المحاضرة الأولى

علم الأرض geology

علم الأرض يبحث هذه العلم في تكوين الأرض وتركيبيها وتاريخها وحياة نباتاتها وحيواناتها القديمة. وكلمة جيولوجيا "geology " كغيرها من اغلب الكلمات العلمية مشتقة في الأصل من اللغة اليونانية وهي من مقطعين الأول (الأرض=Geo) والثاني (علم=logos).

وقد تطور هذا العلم فأصبح يضم إضافة إلى دراسة الأرض دراسة بعض الكواكب الأخرى كالمريخ والزهرة والقمر ومقارنة بعضها ببعض.

معظم المختصين بدراسة الجيولوجيا يقسمون هذا العلم إلى قسمين اعتماداً على طبيعة المواد التي يحتويها وهي:

القسم الأول:- الجيويوجيا الطبيعية أو الفيزيائية

يعني بدراسة طبيعية وخواص وتوزيع المواد المكونة للأرض والطريقة التي تكونت بها تلك المواد وأسلوب تغايرها ونقلها وتشمل كذلك دراسة تكون سطح الأرض والعوامل المؤثرة فيه.

القسم الثاني:- الجيولوجيا التاريخية

يعني بدراسة التغايرات التي حدثت على سطح الأرض من ناحية توزيع المياه ومناطق اليابسة منذ أول نشوء الأرض قبل ما يقارب من 4.6 بليون سنة ولحد الآن ودراسة علاقة الأرض بالمجموعة الشمسية والكون وكما يعني هذا القسم بدراسة آثار وبقايا الحياة القديمة على الأرض منذ نشأة الحياة عليها قبل حوالي بليوني سنة والى الوقت الحاضر.

علاقة الجيولوجيا بالعلوم الأخرى

مع إن الجيولوجيا هو علم مستقل بذاته إلا إن فروعه المتعددة تعتمد على احد العلوم التالية أو بعضها وهي: الكيمياء ، الفيزياء ، الراضيات والإحصاء ، علوم الحياة ، الفلك ، كما إن له علاقة وثيقة بالعلوم التالية : الجغرافية ، الاقتصاد ، علم الإنسان Anthropology.

فلدراسة الأرض علينا إن ندرس طريقة نشوئها وموضعها بالنسبة للمجموعة الشمسية والكون بصورة عامة وهي دراسات لها علاقة بعلم الفلك.

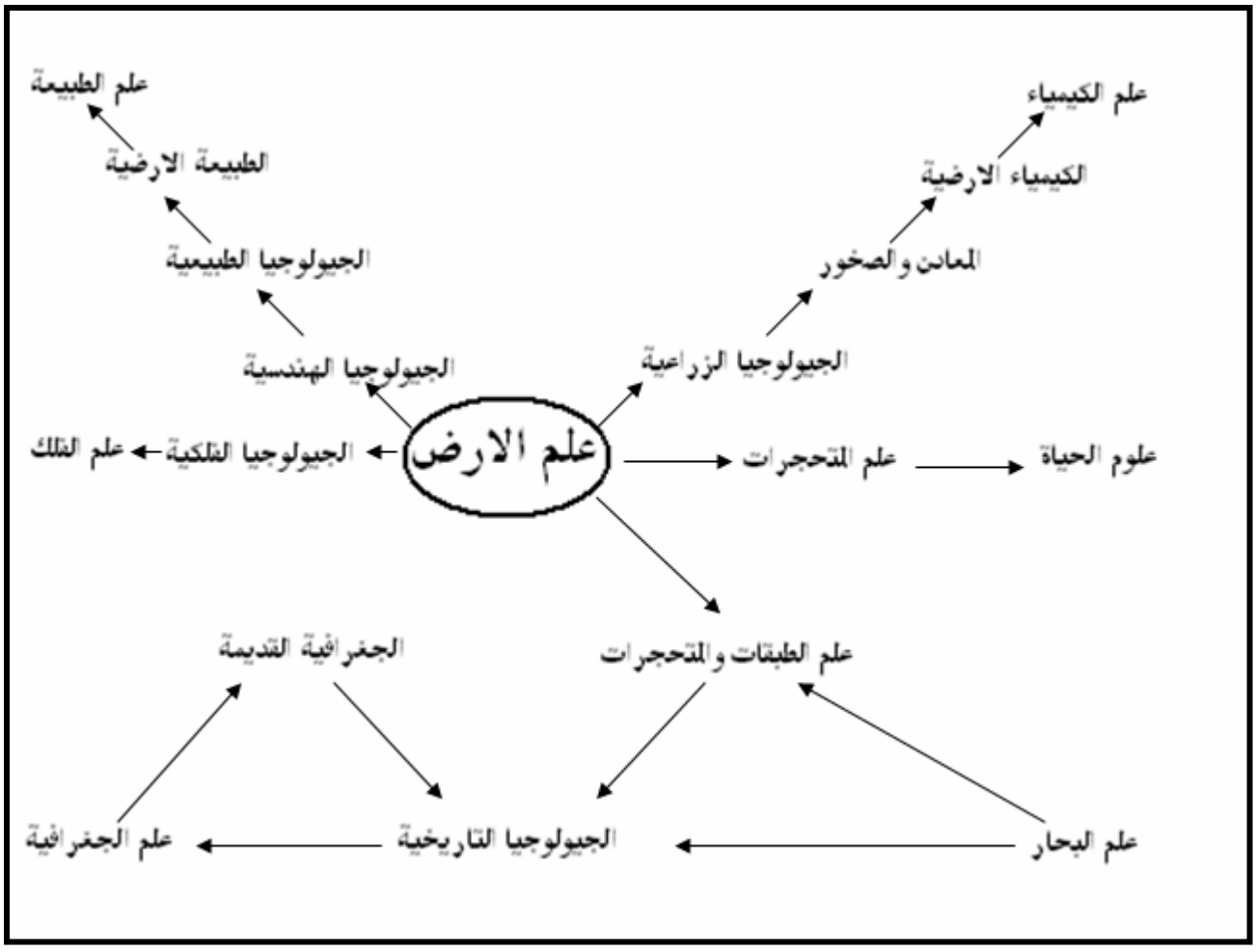
كما إننا من اجل إن نتفهم خواص وطبيعة المواد المكونة لها علينا إن نلم بعلوم الفيزياء والكيمياء، كما إن علوم الحياة ضرورية بدراستنا لتفهم تطور الإحياء من حيوانات ونباتات على سطح الأرض والمحفوظة أدلتها في الصخور.

أما علم الجغرافيا الذي يعد من العلوم المقاربة لبعض فروع علم الجيولوجي فهو من العلوم الضرورية في دراستنا لتوزيع المناطق الجغرافية وأثرها في كأفة العوامل الجيولوجية وطبيعة الحياة في كل منطقة جغرافية خاصة.

وعلم الجغرافيا يختلف عن الجيولوحيا بأنه وصف لسطح الأرض ودراسة لمناطق المياه والرياح وحركتها وتوزيع الحياة في الفترة الحاضرة على خلاف علم الأرض كما انه من هذه الناحية يعني بطرق تكون التضاريس ومناطق المياه والتغايرات التي طرأت على سطح الأرض ومناطق مياهها خلال الأعمار الجيولوجية المختلفة حتى وقتنا الحاضر.

وللجيولوجيا أهمية كبرى من الناحية الاقتصادية لأن علماءها وعلماء الاقتصاد يشتركون في دراسة مصادر الثروات الطبيعية كالفحم والنفط والغاز الطبيعي والمعادن الأخرى كل من وجهة نظر خاصة ثم رسم السياسة الاقتصادية العامة للبلد.

لقد توسعت فروع هذا العلم نتيجة للتقدم التكنولوجي وتطورت أهمية بازدياد حاجة الإنسان المستمرة إلى المصادر الطبيعية وخاصة مصادر الطاقة والمياه فأصبح الآن احد العلوم الرئيسة في حياة الإنسان.



شكل (1) يبين أهم فروع علم الأرض وعلاقتها بالعلوم الأخرى

أهم فروع علم الأرض

١- الجيوكيمياء أو كيمياء الأرض Geochemistry

ونعني هذا الفرع بدراسة الخواص الكيماوية للمعادن والصخور المكونة للأرض وكذلك التأثيرات الكيمياوية للمياه والغلاف الجوي والقوانين الكيماوية التي تتحكم في المادة وتأثيراتها الجيولوجية.

٢- الجيوفيزياء أو فيزياء الأرض geophysics

وهو تطبيق مبادئ علم الفيزياء في دراسة الأرض أي بالامكان اعتباره جزءاً من الفيزياء التجريبية على الأرض وغلافها الجوي والمائي. ومن الأمثلة على هذه الدراسة هي فرع المغناطيسية الأرضية Geomagnetic والذي يهتم بدراسة مناطق تغير المغناطيسية في الأرض وكذلك فرع الزلازل seismic والذي يعتمد على قياس سرعة انتقال الموجات وتغرها كأساس في دراسة خواص وطبيعة المواد في باطن الأرض.

٣- علم المعادن Mineralogy

هو دراسة طرق تكون المعادن في الطبيعة وتركيبها وخصائصها الكيميائية والطبيعية وتصنيفها وطرق وجودها وفوائدها.

٤- علم البلورات Crystallography

علم دراسة التنظيم الذري الداخلي لبلورات المعادن وكذلك بلورات المواد غير المعدنية وبالإمكان اعتباره جزءاً من علم المعادن ايضاً.

٥- علم المحيطات Oceanography

وتشمل الربط بين جميع الدراسات المتعلقة بالبحار والمحيطات دراسة حدودها وتضاريس قيعانها ودراسة فيزياء وكيمياء مياه البحر وأنواع تيارات وأحياء المحيطات.

٦- علم الاحافير paleontology

عمل دراسة الإحياء القديمة في مختلف العصور الجيولوجية وتطورها بالاعتماد على بقاياها أو آثارها في الصخور وهو يشمل دراسة البيئة القديمة (paleoecology) والمناخ القديم (paleoclimatology) ويقسم هذا العلم إلى قسمين رئيسيين هما علم الاحافير النباتية (paleobotany) ومختص بالنباتات وعلم الاحافير الحيوانية (paleozoolgy) ويختص بالحيوانات.

٧- علم الصخور Petrology

هي الدراسة المنظمة للصخور من حيث منشؤها وحالتها الحاضرة وتغايرها وتفتتها ويضم هذا العلم فرعاً يختص بمنشأ الصخور يطلق عليه علم نشأة الصخور (Petrogenesis) وفرعاً آخر يطلق علية وصف الصخور (Petrography).

٨- علم الطبقات Stratigraphy

ويشمل دراسة تكوين وتركيب وتعاقب ومقارنة الصخور المطبقة التي تكون على شكل طبقات والتي تكون اجزاءاً من القشرة الأرضية.

٩- الجيولوجيا التركيبة Structural geology

وهي دراسة موضع الصخور في القشرة الأرضية الواحدة بالنسبة للأخرى والتوزيع الجغرافي لمظاهرها مع أسباب تكون تلك المظاهر والتراكيب.

١٠- جيولوجية المثالج Glacial geology

دراسة المظاهر السطحية التي تنتج بفعل تعرية المثالج وترسباتها مقارنة بعلم جيولوجية المثالج Glaciology والذي يختص بدراسة أشكال وفيزياء ونظام المثالج.

١١- علم الرسوبيات Sedimentlolgy

علم دراسة العوامل المسببة لتكوين الصخور الرسوبية بضمها منشأ الصخور ونقلها وترسب المواد المكونة لها وتغايرها أثناء ترسبها وبعده حين تصلبها.

١٢- علم البراكين Volcanology

يعنى هذا الفرع بدراسة كافة المظاهر البركانية.

١٣- الجيولوجيا الزراعية Agrogeology or Agricultural Geology

يختص هذا الفرع بدراسة التربة وخاصة استنزافها وتعريتها.

١٤- الجيولوجيا الهندسية Engineering Geology

هو استخدام المعلومات الجيولوجية للأغراض الهندسية كبناء السدود والخزانات والطرق الرئيسة والجسور والأنفاق ومشاريع الري وأية عملية بناء هندسية ضخمة.

١٥- جيولوجية التعدين Mining Geology

تطبيق المعلومات الجيولوجية لإيجاد مصادر خامات المعادن الفلزية واللافلزية.

١٦- جيولوجية النفط Petroleum Geology

دراسة طرق نشوء وحركة وتجمع النفط والغاز الطبيعي وتحديد مواقع وجودهما في الصخور وطرق الكشف عنها.

١٧- الجيولوجيا الاقتصادية Economic Geology

تختص بدراسة طرق استكشاف المعادن ذات الفائدة الاقتصادية وبلامكان اعتبار فرعي جيولوجية النفط وجيولوجية التعدين جزءاً من الجيولوجيا الاقتصادية.

١٨- علم المياه أو الموائع Hydrology

هو علم دراسة المياه السطحية والمياه الجوفية وقد قسم بعض المختصين هذا العلم إلى قسمين الأول يتعلق بالماه السطحية أطلق عليه اسم مياه السطح Surface Water Geology والثاني له علاقة بالماه الباطنية أطلق عليه اسم علم مياه باطن الأرض أو علم المياه الجوفية Ground Water Geology.

١٩- علم الجيوديسيا Geodesy

وهو علم دراسة مقاييس شكل الأرض وأبعادها ، وهو يعد احد فروع الرياضيات التطبيقية ايضاً . كما ويعرف بأنه استقصاء الأسئلة العلمية ذات العلاقة بشكل وأبعاد الأرض.

٢٠- علم شكل الأرض Geomorphology

دراسة شكل الأرض العام وتضاريسها من ناحية نشأها وتطورها ويسمى ايضاً علم تضاريس الأرض Physiography.

٢١- الجيولوجيا العسكرية Military Geology

الاستفادة من المعلومات الجيولوجية للأغراض العسكرية.

٢٢- الجيولوجيا الجنائية Forensic Geology

هو استخدام الجيولوجيا لغرض المساعدة في الكشف عن بعض الأدلة في القضايا الجنائية.

٢٣- الجبولوجيا البيئية Environmental Geology

اكتسب هذا أفرع من علوم الجيولوجيا أهمية كبرى مؤخراً وذلك نظراً لما للجيولوجيا من اثر في تفهم بعض أسباب التلوث وسبل الحد منها.

دراسة تفصيلة عن الأرض

شكل ومقاييس الأرض

للأرض شكل مجسم غير كامل Geoid ذو ثلاث محاور فهي كروية تقريباً ولكنها مفلطحة عند القطبين ويبلغ نصف قطر الدائرة التي تمر بخط الاستواء 6378 كم بينما يبلغ نصف قطر الدائرة التي تمر بالقطبين 6357 كم (أي بفرق 21كم). وتشكل البحار والمحيطات حوالي 71% من سطحها ، والمسافة بين أعلى قمة فيها (قمة افرست 8848 م) وأعمق نقطة معروفة في قاع المحيط (قرب جزيرة الفيليبين 11033 م) هو حوالي 20 كم.

حركة الأرض

تتحرك الأرض بعدة اتجاهات في نفس الوقت فهي تدور حول محورها (الذي يمتد بين القطبين) بسرعة تبلغ حوالي 1600 كم/الساعة من الغرب إلى الشرق أما سرعتها عند القطبيين فهي صفر ، وتتم كل دورة في يوم واحد وتؤدي إلى تعاقب الليل والنهار وتؤثر على حركة الرياح والمد والجزر وبجانب حركة الأرض حول محورها فإن لها حركة اهتزازية مصحوبة بتقدمها ولو تتبعنا مسار تقدمها الاهتزازي لوجدناه بشكل مخروطي تكمله بفترة تستغرق 25800 سنة والحركة الثالثة للأرض هي حول الشمس ودور بسرعة معدلها 30 كم/الثانية وتكمل الأرض دورتها بفترة تزيد قليلاً عن 365.25 يوم.

إن المدار الذي تسير عليه الأرض حول الشمس أهليجي الشكل ، وان محور الأرض ليس شاقولياً بل يميل بزاوية قدرها 23.5^{o} وذلك أدى إلى أن يكون نصف الكرة مائلاً باتجاه الشمس خلال نصف السنة وبعيداً عنها خلال النصف الأخر وبذا تتكون الفصول ، وهناك حركة عامة للمجموعة الشمسية برمتها باتجاه نجم فيجا Vega بسرعة تبلغ 20 كم/ثا ، كما يظهر بأن لمجرتنا (درب اللبانة) دورة حول محور إضافة إلى حركة مستقلة بعدية عن المجرات الأخرى.

أغلفة الأرض

بلامكان تقسيم الأرض إلى مناطق تماثل حالات تواجد المادة الثلاثة (الصلبة ، السيولة ، الغازية) إضافة إلى الغلاف الحيوي هذه المناطق أو الأغلفة هي : الغلاف الصخري ، الغلاف المائي ، الغلاف الغازي أو الجوي ثم الغلاف الحيوي.

١- الغلاف الصخري Rocksphere or Lithosphere

ويقصد به الجزء الصلب من الأرض ويشمل القشرة الأرضية Crust وجزء من باطن الأرض أسفل القشرة الأرضية. والغلاف الصخري سطح مستوي عموماً تتخلله الارتفاعات الواسعة والتي نسميها القارات Continents وتوجد فيه الانخفاضات ونعني بها قيعان البحار Ocean Basins وتوجد وسط القارات كتلة من الصخور النارية والمتحولة تسمى الدروع Shields وتعود إلى القدم العصور الجيولوجية (ما قبل الكامبيري). وتنحدر حافات القارات بشكل تدريجي في معظم الحالات نحو قيعان البحار. ويطلق على ذلك الجزء من القارات والذي يقع تحت المياه والقريب من اليابسة اسم الرصيف القاري Continental Shelf.

٢- الغلاف المائي Hydrosphere

ويشمل هذا الغلام كتل المياه التي تغطي سطح الكرة الأرضية والتي يبلغ حوالي 4/3 من مساحة سطحها. ومعظم هذه الكتل تقع في قيعان البحار والمحيطات ، والبعض الآخر يكون الأنهار والبحيرات كما يملأ القسم الآخر المسامات بين الصخور ونسبة قليلة منه تكون بتجمعها تحت السطح المياه الجوفية ، ومع قلتها فإنها ذات أهمية كبرى للإنسان. والمياه من الناحية الجيولوجية تعتبر عنصراً مهماً من عناصر العمليات الجيولوجية مثل التعرية والترسيب. والمياه التي تملأ الأنهار وبعض البحيرات هي مياه عذبة ، أما

المياه المالحة فتملأ البحار والمحيطات وبعض البحيرات إضافة إلى الأملاح فإن بعض الغازات توجد في الماء كالأوكسجين وثاني وكسيد الكاربون.

٣- الغلاف الغازي أو الجوي Atmosphere

هذا الغلاف يشمل جميع الغازات التي بامتزاجها تكون الهواء الذي يغلف الكرة الأرضية وهو يحوي على كميات من الماء وكمية قليلة من الغبار.

إن المكونات الرئيسية للهواء هي النيتروجين ويشكل 78% من نسبة المكونات الأخرى والأوكسجين الذي يشكل 21% بالإضافة إلى عناصر أخرى بنسب قليلة.

٤- الغلاف الحيوي Biosphere

ويشمل هذا الغلاف الغلاف العدد الضخم من مجموعة الكائنات الحية من حيوانات ونباتات والتي تغطي مساحات من اليابسة كالغابات والمراعي والأعشاب ، كما توجد ايضاً داخل المياه كلاعشاب البحرية والأحياء الميكروسكوبية في الهواء ولهذا الغلاف أهمية كبرى في بعض العمليات الجيوكيميائية والكيميائية الحيوية كترسبات الحديد وتكون أنواع من الطين في قاع المحيط من أصداف بعض الحيوانات.

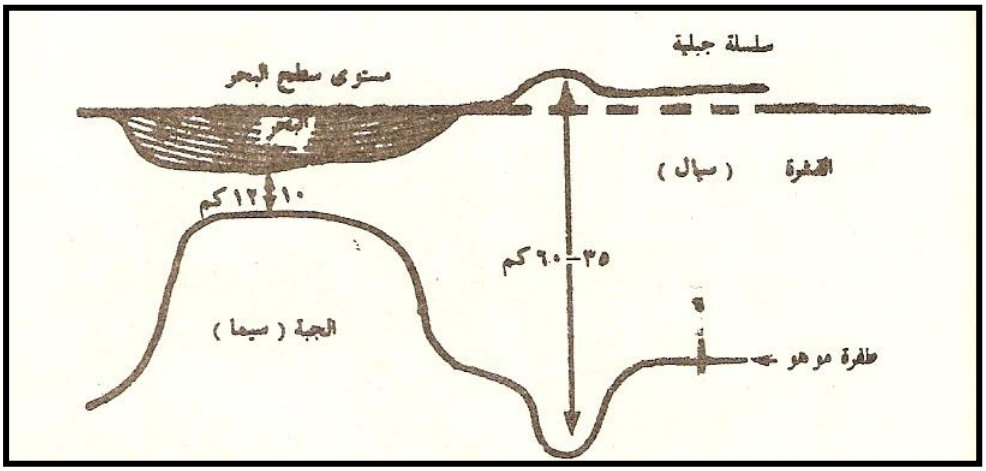
تقسيمات باطن الأرض

قسمت الأرض إلى ثلاث مناطق رئيسة ابتداءاً من سطحها وباتجاه المركز وهي:

١- القشرة Crust

لقد أطلقت عبارة قشرة الأرض على الجزء الخارجي الصلب من غلافها بعد إن كان يعتقد قبل قرن من الزمن بأن الأرض مكونة من كرة ضخمة من مواد سائلة محاطة بقشرة رقيقة من الصخور الصلبة. والقشرة الأرضية في مفهوم الجيولوجيين حالياً تتمثل بالصخور الممتدة إلى عمق يتراوح بين 25-45 كم وهي مكون من خصور تمثل الصخور المغرضة على سطح الأرض فهي مكونة من صخور رسوبية يصل أقصى سمك لها إلى 12 كم وتليها صخور نارية.

وهناك تركيبان مختلفان للقشرة متباينان في الصفات احدهما تحت القارات ويشار له باسم القشرة القارية Continental Crust والثاني تحت قاع المحيط ويشار له باسم القشرة المحيطية Oceanic Crust الشكل (2).



الشكل (2) القشرة الأرضية

أ- القشرة القارية Continental Crust

إن الصخور الرئيسة السائدة في قشرة القارات والتي تلي الصخور الرسوبية هي صخور نارية حامضة تسمى الصخور الجرانيتية Granitic وتسمى ايضاً بطبقة السيال Sial وهي عبارة ملخصة تجمع الحرفين الأوليين من الرمزين الكيماويين المعدنيين الرئيسين المكونين لصخور الجرانيت وهما السيلكون والألمنيوم. ويتراوح عمق هذه الصخور بين 10-15 كم وه ذات وزن نوعي يساوي 2.65 غم/سم^3.

ويلي منطقة الصخور النارية الجرانيتية صخور نارية ولكنها من نوع آخر يطلق عليها اسم الصخور البازلت Basalt وهي صخور قاعدية لذا فإن المنطقة تسمى منطقة البازلت أو طبقة السيما Sima هي عبارة ملخصة تجمع الحرفي الأوليين من الرمزين الكيماويين للمعدنيين الرئيسيين الكونين لصخور البازلت وهما السيلكون المغنيسيوم. وتمتد منطقة البازلت إلى عمق يتراوح بين 40-30 كم من سطح الأرض وتصل إلى عمق يبلغ حوالي 60 كم تحت بعض المناطق الجبلية ، ويبلغ الوزن النوعي لهذه الصخور حوالي 3 غم/سم^3 . علماً إن المنطقتين السيال والسيما يفصلان بواسطة طفرة كونراد Conrad- Discontinuity.

ب-قشرة قاع المحيطات Oceanic Crust

إن الخصور الجرانيتية التي اشرنا إلى وجودها في منطقة القارات معدومة في قاع المحيط وهي تكاد تكون معدمة كلياً أو جزئياً في قيعان المحيطات الأخرى لذا فقشرة المحيطات مكونة من طبقة رقيقة وحديثة نسبياً من الخصور الرسوبية إذا ما قورنت بالصخور الرسوبية في القارات ، تليها صخور بازلتية ذات انتشار واسع في قاع المحيطات. وتنتهي طبقة الصخور البازلتية كمثيلتها من الصخور في القشرة القارة بطفرة موهو M-Discontinuity وهي التي تفصلها عن الجبة.

٢- الجبة Mantle

هوي الطبقة الرئيسية الثانية بعد القشرة الأرضية ويصل عمقها إلى 2900 كم وهي مكونة من منطقتين وربما ثلاث مناطق رئيسية ومكونة من صخور صلبة. وهناك سطح يمثل طفرة بين منطقة الجبة ومنطقة اللب يطلق عليها اسم طفرة فايشرت-كونتبرج Wiechert-Guterberg Discontinuity.

٣- اللب Core

هو مركز الأرض وله قطر يبلغ حوالي 6900 كم (أي يزيد قليلاً عن نصف قطر الأرض) ، أما معدل الوزن النوعي فهو حوالي 12 أو أكثر ويقدرها آخرون إلى 15 غم/سم^3 ، ويقسم لب الأرض إلى قسمين:

أ- اللب الخارجي Outer Core

يبلغ سمك هذه الطبقة حوالي 2267 كم ويتكون من مادة سائلة تحوي على مزيج الحديد والنيكل وتبلغ كثافة موادها حوالي 12 غم/سم3 وهذه الكثافة العالية هي نتيجة الضغط العالي والذي يبلغ 2-3 مليون ضغط جوي.

ب-اللب الداخلي Inner Core

متكون من مادة صلبة من الحديد والنيكل نصف قطره حوالي 1317 كم ويعتقد إن الكثافة تصلى في نقطة المركز إلى 17 غم/سم^3 والضغط يبلغ 3 ملايين من الضغط الجوي.

البلورات والمعادن

المقدمة

قبل الولوج في دراسة البلورات والمعادن علينا أن نتكلم باختصار عن المادة حيث توصل فلاسفة الإغريق إلى أن كل مادة من الممكن تقسيمها إلى جزيئات صغيرة وهذه الجزيئات الصغيرة من الممكن تقسيمها أيضا إلى جزيئات اصغر منها. وإذا ما استمرينا بالتقسيم سوف نصل إلى جزيئات ذات حجوم متناهية بالصغر لا نتمكن من رؤيتها بالعين ولا يمكن تجزئتها عندئذ أطلقوا تسمية الذرة Atom (اصغر جزء في المادة يشترك في التفاعل الكيميائي) ، وهي متناهي في الصغر بحيث لو وضع 40 مليون ذرة بجانب بعضها وفي خط مستقيم لبلغ طول هذه الخط بحدود السنتمتر الواحد ، وبرغم من صغر حجم هذه الذرات فقد اكتشف العلماء بأنها تتكون من عدة أجزاء أساسية هي البروتون Proton ، النيوترون Neutron، الإلكترون Electron. ومن الجدير بالذكر أن تواجد أكثر من ذرة واحدة سمي الجريئة فإذا احتوت جزئية المادة على ذرات متشابهة فيه عنصر وإذا احتوت على ذرات لعناصر مختلفة فهي مركب وهكذا أصبح مفهوم الجزئية أنها اصغر جزء في المادة تحمل خواص تلك المادة.

بناء الذرة :

تتكون الذرة من:-

١-**النواة** : تشغل حجماً صغيراً جداً في الذرة وتتمركز فيها معظم الكتلة ، وتتكون من جسيمات أساسية هي:

أ- البروتونات : وهي جسيمات صغيرة موجبة الشحنة عددها ثابت في ذرات العنصر الواحد ، ويختلف هذا العدد باختلاف نوع العنصر ورمزها (P^+) ويدعى عدد البروتونات في نواة ذرة العنصر بـ العدد الذري (Atomic Number).

ب- النيوترونات : هي جسيمات صغيرة للواحدة منها كتلة البروتون الواحد تقريباً ، وهي متعادلة الشحنة ورمزها العلمي (n) ويطلق على مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في نواة الذرة بـ العدد الكتلي (Mass Number). إن عدد النيوترونات قد يختلف في ذرات العنصر الواحد وهذا يؤدي إلى الاختلاف في عدد الكتلة وتدعى ذرات العنصر الواحد المختلفة في العدد الكتلي بـ النظائر.

٢-الالكترونات: هي جسيمات صغيرة جداً كتلة كل منها 1/1837 من كتلة البروتون تقريباً ، تحمل شحنة كهربائية سالبة تعادل بمقدارها شحنة البروتون ورمزها هو (e^-). إن عدد الالكترونات في الذرة يساوي عدد البروتونات فيها لذلك تكون الذرة متعادلة كهربائياً ، وان هذه الالكترونات تدور حول النواة بأغلفة ثابتة ، وتختلف هذه الأغلفة في أبعادها عن النواة وان كل غلاف له قدرة محددة لاستيعاب تلك الالكترونات. فإذا كان الغلاف ممتلئ يكون أكثر استقرارية من الغلاف الالكتروني الغير ممتلئ بالالكترونات الكافية له ولذلك يميل هذا الأخير إلى اكتساب أو فقدان الالكترونات ليصبح أكثر استقرارية وعند ذلك يطلق على الذرة مصطلح الايون فعند اكتساب الذرة عدد من الالكترونات تصبح ايون سالب لا في هذه الحالة فان عدد الالكترونات سوف يتجاوز عدد البروتونات وبذلك تحمل هذه الذرة شحنة سالبة مساوية لعدد الالكترونات المكتسبة ، أما عند فقدانها عدد من الالكترونات عندها تصبح ايون موجب (عكس السابق). ونتيجة لهذه العملية فان الذرات تتحد مع بعضها وتكون جزئيات لها خواص فيزيائية وكيميائية تختلف عن خواص العناصر المكونة لها ، وان هذا الاتحاد يحدث بعدد من الأشكال فقد تكون الآصرة أيونية (وهي قوة جذب كهربائية تربط بين ايونين مختلفين في الشحنة) أو أصرة تساهمية (هي قوة ربط ناشئة بين ذرتين نتيجة مشاركتهما بزوج الكتروني واحد أو أكثر).

إن ارتباط العناصر مع بعضها ينتج وكما ذكرنا سابقاً المركبات الكيميائية متمثلة بالجزيئات وبتجمعها يتكون المعادن ومن تجمع المعادن هذه المعادن تتكون الصخور المكونة لطبقات الأرض.

تواجد العناصر في القشرة الأرضية

يوجد اثنين وتسعين عنصراً في الطبيعة ثمانية منها فقط تكون تقريباً 90% من وزن ومن حجم القشرة الأرضية، ومن هذه العناصر نجد إن عنصر الأوكسجين يكون أكثر من 90% من حجم القشرة الأرضية بالرغم من انه يكون اقل قليلاً من نصفها وزناً، كما أن عنصري الأوكسجين والسيلكون يكونان بحدود 75% من وزن القشرة الأرضية وبحدود 95% من حجمها. وبذلك فمن الطبيعي أن تكون معظم المركبات المكونة للقشرة الأرضية على شكل معادن تحتوي على هذين العنصرين وهي المعادن التي تسمى بالسيليكات وهي أما أن تكون بصورة حرة (Sio_2) أو متحدة مع واحداً وأكثر من العناصر الستة الأخرى وهذه العناصر التي هي الألمنيوم (Al)، الحديد (Fe)، الكالسيوم (Ca)، الصوديوم (Na)، البوتاسيوم (K)، المغنيسيوم (Mg).

البلورة (Crystal)

بأنها جسم صلب متجانس له تركيب ذري معين ومحاط بسطوح أو مستويات ملساء (احياناً سطوح منحنية) تكونت بفعل العوامل الطبيعية وتحت ظروف مناسبة من ضغط ودرجة حرارة.

أجزاء البلورة

يتميز الشكل الخارجي للبلورة بأجزاء أربعة الأوجه ، الأحرف ، الزاوية المجسمة ، الزاوية بين ألوجهيه هي:

- الاوجة البلورية (Crystal faces)

وهي المستويات أو السطوح التي تحد البلورة من الخارج والتي تعين شكلها الهندسي المنتظم. وغالباً ما تكون الأوجه البلورية مستوية واحياناً مقوسة أو منحنية.

- الأحرف (Edges)

تنتج الأحرف أو الحافات عن التقاء وجهين متجاورين في البلورة. والحرف يوازي الخط الذي يقع علية اكبر عدد من الذرات. وموقع الحرف في الفراغ يعتمد على موقع الوجهين المتقاطعين في البلورة.

- الزاوية المجسمة أو الصلبة (Solid angle)

تنتج هذه الزاوية من تقاطع ثلاثة وجوه أو أكثر في البلورة.

- الزاوية بين الوجيهة (Interfacial angle)

تعرف الزاوية الناتجة من التقاء وجهين متجاورين في البلورة بالزاوية بين الوجهين.

المحاور البلورية (Crystallographic Axes)

هي خطوط وهمية تخيلية تتقاطع في مركز البلورة وتمتد إلى وسط الأوجه البلورية أو الأحرف أو الزوايا المجسمة المتناظرة في البلورة. وتستعمل هذه المحاور التي يكون عددها ثلاثة أو أربعة لدراسة العلاقة بين الأوجه البلورية المختلفة ولمعرفة موقعها في الفراغ.

تلتقي المحاور البلورية في نقطة يطلق عليها اسم التقاطع المحوري (Axial Cross) ويطلق على المحور الممتد من أعلى إلى أسفل بالمحور (c) (c-Axis) ويكون الاتجاه العلوي له موجباً (+) والسفلي سالباً (−)، ويسمى المحور الممتد من الأمام إلى الخلف بالمحور (a) (a-Axis) ويكون الجزء الأمامي منه موجباً والخلفي سالباً، كذلك يسمى المحور الممتد في الاتجاه من اليمين إلى اليسار بالمحور (b) (b-Axis) ويكون الطرف الأيمن منه موجب والطرف الأيسر سالب.

وينتج من تقاطع المحاور الثلاثة زوايا تعرف بالزوايا المحورية (Axial angle) ويطلق على الزاوية الواقعة بين المحور (a) والمحور (b) بالزاوية كاما (α)، أما الزاوية المحصورة بين المحور (a) والمحور (c) فتسمى بالزاوية بيتا (β)، وأما الزاوية المحصورة بين المحور (c) والمحور (b) فتمسى بالزاوية ألفا (γ). ويطلق على النسبة بين أطوال المحاور البلورية c:b:a بالنسبة المحورية (Axial Ratio) كأساس حساب طول المحاور كوحدة واحة وان هذه النسبة ثابتة لا تتغير وتكون مميزة لبلورات المعدن الواحد، فمثلاً بلورة المكعب لها ثلاث محاور بلورية متساوية الطول أي إن a=b=c. أما في بلورات نظام أحادي الميل التي فيها يميل احد

المحاور البلورية على المحور الأخرى فيجب ذكر قيمة الزاوية (β) بجانب النسبة المحورية فلو أخذنا بلورة الجبس (Gypsum) نلاحظ إن النسبة المحورية (c:b:a) تساوي (0.41:1:0.69) والزاوية (β) هي (′99°18) ، أما في البلورات التي تمل فليها المحاور البلورية الثلاثة على بعضها كما في بلورات نظام ثلاثي الميل يلزم توضيح قيم الزوايا الثلاثة بالإضافة إلى النسبة المحورية. وعليه يمكن تقسم البلورات إلى ستة أنظمة بلورة رئيسية تنقسم بدورها إلى 32 نظاماً بلورياً كلاً منها لها نسب محورية وزويا ميل لتلك المحور البلورية وهذه الأنظمة الستة الرئيسية هي:-

١- نظام المكعب أو متساوي الأبعاد Cubic or Isometric System

تتميز الأشكال البلورية لجميع أصناف نظام المكعب بثلاثة محاور متساوية في الطور ومتعامدة ومتبادلة في موقعها.

٢- نظام الرباعي Tetragonal System

تحتوي الأشكال البلورية لنظام الرباعي على ثلاثة محاور متعامدة، والمحوران الأفقيان (a) (b) متساويان في الطول ويكون المحور الرأسي (c) أما أقصر من (كما في الزركون Zircon) أو أطول من (كما في الاوكتاهيدرايت Octahedrite) المحورين الأفقيين.

٣- نظام السداسي Hexagonal System

يشمل هذه النظام على كافة البلورات التي لها أربعة محاور بلورية، ثلاثة منها متساوية الأطوال ومتبادلة وتقع في المستوي الأفقي وتصنع زوايا متساوية مقدارها (120º) بين النهايات الموجبة ويرمز لهذه المحاور (a_1,a_2,a_3)، والمحور الرابع هو المحور الرأسي (c) ويكون عمودياً على المستوي الذي يحتوي على المحاور الأفقية، وقد يكون أطول أو اقصر منها.

٤- نظام ألمعيني القائم Orthorhombic System

تتميز الأشكال البلورية التابعة لنظام ألمعيني القائم باحتوائها على ثلاثة محاور (a,b,c) متعامدة وغير متساوية الطول. وحسب القاعدة المتبعة يكون المحور (c) رأسياً والمحوران (a) و(b) أفقيان بحيث يمتد المحور (a) من الأمام والى الخلف والمحور (b) من اليمني إلى اليسار ويعتبر المحور (c) محوراً أساسياً (principal axis) في جميع بلورات ألمعيني القائم.

٥- نظام أحادي الميل Monoclinic System

تتميز بلورات أحادي الميل باحتوائها على ثلاثة محاور مختلفة الأطوال، ويميل المحور (a) نسبة إلى المستوي الذي يحوي المحورين (c,b) إلى الأسفل وباتجاه الناظر، وعلية فالزاوية بين نهاية المحور (a) الموجبة ونهاية المحور (c) الموجبة هي زاوية منفرجة أي زاوية بيتا (β). وكلا المحورين (a) و (c) عموديان على المحور (b)، أي إن كلا من الزاويتين (γ) (α) على التوالي تساوي (90º).

٦- نظام ثلاثي الميل Triclinic System

تحتوي جميع الأشكال البلورية التابعة لنظام ثلاثي الميل على ثلاثة محاور بلورية غير متساوية في الطول وغير متعامدة مع بعضها .

الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تغطي الصخور الرسوبية حوالي 75% من سطح الأرض إلا إنها تمثل 5% من حجم الصخور المكونة للقشرة الأرضية. وتتكون الصخور الرسوبية نتيجة ثلاثة عوامل رئيسة هي: التجويه (Weathering)، النقل (Transportation)، الترسيب (Deposition). وعلى هذا الأساس فالصخور الرسوبية تتكون لتفتت الصخور التي سبق تكوينها ثم ترسب المواد الناتجة في مكان جديد بواسطة عوامل النقل كالأنهار والثلاجات أو الرياح تحت ظروف اعتيادية من ضغط وحرارة. ومن المعروف إن هذه الترسبات تتكون في هيئة طبقات متعاقبة (الأقدم تحت الأحدث). وتختلف هذه الطبقات في طريقة التكون وفي السمك وحجم الحبيبات المكونة لها وفي غير ذلك من الصفات، بحيث يمكن تمييز سطوح فاصلة لكل من هذه الطبقات.

وتطلق كلمة راسب (Sediment) عادة على إيه مادة صلبة كانت في الأصل معلقة أو ذائبة في سائل، ثم ترسب وتراكمت في القاع بعد إعطائها الوقت الكافي لذلك فالأملاح التي تتركها المياه بعد تبخيرها يطلق عليها رواسب، والرمال التي تحملها الرياح إذا تراكمت على سطح الأرض تسمى رواسب والمواد التي تفرزها الحيوانات والنباتات إذا تراكمت على بعضها فيه أيضاً رواسب.

طرق تماسك الرواسب وتحولها إلى الصخور الرسوبية Cementation or Lithifiction

هناك طرق عديدة تتماسك فيها الرواسب وتتحول إلى صخور رسوبية صلبة وقوية. وان قوة وصلابة الصخور المتكونة يعتمد على الطريقة التي تصلبت بها والعوامل الأخرى التي ساعدت على هذا التصلب. وأهم هذه الطرق والعوامل هي:

١- ترسب بعض المواد بين حبيبات الرواسب (اللصق) Cementation

إن المياه الجوفية وكذلك السطحية منها تحوي على أملاح معدنية مذابة فيها. وأهم هذه الأملاح كربونات الكالسيوم وأكسيد السيلكون وبعض اكاسيد الحديد. وعند مرور هذه المياه بين المسامات الموجودة بين أجزاء هذه الأجسام المفككة تترسب بعض الأملاح من محاليلها وتستقر بين هذه الأجزاء فتعمل على تماسكها بحيث تكون كمادة السمنت الذي يعمل على تماسك ذرات الرمل والحصى.

٢- التماسك والتجفيف بالضغط الواقع على الراسب (الإحكام) Compaction

إن الثقل الهائل الناتج من تراكم الرواسب التي قد يبلغ سمكها مئات الأمتار فوق الرواسب الموجودة أصلاً يسبب ضغط حبيبات هذه الرواسب الأخيرة وتقليل الفراغات بينها وطرد الماء الموجود من مساماتها فتجف وبعد مرور الزمن تتماسك وتتصلب وتصبح صخراً صلباً.

٣- التأثير الحراري على الراسب Thermal effect

تزداد درجات الحرارة كلما زاد العمق حيث إن باطن الأرض مصدر حراري عظيم. كما إن صعود ألماكما إلى أعلى يؤدي ولاشك بالالتقاء مع رواسب معينة ونتيجة للتماس أو قرب هذا الجسم المنصهر من المواد المترسبة تتماسك هذه وبالتالي تتصلب لتكون صخراً.

إن النقاط الثلاثة التي بيناها أعلاه هي أهم العوامل التي تجعل المواد المترسبة تتماسك وتتصلب. وهنا يجب أن نضيف إن قوة الصلابة تتناسب مع العامل الزمني فكلما طالت فترة تعرض الرواسب إلى تلك العوامل المتقدمة كلما تماسك وصلابة الصخور أقسى واصلب.

خواص الصخور الرسوبية Characters of Sedimentary Rocks

تتميز الصخور الرسوبية بأهم الصخور التالية:

١- وجودها على شكل طبقات Stratification

إن خاصية تكوين الطبقات تتميز بها الصخور الرسوبية وقد تكون هذه الطبقات مختلفة عن بعضها البعض في اللون والسمك والنسيج وتكون هذه الطبقات أما أفقية أو مائلة أو مجعدة.

٢- احتواء هذه الصخور على المتحجرات (الاحافير) Fossils

تعتبر ميزة احتواء الصخور الرسوبية على الاحافير من أهم صفاتها وقد تكون هذه الاحافير كبيرة واضحة بحيث يمكن جمعها بسهولة أو قد تكون دقيقة الحجم لا ترى إلا بالمجهر وللأحافير أهمية علمية كبيرة، إذ نستطيع بدراستها تحديد عمر الطبقات التي توجد فيها والعلاقة الزمنية بين بعضها البعض الأخر. وبعبارة أخرى نستدل على الطبقات الأقدم والطبقات الأحدث من الناحية الزمنية وذلك باحتواء هذه الطبقات على نوع معين من هذه المتحجرات.

٣- شكل حبيبات الصخور الرسوبية Shape of Grains

تكون أشكال المواد المكونة للصخور الرسوبية أما اسطوانية أو كروية أو أجساماً غير معينة الشكل لها حافات ملساء نسبياً. والظاهرة الأخيرة حصلت كنتيجة لتدحرج هذه المواد واحتكاكها ببعضها في طريقها إلى مكان الترسيب.

٤- احتواؤها على المعادن الخاصة

تحتوي معظم الصخور الرسوبية على مسام، ولهذه المسام أهمية كبرى في توزيع البترول والمياه الجوفية، وكذلك في تخزين الغازات الطبيعية التي توجد تحت سطح الأرض . والمعادن الاقتصادية الأخرى.

تصنيف الصخور الرسوبية Classification of Sedimentary Rocks

يمكن تصنيف الصخور الرسوبية إلى ثلاثة أقسام تبعاً لطريقة نشأتها وهذه الأنواع هي:

١- الصخور الفتاتية أو الميكانيكية (Clastic) التي نشأت بالطرق ا لميكانيكية أو الفيزيائية

٢- الصخور غير الفتاتية أو الكيميائية ((Non-Clastic (Chemical) التي نشأت بالطرق الكيميائية.

٣- الصخور العضوية (Organic) التي هي من أصل عضوي.

الصخور الرسوبية الفتاتية أو الميكانيكية Clastic or Mechanical Sedimentary

يطلق على الرواسب الفتاتية اسم الرواسب الميكانيكية أو الفيزيائية والصخور الناتجة عنها تسمى بالصخور الفتاتية (Clastic). وتتدرج هذه الأجزاء والفتات بالحجم، فمنها الكبيرة المتمثلة بالحصى الخشن، ومنها الصغيرة التي لا ترى الأ بواسطة المجهر وهذه التدريج بحجم الذرات ونوعية الصخور الناتجة عن تجمع هذه الجزيئات يحملها على أن ندرجها وكما في الجدول أدناه:

اسم الجزيئية	الحجم بالمليمترات	اسم الراسب	اسم الصخرة
Boulders	< 256	Gravel	Conglomerate or Breccia
Cobbles	256-64	Gravel	Conglomerate or Breccia
Pebbles	64-2	Gravel	Conglomerate or Breccia
Sand	2-1/16	Sands	Sandstone
Silt	1/16-1/256	Silt	Siltstone
Clay	>1/256	Clay	Claystone

الكونكلوميريت Conglomerate

وهي عبارة عن صخور مكونة من الجلاميد أو الحصى والرمل متماسكة بعضه ببعض، وهذه القطع الكبيرة مستديرة الشكل يطلق عليها الكونكلوميريت (Conglomerate). أما ذا كانت القطع حادة الحافات فيطلق عندئذ على الصخور المتكونة منها اسم البر يشيا (Breccia).

حجر الرمل Sandstone

يطلق لفظ رمل على كل صخر مفكك أو غير متماسك بحيث يتراوح قطر حبيباته من (2-1/16) مليمتر. ويصنف عادة إلى رمل خشن ورمل متوسط ورمل دقيق فإذا تماسكت حبيبات الرمل كونت ما يسمى بالحجر الرملي (Sandstone).

الصخور الطينية Claystone

يطلق اسم غرين أو وحل (Mud) أو طين (Clay) على الصخور السائبة التي تكون متوسط حجم حبيباتها (1/256>)مليمتر وهذه الحبيبات الدقيقة هي في العادة عبارة عن فتات الصخور والمعادن المختلفة. وقد ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الطين فتسمى طينية جيرية أو صلصال (Marl). وعند تصلب الحبيبات الطينية فإنها تسمى بالحجر الطيني (Mudstone or Claystone) أما إذا تصلب على هيئة طبقات رقيقة أو صفائح فأنة يسمى عندئذ بالصخر الطيني ألصفائحي (Shale).

٢- الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical Sedimentary Rocks

وتتكون هذه الرواسب نتيجة لتبخر المحاليل الملحية وتراكم المواد المعدنية بعد رسوبها من المحاليل. والمعدن الذي يترسب أولاً هو المعدن الأقل ذوباناً. أما المعدن الأكثر ذوباناً فيترسب في النهاية. ومن أمثلة الصخور الرسوبية الكيميائية ملح الطعام، الجبس ، الانهايدرايت وكذلك الصخور الجيرية الكلسية والدولومايت.

الجبس Gypsum

وهو أو معدن يترسب بكميات كبيرة عند تبخر مياه البحر وتحت ظروف معينة تتكون طبقات سميكة من الجبس ويوجد غالباً مع الملح والرواسب الملحية المختلفة وكذلك مع حجر الجير والطفل حيث تترسب هذه كلها من مياه البحر.

الانهايدرايت Anhydrite

يلي الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر ويوجد على شكل طبقات مشابهة للجبس وغالباً يوجد الاثنان معاً بالإضافة إلى رواسب ملحية أخرى.

الملح Salt أو الهالات Halite

يوجد الملح على شكل طبقات ذات سمك كبير وغالباً ما تكون البلورات واضحة. والملح يلي الجبس والانهايدرايت في التبلور والترسيب من محلول مياه البحر المتبخرة ولذلك غالباً ما يكون الطبقات العليا للتكاوين الجيولوجية والتي تتكون من الجبس والانهايدرايت في الطبقات السفلى.

الصخور الجيرية Limestone

هي التي تترسب بالتبخر من مياه كانت مذابة فيها مادة كربونات الكالسيوم كالتي تترسب أحياناً من العيون الجيرية وهي المسماة بالترافرتين أو السنتر الجيري (Calcareous Sinter) ومثل الرواسب التي تتكون داخل الكهوف في بعض المناطق الجيرية وهي الرواسب المعروفة بالهوابط أو الاستلاكتايت (Stalactite) وهي الأعمدة المدلاة من سقوف هذه الكهوف ومثل الرواسب المعروفة بالصواعد أو الاستلاكمايت (Stalagmite) وتتكون على أرضية هذه الكهوف وهي مواد مكونة من كربونات الكالسيوم المتبلورة.

الدولومايت Dolomite

إن هذه الصخور مكونة من معدن الدولومايت (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) وهي تشبه الحجر الجيري إلا إنها أثقل واصلد منه قليلا ولا تتفاعل بسرعة مع حامض الهايدروكلوريك المخفف.

الرواسب الكيماوية السلكية Siliceous

وهي رواسب مكونه من ثاني اوكسيد السيلكون تتكون حول بعض أنواع الينابيع المعدنية الحارة المتفجرة المسماة بالنافورات (Geysers) التي تكثر في المناطق البركانية ومن هذه الصخور هي الصوان العقدي (Flint) ويكون ذا لون أسود أو رصاصي والصوان (Chert) ذا لون رصاصي.

٣-الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks

إن الرواسب العضوية تتكون من ترسبات أصداف وإفرازات بعض الحيوانات البحرية أو ترسبات نباتات واهم الصخور العضوية هي: الحجر الجيري العضوي (Organic limestone) وصخور الفوسفات (Phosphate Rock) والفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة.

الحجري الجيري العضوي Organic limestone

وهو من أهم أنواع الصخور الجيرية وأكثرها انتشاراً في الأرض حيث يرجع تكوينها إلى قدرة بعض أنواع الحيوانات والنباتات على استخلاص المادة الجيرية من مياه البحار التي تعيش فيها وتحويلها إلى محارات وأصداف لتسكنها ولتقي أجسامها الرخوة من التلف والهلاك. وبعد موت هذه الحيوانات والنباتات تسقط محارتها إلى قاع البحر وتكون رواسب جيرية تزداد بمرور الزمن الطويل لتتحول بالضغط ورسوب مواد أخرى بين ذراتها إلى الصخور الجيرية الصلبة المعروفة.

الطباشير Chalk

هو نوع من الصخور الجيرية، ويمتاز ببياضه الناصع وقلة صلادته بحيث يترك أثراً أبيض على أي شيء يلامسه.

صخور الفوسفات Phosphate Rock

وهو يتركب من فوسفات الكالسيوم مع مواد أخرى ويتكون من تراك عظام حيوانات فقرية بحرية وبرية من أسماك وزواحف تتحول بمضي الزمن إلى فوسفات الكالسيوم.

الفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة

وتكون هذه الرواسب من أصل عضوي في ظروف خاصة كالمستنقعات ثم تحللت وتفحمت. فالمادة التي تعرف باسم بيت (Peat) تتمثل بالنباتات المكدسة في المستنقعات.

تراكيب الصخور الفتايتة

التطبق Stratification or Bedding

تدعى الصخور الرسوبية أحياناً بالصخور المتطبقة وذلك لأن من خصائص هذه الصخور التطبق، حيث إنها تترسب مكونه طبقات مختلفة في سمكها وقد يتراوح سمك الطبقة الواحدة سنتمتراً واحداً أو قد يصل إلى أمتار عديدة.

الشقوق الطينية Mud Cracks

عند ترسب المواد الدقيقة كالسلت والطين المشبعة بالماء نلاحظ بعدة فترة زمنية عندما تفقد هذه الرواسب المياه الموجودة فيها جزئياً أو كلياً يتقلص حجمها فتنكمش ونتيجة لانكماشها تتشقق على شكل مضلعات عادة ما تكون خماسية الاوجة.

التموج Ripple marks

تتكون هذه التموجات عادة نتيجة لحركة المياه ونلاحظ هذه الظاهرة قرب السواحل البحرية أو على جوانب الأنهار والتموجات المتكونة على سواحل البحر تكن متناظرة عادة وذلك لان الأمواج ترتطم بالسواحل فتتحرك المياه على الساحل إلى الأعلى ثم ترجع ثانية إلى البحر إما التموجات المتكونة من مياه الأنهار أو الهواء فتكون عادة غير متناظرة وذلك لان التيار في كلتا الحالتين يسير باتجاه واحد والنوع الأخير من التموجات يكون ذات فائدة في معرفة اتجاه التيار الذي كان سائداً عند ترسيب هذه المواد.

التطبق المتقطع Cross Bedding

تكثر في قنوات الأنهار الحفر والتعرجات وبملاحظة تيار المياه الجاري في هذه القنوات نرى إن تيار المياه عند مروره بمثل هذه الحفر أو الانخفاضات تقل سرعته وتترسب الأمواج التي يحملها أو يسحبها أعلى القاع على جدران هذه الانخفاضات وتستمر هذه العلمية وتترسب الحبيبات بصورة متوازية فيما بينها وبزاوية مع سطح الماء وبعد مرور فترة من الزمن يتكون ما يشبه الطبقات الواحدة فوق الأخرى.

إن وجود التطبق المتقاطع تعطي فكرة عن اتجاه التيارات التي رسبت الحبيبات والتغيرات الحاصلة في هذه التيارات.

التدرج الطبقي Graded Bedding

تحمل المياه حجوماً مختلفة من الحبيبات الرسوبية وكلما كانت المياه سريعة كلما كان حجم الحبيبات التي تحملها اكبر حجماً وعندما تقل سرعة المياه تقل طاقتها على حمل المواد فتترسب المواد الكبيرة وتليها الأصغر حجماً وفي بعض الأحيان تقل سرعة المياه بصورة مفاجئة نسبياً فترسب المواد الكبيرة أولاً وتليها المواد الأصغر حجماً في نفس المكان بالتدرج.

الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

إن التغيير في تركيب وفي نسيج (Texture) الصخور أو في الاثنين معاً والذي يحصل في الحالة الصلبة لصخور القشرة الأرضية كنتيجة لارتفاع درجات الحرارة والضغط العالي يسمى بعملية التحول (Metamorphism). وهذه العملية تؤثر في الصخر الأصلي سواء أكان رسوبياً أو نارياً أو متحولاً، فتتغير صفاته الظاهرية والداخلية وتتم هذه العملية في الغالب بواسطة عامل الحرارة وحدها أو الحرارة والضغط معاً، وفي بعض الأحيان تشترك في ذلك عوامل كيميائية. وتكون الصخور الناتجة عن عملية التحول جديدة في خواصها ومختلفة عن خواص الصخور الأصلية.

إن عملية التحول تختلف في الصخور النارية عنها في الخصور الرسوبية لان هذه الصخور تتأثر بصورة مختلفة عند ارتفاع الحرارة والضغط. وان هذه الاختلاف يعتمد على وجود الماء أو عدم وجودة. ففي الصخور الرسوبية عادة توجد فراغات بين الحبيبات المكونة لها وتكون هذه الفراغات مملوءة بالماء وعندما تظهر عوامل التحول يقوم هذا السائل المائي بعميلة الإسراع في التفاعلات الكيميائية. ويكون العكس في الصخور النارية حيث إن الفراغات بين الحبيبات المكونة لها صغيرة نسبياً وقد تحوي على قليل من الماء وبهذه الحالة تحتاج

المعادن الموجودة في هذه الصخور إلى حرارة وضغط أعلى بكثير مما تحتاجه الصخور الرسوبية لتتحول من نوع إلى آخر.

وقد ينتج عن عملية تحول الصخور الرسوبية اختفاء الكثير من المتحجرات (الاحافير) التي كانت تحويها تلك الصخور الرسوبية ولهذا السبب يكون من الصعب جداً معرفة أعمار الصخور المتحولة بصورة دقيقة لقلة أو انعدام المتحجرات فيها. ويجب أن نلاحظ هنا بان بعض العمليات التي ترى على سطح الأرض والتي تؤدي إلى تغيير الصخرة فهي عمليات تعرية (تجوية ونقل) لا تدخل ضمن إطار التحول وان عمليات التحول هي تلك التي تجري غالباً على أعماق كبيرة في باطن الأرض وقد تزيد على الكيلومتر.

وتنشأ الصخور المتحولة بصورة عامة إما بتأثير الحرارة ويعرف هذا التحول في هذه الحالة باسم التحول الحراري أو التماسي أو الموضعي أو قد تنشأ بتأثير الحرارة والضغط معاً ويعرف بالتحول الحراري الضغطي أو التحول الإقليمي ولكل نوع من هذين النوعين خواصه المميزة.

أنواع التحول

أولاً: التحول الحراري أو الموضعي Thermal Contact or Local Metamorphism

وهو التحول الذي ينتج بدرجة رئيسية بسبب الحرارة دون الضغط وهذا يكون عندما يدخل الجسم الناري أو ما يسمى بالمنصهر الناري أو الماكما (Magma) في صخور القشرة الأرضية يحصل تماس بين هذا المنصهر ذي الحرارة العالية جداً وبين الصخور المحيطة به. وهذا التماس يعمل على رفع درجات حرارة الصخور القريبة والملامسة للمنصهر مما يؤدي إلى حصول تبدل في تلك الصخور ولما كان تأثير المواد المنصهرة يشمل منطقة صغيرة نسبياً وهي الأماكن التي تحيط بجسم المنصهر لذلك يطلق على هذا النوع من التحول اسم التحول التماسي أو الموضعي.

ثانياً: التحول الإقليمي Dynamothermal or Regional Metamorphism

قد يحصل هذا في أعماق كبيرة حيث يكون الحرارة والضغط مرتفعين نتيجة ثقل الطبقات الصخرية ويكون الضغط من نوع الحمل (Load) ويحصل هذا النوع أيضاً من التحول في الصخور نتيجة لضغط كبير مصحوب بحرارة ناتجة عن حركات القشرة الأرضية ويساعدها تأثير الماء والمحاليل الكيميائية وعادة تشمل هذه الحركات مساحات كبيرة جداً وواسعة نسبياً وكنتيجة لهذه الحركات تنشأ إلتواءات وطيات وتموجات في طبقات القشرة الأرضية ينتج عنا السلاسل الجبلية والهضبات. ولهذا سميت هذه التحولات بالتحولات الإقليمية Regional Metamorphism.

ثالثاً: التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism

وهذا النوع من التحول في الصخور ينتج عن تأثير الضغط بصورة رئيسة وان التأثير الحراري والكيميائي يكاد أن يكون معدوماً. وهذا يعود إلى إن عملية التحول لم تحدث في أعماق سحيقة ولكنها مقتصرة على بضعة كيلومترات داخل القشرة الأرضية.

تصنيف الصخور المتحولة Classification of Metamorphic Rocks

يمكن تصنيف الصخور المتحولة بالنسبة إلى النسيج (Texture) إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

أولاً: الصخور المتحولة الصفائحية Foliated Rocks

وهي الصخور التي تحتوي على ظاهرة التورق الذي يعزى إلى الضغط وتتكون هذه الصخور نتيجة للتحول الإقليمي والتحول الديناميكي المصحوب بالحرارة.

وتتميز هذه الصخور بوجود طبقات رقيقة متوازية من المعادن حيث إن حبيبات هذه المعادن تتجمع وتميل باتجاه واحد وان جميع هذه الصخور تنكسر وتتشقق عادة في مستويات متوازية ويمكن تقسيم الصخور الصفائحية نسبة إلى سمك الصفائح المكونة لها إلى أربع مجاميع.

١- الصخور الإردوازية Slate

إن هذا النوع من الصخور يتكون على شكل صفائح رقيقة متوازية مفصولة بمستويات رقيقة جداً تكاد لا ترى إلا بواسطة المجهر. وتكون سطوح هذه الطبقات ملساء للغاية وهذه الصخور ناتجة عن تأثير الضغط بصورة رئيسية. وتنتج هذه الصخور عن تحول الصخور الطينية.

٢- الصخور الفيليتية Phyllitic

تكون هذه الصخور ذات شقوق صغيرة يمكن تمييزها بالعين المجردة ولكنها أكثر سمكاً واقل انتظاماً من الشقوق الموجودة في الصخور الإردوازية. والفايلايت Phillite هو المثال لهذا النوع من الصخور.

٣- الصخور الشيستوزية Schistose

وتكون الشقوق في هذه الصخور أكثر سمكاً من الشقوق في الصنفين السابقين بحيث يمكن أن ترى بوضوح بالعين المجردة. ومثال عليها هو حجر الشيستوزي Schist وهو صخر متحول متبلور غير إن بلوراته أدق في الحجم من بلورات النايس Gneiss وتمتاز صخر الشيست بالنسيج ألصفائحي وفي بعض الأحيان يمكن فصل الصفائح بعضها عن بعض. وتنشأ هذه الصخور نتيجة للتحول الديناميكي او الديناميكي الحراري.

٤- الصخور النايسية Gneissic

تتميز هذه الصخور بوجود مواد معدنية معينة تملأ الشقوق التي تكون واضحة وواسعة نسبياً بحيث تشكل هذه المعادن صفائح سمكية أو أشرطة في جسم الصخرة. وان هذه الصفائح تحوي معادن مختلفة من حيث التركيب . والنايس صخر متحول بفعل الحرارة والضغط الشديدين.

ثانياً: الصخور المتحولة غير الصفائحية Nonfoliated Metamorphic Rocks

وهي صخور صلدة تتكون بدرجة رئيسية نتيجة للحول الحرارة أو التماسي وكذلك نتيجة التحول الإقليمي. وتختلف هذه الصخور عن الصخور الأولى بكونها لا تحوي على صفائح حيث إن حبيباتها لا تنتظم في اتجاه واحد بل تكون في اتجاهات مختلفة. ومن هذه الأنواع الكوانزايت (المرويت) Quartzite والرخام (المرمر) Marble، فالكوانزايت يتكون من تحول الصخور الرملية الرسوبية والتي تأثرت بالضغط والحرارة مما جعل مادة

السليكا تترسب وتملأ الفراغات بين الحبيبات وبالتالي تعمل على تماسك هذه الحبيبات. أما المرمر فيتكون من تحول صخور حجر الكلس Limestone بتأثير الضغط والحرارة.

ثالثاً: الصخور الكاتا كلاستيكية Cataclastic Rocks

تنتج هذه الصخور عن التحول الديناميكي فقط بدون أي تأثير حراري في مناطق قريبة من السطح حيث تتكسر وتطحن بدون اية إعادة للتركيب المعدني أي بدون اية إعادة للتبلور أو تغيير في التركيب الكيميائي. وقد نجد بقايا غير مطحونة من الصخور الأم في هذه الصخور. كما إننا كثيراً ما نجد هذه الصخور مصاحبة لظاهرة الفوالق. وتدعى جميع الصخور الناتجة عن عملية الطحن بالمايولونايت Mylonite.

العلاقة بين الصخور الأم والخصور المتحولة

من الواضح إن الصخور الأم Parent Rocks هي التي تحدد التركيب الكيميائي وبالتالي التركيب المعدني للصخور المتحولة. وقد نتج عن صخور أُم واحدة أكثر من نوع واحد من الصخور المتحولة اعتماداً على طبيعة ودرجة التحول إلا إن التركيب الكيميائي الأساسي لهذه الأنواع يبقى نفسه للصخور الأم. وندرج أدناه أمثله على علاقة الصخور الأم بالصخور المتحولة الناتجة عنها عند اختلاف درجات التحول.

صخور ألام	تحول ذو درجة واطئة	تحول ذو درجة متوسطة	تحول ذو درجة متوسطة ـ عالية	تحول ذو درجة عالية
Shale الشيل	**Slate السليت**	**Schist الشيست**		**Gneiss النايس**
Bassalt البازلت	**Green Schist شيست اخضر**		**Amphibolite امفيبولايت**	

الحركات الأرضية

من المعروف إن القشرة الأرضية في حالة تغير مستمر والعوامل التي تؤدي إلى هذا التغيير كثيرة منها عوامل خارجية، ذكرنا قسماً منها ضمن عوامل التعرية، وقسماً أخر يتعلق بالعوامل الداخلية. والحركات الأرضية من أهم الظواهر الدالة على عدم استقرار القشرة الأرضية. فهذه الحركات إما أن تكون سريعة ومفاجئة كالحركات الناتجة عن الإزاحات الرأسية أو الأفقية للزلزال، ومنها حركات بطيئة لا يشعر بها الإنسان وإنما يستدل عليها بشواهد مختلفة، وهذا النوع من الحركة هو الأكثر انتشاراً في القشرة الأرضية ونقسم إلى نوعين أساسيين هما الحركة البنائية للقارات والحركة البنائية للجبال.

١- الحركات البنائية للقارات

وهي حركة عمودية بطيئة جداً قد تكون إلى الأسفل أو قد تكون إلى الأعلى ويكون من نتائجها تقدم البحر () أو انحساره () عن القارات. وهذا النوع من الحركات الأرضية هو الذي ينشأ عنه تغير في موضع المحيطات والقارات في الأزمنة الجيولوجية المختلفة.

أسباب الحركات البنائية للقارات

قبل دخول إلى هذا الموضع وذلك لصعوبة تفهمه يجب علينا ان نوضح بصورة مبسطة عن تركيب الأرض وحالة التوازن الموجودة على صخورها المختلفة.

أطلق العالم الأمريكي داتون () التغبير التوازن الاستاتيكي () على ما يعرف بحالة التوازن بين القارات بما عليها من هضاب وجبال وسهول من جهة، وبين ما يقع تحتها من صخور من جهة أخرى. وهذه الصخور تنقسم إلى طبقتين الخارجية منها لها تركيب كرانيتي () وهي مغطاة بطبقات من الصخور الرسوبية التي تختلف في السمك من مكان إلى أخر. وتعرف هذه الطبقة الكرانيتية باسم السيال () والاسم مشتق كما ذكرنا سابقاً من () نسبة إلى عنصري السيلكون والألمنيوم أما الطبقة الداخلية التي تقع تحت الطبقة الكرانيتية فتركيبها يشابه البازالت () وتعرف بطبقة السيما () وهذا الاسم مشتق من () نسبة إلى عنصري السيلكون والمغنيسيوم. وقد نتج عن هذه المعلومات إن الجيولوجيون لاحظوا إن السيال تضغط دائماً على السيما، الأمر الذي أصبحت معه السيما صلبة أو لزجة إلى حد ما. وتفسير لهذه الحالة ظهرت نظريتان أساسيتان الأولى وضعها العالم برات () والثانية وضعها العالم ايري ().

وتفرض نظرية برات على إن مكونات القشرة الأرضية لها كثافات متغيرة لاماكن مختلفة. أي انه تصور أن الجبال لها كثافات اقل من المناطق المنخفضة المحيطة بها ولهذا السبب ارتفعت عنها. وذكر إن جميع هذه المكونات مغروسة بمستوى واحد. واستنتج بأن الارتفاع الذي يصله سطح الأرض عن هذا المستوى يتناسب عكسياً مع كثافة المنطقة المرتفعة الشكل ().

أما ايري صاحب النظرية التي تدعي بنظرية جذور الجبال للتوازن الاستاتيكي () قال إن الجبال ذات الارتفاعات العالية لها جذور مغروسة في المنطقة الشبه سائلة على أعماق أكبر مما تصل اليه جذور المناطق التي هي أقل ارتفاعاً .

وهناك نظرية أخرى تحاول تفسير ظاهرة التوازن حيث إن احد العلماء حاول أن يربط بين النظريتين السابقتين وخرج بنظرية موحدة اسماها باسمه هي نظرية هايسكانين للتوازن الأرضي () الشكل () إن هذه النظرية تجمع بين فرضية برات وفرضية ايري حيث تفرض تبايناً بين كافات كتل القشرة الأرضية مع العمق ولذلك فالكتل الاوطأ تكون فيها الكثافة الأكبر. وبذلك تفسر هذه النظرية جذور الجبال التي أثبتتها بعض الدراسات الزلزالية وكذلك تفسر ننفس الوقت ظاهرة تغيير وتباين الكثافة ولكن لكل نظرية لها مؤيدوها ولها معارضوها.

ولكن المعلومات والإثباتات التي نحصل عليها نتيجة لحفر الآبار العميقة تؤيد فكرة ايري أكثر. فإذا رجعنا الآن إلى القارات فهي كما سبق أن قلنا تتكون من قشرة كرانيتية لها كثافة معينة ولكنها تختلف في سمكها من مكان إلى آخر من حيث وجودها على هيئة جبال أو هضاب أو سهول ذات ارتفاعات

مختلفة. وهناك تجاوب مستمر بين مستوى سطح السيما ووزن السيال الطافي عليها فكل نقص في أحدهما لابد أن يعوض بزيادة في الآخر وبالعكس.

والمعتقد الآن إن القارات تبرز فوق سطح الماء حيث تقل الجاذبية، بسبب تكون هذه القارات من مواد السيال الخفيفة، وهي على ذلك تعتبر كأنها أماكن موجبة ترتفع إلى أعلى، بينما تتكون قيعان البحار والمحيطات من مواد السيما الثقيلة الأمر الذي خسفت بسببه القشرة الأرضية فهوت في شكل منخفضات، فهي على ذلك أماكن سلبية .

أما الجبال فقد ارتفعت بدورها فوق ظهور القارات حيث تجمعت تحتها الصخور السيال وغارت إلى أسفل بين صخور السيما الثقيلة إلى أعماق تفوق كثيراً ارتفاعات الجبال نفسها، وتلك هي الجذور وتناسب غور هذه الجذور تحت سطح الأرض تناسباً طردياً مع ارتفاع الجبال فوقها، فكلما استطال الجبل ارتفاعاً في الهواء كلما غاص جذره في باطن الأرض ولقد استخدمت موجات الزلازل لمعرفة هذه النسبة فوجد إن طول الجذور يفوق ارتفاع الجبل بأربع مرات ونصف مرة. وقد أثبت إن جذور بعض الجبال الشاهقة ما يغوص إلى عمق 40كم بينما يصل سمك صخور السيال (10-12)كم تحت السهول في حين تكاد أن تكون صخور السيال معدومة تحت قيعان المحيطات والبحار العميقة وبذلك نرى إن القشرة الأرضية تحتفظ بالتعادل بين مرتفعاتها ومخفضاتها فيما يسميه العلماء بالاتزان أو التوازن الأستاتيكي للأرض () ومن هذا يتضح إن عوامل التعرية المختلفة التي تحاول ان تهدم كل المرتفعات التي على سطح القارات ترسب كل الرواسب بكمياتها الضخمة في منطقة الرف القاري وفي قيعان البحار عموماً وتؤثر كل هذه الأثقال من الرواسب التي تقدر بملايين الأطنان سنوياً على القاع المكون من السيما الشبه سائلة فيهبط القار بالتدريج وتحصل عملية إزاحة للسيما نحو المكان الذي خف الحمل الذي كان عليها من صخور السيال نتيجة لتأكلها فيرتفع هذا المكان ثانية ليعادل الهبوط الذي حدث، وتسمى هذه العملية بإعادة التوازن الاستاتيكي .

لهذا نحد عادة إن المناطق التي تصب فيها الأنهار الكبيرة هي مناطق هبوط. كما يحصل من جراء ارتفاع جزء من الأرض أو انخفاضه حدوث إجهاد في الصخور المكونة له ينتهي بحدوث فوالق الشد وهي الفوالق العادية. كما إن كثير من الأنواع الأخرى من الفوالق يصاحب حدوث الحركات البانية للقارات.

٢- الحركات البانية للجبال

وهي عبارة عن حركات أفقية أو شبه أفقية ناتجة عن ضغط جانبي أو من أسفل تكون نتائجه طي أو ثني الطبقات الصخرية وخاصة المتكونة في أحواض البحار الكبيرة أو الجيوسينكلاين . واهم الحركات

البانية للجبال هي الحركة الألبية التي حدثت في الفترة ما بين آخر الحقبة المتوسطة () والى الحقبة الثالثة. أما الحركة الثانية فيه ما يسمى بالحركة الهرسينية التي تم حدوثها في العصر الكربوني والبرمي ()والحركة الثالثة هي الحركة الكليدونية () التي حدثت بين آخر العصر السيلوري والعصر الديفوني ().

أسباب حدوث هذه الحركات

توجد نظريات عديدة لتفسير أسباب هذه الحركات هي:

أ- نظرية الانكماش

وهذه النظرية مبنية على أساس أن الأرض آخذة في الانكماش أي أن القشرة الأرضية تحاول تصغير مساحتها ونتج عن ذلك حدوث تقلصات في أماكن معينة تنتج عنها أحواض البحار الكبيرة أو الجيوسينكلاين () وسلاسل الجبال المنتشرة في أماكن مختلفة من سطح القشرة الأرضية.

ب-نظرية التيارات الناقلة

طرح هذه النظرية العالم هولمز لتفسير مصدر القوى الأفقية المسؤولة عن زحزحة القارات. وهذه النظرية تقول بأن هناك تيارات حمل في داخل المنطقة المنصهرة في جوف الأرض حيث إن تيارات شديدة من المواد المنصهرة في بعض المناطق داخل القشرة تنتشر وتبرد ثم تهبط إلى القاع وتجذب معها جزءاً من القشرة الأرضية فتتكون بذلك أحواض البحار الكبيرة أو الجيوسينكلاينات وعلى جوانبها تتكون مناطق انثناء جبلية.

ج- نظرية زحزحة القارات

إن أول من وضع الخطوات الرئيسية لنظرية زحف القارات هو العالم الألماني الفرد فيكنر (). نشر هذا العالم نظريته التي تقول بأن جميع قارات الأرض الحالية كانت متلاحمة في قارة واحدة كبيرة اسماها البانكيا () التي تعني (كل الأرض) وخلال العصور الجيولوجية الماضية تصدعت تلك القارة الكبرى إلى القارات المعروفة حالياً. ولقد بدأ زحف القارات في أواخر أزمنة الحياة الوسطى () أي منذ مئة وثلاثين مليون سنة. ويوجد عدد من الأدلة لإثبات هذه النظرية منها:

١- تشابه في شكل حافات القارات

إن شكل الجانب الغربي لأفريقيا والجانب الشرقي لأمريكا الجنوبية يكمل كل منهما الآخر وخصوصاً على عمق ألفي متر (2000)م تحت سطح البحر .

٢- التشابه في التكوينات الجيولوجية

توجد في الهند طبقات صخرية تعرف باسم النظم الكلدواني () وعمر هذه الطبقات يتراوح ما بين أواخر حقبة الحياة القديمة () والعصر الطباشيري () وتوجد طبقات صخرية مشابهة لها في

طبيعتها وعمرها في كل من جزيرة ملاكاسي وجنوب أفريقيا وجزر الفالكلاند التي تقع غرب مضيق ماجلان، وكذلك في أمريكا الجنوبية واستراليا والقطب الجنوبي.

ويوجد تشابه في بعض التكوينات الجيولوجية الموجودة في غرب وشرق أمريكا الشمالية. وكذلك يوجد تشابه واضح في التكوين الجيولوجي على الجانبين المتقابلين في كل من استراليا وقارة القطب الجنوبي.

أوجه الشبه هذه تعني أن تلك الطبقات أو التكوينات لها علاقة من حيث الأصل والمنشأ. فمثلاً لو لم تكو نشبه القارة الهندية ملاصقة لأفريقيا لما كان ذلك التشابه الواضح في تلك الطبقات الصخرية الموجودة عليها. وقس على ذلك بقية المناطق .

٣- التشابه في الحفريات أو المتحجرات

لاحظ العملاء على أن المتحجرات النباتية المسماة () وجدت في كل من الأرجنتين وجنوب أفريقيا والهند وغرب استراليا والقطب الجنوبي وهذا يدل على أن تلك المناطق كانت متقاربة خلال الأحقاب الجيولوجية الماضية.

لقد أوردنا هنا بعض الأدلة إلا إن هناك بعض الحقائق الجيولوجية التي لم تستطع هذه النظرية إيجاد تعليلات لها.

د- نظرية تمدد قاع المحيطات

وتقوم هذه النظرية على أساس المعلومات الجيوفيزيائية المغناطيسية حيث اقترحت من قبل العالم هيس عام 1962 على أساس إن صخور ومواد الجبة نتيجة لتيارات الحمل الصاعدة إلى مناطق الحواجز ناقلة مواد نارية تأخذ حال تصلبها الخواص المغناطيسية الأرضية في تلك الفترة من تاريخ الأرض، وبدراسة ومشاهدة التتابع الطبقي للصخور البركانية ودراسة صفاتها المغناطيسية على طرفي الحواجز أمكن التأكد من الإضافات إلى وسط المحيط وبالتالي (توسعة) بشكل مستمر مسبباً حركة دافعة افية للكتل القارة .

هـ- نظرية الصفيح

طرحت هذه النظرية في أواخر الستينات معتمدة على فكرة زحزحة القارات كظاهرة ونظية تمدد وسط المحيط كقوة أفقية محركة وتقوم على اعتبار الأرض وقشرتها بالذات مقسمة إلى مجموعة من الصفائح المختلفة السمك والمحددة بمناطق الأحزمة الفعالة المتميزة بالفعالية الزلزالية والبركانية . لقد أدت هذه النظرية إلى تراجع أساسي في التفكير العلمي واعتبرت ثورة علمية..

حيث استطاع علماء الأرض ولأول مرة الحوار عبر منظومة عالمية موحدة تفسر العديد من الظواهر الأرضية وتربطها ببعض بشكل لم يكن ممكننا في السابق.

إن نظريتي تكتونية الصفيحة وانتشار أو توسع قاع المحيط حدثان مهمان من تاريخ الفكر الجيولوجي والجيوفيزيائي بدلتا الكثير من المفاهيم التريبية والبنائية ي تفسير تكون الجبال والمحيطات وفي النظرة الكلية عن تطور الأرض.

إن هذه النظرية تنص على إن الجزء العلوي من القشرة الأرضية متكون من عدد من الصفائح الكبيرة الصلدة () والمستقرة والتي يبلغ عرض بعضها ألاف الكيلومترات. ويقسم سطح الأرض حالياً إلى ستة صفائح رئيسة وعدد من الصفائح الصغيرة. . وقد أثبتت البحوث الزلزالية الحديثة والدراسات المغناطيسية التي جرت على المحيطات صحة هذه النظرية وأصبح استعمالها الوسيلة الصحيحة في تعليل الحركات الأفقية للقشرة الأرضية وفي الكشف عن المصادر الطبيعية للمعادن والنفط والتراكمات الملحية.

ويفترض في الصيحة إنها متكونة من كتل صلبة ن طبقات الليثوسفير () بسمك 70كم وتنزلق على طبقة منصهرة تسمى طبقة الاستثينوسفير ().

إن الحدود بين الصفائح على أنواع ثلاث: حدود لبروز في حالة توسع تضاف مواد قشرة جديدة إلى الحافات المتقهقرة (أو المتباعدة في اتجاهين متعاكسين) لصفيحتين وحدود حيث الحافات المتقدمة من الصفيحتين المتحركتين في اتجاهين متعاكسين متقابلين تلتقيان وتتراكب إحداهما على الثانية جاعلة إياها أن تغور راجعة إلى الغلاف عند الخندق المحيطي حيث تتحطم مادة قشرتها. وفي الحد الثالث لا تضاف مادة ولا تتحطم بل الصفيحتان تنزلقان جانبياً على خط صدع محول أي انه في النوع الثاني تستهلك الخنادق الليثوسفير وانه لمهم جداً حيث في هذه الحالة تتكون القارات.

فعندما تتفاعل صفيحتان من قشرة المحيط يحدث بينهما تراكب وتغور أحداهما مصحوبة بفعالية زلزالية شديدة حيث المركز السطحي للزلزال على السطح النازل لليثوسفير. وحافة الصفيحة الراكبة تتميز بسلسلة جزر بركانية وعرة والتي صخورها وحممها اندسايت فاتح وأنواع كلسيه قلوية مختلفة كلياً من بازلت المحيط وهذه في الحقيقة مواد قارية جيدة. لاحظ الشكل().

إن مفتاح تفهم تاريخ وتطور القشرة الأرضية في المنطقة يستند إلى فهمنا الأحسن لغطاء الأرض الذي تحت القشرة والفهم الصحيح للميكانيكية المسيطرة على حركة الكتل الأرضية في درجات الحرارة العالية في هذا الغطاء ففهم تطور التكوين للجزيرة العربية كان مبنياً على

المبادئ الجيولوجية التقليدية السائدة والتي كانت سطحية في اسسها وكانت تفسر الظواهر الجيولوجية ومعرفة اتجاه الجهة الفعالة من دون التعمق إلى جوهر ميكانيكية أسباب هذه المظاهرة فمثلاً كان يلاحظ في حافات الدرع العربي ترسبات بحرية تعود إلى عصور جيولوجية مختلفة. إن هذه الترسبات في حالات كثيرة تشير إلى تقدم بحري أو انحسارها وتراجعها مع أو بدون بروز اليابسة أما في المناطق المحيطة أو المكونة لحوض التيش فوصفت بوجود أحواض ترسيب فمثلاً في العصر الطباشيري الأعلى نجد تكوين صخور فلش الرسوبية السميكة الخاصة بأحواض الترسيب في موقع جبال زغروس وطوروس المكون لمنطقة الحزام الاوروجيني الالبي.
بصورة عامة كان الاعتقاد العام السائد بان الحوض الترسيبي على الحافة الشمالية الشرقية للدرع العربي كان يبدأ بخسفه أو انخفاض طفيف في قشرة الأرض ومن جرائها تنغمر الأجزاء المخسوفة ببحر التيش وهكذا تتكون الرسوبيات البحرية فيها وكان يعتقد أيضاً بان التراكم المتزايد من الرسوبيات كان يؤدي إلى هبوط قاع البحر المستمر من جراء ثقل أي هكذا كان يتولد حوض رسوبي فعال بحيث يستمر في الغور حتى يصل إلى حد تصدع القشرة التي تحتها مما يؤدي إلى حركات أرضية مكونة جبالاً وعلى الأكثر كانت هذه الظواهر مصحوبة بانفجارات بركانية وهزات زلزالية.
إن النظريات الحديثة التي شرحناها بإسهاب هي اقر ب محاولة لتفسير ميكانيكية ظواهر تكون القارات والجبال والبحار والمحيطات. إن العراق وبقية الأقطار المتاخمة للجبهة الشمالية الشرقية للدرع العربي سايرت التطورات والتحولات الجيولوجية فالمنطقة ككل كانت موجودة كصفيحات (صفائح) أرضية في عصور البريكامبيري ولكن أشكالها وأحجامها وأبعادها وموقعها قد تطور في عصر من العصور الجيولوجية المتعاقبة فحالياً مثلاً هناك صفائح صغيرة مثل صفائح تركيا وإيران وسوريا بالإضافة إلى الصفائح الكبيرة مثل صفيحة أفريقيا وصفيحة الجزيرة العربية واليوراسية. أما العراق فواقع في ملتقى بعض هذه الصفائح.
إن الصفيحة الأفريقية تتحرك شمالاً بالنسبة لأوربا مصحوباً بهدم القشرة والزحف التحتي بمحاذاة أنظمة أقواس جزر الكريت وكالبريا فيعتقد لروت بان الصفائح البينية مثل صفيحة تركيا وايجة والبولي صغيرة وتتحرك بسرعة نسبياً وتعطي زلزالية شديدة من حافاتها إن كل الدراسات تشير إلى وجود منطقة تضاغط من الجزء الشرقي من البحر الأبيض المتوسط ومن مقارنة الإزاحة من موقع زوجين لمنطقتين قص (قطع) ظاهرة (أبو المساريب في الجزيرة الغربية وادي الحمد في الجيرة العربية ووادي الحفافيت في أفريقيا).

أستنتج بأن الجيرة العربية قد تزحزحت بمقدار 150كم بالنسبة إلى القارة الأفريقية وبمحاذاة أخدود البحر الأحمر قي قسمه الشمالي.

إن ملاحظة مناطق القص أتت نتيجه دراسة الصور الجوية الملتقطة بواسطة الأقمار الصناعية وان الحركة لا بد وإنها أزاحت القاعدة الأساسية للقسم الشمالي الغربي من الجزيرة العربية كتلة (مجنة) من موقعها الأصلي في النهاية الجنوبية من خليج السويس إلى محلها الحالي على خليج العقبة.

التربـــة

التربة Soil

ترتبـط عمليـات التجويـة بشكـل وثيـق مـع عمليـات تكويـن التربـة (soil-forming processes) في الجزء العلوي من القشرة الأرضية.حيث إن عملية التجوية كما أسلفنا تعمل على تكسير وتفتيت الصخور لـذلك تعتبر مـن العمليـات الهدامية (destructive processes) على سطح الأرض.ولكن من جهة أخرى تكسير وتفتيت الصخور إلى قطع صغيرة سوف يؤدي إلى تكوين التربة. وكما نعرف فان التربة هي الوسط الملائم لنمو النباتات،والنباتات هي غداء لأغلبية الحيوانات،ولحوم الحيوانات هي المصـدر الرئيسـي لغـذاء البشـر.بكلمة أخـرى نسـتطيع إن نقـول بـان هنالـك دورة مـابين الفـراش الصخري(regolith) والغلاف الحياتي للكرة الأرضية(Biosphere).لـذلك البعض يقول بان عملية التجوية هي من العمليات البنائية على سطح الارض (constructive processes).

ولغرض تعريف التربة يمكن أن نقول (التربة هي الجزء العلوي المفكك على سطح الارض والحاوي المواد العضوية والذي يعتبر الوسط الملائم لمعيشة النباتات) .

إذن التربـة تتـكون بشـكـل أسـاسـي مـن جزئيـن صلبين هما المـادة المعدنية المفككة والمـادة العضوية. وطبيعـي فـان المـادة العضوية تتكون من تفسخ النباتات (Decay of plants) بتأثير فعالية البكتريا. الرطوبة وبعض الغازات في التربة تلعب دورا مهما في تهيئة التربة كوسط ملائم للنباتات.

بالاستناد إلى ذلك التعريف يكون بالمستطاع الآن تمييز التربة عن الترسبات والمواد غير المتصلبة (Unconsolidated Sediments) مثل الحصى المترسب بواسطة الأنهار والكثبان الرملية المترسبة بواسطة الرياح...الخ.

إن مفهوم التربة هو مصطلح له معاني متعددة اعتمادا على الشخص الذي يستعمل هذا المصطلح.فعلى سبيل المثال بالنسبة للمهندس المدني مصطلح التربة يعني كل مادة مفككة غير متماسكة. في حين يعتبر علماء التربة بانها الوسط الذي تنمو فيه النباتات وتزدهر.

أنواع التربة استنادا الى علاقتها الوراثية مع الصخور الأم :

١-التربة المتبقية :هي التربة المتكونة فوق الصخور الاصلية التي اشتقت منها وضلت باقية في محلها وتتميز بحتوائها على نفس المعادن الاولية الثابتة الموجودة في الصخور الاصلية.

٢-التربة المنقولة :هي التربة المتكونة فوق المواد الغير متصلبه المنقولة من مكانها الاصلي والمترسبة في مكان أخر وتتميز بكون معادنها الأولية ثابتة تختلف عن معادن الصخور التي تحتها ،ان هذه المواد المنقولة بعد ان تترسب يتغلغل فيها الهواء والماء وبالتالي سوف تتجدد عملية التجوية عليها مما يؤدي الى تكون التربة فوقها

بمرور الزمن تحت الظروف المناخية المناسبة.ومن أمثلتها التربة المناخية (ويشمل هذا النوع من التربة اللوس والكثبان الرملية والتربة النهرية وتشمل مختلف الترسبات المنقولة بواسطة مياة الانهار والتربة الجاذبية تشمل التربة التي تتكون من تدحرج الفتات الصخري من المرتفعات العالية تحت تأثير قوى الجاذبية)

أنواع التربة على أساس عمليات الغسل بواسطة مياه الأمطار :

تقسم الترب الى مجموعتين رئيسيتين :

١- تربة البيد لفر :وتشمل الترب الحامضية التي تتكون تحت الظروف الرطبة حيث تتراوح كمية الامطار الساقطة ما بين (٣٠-١٢٥) بوصة ولذلك فأن عمليات الغسل والترشيح المستمرة فبالتربة تؤدي الى ازالة البوتاسييوم والكالسيوم مما يعني افتقارها الى العناصر الغذائية الرئيسية ويتميز نطاق التربة B فيها غنيا بالطين والحديد والالمنيوم.

٢- تربة البدوكل :تشمل التربة القاعدية التي تتكون تحت الظروف الجافة ويتراوح مقدار الامطار بأقل من (٢٥) بوصة ويكون نطاق التربة A العلوي غنيا بالكالسيوم والصوديوم ،ان هذه الترب تحتوي على العناصر القابلة للذوبان والتي تعتمد عليها خصوبة التربة حيث ان عمليات التبخر تؤدي الى صعود الماء حاملا االملاح الذائبة من الاسفل مما يؤدي الى تجمعها في الاعلى ويطلق تسمية(Caliche) في حالة وجود تجمعات من كاربونات الكالسيوم في مقطع التربة على شكل سطوح بيضاء.

وهناك ثلاثة مجاميع رئيسية من الترب المصنفة على أساس اختلاف الظروف المناخية وهي :

١- تربة المناطق المعتدلة :في هذه التربة يتركز السيلكون على سطح التربة بينما تزال وتغسل عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم وتترشح عناصر الحديد والالمنيوم مع المياه المتغلغلة في التربة وتتجمع في نطاق التربة B.

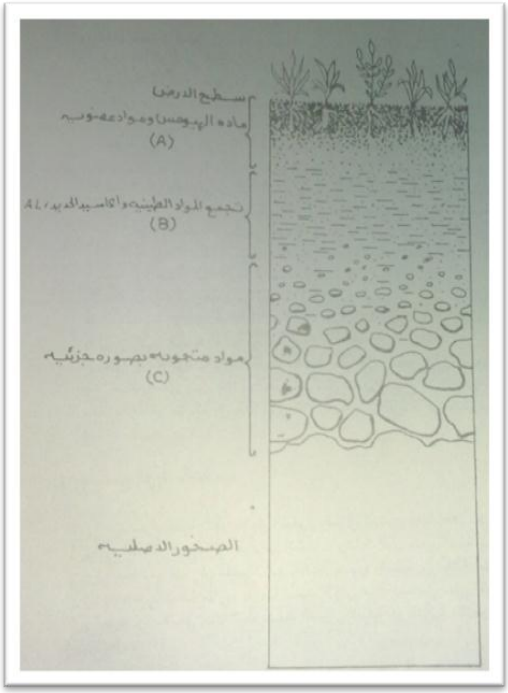
٢- تربة المناطق الاستوائية :في هذه الترب يتركز عناصر الحديد والألمنيوم على شكل اكاسيد ذائبة وهايدروكسيد بينما تزال عناصر السليكون وبقية العناصر الأخرى من التربة بعمليات الغسيل المستمر.

٣-تربة المناطق القاحلة وشبة القاحلة :في هذه التربة يعاد توزيع الاملاح الذائبة مثل الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ضمن انطقة التربة مما يؤدي الى تكوين (Caliche) والتربة التي يكون سطحها قويا تتجمع عناصر الكالسيوم والصوديوم تحت السطح بالإضافة إلى بعض مركبات الصوديوم الذائبة.

ان الاختلافات والتباين في مقطع التربة من منطقة مناخية إلى أخرى مختلفة هو من الوضوح بحيث أننا نستطيع ان نتوصل ولو بصورة تقريبية الى الظروف المناخية في منطقة ما أذا وجدنا تربة قديمة مطمورة بحيث يمكننا ان نستنتج المناخ السائد في الوقت الذي تخزنت فيه التربة حيث يعني ذلك أيضا وجود فترة توازن ما بين عمليات الترسيب والتعرية.

مقطع التربة

باستمرار عملية التجوية على الصخور والفراش الصخري(Regolith) تتعرض المواد المفككة المتجوية إلى تحويرات وتعقيدات وبذلك فان مقطع التربة يبدأ بالنضج تدريجيا. إن مقطع التربة يتكون بصورة رئيسية من ثلاثة أنطقة (Horizons) متعاقبة موازية تقريبا لسطح ألأرض حيث تبدأ من سطح ألأرض العلوي والى الأسفل حيثما توجد منطقة الصخور ألأصلية غير المتأثرة بالتجوية.
كما في ألشكل أدناه :-



شكل يمثل مقطع ألتربة

ألنطاق العلوي ويسمى بنطاق التربة A (A_horizon) ويبدأ من سطح الأرض حيث يكون عادة ذا لون رمادي أو مائل إلى السواد بسبب تركز المواد العضوية وبعض المواد الأخرى التي يطلق عليها اسم ألهيومس(Humus) وهي عبارة عن بقايا النباتات وأنسجة الحيوانات المتحللة بصورة جزئية والممتزجة مع بعض المواد غير العضوية. والى الأسفل قليلا من هذا السطح تتعرض نواتج التجوية إلى عمليات الغسل والإزالة بسبب ترشح المياه وبالتالي فان هذا النطاق سوف يفقد جزءا من مكوناته الأصلية حيث تترشح مع المياه إلى النطاق الأسفل حاملة المواد الطينية وبعض الأملاح الذائبة وايونات الحديد والألمنيوم مع تركيز بسيط فقط للمعادن الأولية القوية. إن نطاق التربة A وخصوصا سطحه العلوي يتعرض إلى أقصى الفعاليات البيولوجية من خلال التأثيرات النباتية والحيوانية والمناخية المباشرة.

ويلي هذا النطاق نطاق التربة B (B-Horizon) وعلى الرغم من افتقاره للمواد العضوية فهو يعتبر المكان الأمثل لتجمع نواتج التجوية المغسولة من المعادن والأملاح والتي تترشح من نطاق التربة A. ويتميز نطاق التربة B باحتوائه على المعادن (Clay Minerlas)واكاسيد الحديد والألمنيوم بالإضافة إلى المواد الغروية (Colloids) ويسمى نطاق التربة الثالث بالنطاق C (C-Horizon) حيث يعتبر نطاق تجوية الصخور الأساسية والأصلية بصورة جزئية ويقع مباشرة فوق الصخور الأصلية حيث إن البعض يعتقد بان نطاق التربة A.B هما يشكلان التربة الحقيقية

عوامل تكوين التربة (Soil-forming processes)

وجد علماء التربة (soil scientists) اختلافا كبيرا في مكونات التربة من منطقة لأخرى وأول من أشار إلى ذلك العالم الروسي دو كيشيف (Dokuchaiev) في عام 1800 وذلك نتيجة لخمسة من العوامل الديناميكية المتداخلة وهي الصخور الأصلية(parent rocks) والمناخ (Climate) ، الفعاليات العضوية (Organic.Activity) ، التضاريس (Topography) بالإضافة إلى عامل الزمن(Time Factor) وفيما يلي مناقشة مستفيضة لهذه العوامل.

١-الصخور الأصلية (parent rocks):-

تؤثر نوعية الصخور الأصلية بشكل كبير على نوعية التربة المتكونة وطبيعتها فمثلا التربة المتكونة فوق صخور رسوبية وأخرى فوق صخور نارية أو متحولة سوف تكون بالتأكيد مختلفة إذا تعرضت أثناء مراحل تكوينها إلى عوامل مناخية مختلفة الملاحظة هنا هو اختلاف نوعية التربة المتكونة فوق نوع واحد من الصخور ولنفترض صخور الكرانيت النارية في مناطق مناخية مختلفة ولقد وجد العلماء بأن نوعية التربة

تكون متشابهة بشكل مدهش في المناطق ذات الظروف المناخية المتماثلة على الرغم من اختلاف الصخور الأصلية التي اشتقت منها.

٢-المناخ (Climate)

المناخ يعتبر عامل مهم في تكوين التربة وبالرغم من إن التربة تختلف بصورة واسعة من منطقة لأخرى فإنها تظهر بعض التشابه خصوصا في المناطق ذات الظروف المناخية المتشابهة حتى وان اختلفت الصخور الأصلية المكونة للتربة. وفي المناطق ذات الاختلافات المناخية تختلف المتكونة بالرغم من كون مصدر الصخور الأصلية متشابها.إذن المناخ عامل مهم ويؤثر بصورة مباشره على نوعية التربة المتكونة حيث يعتبر كمقياس للحرارة وكمية الأمطار الساقطة (Precipitation) ومقدار التبخر(Evaporation) وبالتالي فهو يتحكم بأنواع وكمية النباتات المتواجدة في المنطقة وكذلك بوجود البكتريا وبعض الأحياء التي تعيش بالتربة مثل دودة الأرض. إن كل هذه العوامل تؤثر بقوة وتتحكم بالعمليات الجيولوجية التي تحول الصخور وتؤدي بمرور الزمن إلى تكون التربة. ولنأخذ على ذلك بعض الأمثلة لجو رطب يساعد على تكوين التربة في وقت قصير نسبياً وذلك لأن الأمطار والحرارة تحددان شدة عملية التجوية وكذلك وجود النباتات يؤدي إلى زيادة مطرودة في نسبة غاز ثاني اوكسيد الكاربون في التربة وهذا يعني زيادة في كمية الحامض الكربونيك المتكونة في التربة التي تساعد على تحلل المعادن كما أشرنا إلى ذلك سابقاً في موضوع التجوية الكيمياوية.

٣-ألفعاليات العضوية Organic Activity

وتشمل النباتات والأحياء المجهرية التي تعيش في التربة. إن التربة في مناطق الغابات تكون حامضية(Acidic) ومغسولة أكثر مما في المناطق المغطاة بالحشائش. أما في المناطق الاستوائية فان الأحياء المجهرية (Micro-Organisms)تكون فعالة بحيث تفسخ بقايا النباتات قبل تجمع مادة الهيومس وبالتالي سوف تتكون حوامض عضوية تحلل المواد الصخرية نتيجة تفاعلها مع المعادن (إن مادة الهيومس هي بقايا النباتات وأنسجة الحيوانات المتحللة بصورة جزئية والممتزجة مع بعض المواد اللاعضوية ويكون لونها أسمر أو أسود وتعتبر عامل رئيسي في خصوبة التربة).إن أغلب المواد العضوية (Organic Material) المتواجدة في التربة إنما هي بقايا المادة الكلوروفيلية الخضراء وبقايا جذور النباتات. وتعمل النباتات خلال فعاليات حياتها على استخراج مختلف المواد المعدنية والماء من التربة (أي العناصر الغذائية الرئيسية). وعندما

تموت هذه النباتات فإنها تتفسخ وتؤدي إلى تجمع المادة العضوية في التربة وهكذا نلاحظ وجود حركة دائمية للمواد من النباتات للتربة وبالعكس.

٤-ألتضاريس Topography

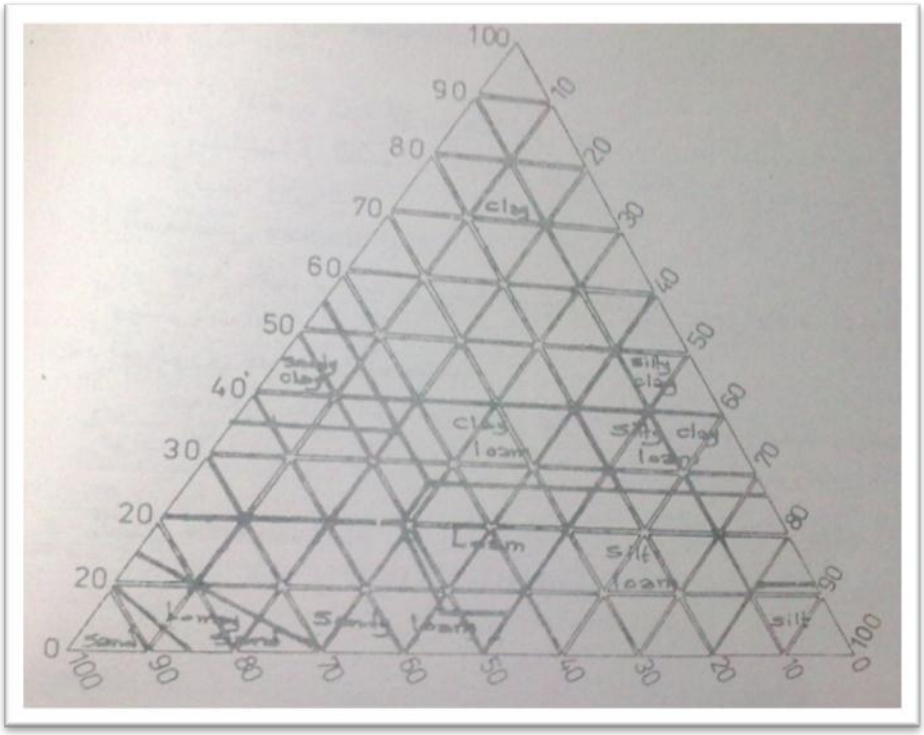
إن اختلاف التضاريس يسبب اختلافات موضعية في سمك مقطع التربة وكذلك في نوعية التربة. فمثلاً في الأراضي العالية (Uplands) يكون مقطع التربة سميكاً والتصريف فيها جيد (Well Drained)أما على السطوح المائلة وسفوح الجبال والوديان فيكون سمك التربة أقل وتتميز بكونها غير ناضجة وذلك لقلة المياه المترشحة إلى داخل التربة حيث إنها تنساب إلى الأسفل جارفة معها مواد التربة الناعمة، أي بكلمة أخرى نستطيع القول بأن سرعة ألتعرية تكون كبيرة على السطوح المائلة مما يؤثر على نوعية وسمك مقطع ألتربة. أما في الأراضي المنبسطة وقعر الوديان فتكون التربة سميكة ونوعيتها يتأثر بالتصريف النهري في تلك المناطق.

٥-ألزمن Time Factor

يعتبر من العوامل ألمهمة في تطور ونضج مقطع التربة حيث يساعد على إكمال التفاعلات في التربة مما يجعلها بمرور الزمن تظهر متكاملة. إن ألوقت ألللازم لتكوين تربة ناضجة في حالة توازن مع ظروف مع ظروف سطح الأرض يتراوح ما بين بضعة مئات إلى آلآفٍ من ألسنين وهكذا يعتمد على ألاختلاف في شدة عمليات التجوية باختلاف المناطق المناخية. إن التربة الناضجة تعتبر ناتج نهائي لعملية توازن الصخور مع الظروف البيئية على سطح اليابسة. أما التربة غير ألناضجة فهي التي لا تتمثل أنطقتها بشكل واضح أو يمكن اعتبارها في حالة تطور مستمر بمرور ألزمن.

إن معدل تكون التربة يختلف باختلاف العوامل المؤثرة عليها ويتراوح ما بين بضعة انجات /100 سنة إلى أقل من ألأنج /10,000 سنة بعض الدراسات أثبتت بأن التربة التي تتكون فوق الرمل المتفتت في مناطق الغابات تحتاج ما بين 200-100 سنة لكي تكون ناضجة. إن هذا الوقت هو قصير إذا ما قورن بالعمليات الجيولوجية البطيئة على سطح الأرض ولكن من جهة أخرى إذا ماعرفنا حاجة السكان إلى الغذاء المستمر وفقدان التربة نتيجة لمختلف فعاليات السكان على سطح الأرض ندرك مدى أطول هذا الوقت لغرض تكون التربة.

والشكل أدناه يوضح أنواع ألترب وقد تم تقسيمها بالاستناد إلى النسب المئوية لمكوناتها الرئيسية وهي الرمل والسلت والطين ألموجودة في نموذج التربة وكما مبين أدناه :-



بعض الظواهر الطوبوغرافية الناتجة من عمليات الترسيب النهرية major depositionsl landforms

الدلتا delta

وهي منطقة فيضية مثلثة الشكل تتكون من تراكم الرواسب النهرية الناعمة عند مصبات الانهار حيث تكون مسرحا لعمليات معقدة ما بين المياه العذبة و المالحة. فعندما تصل الانهار الى مصباتها وتضع مياهها في الجسم المائي الكبير(البحر او المحيط) تنخفض سرعتها بصورة مفاجئة مما يؤدي الى ترسيب حمولة النهر،وعندما لاتكون هنالك تيارات وامواج بحرية قوية بالقرب من الساحل فان هذه الترسبات سوف تتجمع على شكل مثلث يشبه حرف دلتا اليوناني بحيث يكون راس المثلث باتجاه البحر.ان هذه الترسبات يطلق عليها اسم ترسبات الدلتا.وتترسب اولا في قاع النهر الحبيبات الخشنة اما الحبيبات الناعمة كالطين والسلت فانها تنقل الى مسافة او بعد معين ومن ثم تترسب.ان التقاء مياه النهر العذبة بالمياه المالحة عند

المصب يؤدي الى حدوث ما يشبه التخثير حيث ينتج من ذلن ترسب الذرات الناعمة العالقة بمياه النهر.وعندما ينون البحر ضحلا سرعان ما ينسد مجرى النهر نتيجة الترسبات في قاعه وبالتالي يحول النهر كسر ضفافه مكونا مجموعة اضافية من قنوات التوزيع والتي هي من الخواص المميزة للانهار عند مصباتها.ان شكل وحجم وموقع الجسم المائي في منطقة المصب له تاثير كبير على ترسبات الدلتا وكما نعرف فان التيارات القوية تمنع تجمع ترسبات الدلتا وتوزعها باستمرار وعموما فان ترسبات الطين والسلت سوف تتحرك الى الاعماق تاركة الترسبات الخشنة قريبة من مكانها.

ان الظروف الملائمة لتكون الدلتا هي:

١.عدم وجود تيارات وامواج بحرية قوية في منطقة مصبات الانهار.

٢.الانخفاض التدريجي لقاع البحر في منطقة المصب بحيث يكون ملائما لتكون الدلتا.

٣.ان تكون حمولة النهر كافية لبناء هذه الترسبات.

فعلى سبيل المثال من توفر الشروط الملائمة لتكون ترسبات الدلتا من منطقة مصب نهري دجلة والفرات لاتوجد دلتا والسبب يرجع الى ان معظم حمولة النهرين سوف تترسب عند دخولها الى مناطق الاهوار والمستنقعات جنوب العراق.وكذلك نهر الامازون لاتوجد له دلتا عندما يصب في المحيط الاطلسي بسبب تيارات المحيط القوية التي تمنع هذه الترسبات من ان تتجمع .ومن اشهر ترسبات الدلتا في العالم هي دلتا نهر النيل في مصر ودلتا اليانفتسي في الصين .ان دراسة المقطع العرضي للدلتا يرى بوضوح ثلاثة انواع من الطبقات.

الخرائط الجيولوجيا

المقدمة :

يسبق كل مشروع هندسي عادة مجموعة من الفحوصات الجيولوجية ، كما أن التقارير الجيولوجية التي تحضر حول المشروع يجب أن تفهم من قبل المهندسين والفنيين المعنيين بتنفيذ هذا المشروع لكي يستفادوا من المعلومات التي تم الحصول عليها وان الجزء الأساسي من أي تقرير جيولوجي هو الخرائط . وللمشاكل الهندسية التي تتطلب معلومات جيولوجية مثل الإنفاق ، تجهيزات الماء ، المجاري ، الجسور والسدود ،

دراسات أحواض الخزان والسيطرة على التعرية واصل مواد البناء وأمور أخرى فان الخرائط الجيولوجية تعتبر معلومات ضرورية لانجازها .

أنواع الخرائط الجيولوجية :

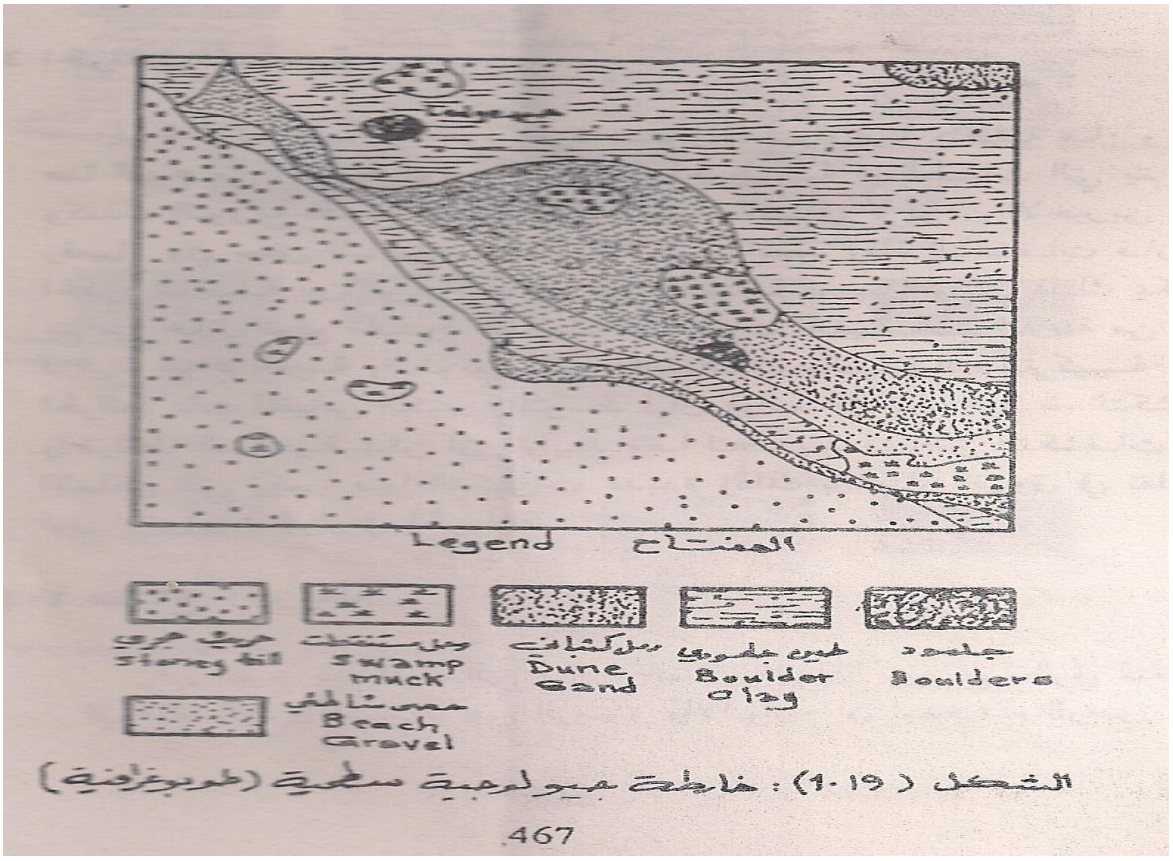
أن هناك أربعة من الخرائط الجيولوجية التي يتم استعمالها عادة وتشتمل مايلي :-

١- الخرائط السيطرة ((الطوبوغرافية)) . ٢- خرائط التكشفات .

٣- خرائط مساحية . ٤- خرائط تركيبية .

١) الخرائط السيطرة ((الطوبوغرافية))

أن الخرائط السطحية توضح صفات وتوزيع الأنواع المختلفة من المواد السطحية . أن خرائط الترب الزراعية هي في الواقع نوع من الخرائط الجيولوجية السطحية ولكن نتيجة لإعدادها من قبل المساحين المدربين على إعمال المسح الزراعي فان العديد من أنواع الترب المحلية قد تم تمييزها ورسمها بحيث أصبح من المتعذر قراءة المعلومات الهندسية الأساسية منها ، كما أن المعلومات الجيولوجية تكون قد شوهت بشكل وآخر، ومع ذلك فان أي شخص يتعلق عملة بالجوانب الهندسية للتربة يجب أن يتعرف على هذا النوع من الخرائط ويتعلم قراءتها . أن الخرائط السطحية الجيولوجية التي تتميز بين أنواع المواد السطحية اعتماداً على التقسيمات الجيولوجية مثل حصى الأنهار ، طمى الأنهار ، طين الثلاجات البحري ، حصى الثلاجات وما شابة تكون مفيدة للإغراض الهندسية ، إذ يتم منها تحديد توزيع المدى المساحي وصفات العديد من الترسبات . أن الخرائط السطحية تكون مهمة بشكل خاص في البحث عن المواد البناء وفي إرشاد بعض الإعمال الهندسية الأخرى ، على سبيل المثال التصريف ودراسات تجهيز الماء ، تحديد مواقع المطارات والطرق الخارجية وما شابة ذلك . وبسبب التغيرات الموقعية في التركيب والسمك والتوزيع والذي لا تظهر عادة على الخرائط ذات المقياس الصغير ، فان القراءات الحقلية والفحوصات والتنقيب يجب أن يتم عملها في الحقل على هذه الخرائط . أن الشكل (١) يوضح جزءا من خارطة جيولوجية سطحية .



الشكل (1-19) : خارطة جيولوجية سطحية (طوبوغرافية)

شكل (١) يوضح جزءا من خارطة جيولوجية سطحية .

٢) خرائط التكشفات :

أن الخرائط التكشفات هي الخرائط التي توضح المناطق التي تتكشف عندها الصخور ويتم تمييز أنواع الصخور المختلفة والمعلومات التركيبية وتثبت على الخارطة ولان العديد من التكشفات تكون صغيرة ، فان خرائط التكشفات يجب أن تكون ذات مقياس متوسط أو كبير ويكون من مناسب دائماً إثناء استعمال الخارطة أن تتم معرفة مواقع التكشفات إذ تكون التكشفات ذات أهمية كبرى وخصوصاً للاستعمال الهندسي ، فعلى سبيل المثال عند تحديد مادة بناء طريق ، فإذا عرفنا أن نوعاً من الحجر الرملي يكتشف عند مواقع محددة ، فاننا يمكن أن نوفر الكثير من الجهد والوقت في اختيار مواقع مقلع وذلك بالذهاب إلى موقع التكشفات مباشرة مسترشدين بخرائط التكشفات .

٣) الخرائط المساحية :

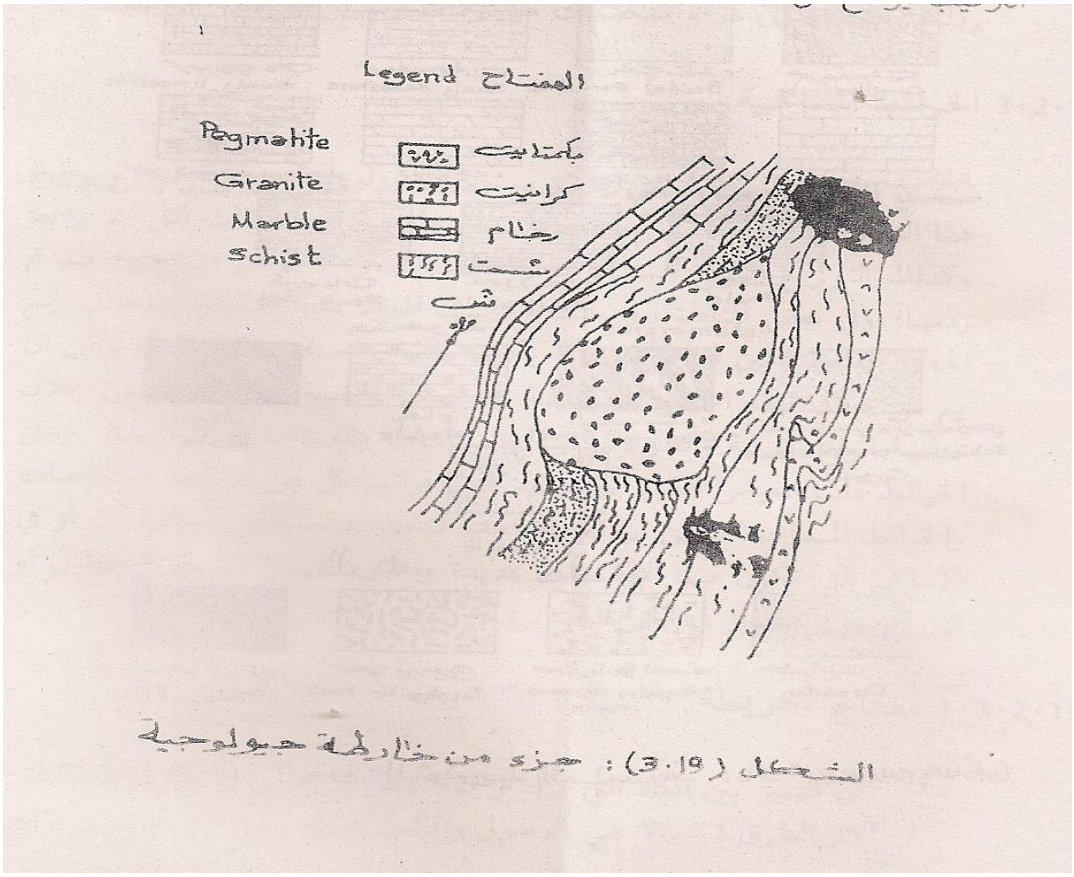
أن الخرائط المساحية هي نظرة مستوية لجيولوجيا منطقة ما . ويوضح هذا النوع من الخرائط توزيع الوحدات الجيولوجية أو الطبقات التي يتم رسمها وكذلك التوزيع المتوقع تحت التربة والغطاء النباتي كما لو أن الأخيرين قد تم رفعها . وفي بعض المناطق ، وبسبب التركيب المعقد وقلة التكشفات فان

رسم الحد الفاصل بين أنواع الصخور يكون مهمة صعبة ، ولكن ذلك يمكن أن يتم من خلال توقع الحدود الفاصلة للطبقات المخفية تحت التربة من خلال دراسة أنواع التربة والطبوغرافية والنباتات والعلاقات التركيبية . وعلى الخرائط ذات مقياس الكبير المتوسط فان فوائد كل من خرائط التكشفات والخرائط المساحية يمكن أن تترابط معا لتحديد مناطق التكشفات أو في الأماكن التي تكون فيها التكشفات عديدة وذلك بإظهار الفروق في تقليل أو لون أو وزن الطراز في الخريطة .

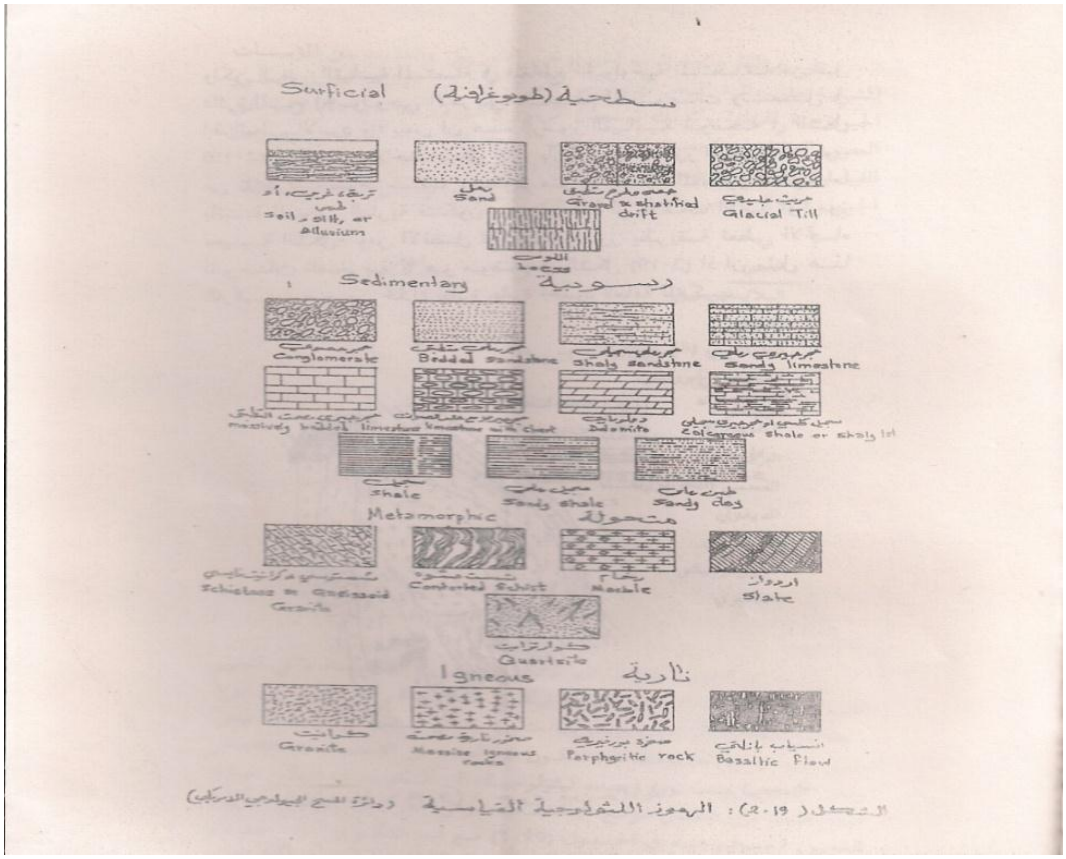
- مفتاح الخريطة :

أن التمييز بين المواد التي يراد رسمها يمكن أن يوضح بطرق متعددة أن أكثر الطرق استعمالاً هي الرموز والألوان . أن استخدام الرموز يتغير ولكن الرموز القياسية المستعملة في المقاطع الجيولوجية المستخدمة من قبل دائرة المسح الجيولوجي الأمريكي تستخدم للمستويات وتستعمل الخرائط بالأسود والأبيض أن هذه الرموز القياسية موضحة في الشكل (٢) .

ويمكن أن نلاحظ بشكل عام ، بان رموز الصخور الرسوبية تتكون من نقاط أو خطوط مستقيمة وخطوط متموجة بالنسبة للصخور المتحولة إما بالنسبة للصخور النارية فتتكون من مربعات أو علامات الزائدة أو الرموز معينية الشكل . ومن الأفضل تركيب الرموز بطريقة تعطي الاتجاه للوحدات الصخرية كما هو موضح في الشكل ((٣))



الشكل (3.19) : جزء من خارطة جيولوجية



رسم المقاطع **Profile** باستعمال نقاط المناسيب

لغرض رسم المقطع Profile في الخريطة الكنتورية فأننا نتبع الخطوات التالية :

١- الخريطة المبينة أدناه ذات مقياس رسم (١:١٠٠٠) .... كيف نرسم مقطعاً من نقطة X وحتى نقطة Y .

٢- نصل بين XY خط مستقيم يمثل المقطع المطلوب رسمه ونأتي بشريط ورقي ونضع حافته على متداد XY ونؤشر بداية المقطع في X ونهاية المقطع Y على الشريط الورقي وبعد ذلك نؤشر جميع النقاط التي تقطع بها حافة الشريط الخطوط الكنتورية على متداد المقطع وتثبيت قيمتها .

٣- نأتي بالشريط الورقي ونضعه بصورة أفقية ونؤشر البداية (نقطةX) والنهاية (نقطةY) .

٤- نقيم عمود على المستقيم الأفقي من نقطة x وعمود آخر من نقطة Y .

٥- يتم تقسيم هذه الأعمدة حسب مقياس الخريطة ..... وبما أن المقياس هو ١:١٠٠٠ في الخارطة فهذا يعني أن كل ١سم = ١٠٠ متر وحيث أن الفترة الكنتورية ٥٠ متر . كل ١/٢ سم = ٥٠ متر .

٦- نبدأ بتسقيط نقاط التقاطع من الشريط الورقي على المقطع وحسب ارتفاعاتها .

٧- نوصل بين هذه النقاط بخط فيتكون لدينا مقطعاً منX وحتى Y وكما موضح في الشكل .

٨- الخريطة المبينة أدناه ذات مقياس رسم (١:١٠٠٠) .... كيف نرسم مقطعاً من نقطة X وحتى نقطة Y .

٩- نصل بين XY خط مستقيم يمثل المقطع المطلوب رسمه ونأتي بشريط ورقي ونضع حافته على متداد XY ونؤشر بداية المقطع في X ونهاية المقطع Y على الشريط الورقي وبعد ذلك نؤشر جميع النقاط التي تقطع بها حافة الشريط الخطوط الكنتورية على متداد المقطع وتثبيت قيمتها .

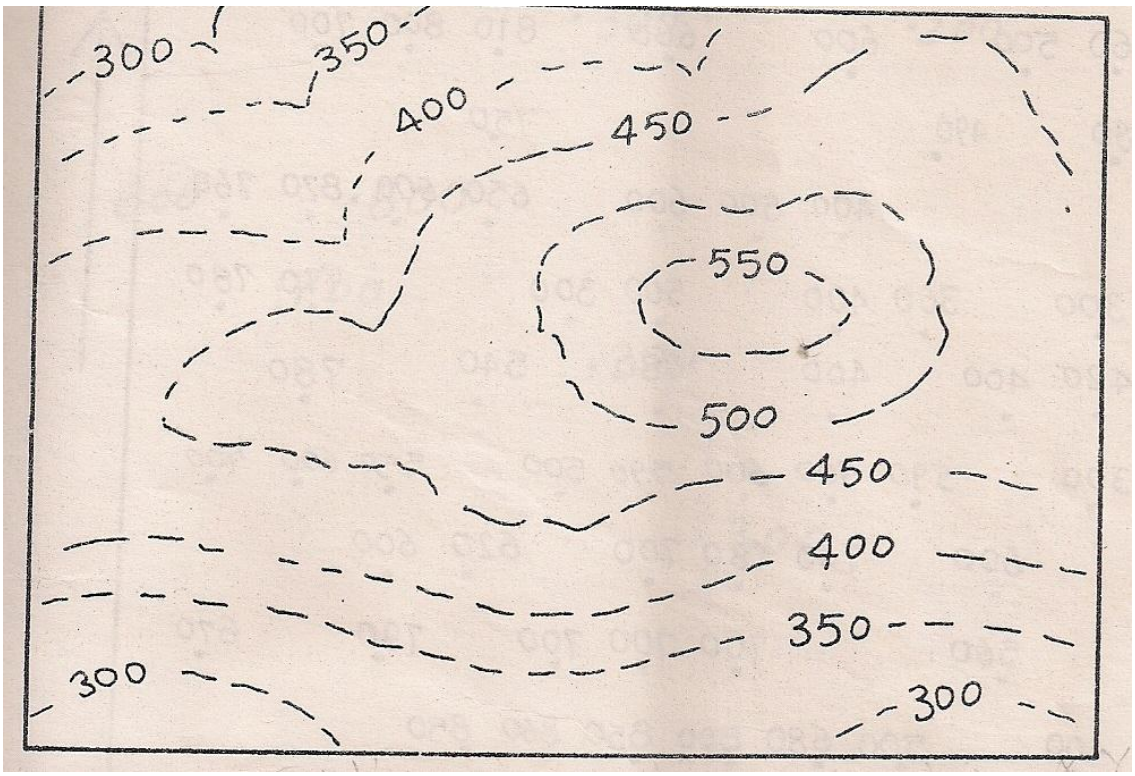
١٠-نأتي بالشريط الورقي ونضعه بصورة أفقية ونؤشر البداية (نقطةX) والنهاية (نقطةY) .

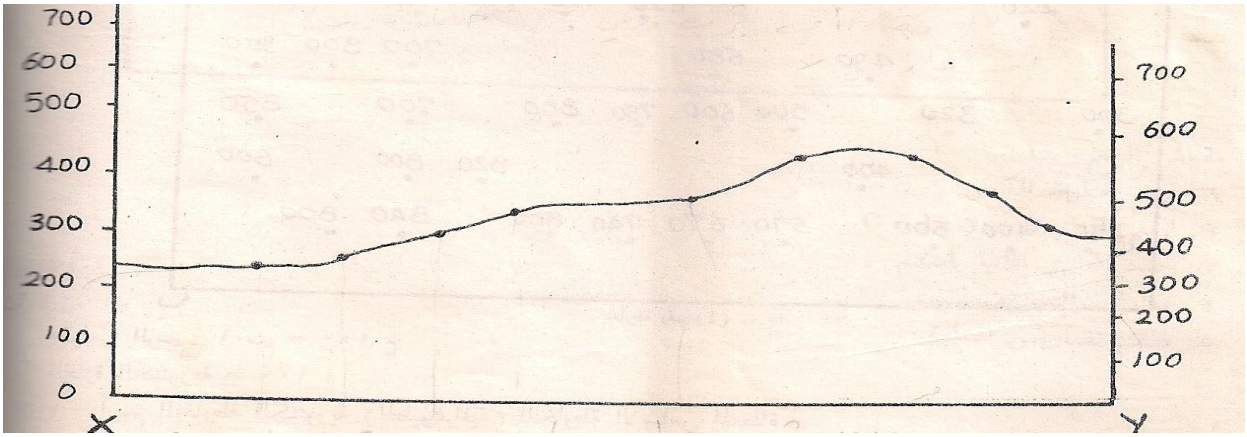
١١-نقيم عمود على المستقيم الأفقي من نقطة x وعمود آخر من نقطة Y .

١٢-يتم تقسيم هذه الأعمدة حسب مقياس الخريطة ..... وبما أن المقياس هو ١:١٠٠٠ في الخارطة فهذا يعني أن كل ١سم = ١٠٠ متر وحيث أن الفترة الكنتورية ٥٠ متر . كل ١/٢ سم = ٥٠ متر .

١٣-نبدأ بتسقيط نقاط التقاطع من الشريط الورقي على المقطع وحسب ارتفاعاتها .

١٤-نوصل بين هذه النقاط بخط فيتكون لدينا مقطعاً منX وحتى Y وكما موضح في الشكل التالي .


300
350
400
450
550
500
450
400
350
300
300


700
600
500
400
300
200
100
0
X
700
600
500
400
300
200
100
Y

الخرائط الطوبوغرافية ((الكنتورية))

مقدمة عن الخرائط :-

تبين الخرائط الكنتورية مناسيب (أي الارتفاعات نسبة إلى سطح قياسي هو في العادة منسوب سطح البحر) النقطة المختلفة الموجودة على سطح الأرض ، وموقع هذه النقطة بعضها بالنسبة إلى بعض ، ولهذا الغرض ترسم على الخارطة خطوط تعرف بخطوط الكنتور والمعتاد أن تكون المسافات الراسية بين هذه الخطوط ثابتة في الخريطة الواحدة حيث تعرف بالفترة الكنتورية .

أن الاعتبارات التي تحدد قيمة الفترة الكنتورية في الخريطة هي :-

١-الغرض الذي ترسم من اجله الخريطة ، فتكون الفترة الكنتورية صغيرة عند استعمال الخرائط للإغراض التفصيلية .

٢- درجة عدم انتظام سطح الأرض تقل الفترة الكنتورية كلما زادت درجة عدم الانتظام .

٣-مقياس رسم الخريطة (الإسقاط الأفقي) تقل الفترة الكنتورية عندما يكبر مقياس الرسم .

الخط الكنتوري Contour Line

هو عبارة عن خط وهمي يربط النقاط ذات المناسيب المتساوية نسبة إلى منسوب سطح قياسي (مثلاً مستوى سطح البحر) .

١-أن الخطوط الكنتورية تتميز بمجموعة من المواصفات هي : أن الخطوط الكنتوري لا يقف أو ينتهي مطلقاً في نقطة معينة على الخارطة وإنما يغلق أو يتم توصيلة إلى حافة الخريطة .

٢-كل خط الكنتوري يحمل قيمة تمثل ارتفاعه عن مستوى سطح قياسي .

٣-الفرق في قيمة أي خطين كنتوريين متجاورين في خريطة يجب أن يكون ثابتاً في جميع إنحاء الخريطة وهو ما يطلق علية بالفترة الكنتورية Contour Line .

٤-الخطوط الكنتورية لا تتقاطع مع بعضها مطلقاً ولا تتماس الا في الحالات النادرة جداً.

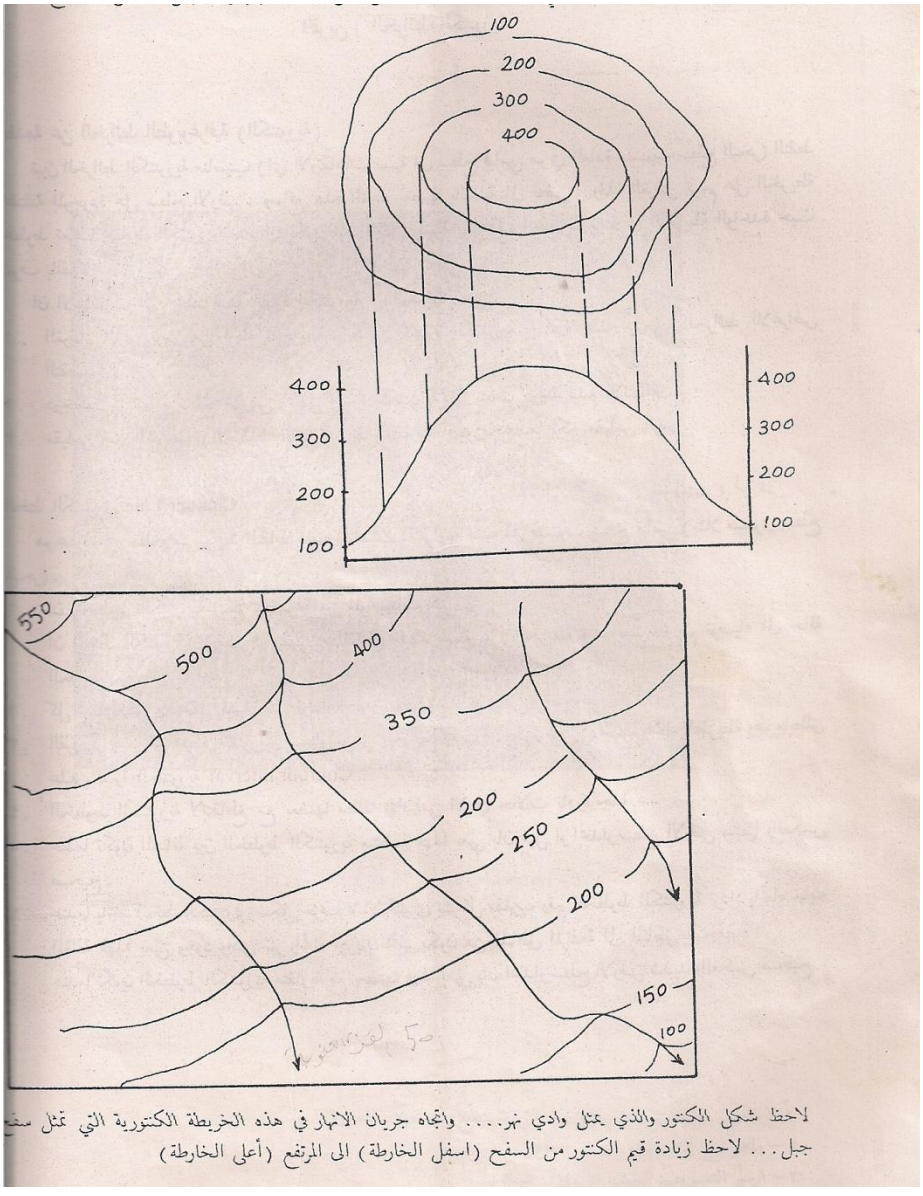
٥-عندما تكون المسافة بين الخطوط الكنتورية منتظمة فهذا يعني بان ميل أو نحدار سطح الارض منتظماً والعكس صحيح .

٦-عندما يآخذ الخط الكنتوري شكل حرف V الانكليزي بشكل مقبول وقيم الخطوط الكنتورية تزداد باتجاه نهايته المغلقة فهذا يعني وجود وادي نهر واتجاه جريان النهر يكون من المناطق المرتفعة إلى مناطق المنخفضة .

٧-عندما تكون الخطوط الكنتورية متقاربة مع بعضها فهذا يعني بان انحدار سطح الارض شديد والعكس صحيح .

أمثلة : -

الخطوط الكنتورية المغلقة والتي تزداد فيها باتجاه الداخل تمثل مرتفعاً طوبوغرافياً (تل أو جبل ..... الخ) .



لاحظ شكل الكنتور والذي يمثل وادي نهر.... واتجاه جريان الانهار في هذه الخريطة الكنتورية التي تمثل سفح جبل... لاحظ زيادة قيم الكنتور من السفح (اسفل الخارطة) الى المرتفع (أعلى الخارطة)