}}{\text{وزن العينة وهي جافة} - \text{وزن العينة وهي مغمورة بالماء}}$$

4. *الكثافة (Density)*: هي وزن وحدة حجم معين من المادة المعدنية الصلبة المكونة للصخر ولكن يجب ملاحظة ما يلي:

أ- **كثافة حبيبات المادة الصلبة** d_{solid} (وزن مجاميع المعادن في وحدة حجم معين من المادة الصلبة).

ب- **الكثافة الجافة** d_{dry} (وزن مجاميع المعادن في وحدة من الحجم الكلي أي المادة الصلبة والفجوات عندما تكون خالية من الماء).

ت- **الكثافة المشبعة** $d_{saturated}$ (وزن مجاميع وكذلك الماء الموجود في الفجوات لوحدة الحجم، أي المادة الصلبة والفجوات ممتلئة بالماء).

5. *الكثافة الكلية (Bulk Density)*: وهي وزن مجاميع المعادن مع الماء الموجود في الفجوات في وحدة الحجم اي المادة الصلبة والفجوات ممتلئة كلياً بالماء.

حيث يقل الوزن عمّا هي عليه في حالة الوزن في الهواء بمقدار دفع الماء للعينة عند غمرها فيه، **ولنأخذ مثالاً على ذلك:**

نفترض ان لدينا عينة وزنها الجاف 2.44 غم / سم^3، وإن حجم المسامات 50%، فإن دفع الماء يعادل وزن الماء الذي يزيحهُ 50% من حجم العينة.

وان حجم المواد الصلبة في العينة = 50/100 × 1 سم^3 = 0.5 سم^3.

مقدار الدفع للعينة = 0.5 سم^3 × 1 غم/ سم^3 = 0.5 غم.

الوزن المغمور = 2.44 غم – 0.5 = 1.94 غم.

6. *النفاذية (Permeability)*: وهي قابلية الصخور على مرور السوائل من خلال فجواته المتصلة بعضها مع البعض الآخر، وتتوقف النفاذية على:

- حجم المسامات.
- كيفية اتصالها.
- درجة لزوجة السوائل ودرجة الحرارة.

وجريان الماء يحدث عند توفر فرق ضغط مائي (h)، وعندما ينساب الماء خلال نموذج صخري طوله (L) فان الانحدار الهيدروليكي (او الميل) يساوي فرق علو الضغط المائي (h) مقسوماً على طول المسار للعينة (L) اي بمعنى آخر الانحدار الهيدروليكي:

$$\frac{h}{L} = I$$

ولقد تمكن العالم دارسي من حساب سرعة المياه الجوفية حيث وجد انها تتناسب تناسباً طردياً مع معامل النفاذية والانحدار الهيدروليكي، وان معامل النفاذية هذا عبارة عن مقدار ثابت يعتمد على طبيعة الصخور وخواص السائل المار فيه.

7. *متانة الصخور (Durability):* بعض الصخور تتأثر عند تعرضها للجو[5] مما يؤدي الى تلف التراكيب الصخرية غير المتينة. وهذه يمكن تقديرها اثناء مشاهدة مكاشف الصخور بجوار المقالع وبعض هذه الصخور تتأثر بفعل الانجماد اثناء فترة البرد او قد تؤدي الى فقدان اواصرها من جراء تفكك المادة اللاحمة.

---

(5) على سبيل المثال معدن البايرات عند تعرضه للعوامل الجوية كالامطار او الاوكسجين فانها تؤدي الى اكسدته او احداث تغييرات كيميائية به.

- **الخواص الميكانيكية للصخور**: وهذا يعني كيفية تشوه او انهيار المواد تحت تأثير القوى المسلطة عليها.

مفاهيم خاصة بالخواص الميكانيكية:

- الاجهاد: هو القوة مقسومة على وحدة المساحة.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- **الانفعال**: هو التغير الحاصل على الجسم سواء في الحجم او الشكل او الطول او الزوايا وينتج من تأثير الاجهاد ويرمز له بالرمز ϵ.
- **التشويه**: هو مقدار الزيادة او النقصان في حجم او طول او الزوايا للجسم ويرمز له (d).
- **المادة المرنة تماماً:** وهي المادة التي يزول عنها كل الانفعال الناتج عن اجهاد معين عند زوال الاجهاد المسلط عليها.
- **المادة اللدنة**: وهي المادة التي لا يزول عنها الانفعال حتى بعد رفع الاجهاد عنها.
- **المادة المطاوعة**: وهي المادة التي يمكن سحبها بواسطة الشد الى مقطع اخر اصغر من مقطعها الاصلي.
- **المادة الهشة:** هي المادة التي تنقصها المطاوعة وتتفتت وتتكسر عند تعرضها للاجهادات التي تفوق قوة تحملها.

- **نقطة الخضوع**: وهي النقطة التي تظهر عندها علامة تشويه غير قابلة للزوال.
- **نقطة الزحف:** هي النقطة التي تظهر عندها أولى علامات الانتفاخ المستعرض وغير قابلة للزوال[6].

بالنسبة للمادة المرنة يمكن ربط العلاقة بين مقدار الانفعال والاجهاد بواسطة معامل يونك [معامل المرونة]، الذي يرمز له بالحرف E وهو عبارة عن:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

اما نسبة بويزون والـتي تمثل النسبة بين مقدار الانفعال [التشويه المستعرض مقسوماً على الانفعال في الاتجاه المحوري [التشويه الطولي] فيرمز له بالمرمز γ.

في التشوه المرن الانفعال يتناسب طردياً مع الاجهاد المسلط وهذا يعني زوال التشويه بعد رفع الاجهاد. والنقطة A تعرف بأعلى حد للمادة المرنة تماماً.

---

(6) عندما تتعرض المادة الصخرية الى اجهادات لفترات طويلة من الزمن يحدث ما يسمى بالزحف او الانفعال الذي يعتمد بدوره على الزمن الذي يشمل نوعاً من انواع الجريان.

الفصل الخامس: الاصل الجيولوجي للتربه وخواصها الهندسيه

التجويه

تعني التأثير الحاصل على او من مجموعه العمليات التي تحدث بفعل العوامل الجوية التي تؤدي الى تحلل وتفت الصخور الصلبه مما ينشأ عنها معادن جديدة ولكنها تبقى في محلها دون ان تنتقل

التعريه

وهي الاثر الذي تعمله العوامل الجويه في الصخور مما ينتج عنها تحويل الصخور الى مواد مفتته او متحلله ولكنها قد تكرر لعدة مرات على سطح الصخور القديمه او الجديده ومن ثم تنقل هذه المواد المفتته عاده بفعل عوامل النقل كالرياح او المياه الجاريه كالسيول والانهار ولابد ان تنتهي سرعه هذه العوامل لسبب ما فتقوم بترسيب هذه المواد المفتته والذائبه في المنخفضات البريه او البحريه فتؤدي الى نشوء رواسب او تربه

بيئة التجويه

وتشمل الضغط والحراره وانواع المحاليل وطبيعه الغازات المتوفره والمتحرره والضغط هنا يثمثل بالضغط الجوي والحرارة هي درجة حراره الجو والتي تتراوح بين (الصفر – 50 درجه مئويه)

اما المحاليل فتشمل مياه الامطار والغازات المتوفرة والمتحرره كالاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والنتروجين

التربة

تعرف على انها الرواسب او المجموعات غير المتماسكه من المفتتات الصخريه التي تكونت بفعل عوامل التجويه والتعريه المختلفه

حيث تتكون من ثلاثه مكونات وهي المكونات الصلبه وتشمل الرمل والطمى والطين وبعض الجزيئات الصخريه الاخرى والمكونات المائعه الغازيه وتشمل المواد والمحاليل الايونيه الناتجه عن اذابة الاملاح فيها اضافة الى الغازات الذائبه كالاوكسجين وثاني اكسيد الكاربون واخيرا المكونات العضويه والناشئه من البقايا النباتيه والحيوانيه والبكتريا وفي بعض الحالات يتواجد فيها عناصر كالفسفور والكبريت ..... الخ.

- **تعريف الصلصال واهم انواع المعادن الصلصاليه**

في الاستخدامات الهندسية يعني مصطلح الصلصال (clay) بانه تلك المادة اللدنة غير العضوية والمؤلفه من جزيئات قطرها اقل من 002. ملم ي ين من الناحية المعدنيه يعني تلك المادة البلورية الدقيقه الحجم والمتكونة من سيليكات الالمنيوم المائيه

اهم مجاميع المعادن الصلصاليه

1- مجموعه الاليت

2- مجموعة المونتموريلونايت

3- مجموعه الكاؤلينات

اهم صفات المعادن الصلصاليه

تختلف المعادن فيما بينها من حيث التركيب وحجم الحبيبات وسعه التبادل الايوني وحد السيوله وحد اللدونة والنفاذية وقابليه الانضغاط والهبوط ونظرا لاهمية دراسة التربة الصلصاليه من الناحية الهندسية سوف يتم شرح بعض الصفات المهمة :

1- حجم الحبيبات

2- الانتفاخ

3- النفاذيه

4- التصلب

تربه العراق

تختلف التربه في العراق من مكان الى اخر سواء من الناحية الجيولوجية او من الناحية الهندسيةز ويرجع السبب الى طريقة تكوينها والعلاقه الوراثيه بين مكونات التربه الاصليه وصخور الاساس يضاف الى ذلك عوامل نقل التربه والتأثيرات

المناخيه من منطقه الى اخربز هذا بالاضافه الى تأثير التضاريس الارضيه والغطاء النباتي ، يمكن تقسيم تربه العراق الى :

1- تربه المناطق الجبليه والمرتفعات في الشمال- الجزيره

2- تربه السهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق

3- تربه المناطق الصحراويه

الفصل السادس

جيولوجيا الانهار

قبل البدء في مناقشة هذا الموضوع ، يجب التعرف على ميكانكيه الانهار المتمثله في علاقات الطاقه والسرعه والانحدار وغيرها

1- سرعه النهر هي المسافه التي تقطعها مياه الانهار في وحدة الزمن وتعتمد السرعه بدورها على شكل القناه ودرجة خشونة القاع.

2- انحدار النهر ويعرف الميل الذي يجري فيه االنهر بالانحدار ويقاس بالسنتمترات او الامتار الراسيه لكل مسافه كيلومتر افقي وتكون انحدارات الانهار شديدة بالقرب من منابعها في حين تقل باتجاه المصب.

3- مساحة مقطع النهر : وتمثل حاصل ضرب معدل العمق * عرض النهر

4- تصريف النهر وهو عباره عن حجم الماء المار خلال مقطع قناه النهر في وحدة الزمن

الانـهار والتعريه

وتعني ازاله المواد الناتجة ونقلها في مسار النهر بطريقه ميكانيكيه او كيميائيه حيث تقوم الانـهار باذابه المعادن االقابله للذوبان في مياهها

النقل في الانـهار

تفسم الطريقة الحمل والنقل لهذه المواد بواسطه النهر الى ثلاثه اقسام هي :

- حمل النهر عند القعرويعرف بتلك البقايا من المواد الصخريه والمفتتات التي يقوم النهر بنقلها اما بالانزلاق او الدحرجة في قاع النهر.
- الحمل المعلق كما هو معروف فان الجزيئات الصلبه تسقط في المياه الهادئه تبعا لاقطارها واوزانها النوعيه. فعلى سبيل المثال ان جزئ الصلصال يحتاج لكي يستقر في المياه الهادئه بسرعه تقدر ب 0.00023 سم / ثانيه ولكي يستطيع النهر نقل هذه الجزيئات سوف يحتاج الى قوة تتغلب على محاوله هذا الجزئ للسقوط والاستقارار بفعل الجاذبيه.
- الحمل الذائب بالرغم من صعوبة رؤيه مثل هذا النوع من الاحمال المنقولة بواسطه النهر على هيئة محاليل ذائبه وقد تصل كميه هذا النوع من الحمل اكثر مما عليه في حالة الرواسب الصلبه

الترسيب في الانـهار

عندما تحصل اي تغييرات هامه في ميل النهر او عمقه او قله او نقصان في سرعه مياه النهر يقوم النهر بترسيب جزء من احماله و جميعها ومن اهم اشكال الترسيباتهي الرواسب النهريه وغيرها واهم هذه الترسيبات

1- الترسيبات النهريه المروحيه

تنشأ عندما يقل انحدار النهر فجأه حيث تظهر هذه الترسيبات على هيئة مخاريط قمتها الى الاعلى

2- الشرفات النهريه

عندما تجري الانهار في وديان ذات قيعان مستويه وعريضه نجدها تقوم بترسيب احمالها فوق ضفافها وخصوصا في مواسم الفيضانات

3- السهول الفيضانيه

تتكون اثناء مواسم الفيضانات عند المصبات او على جانبي الوادي وتتكون من الرمال الناعمه والطمى

4- الترسبات في القنات النهريه

تتم نتيجة لتضاؤل سرعه النهر او قله ميله او وجود بعض العوائق الطبيعيه لذلك نجدها تتركز بين الانحناءات النهريه

5- الالتواءات النهريه

عندما يكون النهر في مرحله النضوج نجده يسير في مجار غير مستقيمه

6- الترسبات الدلتاويه

الدلتا عباره عن ترسبات تنشأ في مصبات الانهاروخصوصا عندما يلقي النهر بحمولته في بحر او بحير هادئه

الفصل السابع: جيولوجيا المياه التحت السطحيه

يحصل الانسان على احتياجاته المائيه من مصدرين هما المياه السطحيه والمياه الارضيه ولقد نشأ في القديم اعتقاد بان المياه السطحيه تشكل المورد الرئيسي لاحتياجات العالم ولكن في الواقع فان اقل من 3% من المياه العذبه المتاحة على الارض توجد في النهار والبحيرات واجزء الاكبر 97% فانه يوجد في باطن الارض

المياه الجوفيه

هي عباره عن مياه موجودة في مسام الصخور الرسوبيه تكونت عبر ازمنه مختلفه تكون حديثه او قديمه مصدر هذهع المياه غالبا الامطار او الانهار الدائمه او الموسميه وتتسرب المياه من سطح الارض الى داخلها فيما يعرف بالتغذيه

اصل ومصادر المياه التحت السطحيه

تقسم المياه الجوفيه الى :

اولا : المياه الموجوده في الفراغات بين الصخور او الترب والتي يكون مصدرها المياه الجوفيه كالامطار والثلوج

1- المياه المتشربه

2- المياه المقرونه او مياه الترسيب

ثانيا : المياه الداخلية – العميقه

1- مياه اوليه ناتج من اتحاد الهيدروجين بالاوكسجين

2- المياه الناتجة من التفاعلات الكيميائيه

3- مياه الصهارى

التراكيب الجيولوجيه التي تفرض على المستوى المائي اوضاعا معينه

1- وجود طبقه منفذه فوق طبقه افقيه غير منفذه وهنا تحتجز المياه فوق الطبقه غير المنفذه ويتخذ المستوى المائي شكلا يتبع الطوبغرافيه كما في الشكل

2- وجود طبقه منفذه تتخللها طبقات غير منفذه حيث يكون لكل طبقه غير منفذه مستوى مائي معزول خاص بها واعماقها مختلفه كما في الشكل

3- وجود طبقه مائله من الصخور غير منفذه حيث تقوم الطبقه المائله

4- وجود تركيب حوضي وفي هذه الحالة يتكون مستوى مائي على الجانبين بين الطبقات غير المنفذه والمستويات المائيه المعزولة غير مرتبطه يالمستوى المائي العام

الفصل الثامن: الجيولوجيا التركيبيه وفهم الخرائط الجيولوجيه

الخرائط الطبوغرافيه

وهي تلك الخرائط التي تظهر عليها الرسم الافقي لاجزاء مختلفه المناسيب من سطح الارض او ايه اشكال طبيعيه مجسمه على هيئة مستويات افقيه مرسومة وفق مقياس رسم معينوعادة تستعمل هذه الخرائط الطبوغرافيه لتسهيل مهمة الجيولوجي او المهندس وذلك باستخدامها كلوحة اساس لتوقيع النتائج والمشاهدات الجيولوجيه على هذه الخرائط

مظاهر الطبقات الجيولوجيه

تظهر الطبقات الجيولوجيه في ثلاث حالات ، اما افقيه او مائله او راسيه.

اولا : حاله الطبقات الافقيه

عند ظهور بعض اسطح الانفصال للطبقات الموجودة في المنطقه وبمعرفه سمك هذه الطبقات في تلك المنطقه وكذلك معرفه مناسيبها فان من الممكن استكمال تحديد بقيه مظاهر .جميع الطبقات في المناطق الاخرى في الخريطه

ثانيا في حاله الطبقات المائله

ان الطبقات الجيولوجيه قد تظهر مائله وهي الشائعه حيث يميل السطحان الفاصلان للطبقه عن الوضع الافقي بزاويه اكبر من الصفر واقل من 90

الفوالق

عباره عن تشققات وتصدعات في الصخور تصحبها حركه وازاحة هذه الصخور او الطبقات الصخريه وقد تتحرك هذه الطبقات في احد جوانب الفالق عشرات او مئات الامتار نسبه الى الطبقات الصخريه المتواجدة على الجانب الاخر وقد ظهر ان بعض الفوالق تسبب في حركه الصخور افقيا لمسافه تقدر بعدة كيلومترات وان هذه الفوالق تتكون من سطوح مستويه قد تكون راسيه او مائله تنزلق عليها هذه الصخور.

عدم التوافق

يحدث عدم التوافق للطبقات الجيولوجيه عندما لاتترسب الطبقات حسب نظام متسلسل ومستمر بل تتخللها فترات لايحدث فيها ترسيب وقد يصل انقطاع هذا الترسيب الى ملايين السنين وهذا يعني بان السطح العلوي لمجموعه الطبقات التي تكونت قبل توقف الترسيب في هذه الفتره الزمنيه قد تعرضت الى عوامل تعريه او حركات ارضيه.

الثنيات

وهي عباره عن التواءات او انحناءات في الطبقه الصخريه وتنشأ نتيجه لقوى ضغوط جانبيه افقيه بطيئه تؤدي الى انثناء الطبقات حيث تعتمد على مقاومة المادة الصخريه والغطاء الصخري فوق هذه الطبقات من مواد اخرى.