الجزء الأول

الأرض والتربة

الفصل الأول

كوكب الأرض

أصل كلمة الأرض من الاتساع ومنه قولهم أرضت القرحة إذا اتسعت، والاهتمام بدراسة الأرض بدء منذ ٥٠٠-٦٠٠ سنة قبل الميلاد.

ويبحث علم الأرض - أو الجيولوجيا - (Geology) في تكوين الأرض (The Earth)، وتركيبها وتاريخها وحياة نباتاتها وحيواناتها القديمة، وكمة جيولوجيا مشتقة في الأصل من اللغة اليونانية وهي من مقطعين، الأول (الأرض = geo)، والثاني (علم - logos)، وفروع علم الأرض تعتمد على علوم عديدة مثل الكيمياء، الفيزياء، الرياضيات، والإحصاء، علوم الحياة، الفلك، الجغرافيا، الاقتصاد، وعلم الإنسان (Anthropology).

واهم فروع علم الأرض هي: الجيوكيمياء- الجيوفيزياء- علم المعادن- علم البلورات- علم المحيطات- علم الحفريات- علم الصخور- علم الطبقات- الجيولوجيا التركيبية- علم الرسوبيات- علم البراكين- الجيولوجيا الزراعية- الجيولوجيا الهندسية- جيولوجية التعدين والمناجم- جيولوجية النفط- علم الهيدرولوجي (علم المياه)- علم الجيوديسيا- علم الجيومورفولوجي- الجيولوجيا العسكرية- الجيولوجيا الجنائية- الجيولوجيا البيئية.

وكوكب الأرض هو المكان الذي جعله الله سبحانه وتعالى وسخره لحياتنا، حيث الغلاف الجوي له يحتوي على الأوكسجين اللازم لتنفس الإنسان والحيوان والنبات، وحيث ماء الغلاف المائي هو أساس الحياة، وحيث السطح اليابس منه مكان البيوت التي نسكنها والطرق التي نسافر عليها، ولكن كيف نشأت الأرض؟

١-١- نشوء الأرض:

إن منشأ الأرض له علاقة بالعلوم الكونية وبشكل خاص علم الفلك، ومنذ أكثر من قرن من الزمن وضعت عدة فرضيات لتفسير تكون الأرض وبقية الكواكب، وهنا نستعرض بعض أهم الفرضيات والنظريات التي حاولت تقديم شرح لأسلوب تكون الأرض والمجموعة الشمسية.

١- فرضية «كانت»:

تقدم بهذه الفرضية الفيلسوف الفلكي الألماني كانت (Kant) عام ١٧٥٥م وهو يعد أول من وضع أسس النظرية السديمية، وتتلخص هذه النظرية في أن المجموعة الشمسية كانت تتكون في بادئ أمرها من أجسام معتمة صلبة دقيقة الحجم وتسبح في الفضاء بسرعة فائقة ثم بدأت هذه الأجسام الصغيرة بالتجمع حول بعضها بقوة الجذب فتصادم بعضها ببعض وتكونت نتيجة لتصادمها حرارة عالية أدت إلى تحولها إلى غازات متوهجة، كالغازات التي توجد في السديم، ثم أخذت هذه الغازات المتوهجة في الدوران حول نفسها وبردت الأجزاء الخارجية منها وتصلبت مكونة الكواكب السيارة وبقي الجزء الأوسط من السديم الساخن في المراكز مكونًا نجم الشمس. وبالرغم من أن فرضية كانت هذه غير مقبولة من الناحية الفيزيائية إلا أنها قريبة في مضمونها من النظريات الحديثة المعمول بها اليوم لتفسير أصل المجموعة الشمسية، وتعد هذه الفرضية الأساس الذي بني عليه لابلاس نظريته.

٢- فرضية لابلاس أو فرضية تطور السديم الغازي:

وضع عالم الفلك والرياضيات الفرنسي لابلاس (Laplace) عام ١٧٩٦م نظرية علمية لشرح تكون المجموعة السديمية، ونظريته هذه تعتبر تطويرًا لنظرية كانت، فقد افترض لابلاس بأن جميع المواد المكونة حاليًا للمجموعة الشمسية كانت في الفترات

الماضية سديمًا غازيًا ذو دوران تدريجي، وخلال انخفاض درجات حرارة السديم بدأ يدور بسرعة أكبر وأكبر، حيث إن النقص في الحجم للكتلة الدوارة يجب أن يتزن مع الزيادة في السرعة الدورانية، وبسبب هذا الدوران اندفعت حلقة غازية إلى الخارج وانفصلت في اتجاه مضاد لقوة الجذب الداخلية واستمر الجزء الداخلي في البرودة والتقلص، وأصبحت القوة الطاردة المركزية مساوية لقوة الجذب الداخلية، والحلقة المنفصلة تقسمت مكونة تتابعًا من الحلقات المتمركزة بمدار دائري حول المركز، وكل حلقة تقلصت وتجمعت فيما بعد إلى كوكب، واستمرت هذه الكواكب في الدوران المنتظم حول الجزء الداخلي الذي يمثل نجم الشمس. وقد انتشرت نظرية لابلاس في القرن التاسع عشر، ولكنها اصطدمت بالتحليل الرياضي للفرضية وأصبح من الصعب الدفاع عنها، ولذا تركت منذ ذلك الحين.

٣- نظرية الكويكبات أو الأجرام الصغيرة Planetesimals :

وهذه النظرية وضعها عالم الجيولوجيا تشمبرلين (Chemberlin) وعالم الفلك مولتن (Moulton)، ونظريتهما مبنية على ظاهرة المد الجذبي، وتفترض النظرية مرور نجم كبير بالقرب من الشمس أثناء سيره في الفضاء الكوني، ونتيجة لعامل الجذب فقد انفصلت بعض الألسنة البارزة من سطح الشمس، وأخذت تلك الكتل الغازية المنفصلة بالبرودة والتكثف ثم التجمد فتكونت أجسام صغيرة أخذت في الاندماج مكونة الكواكب المعروفة للمجموعة الشمسية.

وتعتبر النيازك التي تسقط على سطح الأرض بين فترة وأخرى دليلًا على عملية التجمع هذه، وهناك بعض الاعتراضات على هذه النظرية في أنها لا تفسر اختلاف كثافة طبقات الأرض وارتفاع حرارة باطن الأرض.

٤- نظرية المد الغازي:

لقد عُدلت النظرية السابقة من قبل العالمين جينس وجيفريس (Jeans and Jeffries) عام ١٩١٧م، حيث افترضت انفصال نتوء من غازات الشمس بشكل مخروط بدلًا من كتل غازية نتيجة مرور كوكب بالقرب من الشمس، ثم انقسم هذا العمود الغازي إلى عدة أجزاء تكثفت تدريجيًا من مواد غازية إلى منصهرة ثم صلبة فكونت الكواكب السيارة، وبذلك فإن حجم المشترى الذي كان في وسط العمود الغازي أكبر من الكواكب الأخرى على طرفيه، والنقد الموجه إلى هذه النظرية هو عدم تفسيرها لسرعة حركة كل كوكب من كواكب المجموعة الشمسية.

٥- نظرية النجوم المزدوجة أو نظرية التوأمين:

وافترض فريد هويل (Fred Hoyle) في هذه النظرية أنه كان هناك نجمان كبيران أو شمسان، وقد تفجر أحداهما لنفاد ما به من الهيدروجين مكونًا الكواكب السيارة، بينما النجم الآخر فقد بقي مكونًا شمسنا الحالية.

٦- نظرية التكاثف (The condensation theory):

وهي النظرية المفضلة التي نالت قبول أغلبية العلماء، وهذه النظرية تجمع معالم جيدة لنظرية السديم القديمة ببعض المعلومات الحديثة.

وقد جاء في هذه النظرية أن السديم الكوني المتكون من غاز الهيدروجين والغبار كان يتقلص تحت تأثير جاذبيته. وكان يدور حول نفسه على شكل دوامة كبيرة، وقد أخذت الجسيمات الغبارية في مركز الدوامة السديمية في التكاثف والالتصاق مكونة نواة كروية تدور حول نفسها وعندما أصبحت هذه النواة ذات قوة جذب كبيرة تستقطب الغبار والغاز المحيطين بها تحولت إلى كرة ضخمة أدى زيادة الضغط فيها إلى التهابها وبلغت درجة الحرارة فيها ملايين من الدرجات المئوية، مما نتج عنه حدوث تفاعل نووي

في مركزها وتحولت هذه الكرة الغازية إلى شمسنا التي ما تزال تفاعلاتها النووية مستمرة إلى اليوم.

أما عملية تكوين الكواكب السيارة حول الشمس فقد تمت في البدء من السديم الشمسي، وبعد ذلك كونت حبيبات الغبار النواة المكثفة التي بدأت المادة تتجمع حولها وتتراكم إلى أجسام صغيرة، والتي التصقت بتجمعات وكتل أخرى واستمر النمو التدريجي، وبالتالي زيادة قوة جاذبيتها، وقوى التجاذب هذه جعلت هذه الأجسام تكبر بجذب الكتل المحيطة، وبذلك تحولت هذه الأجسام إلى كواكب أولية ضخمة تجمع المادة ثم تحولت تدريجيًا إلى الكواكب المتطورة التي نعرفها اليوم.

وفي النهاية نستطيع القول إن أصل المجموعة الشمسية عامة اتفق على أنه عبارة عن تكثف من السديم المتكون من غاز الهيدروجين والغبار، ولكن التفاصيل ما زالت بعيدة بعض الشيء عن الوضوح، وتفاصيل كيفية تكوين الكون ونشوء المجموعة الشمسية يعلمها الخالق سبحانه وتعالى، وصدق الحق حين قال: ﴿مَّآ أَشْهَدتُّهُمْ خَلْقَ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ وَلَا خَلْقَ أَنفُسِهِمْ وَمَا كُنتُ مُتَّخِذَ ٱلْمُضِلِّينَ عَضُدًا﴾ [الكهف: ٥١].

ويعتقد العلماء بأن الكون يمتد حاليًا لمسافة ٢٠ بليون سنة ضوئية، وتتسع حدوده على الدوام بفعل حركته الدائرية المتجهة نحو الخارج.

ويحتوي الكون على عشرة بلايين مجرة تشكل كل منها جزيرة هائلة الحجم فيها بليارات الأجرام المشعة، والمجرة التي تقع فيها الأرض يطلق عليها درب اللبانة، وتقع الأرض في المنطقة الوسطية منها، وهذه المجرة مكونة من حوالي ٣٠ بليون نجم، والشمس هي إحدى هذه النجوم وهي متوسطة الحجم، ويدور حول الشمس مجموعة من الكواكب، كان عددها المعروف تسعة كان آخر المكتشف منها هو بلوتو عام ١٩٣٠م، ولكنه نظرًا لاكتشاف عدة أجرام في نظامنا الشمسي تشبه بلوتو وتفوقه في الحجم، فقد اتفق اتحاد الفلكيين الدولي عام ٢٠٠٦م على استبعاد بلوتو من تصنيفه ككوكب، وعليه

فإن عدد كواكب المجموعة الشمسية حاليًا هو ثمانية، وهذه الكواكب مدرجة حسب قربها من الشمس وهي كما يلي، والأرقام بين الأقواس قرين كل كوكب تمثل متوسط بعده عن الشمس بالمليون كيلومتر.

عطارد Mercury (٥٧,٦) - الزهرة Venus (١٠٧) - الأرض Earth (١٤٨) - المريخ Mars (٢٢٧,٢) - المشترى Jupiter (٧٧٣) - زحل Saturn (١٤١٧) - أورانوس Uranus (٢٨٤٨) - نبتون Neptune (٤٤٦٤)، وتصنيف هذه الكواكب حسب صفاتها الكيميائية والفيزيائية إلى مجموعتين، فالكواكب الأربعة الداخلية تسمى أيضًا الكواكب الأرضية؛ لأنها تماثل الأرض إلى حد ما، وهي صغيرة ولها كثافة عالية؛ لأنها مكونة من صخور ومعادن، أما الكواكب الخارجية ويطلق عليها أيضًا الكواكب المشترية؛ لأنها تشبه المشترى، فهي أكبر حجمًا وأقل كثافة، مما يشير بأنها مكونة من غازات خفيفة كالهيدروجين والهليوم بالإضافة إلى مركبات متجمدة كالأمونيا والميثان.

والشمس (Sun) نجم حقيقي عمره حوالي خمسة بلايين سنة، وهو الآن في منتصف عمره، وقطر الشمس حوالي ١٣٧٦٠٠٠ كم، وحرارتها عالية إلى الحد الذي أصبحت فيه غازية وذاتية التوهج، تصل حرارة سطحها حوالي ٦٠٠٠م°، وتزداد نحو المركز لتبلغ حوالي ٢٠ مليون درجة مئوية، وتتكون الشمس من نفس المواد المكونة للأرض، ولكن بنسب مختلفة تمامًا، فحوالي ٩٩٪ من كتلة الشمس يتكون من الهيدروجين والهليوم.

والشمس هي مصدر الحرارة والضوء، فكواكب المجموعة الشمسية ليس لها ضوء من ذاتها، لكنها تستمد نورها من الشمس وتعكسه، ومتوسط بعد الأرض عن الشمس حوالي ١٤٩,٦ مليون كيلومتر، وهذا ما يجعل نورها لا يصل إلينا إلا بعد ثماني دقائق من شروقها، والطاقة الكلية التي تبعثها الشمس تعادل ٣,٩٠×١٠^٢٦ وات، وتأمل قول الحق سبحانه: ﴿وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَّاجًا﴾ [النبأ: ١٣]، وقد سخر الله لخلقه الأرض

كمكان مناسب للحياة، وذلك بسبب أن المياه تمثل حوالي ٧٠٪ من مساحة الأرض، وأيضًا لوجود الغلاف الجوي ودرجة الحرارة المناسبة بسبب البعد المتوسط من الشمس، فسبحان الله وتعالى علوًا كبيرًا.

١-٢- أغلفة وطبقات الأرض:

الأرض كروية تقريبًا ولكنها مفلطحة عند القطبين ويبلغ نصف قطر الأرض عند خط الاستواء ٦٣٧٨كم، بينما يبلغ ٦٣٧٥كم عند القطبين، أي أن الفرق بين نصف قطر الدائرة التي تمر بخط الاستواء وبين نصف قطر الدائرة التي تمر بالقطبين يصل إلى ٢١كم، ويبلغ محيط الأرض حول خط الاستواء حوالي ٤٠٠٧٩كم، والمحيط حول القطبين ٤٠٠٠٩كم، وتبلغ مساحة الأرض حوالي ٥١٠مليون كم٢ والتي تكون البحار والمحيطات حوالي ٧١٪ من سطحها، ويبلغ حجم الأرض الكلي ١,٠٨×١٠^١٢ كم٣ ويقدر وزنها بحوالي ٦٦×١٠^٢٠ طن، والمسافة بين أعلى قمة فيها (قمة افرست ٨٨٤٨متر)، وأعمق نقطة معروفة في قاع المحيط (قرب جزيرة الفلبين ١١٠٣٣متر) هو حوالي ٢٠كم.

وتدور الأرض حول محورها الذي يمتد بين القطبين بسرعة تبلغ حوالي ١٦٦٠كم/ ساعة من الغرب إلى الشرق، وتتم الدورة في يوم واحد، وهذا يؤدي إلى تعاقب الليل والنهار ويؤثر على حركة الرياح والمد والجزر، والأرض لها حركة اهتزازية، ولو تتبعنا مسار تقدمها الاهتزازي لوجدناه بشكل مخروطي. والحركة الثالثة للأرض هي دورانها حول الشمس مسرعة ٣٠كم/ ثانية، وتكمل هذه الدورة في حوالي ٣٦٥,٢٥ يوم، وينتج عن هذه الدورة اختلاف الليل والنهار وتعاقب الفصول الأربعة المعروفة وهي الصيف والشتاء والخريف والربيع.

ودوران الأرض حول نفسها أصبح مقياس للوقت، ونعني به اليوم الشمسي، ودوران الأرض حول الشمس هو أساس قياس الزمن ونعني به السنة الشمسية.

أغلفة الأرض:

بالإمكان تقسيم الأرض إلى مناطق تماثل حالات تواجد المادة الثلاث (الصلابة، السيولة، الغازية) إضافة إلى الغلاف الحيوي، وهذه المناطق أو الأغلفة هي: الغلاف اليابس (الصخري)، الغلاف المائي، الغلاف الغازي (الجوي) ثم الغلاف الحيوي كما يلي:

١- الغلاف اليابس أو الصخري Lithosphere :

ويقصد به الجزء الصلب ويشمل القشرة الأرضية (Earth Crust) وجزء من باطن الأرض أسفل القشرة الأرضية، وسوف نفصل ذلك حين دراستنا لطبقات الأرض، والغلاف اليابس سطحه تتخلله الارتفاعات الواسعة التي نسميها القارات، وتوجد فيه الانخفاضات التي تمثل قيعان البحار والمحيطات، ويتركب الغلاف اليابس من خليط من مواد معدنية وصخرية لحد ما متماثلة التكوين، وتوجد في طبقات مختلفة في الكثافة والمرونة .

٢- الغلاف المائي (Hydrosphere):

ويشمل هذا الغلاف كل المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية في البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار وغيرها، وكذلك المياه الموجودة في مسامات الصخور تحت سطح الأرض مكونة ما يسمى بالمياه الجوفية، ومياه الأنهار، وبعض البحيرات تعتبر مياه عذبة، أما مياه البحار والمحيطات وبعض البحيرات فهي مالحة، وتتراوح ملوحة مياه البحار والمحيطات ما بين ٣,٣٪ إلى ٣,٧٪ وتصل في البحر الأحمر إلى ٤٪، وأهم الأملاح في ماء البحر والمحيط هي كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام ويمثل ٧,٧٧٪ من الأملاح الكلية، وكلوريد الماغنيسيوم (٩,١٠٪ من النسبة الكلية للأملاح).

٣- الغلاف الجوي (Atmosphere):

ويقصد به مجموعة الغازات التي تغلف الكرة الأرضية إلى مسافات متفاوتة تصل أحيانًا إلى حوالي ٨٠٠كم. والمكونات الرئيسية لهواء الغلاف الجوي هي: النتروجين (ويشكل حوالي ٧٨٪)، والأوكسجين (حوالي ٢١٪)، ثم ثاني أوكسيد الكربون والأرجون والنيون والهليوم وغازات نادرة أخرى. والأوكسجين ضروري لتنفس جميع الأحياء، كما أن ثاني أكسيد الكربون ضروري لعملية البناء الضوئي في النباتات الخضراء.

٤- الغلاف الحيوي (Biosphere):

ويشمل هذا الغلاف العدد الضخم من الكائنات الحية من حيوانات ونباتات والتي تغطي مساحات من اليابسة، وأيضًا داخل المياه والهواء.

والأغلفة سابقة الذكر تغلف لب أو جوف أو باطن الأرض (Centrosphere). مع العلم بأن تركيب الأرض يختلف كلما تعمقنا من السطح باتجاه مركز الأرض، والتركيب الداخلي لباطن الأرض ما زال محدودًا بالصورة التي ذكرها علماء الأرض من خلال دراساتهم الجيوفيزيائية ومشاريع الحفر في قاع المحيطات، وسوف أذكر هنا بعض الأدلة والطرق العلمية التي استند إليها العلماء في تشخيص تركيب الأرض وهي:

١- أمواج الهزات الأرضية:

حيث ينتج عن الهزات الأرضية أصواتًا داخل الأرض، وتقوم هذه الأمواج الصوتية بالحركة خلال باطن الأرض لعمق يصل أحيانًا إلى ٧٠٠كم، وهذه الموجات الصوتية تتعرض لتغير سرعتها واتجاه حركتها، فتنحني وتنكسر إذا مرت بمواد مختلفة في كثافتها ونوعيتها، ومن خلال دراسة هذه الموجات أمكن الاستدلال على أن الأرض مكونة من طبقات متباينة، فهناك موجات صوتية تتوغل في جسم الأرض وهي الموجات

الطولية والموجات العرضية، هناك نوع ثالث من هذه الموجات هو الموجات السطحية التي تسير بصورة موازية لسطح الأرض.

٢- الوزن النوعي للأرض:

فقد وجد أن كثافة الأرض الكلية (وهي حاصل قسمة الكتلة على الحجم) هي حوالي ٥,٥ جم/ سم٣، بينما كثافة صخور القشرة السطحية للأرض تتراوح بين ٢,٦ - ٣جم/ سم٣، وهذا يدل على أن كثافة صخور اللب الباطني للأرض يجب أن تكون أعلى من ٥,٥ جم/ سم٣، وقد وجد أنها تصل إلى ١٢ جم/ سم٣ أو يزيد عن ذلك.

٣- شكل الأرض:

حيث حجم الانتفاخ في منطقة الاستواء الناتج من دوران الأرض يدل على أن لب الأرض ذو كثافة عالية جدًا، وبأن تغير كثافة الأرض من السطح نحو الباطن ليس تدريجيًا.

٤- التقدم والمد والجزر:

قيام تقدم الأرض أو الزاوية التي خلالها يتغير ميلان محور الأرض تدريجيًا، وكذلك ملاحظة حركات كتل المد في الأرض الصلبة والناتجة بسبب جذب الشمس والقمر للأرض يثبت أيضًا وجود لب للأرض ثقيل جدًا.

ومن الأدلة والطرق العلمية السابقة إضافة إلى العديد من الملاحظات والدراسات قسم العلماء الأرض إلى ثلاث مناطق رئيسية ابتداءً من سطحها وباتجاه المركز، وكل منطقة مقسمة لطبقات، والمناطق الرئيسية هي:

١- القشرة. ٢- الغطاء أو الوشاح. ٣- اللب.

١- القشرة (Crust):

وهي الجزء الخارجي الصلب من الأرض وتمتد إلى ٨كم تحت المحيط وحوالي ٧٠كم تحت القارات في المناطق الجبلية.

والقشرة الأرضية مكونة من صخور رسوبية بسمك أقصى يصل إلى ١٢كم ويليها طبقة من الصخور النارية تتباين في التركيب والصفات تحت القارات وتحت المحيطات كما يلي:

(أ) قشرة القارات: وتتكون من طبقة من الصخور الرسوبية يليها طبقتين من الصخور النارية العليا صخور نارية حامضية وتسمى أيضًا صخور جرانيتية ومكونة أساسًا من السيليكون والألومنيوم، ولذلك تسمى أيضًا بطبقة السيال (Sial)، ويتراوح عمق هذه الصخور بين ١٠-١٥كم ووزنها النوعي يساوي ٢,٦٥ تقريبًا، ويلي منطقة الصخور النارية الجرانيتية طبقة من صخور البازلت القاعدية وهي مكونة أساسًا من السيليكون والماغنيسيوم ويطلق عليها أيضًا اسم طبقة السيما (Sima)، وتمتد هذه الطبقة لعمق يبلغ ٣٠-٤٠كم من سطح الأرض وقد يصل إلى ٨٠كم تحت المناطق الجبلية، ويبلغ الوزن النوعي لهذه الصخور حوالي ٣، وسرعة الأمواج الطولية خلالها أسرع من سيرها خلال صخور الجرانيت.

(ب) قشرة قاع المحيطات: وتتكون من طبقة الصخور الرسوبية والتي لها سمك أقل من الصخور الرسوبية في قشرة القارات ويليها طبقة الصخور البازلتية، حيث طبقة الصخور الجرانيتية تكاد تكون معدومة في قيعان المحيطات.

٢- الغطاء أو الوشاح (Mantle):

وهي الطبقة الثانية تحت القشرة الأرضية وسمكها حوالي ٢٩٠٠كم، والجزء العلوي من الوشاح لعمق يتراوح بين ١٠٠-٣٥٠كم عبارة عن صهير بازلتي

(Basaltic Magma) المكون من سوائل ومنصهرات غليظة القوام، وهذه الطبقة تعتبر المفتاح إلى كافة العمليات الأرضية الداخلية من الذبذبات والهزات الأرضية، والتي منها يمكن الحصول على معلومات جيدة عن تكوين الأرض. وأسفل طبقة الصهير يتكون الوشاح من منطقتين هما الوشاح الخارجي وهو مكون من صخور نارية داخلية غير فلسبارية تتكون من معدن الأوليفين مع أو بدون صخور أخرى قاعدية مكونة من سيليكات الماغنيسيوم، والوزن النوعي لمنطقة الوشاح الخارجي يزداد بازدياد العمق ابتداءً من ٣ وحتى ٥,٤.

ويلي الوشاح الخارجي منطقة الوشاح الداخلي والذي له كثافة عالية بسبب زيادة الضغط بازدياد العمق، وهو مكون من صخور تماثل في التركيب الصخور النيزكية، وهي صخور مكونة من امتزاج معادن سيليكية مع معادن فلزية، والوزن النوعي للجزء الأسفل من الوشاح الداخلي يتراوح بين ٥,٤-٨ ويزداد مع العمق.

٣- اللب (Core):

وهو مركز الأرض وله وزن نوعي عالي يصل إلى ١٢ أو أكثر ويتركب في معظمه من خليط من الحديد والنيكل والكوبلت ويعزي إليه التغير في المجالات المغناطيسية للأرض، ويميل بعض العلماء إلى تقسيم لب الأرض إلى قسمين هما:

(أ) اللب الخارجي (Outer Core): ويبلغ سمكه حوالي ٢٢٧٠كم ويتكون من مادة سائلة تحوي على مزيج الحديد والنيكل وتبلغ كثافته حوالي ١٢ جم/ سم٣ وذلك بسبب الضغط العالي والذي يبلغ ٢-٣ مليون ضغط جوي.

(ب) اللب الداخلي (inner Core): وهو يتكون من مادة صلبة من الحديد والنيكل ويبلغ سمكه حوالي ١٢٠٠كم، ويعتقد أن كثافته في نقطة المركز تصل إلى ١٧ جم/ سم٣، والضغط يبلغ أكثر من ٣ ملايين ضعف الضغط الجوي على سطح الأرض.

ولقد أخبرنا خالق السماوات والأرض سبحانه وتعالى أنه خلق سبع سماوات وسبع أراضين، كما في قوله تعالى: ﴿ ٱللَّهُ ٱلَّذِى خَلَقَ سَبْعَ سَمَٰوَٰتٍ وَمِنَ ٱلْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ ٱلْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوٓا۟ أَنَّ ٱللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ ٱللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَىْءٍ عِلْمًا ﴾ [الطلاق: ١٢]، واسترشادًا بهذه الآية الكريمة، وحسب المعلومات المتوفرة لدينا حتى الآن فإنني أرى تقسيم الأرض إلى سبع طبقات أو أراضين كما يلي:

١- الطبقة العليا من القشرة الأرضية والمكونة من صخور رسوبية والتي يصل أقصى عمق لها إلى ١٢كم من سطح الأرض.

٢- الطبقة الثانية الداخلية من القشرة الأرضية والمكونة من صخور نارية حامضية (جرانيتية) أو قاعدية (بازلتية)، وسمكها يتراوح بين ١٠-٤٠كم ويصل إلى عمق حتى ٨٠ كم تحت المناطق الجبلية.

٣- الجزء العلوي من الوشاح لعمق بين ١٠٠-٣٥٠كم، وهو مكون من صهير بازلتي.

٤- منطقة الوشاح الخارجي والمكونة من صخور نارية داخلية تماثل صخور البريوديت (Peridodite)، وهي صخور نارية داخلية غير فلسبارية تتكون من معدن الأوليفين مع أو بدون صخور أخرى قاعدية كسيليكات الماغنيسيوم.

٥- منطقة الوشاح الداخلي والمكونة من صخور بتركيب مماثل لنوع من الصخور النيزكية التي تعرف باسم بالاسيت (Pallasite)، وهي مكونة من مزيج من المعادن السيليلية ومعدن فلزي.

ومنطقة الوشاح (الخارجية والداخلية) سمكها حوالي ٢٩٠٠كم ومكونة من الحديد والماغنيسيوم متحد بالسليكون والأكسجين، ودرجة حرارة منطقة الوشاح تزداد بالتعمق إلى أسفل وتتراوح بين ١٣٠٠-٣٨٠٠ درجة كلفنية، وبسبب الضغط العالي

والحرارة العالية فإن طبقة الوشاح تصبح لدنه (مثل البلاستيك) حتى خلال الصخر الصلب.

٦- طبقة اللب الخارجي ويصل سمكها إلى حوالي ٢٢٧٠كم، وهي مكونة من مادة سائلة مركبة من مزيج من الحديد والنيكل ذات كثافة عالية تصل إلى ١٢جم/ سم٣ ناتجة من الضغط العالي والذي يبلغ ٢-٣ مليون ضغط جوي.

٧- طبقة اللب الداخلي والتي يصل سمكها إلى حوالي ١٢٠٠كم، وتتكون من مادة صلبة من الحديد والنيكل، وتصل كثافة هذه الطبقة في نقطة المركز إلى ١٧جم/ سم٣ والضغط إلى أكثر من ثلاثة ملايين ضعف الضغط الجوي على سطح الأرض.

القمر (Moon):

لكوكب الأرض تابع وحيد يدور في فلكه وهو القمر المصاحب له في رحلته السنوية حول الشمس، ويدور القمر حول الأرض تحت تأثير الجاذبية الأرضية في مدة ٢٧,٣٣ يوم أرضي، كما يدور حول محوره في نفس المدة، لذا فإن نفس وجه القمر يبقى مواجهًا للأرض في كل الأوقات، وأهم تأثير فيزيائي واضح للقمر على الأرض هو مساهمته في إحداث المد والجزر. ومتوسط بعد القمر عن الأرض يصل إلى ٣٨٤٠٠كم، ونصف قطره ١٧٣٨كم، وتركيب القمر مشابه لكوكب الأرض، حيث له قشرة صلبة سمكها حوالي ٦٠كم في الجانب المواجه للأرض، وحوالي ١٥٠كم في الجانب الذي لا يواجه الأرض، وتحت القشرة تأتي طبقة الغطاء وتمتد إلى حوالي ١٠٠٠كم، وتحت الغطاء طبقة اللب وسمكها حوالي ٧٠٠كم، ولم يلاحظ الفلكيون غلاف جوي للقمر. والقمر جسم كروي تقريبًا وهو معتم ولكنه يعكس أشعة الشمس الواقعة عليه، وصدق الحق حين قال: ﴿ هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ ٱلشَّمْسَ ضِيَآءً وَٱلْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُۥ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا۟ عَدَدَ ٱلسِّنِينَ وَٱلْحِسَابَ ﴾ [يونس: ٥]، وبسبب دوران القمر في مداره حول الأرض فإن

الجزء المرئي المواجه لضوء الشمس يتغير من ليلة إلى أخرى فيحدث ما يسمى أطوار القمر، حيث يرى المشاهد من على سطح الأرض أجزاء مختلفة من سطح القمر مضيئة، والدورة الكاملة لأطوار القمر تأخذ في المتوسط حوالي ٢٩,٥ يومًا أرضيًا، وأطوار القمر هي: المحاق- هلال أول- تربيع أول- أحدب أول- بدر- أحدب أخير- تربيع أخير- هلال أخير، وصدق الله سبحانه وتعالى حين قال: ﴿ وَٱلْقَمَرَ قَدَّرْنَٰهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَٱلْعُرْجُونِ ٱلْقَدِيمِ ﴾ [يس: ٣٩]، وقال سبحانه وتعالى: ﴿ تَبَارَكَ ٱلَّذِى جَعَلَ فِى ٱلسَّمَآءِ بُرُوجًا وَجَعَلَ فِيهَا سِرَٰجًا وَقَمَرًا مُّنِيرًا ﴾ [الفرقان: ٦١]، فكل كواكب المجموعة الشمسية ليس لها ضوء، ولكنها تستمد نورها من الشمس (السراج)، والأقمار مثل قمر الأرض تضيئ ليلًا بسبب إنعكاس ضوء الشمس على سطحها، ومعروف أن الذي يمكن رؤيته خمس كواكب فقط على الأكثر بالعين المجردة وهي: عطارد، والزهرة، والمريخ، والمشترى، وزحل، أما أورانوس، ونبتون فلابد من استخدام منظار مناسب لرؤيتهما، فهي تتحرك ضمن حزام محدد من القبة السماوية يعرف بحزام دائرة البروج (ecliptic)، ويقصد بدائرة البروج في علم الفلك المسار السنوي الظاهري للشمس في الكرة السماوية نسبة للنجوم (مستوى مدار الأرض)، حيث مدار الأرض حول الشمس يكاد يكون منطبقًا على مستوى دائرة البروج، والبروج عند القدماء هي الكواكب العظام، وهذا ما ذكره الله سبحانه في سورة البروج: ﴿ وَٱلسَّمَآءِ ذَاتِ ٱلْبُرُوجِ ﴾.

وقد اعتقد سكان الحضارات القديمة مثل الأشوريين أن الأجرام السماوية هي آلهة غامضة ترسم مصائر البشر ومسار حياتهم من خلال دورانها، وأن تغير مدارات بعضها نذيرًا بالشؤم وتغير أخرى فألًا بالخير، وما زال حتى يومنا هذا بعض الناس يعتقدون في البروج، بحيث لكل فرد برج يحدد ما قد يحدث له، وهنا نؤكد أنه كذب المنجمون ولو صدقوا، فالاعتقاد في برج الحظ اعتقاد فاسد يتنافى مع صحيح الدين ومع العقل السليم.

وكما نعلم فهناك سورة في القرآن باسم البروج، وتبدأ بقول الحق سبحانه: ﴿وَٱلسَّمَآءِ ذَاتِ ٱلْبُرُوجِ﴾، وأوضح المفسرون أن البروج هي النجوم، واختار ابن جرير أنها منازل الشمس والقمر، وهي اثنا عشر برجًا تسير الشمس في كل واحد منها شهرًا، ويسير القمر في كل منها يومين وثلثًا، فذلك ثمانية وعشرون منزلة ويستتر ليلتين.

١-٣- المعادن والصخور المكونة للأرض:

هناك دورة لتكون الصخور في الطبيعة، ففي باطن الأرض على أعماق تبلغ عشرات الكيلو مترات تحت ظروف الحرارة، والضغط المرتفعة تكون المواد منصهرة، وهذا ما يسمى بالصهير (magma)، وعندما يجد الصهير منفذ يخرج إلى السطح على شكل براكين (Volcanos)، ويتصلب ويتبلور، وهذا ما نسميه بالصخور النارية والتي قد يتصلب بعضها تحت سطح الأرض، وتتحول الصخور النارية على سطح الأرض إلى صخور رسوبية تحت تأثير العوامل الجوية، وعند تعرض الصخور الرسوبية وأحيانًا أيضًا الصخور النارية لظروف جديدة من الضغط العالي والحرارة المرتفعة تحت سطح الأرض، فإنها تتحول إلى صخور متحولة.

والصخور هي تجمع للمعادن، وبالطبع فإن أغلب المعلومات عن المعادن والصخور المكونة للأرض هي التي تم الحصول عليها من تركيب القشرة الأرضية، أما باطن الأرض البعيد فهو بعيد عن ملاحظتنا المباشرة، وبالتأكيد فإن تركيب القشرة الأرضية من الناحية الكيماوية والمعدنية هو مؤشر لتركيب الأرض ككل.

المعادن (Minerals):

تتكون القشرة الأرضية من صخور متباينة التركيب، وهذه الصخور تتكون من مجاميع معدنية مختلفة، لذلك فإن دراسة المعادن في الطبيعة مهمة وضرورية جدًا، حيث وجود المعادن وتصنيعها له تأثير مباشر على اقتصاديات بلدان العالم. والقشرة الأرضية

هـي مادة أصل تكوين التربة الزراعية، وبالتالي فـإن التركيب المعدني والكيماوي للقشرة الأرضية سوف يحدد تركيب التربة ومدى ملائمتها لنمو النباتات المختلفة.

والمعـادن (minerals) عبـارة عـن مركبـات كيمائية غـير عضوية ثابتـة تتكون في الطبيعـة، ولها شـكل بلوري معـين، وكذلك لها تركيـب كيميائي وصفـات فيزيائية ثابتة، ويوجـد في القـشرة الأرضية نحو ألفـي معدن، تدخل في تكوين أغلـب الصخور، ومن الناحيـة الكيميائيـة فـإن معـادن القشرة الأرضيـة تتركب من مـا يزيد عـلى ٩٢ عنصر، وبعض المعادن تتكون من عنصر واحد وبعضها يتركب من أكثر من عنصر، والمعدن إما أن يكـون فلزيًا (Metalic) كالنحاس، والذهب، والفضة، أو لا فلزي (nonmetalic) كالكربون والكبريت.

وهناك تسـعة عناصر تكون ٩٩٪ من وزن مـادة القشرة الأرضية في حين أن جميع العنـاصر المتبقيـة تمثل أقل مـن ١٪ من قشرة الأرض، وهذه العناصر هي الأوكسـجين، والسـيليكون، والالومنيـوم، والحديـد، والكالسـيوم، والصوديـوم، والبوتاسـيوم، والماغنيسيوم، والتيتانيوم، والنسبة المئوية بالوزن لهذه العناصر هي كما يلي:

العنصر	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	Ti
النسبة المئوية	٤٦,٨١	٢٧,٦٩	٨,١٠	٥,٠٥	٣,٦٥	٢,٧٥	٢,٥٨	٢,١٠	٠,٥٠

وتقسم المعادن عادة إلى معادن أولية ومعادن ثانية كما يلي:

١ – معـادن أوليـة (**Primary Minerals**): والمعـدن الأولي هو المعدن الذي لم يتغير تركيبه الكيميائي أو البللوري منذ تكونه من مصهور المعادن (Lava) وإنفصاله عند برودة الماجما (Magma)، وأهم المعادن الأولية الشائعة في القشرة الأرضية وفي التربة هي: الكوارتز والفلسبارات، كما توجد معادن البيروكسينات والميكا والأمفيبولات والأوليفنيات، ولكن بكميات قليلة، وتتواجد المعادن الأولية أساسًا في حبيبات الرمل والسلت.

٢- معادن ثانوية (**Secondary minerals**): والمعدن الثانوي هو المعدن الذي تكون نتيجة التجوية الكيميائية للمعدن الأولى، وبالتالي تغير تركيبه وبناؤه، وأهم المعادن الثانوية في القشرة الأرضية وفي التربة تشمل: معادن الطين- الأكاسيد- الكبريتات- الكربونات، والمواد الأمورفية (غير البللورية).

وتقسم معادن القشرة الأرضية على أساس تركيبها الكيميائي إلى مجموعات متشابهة، تشمل:

١- المعادن العنصرية، والتي تمثل الحالة العنصرية للمعدن الحر الذي لا يتحد مع غيره من العناصر، وهذه المجموعة منها معادن فلزية ومعادن غير فلزية، ومن الأمثلة عن المعادن العنصرية الذهب والكبريت والماس والجرافيت.

٢-الأكاسيد (Oxides): وتشمل مجموعة الأكاسيد معادن كثيرة ذات قيمة اقتصادية، ومن المعادن التي تنتمي إلى هذه المجموعة الكوارتز (SiO_2)، والهيماتيت (Fe_2O_3)، والمجنيتايت (Fe_3O_4)، وغيرها.

٣- الكبريتيدات (Sulphides) ومن أمثلتها معدن البايرايت (FeS_2)، والكالينا (PbS)، والسفاليرايت (ZnS).

٤- الكبريتات (Sulphates)، وتتكون من اتحاد مجموعة الكبريتات (SO_4) مع العناصر، مثل معدن الجبس $Ca\,SO_4 + 2H_2O$، ومعدن الإنهايدرايت ($Ca\,SO_4$)، والباريت ($Ba\,SO_4$).

٥- الهاليدات (Halides): وهذه المجموعة تتميز بسيادة أيونات الهالوجنيات ذات الشحنة السالبة (I.F.Br.Cl)، ومن الأمثلة على معادن هذه المجموعة معدن الهاليت ($NaCl$)، والفلوريات ($Ca\,F_2$).

٦- الكربونات (Carbonates)، ومنها الكالسيت ($CaCO_3$) والدواوميت ($CaCO_3$)، والسيد يرايت ($FeCO_3$).

٧-الفوسفات phosphates، وتحتوي معادن الفوسفات على أيون الفوسفات (PO_4) كوحدة بنائية أساسية، مثل معدن الأباتيت وتركيبه فوسفات وفلوريد الكالسيوم وهو أغنى المصادر الحاملة للفسفور بالقشرة الأرضية، وتوجد صخور الفوسفات كترسيبات بحرية في كثير من دول العالم مثل المغرب ومصر.

٨- السيليكات (Silicates): ويضم هذا القسم حوالي ٩٠٪ من معادن القشرة الأرضية، وتشمل معادن هامة مثل الفلسبارات، ومنها فلسبار بوتاسي (الأرثوكلاز)، وفلسبارات صودية كلسية (البلاجيوكلاز)، وتشمل سلسلة متدرجة في التركيب الكيميائي ما بين الألبيت إلى الأنورثيت، وسوف نعاود الحديث عن السيليكات عند وصف التركيب المعدني والكيميائي للتربة.

الصخور (Rocks):

الصخور هي أي تجمع للمعادن سواء كانت لمعدن واحد أو لمعادن مختلفة، والمعادن المكونة للصخور تكون مستقرة تحت ظروف معينة من الضغط والحرارة، وعليه نتوقع تكون صخور مختلفة لها معادن مميزة تحت الظروف المختلفة والتي تتغير كلما تعمقنا في القشرة الأرضية. وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من الصخور هي: النارية، والرسوبية، والمتحولة، لكل منها صفاتها ومعادنها المميزة بسبب الظروف التي تتكون تحتها، وهذا وصف مبسط لهذه الأنواع:

I- الصخور النارية (Igneous Rocks):

وهذه الصخور تتكون من مادة منصهرة ذات درجة حرارة عالية تتجاوز الألف درجة مئوية في أكثر الأحيان، ولذلك تسمى صخور نارية، وتسمى هذه الصخور أيضًا

بالصخور الأولية (Primary Rocks)، وتنشأ من تصلب المادة الصخرية المنصهرة الموجودة في باطن الأرض، والتي تعرف بالمجما (Magma) أو بالصهير، وعند خروج هذا الصهير إلى سطح الأرض بواسطة البراكين يطلق عليها اسم الحمم البركانية أو اللافا (Lava)، وتتكون المجما من مجاميع معقدة من معادن السيليكا، والتي هي مصدر جميع الصخور الموجودة في الأرض.

وعندما يبرد الصهير فإن المعادن تتبلور منه وفق تسلسل معين يسمى بسلسلة تفاعل بوين (Bowen Reaction Series) حسب تدرج الانخفاض في درجة حرارته، وهذا التسلسل يشمل سلسلة غير مستمرة تشمل الأوليفين ثم البيروكسين ثم الأمفيبول ثم البيوتيت (المكيا السوداء)، وسلسلة مستمرة تبدأ بالبلاجيوكلاز الكلسي، وتنتهي بالبلاجيوكلاز الصودي، ويلي ذلك في التبلور بوتاسيوم فلسبار ثم المسكوفيت فلسبار وفي النهاية معدن الكوارتز.

وتتواجد الصخور النارية إما على سطح الأرض وهي ما تعرف بالصخور السطحية أو الطفحية (Extrusive Rocks) أو البركانية، وإما داخل القشرة الأرضية فتسمى صخور متداخلة (Intrusive rocks) لتداخلها بين الطبقات وفي شقوق وفجوات الصخور الأخرى للقشرة الأرضية، أو تتصلب مادة الصهير في أعماق بعيدة وهذه تسمى بالصخور الجوفية (Plutonic Rocks)، ولكل قسم من هذه الأقسام الثلاثة صفات تميزها عن بعضها كما يلي:

أولًا - صخور الأعماق أو الصخور الجوفية:

وهذه الصخر توجد في أعماق كبيرة في جوف الأرض حيث تصلبت من المجما تحت عوامل من الضغط والحرارة جعلت التبريد بطيئًا جدًا، وبذلك تمكنت جميع المعادن المكونة لها من التبلور ببلورات كبيرة، أي أنها ذات نسيج خشن، ومن أمثلتها صخور الجرانيت (Granite)، والديوريت (Diorite)، والجابرو (Gabbro)،

وهذه الصخور تستعمل في كثير من أغراض البناء والزينة والتماثيل، وتوجد بكثرة في بلدان العالم كما هو الحال في مصر في أسوان وجبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية، وفي جنوب شبه جزيرة سيناء.

ثانيًا- الصخور الوسطية:

وتوجد هذه الصخور على أعماق متوسطة من القشرة الأرضية، ويكون تصلب المواد المصهورة في هذه الحالة بسرعة أكثر من سرعة تصلب الصخور الجوفية، مما يؤدي إلى تكون بلورات دقيقة أو متوسطة الحجم، ويتميز الصخر بنسيج دقيق الحبيبات وفي بعض الأحيان بورفيري (Porphyry)، ومن أمثلة الصخور الوسطية الفلسايت (Felsite)، وهو مرادف للجرانيت من حيث تركيبه الكيميائي، والدولوريت (Dolerite)، والبورفيريت (Porphyrite)، وهو صخر دقيق التبلور ويعتبر مرادفًا لصخر الريوريت السطحي وله نفس التركيب الكيميائي.

ثالثًا- الصخور السطحية أو البركانية:

وهي الصخور التي تصلبت بسرعة على سطح الأرض أو بالقرب منه، والتي خرجت على شكل منصهر من فوهات البراكين والشقوق وقد تتبلور المعادن المكونة لهذه الصخور ببلورات صغيرة جدًا، وقد لا تتبلور وفي هذه الحالة تتصلب على شكل نسيج مجهري أو نسيج زجاجي، ومن أمثلة الصخور السطحية أو البركانية البازلت (Basalt)، والريوليت (Rhyolite)، والانديزيت (Andesite)، وأحيانًا تبرد وتتصلب الحمم بسرعة عالية جدًا لا تعطي الوقت الكافي لتبلور المعادن، ولهذا السبب تتجمد على شكل خارجي يطلق عليه الزجاج الطبيعي أو الابسيديان (Obsidian)، أو في صورة نسيج فقاعي كما في صخرة البيوميس أو الخفاف (Pumice)، وقد تمتلئ هذه الفجوات برواسب أو معادن أخرى فيسمى ذلك بالنسيج اللوزي.

وتقسم الصخور النارية حسب تركيبها الكيميائي والمعدني خاصة حسب نسبة وجود ثاني أكسيد السيليكون فيها إلى ثلاثة أقسام هي:

١ - صخور حامضية (Acidic Rocks)، وتكون نسبة ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2) فيها أكثر من ٦٦٪، كما أن هذه الصخور تحتوي على نسبة عالية من المعادن ذات اللون الفاتح أو الباهت، وهي خفيفة الوزن نسبيًا مثل معادن الكوارتز والفلسبار.

٢ - صخور متوسطة (Intermediate Rocks)، ونسبة ثاني أكسيد السيليكون فيها بين ٦٦٪ و ٥٢٪، والمعادن التي تدخل في تركيب هذه الصخور ذات لون متوسط بين الفاتح والقاتم، ومنها معادن الأرثوكلاز والبلاجيوكلاز.

٣- صخور قاعدية (Basic Rocks)، ونسبة ثاني أكسيد السيليكون فيها أقل من ٥٢٪، وأغلب المعادن التي تدخل في تركيب هذه الصخور تكون ذات لون قاتم وهي ثقيلة نسبيًا مثل معادن الهورنبلند (Hornblend)، والأوجيت (Augite)، والأوليفين (Olivine)، وهناك مجموعة صغيرة من الصخور تسمى الصخور فوق القاعدية (ultra-basic rocks) تقل فيها نسبة ثاني أكسيد السيليكون عن ٤٠٪، والمعادن المكونة لهذه الصخور تتميز بلونها الغامق جدًا إضافة إلى ثقل وزنها النوعي، ومن الأمثلة عليها معدن أوجيت أوليفين.

II- الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks)

تغطي الصخور الرسوبية حوالي ٧٥٪ من سطح الأرض إلا أنها تمثل ٥٪ من حجم الصخور المكونة للقشرة الأرضية، وتتكون الصخور الرسوبية نتيجة تفتت صخور سبق تكوينها وذلك نتيجة ثلاث عمليات رئيسية هي: التعرية (Erosion)، والنقل (Transportation)، والترسيب (Sedimentation or Deposition)، أي أنه بعد تفتت الصخور يتم ترسب المواد الناتجة في مكان جديد بواسطة عوامل النقل كالأنهار

والرياح والثلاجات، وبعد ترسب هذه الرواسب في طبقات يتم تماسكها وتحولها إلى صخور رسوبية، وعملية التماسك والتصلب للرواسب تتم بواسطة بعض العوامل، وهي:

١ - ترسب بعض المواد بين حبيبات الرواسب، وذلك لأن المياه الجوفية والسطحية تحتوي على أملاح معدنية مذابة فيها مثل أملاح كربونات الكالسيوم، وأكسيد السيليكون، وبعض أكاسيد الحديد والألومنيوم، وعند مرور المياه المحتوية على هذه الأملاح في المسامات بين المواد المترسبة فإنها تعمل على تماسكها بحيث تكون كمادة لاحمة كمادة الأسمنت، كما هو الحال في صخور الحجر الرملي.

٢ - التماسك والتجفيف بالضغط الواقع على الرواسب، وذلك لأن تراكم الرواسب فوق بعضها لسمك مئات من الأمتار يتسبب عنه ثقل أو ضغط هائل يقلل من الفراغات بينها ويطرد الماء منها، ومع مرور الزمن تتحول الرواسب إلى صخر صلب.

٣ - التأثير الحراري على الرواسب حيث تزداد درجات الحرارة كلما تعمقنا في باطن الأرض وأيضًا فإن صعود المجما إلى أعلى يؤدي لتماسك الرواسب المحيطة بالصهير، وبالتالي تتماسك المواد المترسبة وتتصلب لتكون صخورًا.

وتعتمد نوعية المواد المترسبة على طبيعة عوامل النقل (الرياح - الماء - الثلاجات)، وبالتالي على الظروف المناخية التي كانت سائدة أثناء عملية النقل والترسيب، ويظهر ذلك من خلال التفاوت في أحجام حبيبات الرواسب، وأيضًا نوعية الحفريات الحيوانية والنباتية الموجودة في هذه الرواسب.

وعمومًا فهناك خواص مميزة للصخور الرسوبية، أهمها:

١ - وجودها على هيئة طبقات (Stratification)، حيث تتميز أغلب الصخور الرسوبية بتكونها في صورة طبقات مختلفة اللون والسمك والنسيج، وهذا حسب ظروف النقل والترسيب.

٢- أحتواء هذه الصخور على الأحافير (المتحجرات) (Fossils)، وهذه صفة تميز الصخور الرسوبية حيث تحتوي على الأحافير (الحفريات) والتي قد تكون واضحة يمكن جمعها بسهولة أو دقيقة الحجم لا ترى إلا بالمجهر، ومن الممكن من درسة الحفريات تحديد عمر الطبقات الرسوبية والعلاقة الزمنية بينها، أي أيها أقدم وأيها أحدث.

٣- يكون شكل حبيبات الصخور الرسوبية إما إسطواني أو كروي أو ذات شكل غير محدد، ولكن لها حافات ملساء نسبيًا، وذلك نتيجة تدحرج المواد المكونة للصخور الرسوبية واحتكاكها ببعضها في طريقها إلى مكان الترسيب، أما الصخور النارية فإنها تتكون من أجزاء حادة الجوانب والحافات إضافة إلى مضلعة الأشكال.

٤- احتواؤها على بعض المعادن الخاصة، فمعظم الصخور الرسوبية تحتوي على مسام يتواجد فيها البترول والغازات الطبيعية والمياه الجوفية، ويعزى وجود المواد المعدنية كالبترول والفوسفات والفحم الحجري في الصخور الرسوبية دون غيرها إلى أن معظمها نشأ وتكون من أصل عضوي، البترول أصله مواد نباتية أو حيوانية، والفحم الحجري لا ينشأ إلا من بقايا النباتات، والفوسفات يرجع أصل تكوينها إلى البقايا الحيوانية خاصة العظام.

وتقسم الصخور الرسوبية تبعًا لطريقة نشأتها إلى ثلاثة أنواع هي:

١- الصخور الرسوبية الفتاتية أو الميكانيكية

وهذه نشأت بالطرق الميكانيكية أو الفيزيائية، وتتدرج هذه الأجزاء والفتات في الحجم من الحصى الخشن إلى الطين الناعم أو دقيق الحبيبات، وتقسم الصخور الفتاتية الرسوبية حسب حجم الحبيبات إلى المجموعات التالية:

* المتكتلات أو الكونجلوميريت (Conglomerate)، وهي عبارة عن صخور مكونة من الجلاميد أو الحصى والرمل متماسك بعضها ببعض، وهذه القطع الكبيرة

تكـون مستديرة الشـكل، أما إذا كانـت القطع حـادة الحافات فإنه يطلـق على الصخور المتكونـة منهـا اسـم البريشـيا (Breccia) حيث تبقى الصخـور المتهشـمة بالقرب من مصادرها الأساسية، والرواسـب المتكونة من الجلاميد والحصى تسمى زلط أو جرافيل (Gravel)، وتقسم حبيبات الجلاميد حسب قطر الحبيبات (بالمليمترات) إلى:

- جلاميـد وقطرها أكـبر من ٢٥٦مم- جلاميد صغـيرة (٦٤-٢٥٦مم)- حصى (٢-٦٤مم).

- أمـا قطر حبيبات الرمل فهـو (١/ ١٦ -٢مم)، وحبيبات السـلت فقطر حبيباته (١/ ٢٥٦-١/ ١٦مم)، وحبيبات الطين يكون قطر حبيباتها أقل من (١/ ٢٥٦مم).

* رواسب التالوس (Talus)، وهي رواسب كتلية غير متماسكة، ناتجة عن تهشم الصخور وتراكمها عند سفوح الجبال والانحدارات الشديدة.

* الحجـر الرمـلي (Sandstone)، ويقصـد به الصخـور الرسـوبية المتكونة من تماسـك حبيبـات الرمل بواسـطة مـواد لاحمة مـن السـيليكا أو كربونات الكالسـيوم أو أكاسيد الحديد أو الطين.

* الصخـور الطينيـة: يطلـق على الصخور السـائبة التـي يكون قطـر حبيباتها أقل مـن (١/ ١٦ مـم) اسـم غريـن (Mud) أو طـين (Clay)، وعند تماسـك حبيبات هذه الصخـور فإنهـا تكون حجـر الطفـح أو حجـر السـلت (Siltstone)، أو حجر الطين (Claystone)، وأهم المعادن الداخلة في تركيب الصخور الطينية تشـمل معادن الطين والميكا والفلسـبار والكوارتز، وعندما يتصلب الطين في صورة صفائح أو طبقات رقيقة فإن الناتج يسمى الطفل (Shale)، وعندما ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الصخور الطينية فإنها تسمى صخور طينية جيرية أو مارل (Marl).

٢- الصخور الرسوبية الكيميائية (Chemical Sedimentary Rocks):

تتكون هذه الرواسب نتيجة لتبخر المحاليل الملحية وتراكم المواد المعدنية بعد رسوبها من المحاليل، فيترسب أولًا المعادن الأقل ذوبانًا ويليها الأكثر ذوبانًا وهكذا، ومن الأمثلة على الصخور الرسوبية الكيميائية ملح الطعام والجبس والانهيدريت وغيرها، كما يلي:

* الملح (Salt)، أو الهاليت (Halite)، ويوجد غالبًا في شكل طبقات سميكة ذات بلورات واضحة في الطبقات العليا فوق طبقات سفلى من الجبس والانهيدريت.

* الجبس (Gypsum)، وهو أول معدن يترسب بكميات كبيرة عند تبخر مياه البحار بسبب درجة ذوبانه المنخفضة، وأحيانًا يتكون في صورة طبقات سميكة مختلطة عادة بالرواسب الملحية وكذلك الحجر الجيري والطفل.

* الانهيدريت (Anhydrite)، ويلي الجبس في التكوين والترسيب من مياه البحر ويوجد على شكل طبقات مشابهة للجبس، وغالبًا ما يوجد الاثنان معًا بالإضافة إلى رواسب ملحية أخرى.

* الصخور الجيرية (Limestones)، وهي التي تترسب بالتبخر من مياه مذاب فيها كربونات الكالسيوم كالتي تترسب أحيانًا من العيون الجيرية وهي المسماة بالترافرتين والسنتر الجيري (Calcareous sinter)، ومثل الرواسب داخل الكهوف في بعض المناطق الجيرية في صورة أعمدة مدلاة من سقوف الكهوف وهي ما يسمى بالهوابط أو الاستلاكتيت (Stalactite) أو تتكون على أرضية هذه الكهوف وتسمى بالصواعد أو الاستلاكميت (Stalagmite)، وهي مواد مكونة من كربونات الكالسيوم المتبلورة.

* الرواسب الكيميائية السليكية (Siliceous sinter)، وهي رواسب مكونة من ثاني أكسد السيليكون تتكون حول بعض الينابيع المعدنية الحارة المتفجرة والمسماة بالحمات أو النافورات (Geysers) التي تكثر في المناطق البركانية.

* الدولوميت (Dolomite) أو الدولوستون (Dolostone)، وهذه الصخور مكونة من معدن الدولوميت (كربونات الكالسيوم والماغنيسيوم)، وهي تشبه الحجر الجيري إلا أنها أكثر صلادة وكثافة عنه.

٣- الصخور الرسوبية العضوية (Organic sedimentary rocks):

تتكون الرواسب العضوية من ترسبات لأصداف وإفرازات بعض الحيوانات البحرية أو ترسبات نباتية، وأهم الصخور الرسوبية العضوية هي:

* الحجر الجيري العضوي (Organic limestone)، وهو أكثر الصخور الجيرية انتشارًا في الأرض، وأصل تكوينه قدرة بعض النباتات والحيوانات على استخلاص المادة الجيرية من مياه البحر التي تعيش فيها وتحولها إلى محارات وأصداف تحمي أجسامها الرخوة، وبعد موت هذه الحيونات والنباتات تتراكم المواد الجيرية وتتحول بالضغط عليها وبترسب مواد أخرى بها إلى الصخور الجيرية الصلبة.

* الطباشير (Chalk)، وهو نوع من الصخور الجيرية يمتاز بقلة صلادته ولونه الأبيض الناصع بحيث يترك أثر أبيض على أي شيء يلامسه، وهو مكون من ذرات دقيقة أغلبها أصداف لحيوانات بحرية وحيدة الخلية ممزوجة مع ذرات دقيقة من الطين الجيري.

* صخر الفوسفات (Phosphate rock)، وهو يتركب من فوسفات الكالسيوم مع مواد أخرى، ويتكون من تراكم عظام حيوانات فقرية بحرية وبرية من أسماك وزواحف تتحول مع الزمن إلى فوسفات الكالسيوم، وتوجد طبقات هامة لصخر الفوسفات في العراق، والمغرب، والأردن، وتونس، والجزائر، وسوريا، ومصر، وصخر الفوسفات يستخدم في تصنيع الأسمدة الفوسفاتية التي تحتاجها النباتات الحقلية.

* الفحم الحجري والرواسب الفحمية والنباتية المختلفة، وهذه الرواسب من أصل عضوي ونباتي ترسبت في ظروف خاصة كالمستنقعات ثم تحللت وتفحمت، ومن

الأمثلة على ذلك تكدس نباتات المستنقعات لتكوين مادة البيت (Peat)، أو الخُث، وهي تشبه التبن المضغوط، وتبلغ نسبة الكربون فيها ٦٠٪، أما الليجنيت (Lignite)، أو ما يطلق عليه الفحم الكاذب فهو عبارة عن رواسب نباتية مضغوطة تحتوي على الكربون بنسبة ٥٥٪-٧٥٪، وذات لون أسمر وتوجد ضمن طبقات صخور العصور الجيولوجية الحديثة، أما الفحم الحجري أو الانثراسيت (Anthracite) فهو صخر صلد حالك السواد، وتبلغ نسبة الكربون فيه ٧٥٪ إلى ٩٠٪ ويحترق بسهولة ويعطي لهبًا صافيًا.

III- الصخور المتحولة (Metamorphic rocks):

تنشأ الصخور المتحولة من التغير في تركيب ونسيج المعادن والصخور كنتيجة لارتفاع درجات الحرارة وزيادة الضغط، ويسمى ذلك بعملية التحول (Metamorphism)، وهذه العملية تؤثر في الصخر الأصلي سواء أكان رسوبيًا أم ناريًا أم متحولًا، فتتغير صفاته الظاهرية والداخلية، وقد تشترك في عملية التحول عوامل كيميائية، وأيضًا يعتمد ذلك على وجود الماء أو عدم وجوده.

وقد ينتج عن عملية تحول الصخور الرسوبية اختفاء الكثير من الحفريات التي كانت تحويها تلك الصخور، ولهذا يصبح من الصعب تحديد عمر الصخور المتحولة، وتنشأ الصخور المتحولة إما بتأثير الحرارة ويعرف هذا بالتحول الحراري، أو قد تنشأ بتأثير الحرارة والضغط معًا ويعرف هذا بالتحول الحراري الضغطي، ولكل منهما خواصه المميزة.

والتركيب الكيميائي والمعدني للصخور المتحولة يتوقف على نوع الصخر الأم الذي نشأت منه هذه الصخور، ولكن يتأثر ذلك أيضًا بالظروف المحيطة ونسبة الماء الموجودة، وأيضًا على درجة التحول، فعلى سبيل المثال فإن صخور الطفل (Shale) تتحول إلى صخور الأردواز (Slate) بدرجة تحول منخفضة، ويتحول الأردواز إلى

شيست (Schist) إذا كانت درجة التحول متوسطة، وهذا بدوره يتحول إلى نايس (Gneiss) إذا كان التحول ذو درجة التحول عالية.

وتتميز الصخور المتحولة بوجود نوع من المعادن الجديدة والمتحولة من أصل ناري أورسوبي، ومن أهم هذه المعادن الكاينيت (Kyanite)، والزويسيت (Zoisite)، والجارنيت (Garnet)، والستورولیت (Staurolite) والتالك (Talc) وذلك إضافة إلى المعادن الأصلية الموجودة في الصخور النارية والرسوبية.

ويمكن تصنيف الصخور المتحولة حسب النسيج (Texture) إلى قسمين هما:

أولًا - الصخور المتحولة الصفائحية:

وتتميز هذه الصخور بأنها في صورة طبقات رقيقة متوازية من المعادن، وحسب سمك الصفائح المكونة لهذه الصخور تُقسم إلى أربع مجموعات هي:

(أ) الصخور الأردوازية (Slaty).

وتتكون من صفائح رقيقة متوازية بسطوح ملساء، وهذه الصخور ناتجة بصورة رئيسية عن تأثير الضغط (Dynamic)، وتنتج هذه الصخور عن تحول الصخور الطينية، وأفضل مثال عليها صخر الأردواز (Slate).

(ب) الصخور الفيليتية (Phyllitic):

وهذه الصخور تكون ذات شقوق صغيرة يمكن تمييزها بالعين المجردة، ولكنها أكثر سمكًا وأقل انتظامًا من الشقوق الموجودة في الصخور الأردوازية، والمثال على هذا النوع من الصخور صخر الفايليت (Phillite).

(جـ) الصخور الشيستوزية (Schistose):

تكون الشقوق في هذه الصخور أكثر سمكًا من الشقوق في المجموعتين السابقتين بحيث يمكن أن ترى بوضوح بالعين المجردة، ومن الأمثلة على هذه الصخور حجر

الشيست (Schist) ذو النسيج الصفائحي تفصل بين طبقاته معادن الميكا، وهناك أنواع عديدة من الشيست تبعًا لتركيبها المعدني ومنها التالك شيست، والميكاشيست، والجرافيت شيست.

(د) الصخور النايسية أو الجنايسية (Gneissic):

والنيس (Gneiss) صخر متحول كامل التبلور، له تركيب مماثل للجرانيت (الكوارتز، والفلسبار، والميكا) غير أنه يمتاز بوجود معادن معينة تملأ الشقوق بين الطبقات في شكل عادة متقطع، وهذا يجعل له ألوان مبرقشة، فالميكا السوداء تتجمع في طبقات يفصلها طبقات أخرى بيضاء مكونة من بلورات صغيرة من الكوارتز والفلسبار، والنيس قد يكون أصله ناري مثل جرانيت نيس وبعضه من صخور رسوبية.

ثانيًا- الصخور المتحولة غير الصفائحية:

وتختلف هذه الصخور عن الصخور الأولى (الصفائحية) بكونها لا تحتوي على صفائح، حيث أن حبيباتها لا تنتظم في اتجاه واحد بل تكون في اتجاهات مختلفة، ومن الأمثلة على هذه الصخور الكوارتزيت (Quartzite) الناتج من تحول الكوارتز وحبيباته متماسكة جدًا، والرخام أو المرمر (Marble) والذي يتكون من تحول صخور حجر الكلس (الحجر الجيري) بتأثير الضغط والحرارة.

وللرخام ألوان مختلفة جميلة وزاهية بسبب وجود المواد الغريبة، وتظهر هذه الألوان بوضوح بعد القطع والصقل في حالة استعماله في أعمال البناء، ويحتوي الرخام (المرمر) على كمية كبيرة من كربونات الكالسيوم، وله بلورات متوسطة أو دقيقة الحجم ومتساوية تقريبًا.

الفصل الثاني

التربـــة

تُطلـق كلمة التربـة (Soil) على الطبقة العليا المفككة مـن القشرة الأرضية والناتجة مـن تفتيت الصخور بتأثـير مختلف عوامل التجوية والتعرية، ثـم بعد ذلك بتأثير عوامل وعمليات تكوين التربة.

وعلم التربة (Soil Science) يقسم على قسمين أساسيين:

* **القسـم الأول هو البيدولوجي** (Pedology)، وهـو الصورة البحتة لعلم التربة (Pure Phase) حيث يتناول التربة بالدراسـة على أنها جسـم طبيعي بغض النظر عن كونها تصلح كبيئة لنمو النبات أم لا، ويندرج تحت هذا القسم الفروع الآتية:

١ - مورفولوجيا التربة (Soil morphology)، وهو يدرس الصفات الظاهرية أو المورفولوجية للتربة في مكانها الطبيعي.

٢ - نشوء التربة (Soil genesis)، ويدرس كيفية نشوء التربة والعوامل والعمليات المختلفة التي أثرت في تكوينها.

٣- حـصر التربـة (Soil Survey)، ويختص بتقييم الترب لمعرفـة أنواعها المختلفة بغرض تصنيفها.

٤ - تقسيم الترب (Soil Classification)، ويختص بتقسيم الترب بناءً على دراسة الخواص والصفات المختلفة التي توصف بها.

* **القسـم الثانـي وهو الايدافولوجـي** (Edaphology)، وهو الصـورة التطبيقية لعلم التربة (Applied phase)، فهو يدرس التربة كبيئة لنمو النبات، ويندرج تحت هذا القسم الفروع التالية:

١- كيمياء التربة (Soil Chemistry)، ويدرس التركيب الكيميائي للتربة والعناصر الذائبة والمتبادلة والمترسبة والغرويات.

٢- طبيعة التربة (Soil Physics)، ويدرس الخواص الطبيعية للترب مثل البناء، والقوام، والمسامية، وحركة الماء والهواء، وحرارة التربة، بغرض توفير ظروف طبيعية ملائمة لنمو النبات.

٣- ميكروبيولوجي التربة (Soil Microbiology)، ويدرس نشاط الأحياء الدقيقة بالتربة والعوامل المؤثرة عليها وأنواعها.

٤- خصوبة التربة (Soil fertility)، ويدرس مقدار ما تحتويه التربة من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات وصورها، ومدى يسرها، وأيضًا دراسة التسميد والأسمدة وأثرها على نمو النبات، ومتى وكيف وكم نضيف من السماد إلى التربة.

٥- تغذية النبات (Plant nutrition)، ويدرس آليات امتصاص النباتات للعناصر الغذائية، والعوامل المؤثرة في ذلك.

٦-تكنولوجيا التربة (Soil technology)، ويدرس تأثير الآلات على التربة، ويندرج تحت هذا الفرع أيضًا علم إصلاح التربة، ويضم استصلاح الأراضي (Land reclamation)، وتحسين الأراضي (Land improvement)، وصيانة التربة (Soil Conservation).

تعريف التربة Definition of the soil :

كلمة التربة مأخوذة من لفظة التراب، وهو الجزء المفتت الناعم من سطح الأرض، الذي خُلق الإنسان منه ويدفن فيه بعد موته، وتنمو النباتات في قطاع التربة حيث تحصل على الماء والغذاء بالإضافة لعملية التثبيت الميكانيكي للجذور، ولا يختلف معنى (التربة)

في اللغة عن معنى التراب، ولم ترد كلمة التربة في القرآن الكريم أغلبها عند الحديث عن خلق الإنسان كما أوضحت في كتاب سابق (إبراهيم، ٢٠٠٩).

أما كلمة تراب فقد وردت عدة مرات، وكلمة (Soil) (تربة) في اللغة الإنجليزية ذات أصل روماني مشتق من الكلمة اللاتينية (Solum)، والتي تعني مواد أرضية سائبة تنمو فيها النباتات.

ويختلف مفهوم كلمة تربة بين الناس حسب استعمالهم لها، فنجد المزارع يعرف التربة بأنها الوسط الذي ينمو فيه نباتاته، وهي المكان الذي يحبه ويقضي فيه معظم وقته ويمارس نشاطه، فهي مصدر قوته وثروته، أما الجيولوجي (Geologist) فالتربة بالنسبة له هي الأرض ويعرفها على أنها الطبقة الخارجية المفتتة من غشاء الريجوليث (Regolith)، وهو عبارة عن الطبقة الخارجية من الغلاف اليابس (lithosphere)، والتي تكونت تحت تأثير عوامل الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي، وأما الكيميائي فإنه يعتبر التربة من وجهة النظر الكيميائية بأنها «معمل» تتم فيه كثير من التفاعلات المختلفة، وأما عالم تغذية النبات فهو يعتبر التربة عبارة عن مخزن للمركبات الكيميائية والمغذيات المعدنية الضرورية للنبات.

أما بالنسبة لعلماء التربة (Soil Sciencists)، فقد تطور مفهوم كلمة تربة منذ بداية ظهور علم التربة حتى الآن، فالعالم رمان (Rammon) يعرف التربة على أنها الطبقة السطحية التي تعرضت للتجوية من القشرة الأرضية، والعالم هيلجارد (Hilgard) يعرف التربة بأنها الجزء السطحي المفكك من القشرة الأرضية الذي تجد فيه النباتات مكانًا صالحًا أو مهدًا صالحًا لنموها وغذائها، أما العالم الروسي (Joffe) فيعرف التربة بأنها جسم طبيعي مميز إلى آفاق من مكونات معدنية وعضوية عادة مفككة ولها أعماق مختلفة، وتختلف عن مادة الأصل التي نشأت منها في التركيب والصفات.

والتعريف المقبول حاليًا للتربة هو أنها الطبقة الخارجية المجواة والمفتتة من سطح الكرة الأرضية، والتي تكونت من خلال تفتت وتحلل الصخور والمعادن بواسطة عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية، وبتأثير نشاط وتراكم بقايا النباتات والأحياء الدقيقة، وبشرط أن تحتوي صورة صلبة (معدنية أو عضوية)، وصورة سائلة (ماء أو محلول التربة)، وصورة غازية (هواء التربة)، وعامل حيوي (أحياء دقيقة ومتطورة).

٢-١- تجوية الصخور:

أول الخطوات في نشوء وتكوين التربة هي تعرية (Erosion) صخور القشرة الأرضية، ويقصد بالتعرية تفتيت ونقل المواد المفتتة، وبصفة عامة فإن الظواهر الطبيعية التي تعمل على التغيرات الجيولوجية في القشرة الأرضية يمكن أن تقسم إلى قسمين هما:

١ - العوامل الداخلية (Internal Factors)، وهذه العوامل ناتجة من تأثير جوف الأرض على القشرة الأرضية نتيجة تأثير الحرارة المرتفعة والضغط العالي لجوف الأرض حيث يتسبب ذلك في تشقق وتكسر وتحدب طبقات القشرة نتيجة الزلازل والبراكين وحركات الصهير الصخري أو المجما (Magma) الآتية من الأعماق.

٢ - العوامل الخارجية (External Factors)، وهذه العوامل تعتمد على التأثيرات الناتجة عن الغلاف الجوي والغلاف المائي على السطح الخارجي للقشرة الأرضية، ومن أمثلتها تغيرات درجات الحرارة والرياح والأمطار والثلاجات والسيول والأنهار وغيرها والتي تعمل على تعرية وجه الأرض، وسوف نشرح هنا فقط العوامل الخارجية.

وسطح الأرض معرض لعوامل بنائية تحاول رفعه إلى أعلى، وعوامل هدمية تخفضه إلى أسفل، فالقوى الرافعة تكون المرتفعات من جبال وهضاب، والقوى الهدمية مثل التعرية والتجوية فإنها تعمل على تعرية المرتفعات بواسطة المياه والثلوج والرياح وتنقل نواتج التعرية إلى المنخفضات.

والتعرية (Erosion) هي عملية تفتيت وتجوية المواد الصلبة ونقلها من مكانها إلى أماكن أخرى، أي أن التعرية هي عملية تفتيت ونقل المواد المفتتة؛ ولأن التفتيت يحدث تحت تأثير العوامل الجوية فإنه يسمى بالتجوية (Weathering)، والتجوية نوعان هما تجوية طبيعية وتجوية كيميائية.

١- التجوية الطبيعية أو الميكانيكية (Physical or mechanical):

وتشمل جميع عمليات التفتيت بدون تغير التركيب المعدني للصخور، وأهم العوامل التي تقوم بتفتيت الصخور ما يلي:

(أ) تغيرات درجات الحرارة للغلاف الجوي والذي يؤدي إلى تفتيت صخور القشرة الأرضية نتيجة التمدد والانكماش وخاصة أن للمعادن معاملات تمدد وانكماش متباينة مما يؤدي إلى تقشر السطح الخارجي للقشرة الأرضية.

(ب) الانجماد أو الصقيع (Frost)، حيث في المناطق البادرة يتجمد الماء الموجود في شقوق الصخور السطحية ليلًا وشتاءً، وعندما يتحول الماء إلى جليد يزداد في الحجم (بحوالي ٩٪)، وينتج عن ذلك قوى ضغطية داخلية مرتفعة تؤدي إلى تفكك الصخور وتفتيتها، ويزيد من هذا الأثر إنصهار هذا الجليد في الأوقات الدافئة.

(جـ) نشاطات الأحياء الدقيقة والحيوانات والنباتات، حيث تنشط الطحالب على سطح الصخور وتسبب تشققات صغيرة تسهل نشاط ونمو النباتات الأخرى ويعقب ذلك نشاط بعض الحيوانات، والتي تقوم بحفر حجور وثقوب في الكتل الصخرية، وأحسن مثال على ذلك دودة الأرض (Earth Worm)، والحيوانات القارضة، وعندما تتغلغل جذور النباتات الطبيعية داخل قشرة الأرض لأعماق قد تبلغ عدة أمتار فإنها سوف تسهل تفتت الصخور. وبالإضافة إلى العوامل الثلاثة السابقة فهناك عوامل أخرى تعمل بدورها على تهشم الصخور وتفتيتها، ومنها تدحرج الكتل الصخرية الكبيرة من

على سفوح الجبال تحت تأثير الجاذبية الأرضية، كما تؤثر قوة سقوط الأمطار والبرد في تفتت الصخور تحت تأثير ضربات قطرات صور الهطول المختلفة.

٢- التجوية الكيميائية (Chemical Weathering):

يُقصد بالتجوية الكيميائية عملية الانحلال الكيميائي للصخور (Decomposition) مما يؤدي إلى تغير تركيبها وتحول معادنها ومركباتها إلى معادن ومركبات أخرى، وتعتمد التجوية الكيميائية على وجود الماء والمواد الصلبة والغازية الذائبة أو غير الذائبة، وتختلف قابلية ذوبان المعادن في الماء، ويزداد الذوبان عادة بوجود الغازات الذائبة في الماء مثل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون، وأيضًا المركبات العضوية، وعملية التجوية الكيميائية يمكن أن تتم بإحدى التفاعلات الكيميائية التالية:

(أ) عملية الأكسدة (Oxidation):

الأكسدة هي فقد المادة أن أحد ذراتها الكترون أو إرتباطها بذرة أكسجين، وتحدث الأكسدة لمعادن القشرة الأرضية بواسطة أكسجين الغلاف الجوي، وأكثر المعادن القابلة للأكسدة هي المعادن المحتوية على الحديد مثل معدن البيريت ($Fe S_2$ - Pyrite) والذي يتأكسد إلى معدن الليمونيت ($Fe_2O_3 . N H_2O$ - Limonite) أصفر اللون، ويتحرر الكبريت (S) الذي يتحد مع الماء ليكون حامض كبريتيك يساعد في تعجيل التجوية، وأيضًا يتأكسد معدن الأورثوفيروسليت ($Fesio_3$ - Orthoferrosilite) وينهدم ويعطي أكسيد حديد أحمر اللون هو الهيماتيت (Fe_2O_3 - Hematite)، وكثير من المعادن المحتوية على الحديد تتأكسد وتعطي أكاسيد ذات ألوان مختلفة تظهر بها الصخور الرسوبية بلون أحمر أو أخضر أو أصفر، وغيرها، وبسبب قابلية الحديد للأكسدة (حيث له أكثر من تكافؤ)، فإن أعراض التجوية تظهر بسهولة على المعادن الأولية السليكاتية الحاملة للحديد، والأكسدة مرتبطة بعملية الاختزال (Reduction).

(ب) الإذابة والغسيل (Dissolution and leaching): من المعروف أن الماء السائل من أهم المذيبات المعروفة وأكثرها انتشارًا حيث تغطي المياه حوالي ٧١٪ من سطح الأرض، وتتسرب المياه أيضًا إلى باطن الأرض وتتسبب في ذوبان الأملاح والمعادن والغازات القابلة للذوبان في الماء، ومن أكثر المعادن والصخور ذوبانًا في الماء الحجر الجيري والدولوميت وصخر الملح والجبس، وتزداد قابلية المواد الجيرية للذوبان بالماء عندما يكون حاويًا لثاني أكسيد الكربون كما هو الحال في الأمطار الحامضية، وعندما يتفاعل الماء مع حجر الكلس أو الكالسيت ($CaCO_3$) في وجود غاز ثاني أكسيد الكربون يتحلل الكالسيت مكونًا بيكربونات الكالسيوم، وهي مادة سريعة الذوبان بالماء وبذلك تنتقل هذه المواد بواسطة المحاليل، وهكذا يتم غسيل المحاليل والمعادن من القشرة الأرضية.

(جـ) عملية التميؤ أو التأدرت (Hydration):

وهذه العملية هي عبارة عن اتحاد كيميائي لجزئيات الماء مع مركب أو معدن لتكوين مادة جديدة أو معدن يختلف في خواصه عن المعدن الأول، وأحسن مثال لهذه العملية هو تحول معدن الانهيدريت ($CaSO_4$) إلى معدن الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)، وجميع المعادن التي يحدث لها عملية تأدرت يكون لها قدرة أكبر على التمدد أو الزيادة في الحجم، مما يؤثر أيضًا على المواد المحيطة بها، ويسبب تشققًا أو تقشرًا للسطوح الخارجية للصخور، وعملية التأدرت تؤدي إلى إضعاف البناء الهندسي للمعادن أو هدم هذا البناء أحيانًا، وكثير من معادن السليكات والأوكسيدات والكربونات والكبريتات يتأثر بعملية التأدرت منتجةً مكونات متأدرتة.

(د) عملية التحلل المائي (Hydrolysis):

ويقصد بالتحلل المائي التفاعل الذي يحدث بين أيونات الأيدروجين (H^+)، وأنيونات الأيدروكسيل (OH) المكونة للماء، وبين الجسيمات البنائية لمعادن وصخور

القشرة الأرضية، وهذه العملية هي المسئولة عن تجوية الفلسبارات والمعادن السليكانية الأخرى، ومعروف أن معظم المعادن الأولية المكونة للصخور معادن سيلكاتية. فعلى سبيل المثال يتحلل معدن الأرثوكلاز ($K Al Si_3 O_8$) مائيًا منتجًا سليكات حامضية ($HAl Si_3 O_8$)، وأيدروكسيد بوتاسيوم.

(هـ) الكربنة (Carbonation)

ويقصد بها عملية اتحاد أيونات الكربونات والبيكربونات مع معادن القشرة الأرضية، ومصدر هذه الأيونات هو اتحاد الماء مع ثاني أوكسيد الكربون، ومن الأمثلة على هذه العملية تحول معدن الكالسيت إلى بيكربونات كالسيوم ذائبة، وبذلك يتم إزالته من الطبقات العليا من القشرة الأرضية، وأيضًا تجوية صخور ومعادن الفوسفات.

ومن عمليات التجوية الكيميائية أيضًا تكوين معادن الطين، وهي معادن ثانوية ناتجة من تجوية معادن السليكات، وسوف نعود للحديث عن معادن الطين عند الحديث عن تركيب التربة.

ويعقب عملية التجوية عملية نقل (Transportation) للمواد المفتتة والمفككة من مكان تكوينها إلى محل ترسيبها، ومن أهم عوامل النقل ما يلي:

(أ) الجاذبية الأرضية، وهذه تظهر على المنحدرات وتؤدي إلى نقل الصخور المفتتة والمفككة من الأماكن الجبلية والمرتفعات إلى الأماكن المنخفضة.

(ب) الرياح، والتي يظهر أثرها على جميع سطح القشرة الأرضية وبصفة خاصة في الصحاري، وتقوم الرياح بنقل حبيبات الرمال والأتربة مكونة الكثبان الرملية في بعض المناطق وترب ترسيب الرياح في مناطق أخرى.

(جـ) الثلاجات، ويظهر أثرها بوضوح على السلاسل الجبلية في المناطق القطبية وفي جميع الأماكن التي تتجمع فيها الثلوج، ويؤدي حركة هذه الثلاجات إلى تكسير

وتهشيم وقلع الكتل الصخرية الكبيرة من طبقات القشرة الأرضية ونقلها من الأماكن المرتفعة إلى الأماكن المنخفضة.

(د) الأمواج والتيارات البحرية، ومكان تأثيرها في السواحل المفتوحة وعلى قيعان المياه في مناطق المياه الضحلة من البحار والمحيطات، وهذه تعمل على نحر وقص السواحل الجدارية مكونة أشكالًا مختلفة للسواحل.

(هـ) الأنهار، وهي المجاري المائية hgjd تجري في مناطق عديدة من سطح الأرض، وهذه الأنهار أثناء جريانها من مناطق المنبع حيث الأمطار الغزيرة إلى مناطق المصب تعمل على تكسير وتفتيت الصخور، ثم نقلها إما بواسطة الجر (Traction)، أو الانزلاق (Sliding)، أو في صورة معلق (Suspension)، أو بواسطة المحلول (Solution)، وتترسب المواد الخشنة على طول مجرى النهر والمواد الناعمة في دلتا الأنهار قريبًا من مصبات الأنهار (عادة في البحار).

٢-٢- عوامل وعمليات تكوين التربة:

صخور القشرة الأرضية هي الأم التي أنجبت معظم أنواع الترب، ويستعمل مصطلح الصخر الأمي (Parent rock) للدلالة على نوع الصخر الذي تنشأ عنه مادة أصل التربة بواسطة عمليات التجوية سابقة الذكر، أما مادة الأصل (Parent material)، فهو مصطلح يُستعمل للدلالة على المادة غير المتصلبة التي تنشأ منها وفيها التربة (Soil) من خلال عوامل وعمليات تكوين التربة، مع العلم أن عمليات التجوية تستمر في عملها، ولا يمكن وضع حد فاصل بينها وبين عمليات تكوين التربة، ونجد أن خواص التربة تكون إما مورثة من الصخر الأمي أو تأثرت بظروف التجوية وتكوين مادة الأصل وظروف تطور ونشوء وتكوين الأراضي (الترب).

فالتربة هي عبارة عن الناتج المباشر لعمليات التجوية، وتطلق هذه التسمية (Soil) على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية والناتجة عن تفتيت الصخور بتأثير مختلف عوامل وعمليات التجوية والتعرية وتكوين التربة. وتصنف التربة تبعًا للعلاقة الوراثية بين مكوناتها ومكونات صخور الأساس أو مادة الأصل إلى نوعين هما التربة المتبقية والتربة المنقولة.

أولًا- التربة المتبقية (Residual Soil)، وتسمى أيضًا بالتربة المحلية:

وهي التربة التي تبقى في موضع تكوينها الأصلي فوق الصخر الأمي أو الصخور المولدة لها، والتي تكونت منها بعوامل التجوية، وفي هذه الحالة ترث التربة كثير من خواص الصخور المولدة لها، وتحتوي التربة نفس المعادن الأولية الثابتة الموجودة بالصخور الأم.

ثانيًا- التربة المنقولة (Transported Soil):

وهي التربة التي نُقلت من موضع تكوينها وترسبت في مكان آخر، وبذلك تختلف معادنها عن تلك المعادن الموجودة بالصخور التي تحتها، وعوامل النقل كما أوضحنا من قبل تشمل الرياح، والأنهار، والمياه، والجاذبية، ونوع التربة المنقولة يتوقف على عامل النقل، كما يلي:

١- التربة الهوائية: ويشمل هذا النوع من التربة على اللويس (Loess)، والكثبان الرملية (Sand Dunes).

(أ) تربة اللويس: وتنشأ هذه التربة في الظروف القارية أو الصحراوية، وتتميز بأنها تتكون من خليط من الرمال، والطمي، والطين، ويمثل معدن طين المونتموريلنيت نسبة عالية في هذا النوع من التربة، وقد يكون أصل تربة اللويس أوليًا ناتج مباشرة من الصخور

الأم، أو ثانويًا، وذلك لكونها منقولة من مكان بعيد بواسطة الرياح أو الثلاجات، وفي هذه الحالة يتحول معدن المونتموريلنيت إلى معدن الاليت والكاولينيت.

(ب) الكثبان الرملية: وتتكون الكثبان الرملية على أشكال معينة في المناطق الصحراوية، حيث تنشأ هذه الرمال من تفتت الصخور، وهذه الرمال مكونة من حبيبات منتظمة من الكوارتز وبعض معادن الميكا (مثل المسكوفيت)، تنتقل بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها عائق توقفت ورسبت حملها من الرمال على شكل كثبان رملية، ، ويختلف ارتفاع الكثيب من عدة أمتار إلى مئات الأمتار، ومن أشهر أماكن تواجد الكثبان الرملية منطقة بحر الرمال بغربي الصحراء الغربية بين مصر وليبيا.

٢- التربة النهرية:

وهي التربة المنقولة بواسطة مياه الأنهار، وتختلف الترسبات المنقولة بواسطة مياه الأنهار من حيث حجم الحبيبات حيث تترسب المواد الخشنة مثل الحصى قريبًا من المنبع ثم تتدرج الحبيبات في حجمها كلما تحركنا في اتجاه المصب، حيث تترسب الحبيبات الدقيقة جدًا مثل الطمي والطين في مصبات (أو دلتا) الأنهار.

٣- التربة التثاقلية (Gravity Soil):

وتتكون هذه التربة من تدحرج الفتات الصخري تحت تأثير قوى الجاذبية من قمم الجبال والمرتفعات إلى الوديان والمنخفضات، ويكثر هذا النوع من التربة في المناطق الصحراوية الجافة متباينة التضاريس حيث تسود التعرية الميكانيكية.

- عوامل تكوين الأراضي (الترب) (Soil Forming Factors):

ويقصد بعوامل تكوين الأراضي المتغيرات المستقلة أو العوامل المحددة لنظام التربة وهي تشمل: مادة الأصل- المناخ- الأحياء- الطبوغرافيا- زمن تكوين التربة،

وكل هـذه العوامـل هي متغيرات مستقلة، حيث إذا تغير عامل منهـا أعطى ذلك أنواع مختلفـة مـن الأراضي، ولذلك فإن المعادلة العامـة لتكوين نظام التربة يمكـن كتابتها كما يلي:

$$S = f(cl\,.\,o\,.\,r\,.\,p\,.\,t.....)$$

حيـث S ترمـز إلى نظـام التربة، f ترمز إلى أن نظام التربة دالـة تعتمد على أو تتحدد خواصـه بمعرفة القيم الحقيقية لكل من المناخ (cl)، والأحيـاء (o)، والطبوغرافيا (r)، ومادة الأصل (p)، والزمن (t)، والنقط ترمز إلى احتمال وجود عوامل أخرى.

- المناخ (Climate) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

يعتـبر المنـاخ أكـبر عامل مؤثـر في تكويـن الأراضي؛ لأنـه يحدد ظـروف عمليات التجوية، وعناصر المناخ تشمل أساسًا الحرارة والرطوبة (الماء)، ولقد ناقشت أثر الماء في تكويـن وخـواص التربة في كتابي عن الماء (إبراهيم، ٢٠٠٩)، وسـوف اذكر هنا في إيجاز دور الرطوبة (كمية المطر) والحرارة كعوامل مؤثرة في تكوين التربة.

أولًا- الرطوبة كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

تؤثر كمية الأمطار الساقطة في منطقة ما على خواص التربة المتكونة، وخاصة كمية الأمطار التي تخترق قطاع التربة وهو ما يسـمى بالمطر الفعال، وحسـب نسبة الهطول إلى التبخر يقسم المناخ إلى: مناخ جاف (arid) يزداد فيه التبخر عن الترسيب، ومناخ وسط بـين الجاف والرطب وفيه تتسـاوى كمتى التبخر والترسـيب، ومنـاخ رطب (humid) يزداد فيه الترسيب (الهطول) عن التبخر.

وللرطوبـة تأثـير واضح على خـواص التربة حيث بزيادتها يـزداد محتوى التربة من المادة العضوية والنتروجين الكلي والطين الغروى والسعة التبادلية، وزيادة كمية الطهول (المطـر) يزداد عمق ترسـيب أفق الكربونات والعكس صحيـح، ويعتبر أفق الكربونات

وهي كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم من الصفات المورفولوجية الهامة لقطاع التربة، وعلى أساسه قسم العالم Marbet الأراضي قسمين كبيرين هما:

١ - Pedocals : وهي التي يحتوي قطاعها على أفق تجمع الجير (Lime) وهذه تسود في المناطق الجافة ونصف الجافة.

٢ - Pedalfers: وهي التي يغيب من قطاعها أفق تجمع الجير ويسود بها أفق تجمع الحديد والألومنيوم، وهذه الأراضي تسود غالبًا في المناطق الرطبة ونصف الرطبة.

ثانيًا- الحرارة كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

تلعب الحرارة دورًا هامًا كعامل تكوين تربة من خلال تأثير الحرارة على توزيع كمية المطر الساقطة خلال قطاع التربة حيث تؤثر على البخر والنتح، وتؤثر الحرارة أيضًا على أغلب التفاعلات الكيميائية الداخلة في عمليات التجوية الكيميائية من ذوبان وتحلل مائي وغيرها.

وارتفاع درجة الحرارة يقلل من محتوى التربة من المادة العضوية والنتروجين، وعلى الجانب الآخر فإن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من محتوى قطاع التربة من الطين بشرط توافر قدر كافي من الرطوبة.

- الزمن (Time) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

مع مرور الزمن تتميز آفاق قطاع التربة وتصبح التربة أكثر نضجًا، وعلى فرض ثبات جميع عوامل تكوين الأراضي الأخرى وأن خواص التربة دالة للزمن فإنه يمكن تقدير عمر الأراضي بكثير من الوسائل، منها:

١ - الآثار القديمة، حيث أنه من دراسة التغيرات التي تحدث في أثر تاريخي معروف التاريخ (الأهرام مثلًا) ومقارنتها بالتغيرات في صخور المنطقة المحيطة يمكن معرفة عمر الأرض، خاصة إذا كانت مواد بناء الأثر من نفس نوع صخور المنطقة المحيطة.

٢- يمكن تقدير زمن تكوين الأرض بالتقريب من دراسة صخور الطفوح البركانية حيث تاريخ فوران البراكين يكون معروف ومدون.

٣-البحيرات المجففة، فعند تجفيف البحيرات يكون معروف تاريخ التجفيف وبذلك يمكن تحديد مولد التربة الناتجة ودراسة التطورات التي حدثت فيها مثل عملية تكوين أراضي البدذول لـ (Podzolization).

٤- الأشجار المعمرة: توجد أشجار معمرة يمكن تحديد أعمارها من خلال الحلقات السنوية في جذع الشجرة، ومن عمر الشجرة يمكن معرفة عمر التربة التي تحتها ومعرفة التغيرات التي حدثت في خواصها كدالة للزمن.

٥- النظائر المشعة: يمكن استخدام النظائر المشعة في تقدير عمر الأرض مثل استخدام عنصر الكربون المشع (C-١٤).

٦- الحفريات: يمكن استخدام الحفريات النباتية والحيوانية الموجودة في طقبات الأرض في تقدير عمرها.

والتربة الناضجة (mature soil) هي التي تميز قطاعها إلى آفاق واضحة ووصلت إلى التوازن مع عوامل البيئة، بحيث لا تتغير خواصها مع الزمن، ومن أهم خواص التربة التي يمكن منها التعرف على مدى نضج التربة، تفاعل التربة (P_pH)- المادة العضوية - أفق الكربونات - تجمع الطين - تكوين الطبقات الصماء.

ويمكن تقسيم الأراضي باستخدام عامل الزمن، حسب درجة نضج الأراضي إلى الأقسام التالية:

١- أراضي ناضجة أو نطاقية (**Zonal Soils**): وهي الأراضي التي أصبحت خواص قطاعها واضحة بعد وصولها لدرجة كبيرة من الاتزان، وفي هذه الأراضي يظهر

تأثير المناخ والأحياء بوضوح على تأثير مادة الأصل والطبوغرافيا، وتحت الأراضي النطاقية يقع القسمين التاليين:

(أ) أراضي Pedalfer، وهي الأراضي المغسولة والتي غسلت منها جميع الأملاح ولا تحتوي على أفق تجمع الجير، ومنها أراضي البدذول والأراضي الحمراء البنية وأراضي البراري وأراضي اللاتيريت.

(ب) أراضي Pedocal، وهي التي تتميز بوجود أفق تجمع الكربونات (الجير)، ومنها أراضي التشيرنوزيم والشستونت وأراضي الصحراء الرمادية والحمراء.

٢-أراضي غير ناضجة (Intrazonal Soils): وهي الأراضي التي يسود فيها تأثير مادة الأصل والطبوغرافيا مع تأثير المناخ والأحياء، بمعني أن مظاهر قطاع التربة لا تكون واضحة، وتشمل هذه الأراضي: التراروزا، والرندزينا، والأراضي الملحية، والأراضي القلوية.

٣- أراضي حديثة أو غير نطاقية (Azonal Soils): وهي أراضي ليس لها مظاهر تميز قطاعها بحيث لا يمكن وضعها في مجموعة تربة مميزة، والمثال على ذلك رواسب حديثة للأنهار أو أي رمل جاف، ومعنى ذلك أن هذه الأراضي لا يظهر عليها أي أثر من آثار عوامل تكوين الأراضي.

- مادة الأصل (Parent Material) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

كما أوضحنا من قبل فإن مادة الأصل هي المادة الناتجة من تفتت صخور القشرة الأرضية بواسطة عمليات التجوية، وهي المادة الأم التي نشأت منها وفيها التربة، ولذلك فإن خواص التربة المختلفة تتوقف إلى حد كبير على تركيب مادة الأصل، فالصخور المكونة لمادة الأصل سوف تحدد نوع التربة المتكونة، كما هو موضح فيما يلي:

١- تكوين الأراضي على الصخور النارية:

فالتربة التي تكونت من صخر الجرانيت، وهو صخر ناري حامضي، تتميز بقوامها الخفيف الذي يترتب عليه نفاذية عالية للماء وسعة منخفضة لحفظ الماء بها وأيضًا بانخفاض السعة التبادلية الكايتونية، وهذا سببه إحتواء صخر الجرانيت على نسبة عالية من السليكا أكبر من ٦٥٪ تتمثل في معادن سليكاتية أهمها الكوارتز والفلسبار البوتاسي، أما التربة المتكونة من صخر البازلت، وهو صخر ناري قاعدي، فإنها تتميز بالقوام الناعم أو الثقيل والذي يترتب عليه نفاذية بطيئة للماء والهواء، وسعة تبادلية كاتيونية عالية، وذلك لاحتواء البازلت على نسبة أقل من السليكا أقل من ٥٢٪ تتمثل في معادن البيروكسين والاولفين والفلسبار الكلي.

٢-تكوين الأراضي على الصخور الرسوبية:

ينشأ الاختلاف في الأراضي المتكونة على الصخر الرسوبية عن اختلاف هذه الصخور في درجة نفاذيتها للماء وما ينتج عن ذلك من تميز القطاع إلى آفاق، حيث كلما كانت حركة الماء من أعلى إلى أسفل سريعة تصل إلى تكوين الأراضي في وقت أقل، ولكن هذا سوف يتوقف على مدى خشونة أو نعومة حبيبات الصخور، حيث كلما كانت الحبيبات ناعمة القوام (طمي أو طين) فإن حركة الماء إلى أسفل تكون أقل سرعة مما يجعل تكوين الأراضي يأخذ وقت أكبر ويكون تأثير مادة الأصل على تكوين الأراضي أوضح.

وعندما تنشأ الأراضي على الحجر الجيري فإن المناخ يكون له دور واضح في تحديد نوعية وخواص التربة المتكونة، فتحت ظروف المناخ الرطب يكون الحجر الجيري هش وتتكون أراضي الرندزينا (Rendzina)، أما عندما يسود مناخ البحر المتوسط فإن الحجر الجيري يكون صلب ويتكون منه أراضي التراروزا (Terraroza)، حيث تذوب كربونات الكالسيوم وتتبقى الشوائب وترتفع نسبة السليكا في القطاع إلى حوالي

٧٨٪ وترتفع نسبة الطين في المناطق الرطبة، أما في المناطق الأقل رطبة فإن البيكربونات تغسل تاركة شوائب غنية في الحديد والذي عند ترسبه في شقوق الحجر الجيري يكسب الأراضي المتكونة (Terraroza) اللون الأحمر.

- الطبوغرافيا (Topography or relief) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

يقصد بالطبوغرافيا شكل سطح الأرض ومدى استواءه ووجود المرتفعات والمنخفضات، وتؤثر التضاريس على تكوين الأراضي من خلال تأثيرها على حركة المياه حيث تتجمع المياه في الأماكن المنخفضة نتيجة للجريان السطحي للمياه من الأماكن المرتفعة، ولذلك تختلف خواص التربة المتكونة على المرتفعات عن المتكونة على المنخفضات، أما إذا كان السطح مستوى فإن توزيع المطر ونسبة الرطوبة يكون متجانس وهذا يؤدي إلى تكوين أرض ذات بروفيل عادي متجانس.

والأثر الثاني للتضاريس هو إعادة توزيع الحرارة التي يستقبلها السطح من أشعة الشمس حسب درجة انحدار السطح، والتأثير على توزيع الرطوبة والحرارة سوف يؤثر على نوعية الغطاء النباتي الطبيعي، وفي كثير من الأحيان يتجمع الماء تحت سطح الأرض فوق طبقة قليلة النفاذية ويسمى في هذه الحالة بالماء الأرضي (أو الجوفي)، ويؤثر مستوى الماء الأرضي على تكوين الأراضي عندما يكون قريبًا من السطح (على بعد أقل من مترين)، إما عندما يكون بعيدًا عن السطح (أكثر من مترين ونصف)، فإن تأثيره على خواص قطاع التربة يكون ضعيف يمكن إهماله.

- الأحياء (Organisms) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

ويقصد بالأحياء كل الكائنات الحية داخل الأرض أو على سطحها، سواء كانت كائنات دقيقة أو نباتات أو حيوانات صغيرة أو إنسان، ويتوقف تأثير العامل الحيوي على تكوين الأراضي على نوعيته وكميته وعلى علاقة الأحياء ببعضها.

وإذا ما أخذنا النباتات (Vegetation) كعامل أو متغير مستقل في تكوين الأراضي، فسوف نجد أن هذا الأثر يتمثل في تأثيرها على كمية المادة العضوية ونواتج انحلالها في الأرض، حيث نلاحظ أن الأراضي المتكونة تحت غطاء نباتي طبيعي من الغابات تكون حامضية فقيرة في القواعد ومادتها العضوية أغلبها موجود على السطح وعمق ترسيب الطين والكربونات يكون عميق، أما في حالة الأراضي المتكونة تحت غطاء من الحشائش فتكون غنية في القواعد وتميل إلى القلوية وتكون نسبة المادة العضوية تحت السطح أكبر من فوق السطح وتزداد نسبة الطين عند السطح.

ويؤثر الإنسان كعامل من عوامل تكوين الأراضي من خلال تأثيره على الغطاء النباتي من خلال إزالة الغابات مثلًا، أو إزالة الغطاء النباتي الطبيعي ووضع الأرض تحت نظام الزراعة، وأيضًا تغيره لنظام الدورة الزراعية وتعاقب المحاصيل أو عمليات الخدمة المختلفة، ونظام الري والتسميد المستعمل.

- عمليات تكوين أراضي (Soil forming processes):

يمكن تعريف عمليات الأراضي بأنها كل تفاعل يحدث في التربة بحيث تكون بينه وبين عوامل تكوين الأراضي ارتباطًا داليًا، يعني هذا أن العمليات تكون دالة لعوامل تكوين الأراضي، فمثلًا : (Solution = f (climate حينئذ تعتبر الإذابة ضمن عمليات تكوين أو بناء الأرض.

وقد يكون من الصعب التفريق بين عمليات التجوية (والتي تشمل التأدرت والإذابة والتحلل المائي والأكسدة والاختزال ... إلخ)، وبينما عمليات تكوين الأراضي والتي تشمل البدزلة (Podzolization) التي تؤدي إلى تكوين أراضي البدذول (Podzol)، وعملية الـ (Laterization) التي تؤدي إلى تكوين أراضي اللاتيريت وعملية التمليح التي تؤدي لتكوين أراضي ملحية... وغير ذلك من العمليات التي سوف نذكرها فيما

بعد، وبعض العلماء يطلق على عمليات التجوية إنها عمليات جيولوجية (Geologic) وعلى عمليات تكوين الأراضي بأنها عمليات بيدولوجية (Pedologic).

وعمليات تكوين الأراضي عمليات كيماوية بطبيعتها(خاصة في المناطق الرطبة)، ولذلك فإنه من الصعب إن لم يكن من المستحيل أحيانًا أن نفرق بين التحلل المائي (hydrolysis) الذي يؤدي إلى التجوية والتحلل المائي الذي يؤدي إلى تكوين الأراضي.. بينما في المناطق الجافة حيث التجوية الطبيعية هي السائدة، فإنه تحت ظروف معينة يصبح التمييز ممكن بين عمليات التجوية وعمليات تكوين الأراضي، وينتج عن عمليات تكوين الأراضي نماذج من قطاعات التربة تتمايز إلى آفاق تشخيصية لكل منها خواصه المميزة.

وعمليات تكوين الأراضي ممكن جمعها في مرحلتين متداخلين هما:

١- مرحلة تجمع مواد الأصل. ٢- مرحلة تمييز الآفاق.

وتجمع مواد الأصل يحدث أساسًا عن طريق عمليات التجوية، أما تمييز الآفاق فيعزى إلى الإضافة والإزالة والانتقال للمواد والطاقة، ومن أهم عمليات تكوين الأراضي العمليات التالية:

١- تخليق المركبات الهيومية وتجمع المادة العضوية.

٢- تكوين معادن الطين وانحلالها وانتقالها وتجمعها خلال قطاع التربة.

٣- تكوين المعقد الغروي المعدني والعضوي وترسيبه وانتقاله.

٤- تكوين المحلول الأرضي والمواد الذائبة.

٥- حركة الماء خلال بروفيل التربة وإلى أسفل بعمليات الغسيل أو إلى أعلى بالخاصية الشعرية، وأيضًا الحركة الجانبية.

٦- الجريان السطحي (Surface runoff) وعمليات النحر (Soil erosion).

٧- تجمع المواد المعلقة في المنخفضات.

والعمليات السابقة نماذج لأهم عمليات تكوين الأراضي، ولكن هناك بالطبع عمليات أخرى تحدث تحت ظروف معينة تؤدي إلى تكوين أنواع خاصة من الأراضي ذات معالم مورفولوجية ظاهرة وتسمى بعمليات التكوين التشخيصية ومن أهمها:

١- تكوين أراضي البدذول أو العملية البدذولية (Pozolization):

وتتكون أراضي البدذول (Podzol) تحت غطاء نباتي من الغابات أو الأعشاب في المناطق الرطبة حيث يكون تحلل المادة العضوية غير كامل وتسود ظروف حامضية وتفقد الأرض مكوناتها القاعدية وتنتقل الغرويات المعدنية مثل أكاسيد الحديد (Fe_2O_3) وأكاسيد الألومنيوم (Al_2O_3) والطين المفرق من الطبقات العليا إلى الطبقات السفلى من قطاع التربة (أفق B) بينما لا تغسل السليكا وتزداد في السطح (أفق A).

٢- عملية تكوين أراضي اللاتيريت (Laterization):

وتؤدي هذه العملية إلى تكوين أراضي اللاتيريت (Laterite)، وتحدث هذه العملية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية تحت غطاء نباتي من الغابات المتساقطة غير المخروطية، حيث الرطوبة العالية مع درجة حرارة مرتفعة يؤدي إلى تحلل كامل للمادة العضوية وتكون نواتج التفاعل أقل حموضة وأغنى من القواعد مقارنة بأراضي البدذول السابقة، ولا يوجد دوبال غروي حامضي، ولذلك تتجمع أكاسيد الحديد والألومنيوم في أفق A وتتفرق السليكا وتغسل وتتجمع في أفق B.

٣- عملية التكلس (Calcification):

وتحدث هذه العملية في المناطق الجافة والنصف جافة وتحت غطاء نباتي من الحشائش ومادة أصل جيرية، فيتم غسيل كربونات الكالسيوم وترسيبها في قطاع التربة على أعماق تختلف حسب كمية المطر الساقطة، وتكون أفق الجير (Lime horizon) الذي يميز أراضي الـ(Pedocal) والذي يزداد عمقه بزيادة كمية الأمطار ويقترب من

السطح كلما كانت الأمطار قليلة، وفي الأراضي الصحراوية يصبح أفق الجير (كربونات الكالسيوم) على السطح.

٤- عملية التمليح (Salinization):

وينشأ عن هذه العملية تكوين الأراضي الملحية (Saline soils)، ويحدث ذلك تحت ظروف المناخ الجاف والنصف جاف خاصة في الأماكن المنخفضة حيث تتجمع الرطوبة وتتبخر تاركةً الأملاح على السطح، وتحتوي الأراضي الملحية على أملاح ذائبة كلية تزيد عن ٢ و٪.

٥- عملية إزالة الأملاح (Desalinization):

وهي عملية يكون نتيجتها التخلص من الأملاح الذائبة الموجودة في الأراضي الملحية عن طريق الغسيل بالمياه إما طبيعيًا عن طريق الأمطار مع وجود مستوى الماء الأرضي على عمق بعيد، أو صناعيًا باستعمال الري الصناعي مع إنشاء شبكة صرف زراعي جيدة، وفي الحالتين نجعل ميزان حركة المياه إلى أسفل وليس إلى أعلى.

٦- عملية الجلاي (Gleization):

وهي من عمليات تكوين الأراضي التي تسود تحت ظروف المياه الراكدة والأراضي المشبعة بصفة دائمة بحيث تسود الظروف الاهوائية (الاختزالية) وتصبح مركبات الحديد مختزلة وذائبة، وتعطي لونًا أخضر مزرق أو رمادي، وعند تذبذب مستوى الماء الأرضي وتعاقب ظروف الاختزال والأكسدة نلاحظ أن قطاع التربة يتميز بوجود بقع من ألوان حمراء وصفراء.

٧- عملية تكوين الأراضي القلوية (Alkalization):

وينشأ عن هذه العملية تكوين الأراضي القلوية (Alkaline soils)، وتحدث هذه العملية تحت ظروف تؤدي إلى سيادة أيون الصوديوم في المحلول الأرضي وبالتالي

زيادة الصوديوم المتبادل على سطح الطين، ويحدث ذلك عند غسيل الأراضي الملحية عند رقم حموضة مرتفع (PH.8.5)، حيث يتفرق الطين وتزيد نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) عن ١٥٪ من مجموع الكايتونات الكلية المتبادلة.

٨- إزالة القلوية (Dealkalization):

وهي عملية إزالة القلوية من الأرض القلوية عن طريق استبدال الصوديوم المتبادل بواسطة الكالسيوم عن طريق إضافة المصلحات الزراعية مثل الجبس الزراعي.

٢-٣- قطاع أوبروفيل التربة (Soil Profile):

يُعبر بروفيل أو قطاع التربة عن تعاقب الآفاق أو الطبقات من السطح حتى مادة الأصل، ويُستعمل كوحدة طبيعية لدراسة الأراضي والمقارنة بينها، وينتج عن عمليات تكوين الأراضي، والتي تناولنها بالشرح سابقًا، نماذج من قطاعات الترب تتمايز إلى آفاق تشخيصية لكل منها خواص طبيعية وكيميائية وحيوية ومورفولوجية مميزة، ولكل نوع من الأراضي آفاق تشخيصية تميزه عن غيره، وتتميز التربة الناضجة بطبقات مختلفة في اللون والقوام (Texture) والبناء (Structure)، والتركيب المعدني والعضوي، ويوضح قطاع التربة تتابع وسمك وصفات كل طبقة من الطبقات المكونة له.

وعند دراسة جسم التربة كما يظهر في الطبيعة، فإن الجزء الأكثر وضوحًا وأهمية هو المنطقة السطحية فيها والذي يُسمى أيضًا منطقة نمو الجذور (Root Zone)، ولكي نحصل على معلومات عن صفات التربة ككل فإنه لابد من فحص مقطع عمودي للتربة من السطح إلى أسفل وهذا ما يُسمى بقطاع التربة، ويتم ذلك بعمل حفرة أو خندق في التربة عرضه في حدود متر وطوله في حدود متر ونصف، ويصل عمقه إلى مادة الأصل، ومن النادر أن يكون قطاع التربة متماثلًا مع العمق، ويتكون من طبقات أو آفاق متتابعة محددة بدرجة أكثر أو أقل حسب ظروف تكوين التربة، وتنتج هذه الطبقات من نمط التراكم أو الترسيب كما يظهر في الأراضي المترسبة بفعل الرياح (aeolian)، أو

بفعل الماء (alluvial)، والطبقات المتكونة في مكانها بواسطة عمليات تكوين داخلية (Pedogenic) تسمى آفاق (Horizons).

وفي الأراضي أو الترب المميزة إلى آفاق يقابلنا ثلاثة آفاق مميزة من السطح إلى أسفل (كما في الشكل: ١)، فالطبقة العلوية أو الأفق (A)، ويسمى أيضًا أفق الإزالة هو منطقة النشاط الحيوي، ولذلك فهو غني بالمواد العضوية وأدكن لونًا من التربة أسفله، ويلي ذلك الأفق (B) الذي تتجمع فيه بعض المواد المهاجرة من الأفق العلوي (A) (مثل الطين والكربونات)، وأسفل الأفق (B) يوجد الأفق (C) وهو مادة الأصل للتربة.

وفي حالة التربة المتبقية المتكونة في مكانها من الصخر الأصلي فإن الأفق (C) يتكون من مادة صخرية مفتتة ومتأثرة بعوامل التجوية، وفي حالة التربة المنقولة فإن الأفق (C) يمكن أن يتكون من ترسبات مائية أو رياحية أو جليدية، وفي بعض الحالات يكون تتابع الآفاق (A B C) واضحًا تمامًا كما هو الحال في تربة نطاقية نموذجية مثل البودزول، وفي حالات أخرى قد يكون تطور الأفق (B) غير ملحوظ، وبالتالي فإن التربة توصف بقطاع (A C)، وفي حالات أخرى كما في الترسيبات والترب الحديثة التكوين يصعب مشاهدة أي تمييز قطاعي أو آفاق.

وخصائص القطاع تعتمد أساسًا على المناخ وثانويًا على باقي عوامل تكوين التربة وهي مادة الأصل، والغطاء النباتي، والطبوغرافيا، والزمن، وخلال عملية تكوين أو عملية تطور التربة وقطاعها، فإن القطاع ككل يزداد في العمق مع التحول التدريجي للجزء العلوي من الأفق (C) حتى نصل إلى حالة معقولة من الثبات وفيها تكون العمليات المتضادة لتكوين وتآكل التربة متوازنة تقريبًا، وهذا ما نسميه بالتربة الناضجة.

وعلماء البيدولوجي يصنفون الأراضي حسب أصلها وخصائصها الواضحة، ويوضح الشكل التالي رسم توضيحي لوصف آفاق قطاع التربة.

مخلفات عضوية	O 1	أفق O		
بقايا متحللة جزئيًا	O 2	(بقايا النبات)		
منطقة تجمع دبال	A 1	أفق A	Solum	Regolith
منطقة ذات غسيل قوي	A 2	(منطقة		
منطقة انتقالية إلى الأفق B	A3	إزالة)		
منطقة انتقالية إلى الأفق A	B 1	أفق B		
منطقة أقصى تراكم	B 2	(منطقة		
منطقة انتقالية إلى الأفق C	B3	التراكم)		
صخور غير مندمجة	C	أفق C (مادة الأصل)		
صخور مندمجة	R	طبقة R (مهد صخري)		

شكل (١) وصف لمصطلحات آفاق قطاع التربة

ويختلف العمق المميز للتربة من منطقة إلى أخرى، فترب الوادي أعمق من ترب الجبال، وفي بعض الحالات يكون عمق التربة غير واضح، وفي حالات أخرى يكون العمق كبير كما هو الحال في الأراضي الرسوبية في دلتا النيل بمصر، حيث يصل عمق التربة إلى حوالي ١٠-١٢ متر، حيث تكونت هذه التربة من ترسيبات النهر في فترة زمنية تصل إلى حوالي عشرة آلاف سنة، وعلى كل حال فإن طبقة النشاط الحيوي (الأفق A) يكون عمقها في بعض الحالات أقل من متر واحد ونادرًا ما تمتد إلى أسفل أكثر من ٢-٣متر.

٢-٤- مكونات التربة وتركيبها وأهم خواصها:

تتكون التربة من الأطوار الثلاثة للمادة (وهي الصلب، السائل، الغاز) بالإضافة إلى المكون الحيوي، وتتكون التربة من العديد من المكونات الصلبة (معدنية وعضوية) المفتتة بغير انتظام والمرتبة بتنوع في شكل هندسي معقد، والمكونات الصلبة للتربة تتكون من حبيبات بلورية أو حبيبات غير بلورية ومن غرويات معدنية وعضوية غير منتظمة

البناء، والمادة الغروية للتربة تشمل أكاسيد الحديد والألومنيوم والطين الغروي والمركبات العضوية الغروية، وتغلف المادة الغروية الحبيبات الصلبة وتربطها مع بعضها ولها الدور الأوضح في النشاط الكيماوي للتربة والمساهمة في خصوبتها، وتتراص الحبيبات الصلبة للتربة تاركة بينها فراغات ومسامات تحتوي على الماء والهواء.

وهناك تفاعل مستمر بين ماء وهواء التربة والجزء الصلب منها، ولذلك فمن الصعب وجود نظام التربة في حالة اتزان ثابتة، حيث نظام التربة يبتل ويجف، ويتمدد وينكمش، ويتفرق ويتجمع، وينضغط ويتشقق، ويتجمد ويذوب بالتناوب، ويحدث تبادل للأيونات على سطوح الحبيبات الغروية، وتترسب الأملاح في محلول التربة أو تذوب.

وحيث أن التربة ناتجة (أو مولودة) من معادن وصخور القشرة الأرضية، حيث ينشأ من عمليات تجوية معادن وصخور القشرة الأرضية تكون مادة أصل التربة (Soil Parent Material) كما أوضحنا من قبل، فنجد أن التركيب الكيميائي للتربة مشابه لحد كبير مع التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية، وتكون ثمانية عناصر فقط حوالي ٩٧٪ من وزن التربة، كما يلي:

العنصر	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
النسبة المئوية	49.0	33.0	7.1	3.8	1.4	0.6	1.4	0.6

فالعناصر الثمانية (الأوكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، والماغنيسيوم) تكون ٩٦,٩٪ من وزن التربة، وتكون باقي العناصر الموجودة في القشرة الأرضية (٩٢ عنصر كيميائي) حوالي ٣٪ من وزن التربة، والثلاثة عناصر الأولى (الأوكسجين والسليكون والألومنيوم) تكون أكثر من ٨٩٪ من وزن التربة، وتسمى عناصر هيكل التربة، ويكون الأوكسجين حوالي نصف وزن التربة،

إلا أنه ليس حرًا وإنما يوجد في حالة ارتباط كيميائي بالعناصر الأخرى الموجودة في التربة مكونًا مركبات مثل السليكات والأكاسيد.

التركيب المعدني للتربة:

تُقسم الحبيبات المعدنية الصلبة للتربة إلى ثلاث مجموعات حسب أقطارها وهي : الرمل (Sand) وقطر حبيباته ٢-٠,٠٢ مم (٢٠٠٠-٢٠ ميكرومتر)- السلت (Silt) وقطر حبيباته ٠,٠٢-٠,٠٠٢ مم (٢٠-٢ ميكرومتر)- الطين (Clay) وقطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ مم (أقل من ٢ ميكرومتر)، وذلك حسب تقسيم الجمعية الدولية لعلوم الأراضي، وهناك تقسيمات أخرى مثل تقسيم وزارة الزراعة الأمريكية: الرمل (٢-٠,٠٥ مم)، السلت (٠,٠٥-٠,٠٠٢ مم) والطين (أقل من ٠,٠٠٢ مم).

ولقد أوضحت الدراسات عن تركيب الأراضي الرسوبية في مصر أن الجزء الناعم من التربة (الطين) يتكون أساسًا من معادن الطين، أما السلت فإنه يتكون من المعادن الأولية مع بعض معادن الطين، أما الرمل فهو يتكون من معادن أولية كما يلي:

كوارتز (٧٠-٨٠٪)، فلسباربوتاسي (١٠-١٧٪) ثم ألبيت وأوليجوكلاز ومسكوفيت وأوجيت وأبيدوت بنسب قليلة.

وتتكون التربة من معادن أولية تكونت من مصهور المعادن (Lava) وإنفصاله عند برودة الماجما (Magma)، وكما أوضحنا من قبل فإن المعدن الأولى هو المعدن الذي لم يتغير تركيبه الكيميائي أو البللوري منذ تكونه من مصهور المعادن، والمعادن الأولية الشائعة الوجود في الأراضي تشمل الكوارتز والفلسبارات، كما يوجد معادن البيروكسينات والميكا والأمفيبولات والأوليفينات، ولكن بكميات قليلة، وتتواجد المعادن الأولية أساسًا في حبيبات الرمل (٢-٠,٠٥ مم) وحبيبات السلت (٠,٠٥-٠,٠٠٢ مم)، والمعدن الثانوي هو المعدن الذي تكون نتيجة التجوية الكيميائية للمعدن

الأولى إما عن طريق التغير في البناء أو عن طريق ترسيب نواتج تجوية المعدن الأولى، والمعادن الثانوية الشائعة الوجود في الترب (الأتربة) هي معادن الطين السليكاتية مثل الكاؤولينيت والمونتموريللونيت والأكاسيد مثل الجبسيت والجيوثيت والمواد الأمورفية مثل الألوفان ومعادن الكبريت والكربونات، وتتواجد المعادن الثانوية أساسًا في الجزء الطيني من التربة كما يمكن أيضًا التعرف على بعض هذه المعادن في الجزء السلتي.

وهنا توضيح لمجموعات المعادن الداخلة في تركيب التربة وهي: مجموعة السليكات- معادن الكربونات- معادن الأملاح التبخيرية- الأكاسيد والهيدروكسيدات- معادن الفوسفات.

أولًا- مجموعة السليكات (Silicate minerals group):

تعتبر السليكا الرباعية (Silica tetrahedra) هي الوحدة البنائية للمعادن السليكلتية، وهي تتكون من كاتيون سليكون ($4Si+$) مركزي مرتبط بأربعة أيونات أوكسجين ($2O-$) متلاصقة في تجاور تام في شكل رباعي، وتقسم معادن السليكات على أساس عدد وحدات وطريقة ارتباط تراهيدرا السليكا ببعضها إلى الأقسام التالية:

١- السليكات المفردة: وهي عبارة عن واحدت مفردة من السليكا ($4SioO4-$)، وقد ترتبط عدة وحدات عن طريق كاتيون وسيط كالماغيسيوم مكونًا معدن الفورستيريت (Mg_2SiO_4)، أو الماغيسيوم والحديد مكونًا الأوليفين $(Mg\ Fe)_2\ SiO_4$.

٢-السليكات المزدوجة: وهي عبارة عن وحدتين من السليكا الرباعية مرتبطتين عن طريق أيون أوكسجين مشترك (Si_2O7-6)، وقد ترتبط بمجاميع أخرى مماثلة عن طريق كايتون معدني ومن أمثلتها الإبيدوت.

٣- السليكات الحلقية: وهي عبارة عن وحدات سليكا رباعية مرتبطة في تركيب حلقي عن طريق أيونين مشتركين من الأوكسجين (SiO_3 - 2)، ومن أمثلتها البيريل والترمالين.

٤ - السليكات السلسلية: وهي عبارة عن وحدات من السليكا الرباعية مرتبطة في سلسلة مفردة كما في حالة الأوجيت وهو من البيروكسينات، أو في سلسلة مزدوجة كما في حالة الهورنبلند وهو من الأمفيبولات.

٥ - السليكات الورقية: وهي عبارة عن وحدات سليكا رباعية مرتبطة في شكل ورقي أو صفائحي، ومن أمثلتها التلك والفلوجوبيت.

٦ - السليكات الشبكية: وهي عبارة عن وحدات من السليكا الرباعية مرتبطة في شكل شبكي ذو ثلاثة أبعاد ومن أمثلتها الكوارتز.

أهم معادن مجموعة السليكات:

١. السليكا (Silica):

وتمثل ٧٤٪ من وزن القشرة الأرضية، والسليكا هي ثاني أكسيد السليكون (SiO_2)، وتوجد في صورة متأدرتة أمورفية (غير متبلورة) مثل الأوبال $SiO_2.nH_2O$ Opal، أو صورة غير متأدرتة ومتبلورة مثل الكوارتز (الرمل) Quartz، ومعادن السليكا مقاومة للتجوية وذات نشاط كيميائي محدود.

٢. الفلسبارات (Feldspars):

وهي الومنيوسليكات غير متأدرتة تحتوي على البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم أو الباريوم، وهي أكثر المعادن إنتشارًا بالقشرة الأرضية، وتقسم إلى:

أ) الأرثوكلاز (Orthoclase): وهي فلسباربوتاسي تركيبه $K(AlSi_3O_8)$، ويوجد في عدة صور مختلفة في الشكل البلوري وهي تشمل معادن الأورثوكلاز، الميكروكلين، الساندين، والأديولاريا.

ب) البلاجيوكلاز (Plagioclase): وهي تشمل سلسلة من المعادن المتشابهة في بنائها البلوري وتتدرج في تركيبها الكيميائي بين الألبيت : Albite

$Na_2(Al_2Si_2)O_8$، وهو بلاجيوكلاز صودي، والأنورثيت $Ca(Al_2Si_2)O_8$ Anor thite، وهو بلاجيوكلاز كالسي.

٣- الميكا (Micas):

وهي تكثر في الرواسب الناعمة والصخور الرسوبية مثل الطين والطفل، ويوجد من الميكا عدة أنواع أهمها:

أ) الميكا البيضاء (Muscovite) وتركيبها $(KAl_2(Alsi_3O_{10})(OH)_2$، وهي من النوع ثنائي الأوكتاهيدرا المقاوم للتجوية.

ب) الميكا السوداء (Biotite) وتركيبها $(K(Mg.Fe)_3(A.Si_3O_{10})(OH)_2$ ، وهي من النوع ثلاثي الأوكتاهيدرا الأقل مقاومة للتجوية.

٤- البيروكسينات والأمفيبولات (Pyroxenes and Amphiboles):

وهما الومينوسليكات ماغنيسيوم وحديد من السليكات السلسلية، وينحصر وجود هذه المعادن بالتربة في مكونات الرمل والسلت ومن أمثلتها: الأوجيت، الانستاتيت، الديبوسيد، والرودونيت (وهي من معادن البيروكسينات) ، والهورنبلند، والتريموليت (وهي من معادن الأمفيبولات).

٥- الأوليفينات (Olivines):

وهي سليكات حديد وماغنيسيوم من النوع المفرد وينحصر وجودها بالتربة في مكونات السلت والرمل، ومنها المعادن التالية: الفورستريت، الفاياليت، والتيفوريت، والأوليفين ضعيف المقاومة للتجوية، ولذلك لا يتواجد في أغلب أنواع الأتربة.

٦- معادن الطين (Clay minerals):

(أ) التركيب البنائي لمعادن الطين:

معادن الطين هي المعادن التي تتواجد في المحتوى الطيني من التربة، وهي معادن بلورية ثانوية تركيبها الأساسي سليكات هيدراتية للألومنيوم والحديد والماغنيسيوم، وتتكون معادن الطين من وحدات تتراهيدرا السليكا وأوكتاهيدرا الألومنيوم مرتبة في عدة تشكيلات طبقية؛ لذلك فهي تتبع قسم السليكات الصفائحية، ويمكن حصر معادن الطين في المجموعات الثلاث الأساسية التالية:

الأولى- معادن طين 1:1 ، وهي مكونة من إرتباط صفيحة تترهيدرا السليكون بصفحة أوكتاهيدرا الألومنيوم.

الثانية- معادن طين 1:2 ، وهي مكونة من ارتباط صفيحتين من تترهيدرا السليكون مع صفيحة أوكتاهيدرا الألومنيوم.

الثالثة- معادن طين 1 : 2:1 ، وهي مكونة من صفيحة أوكتاهيدرا الألومنيوم بين وحدتين من النوع 2:1 .

* وطبقة تيرهيدرا السليكا (Silica tetrahedra) تتكون من أربع ذات أوكسجين تحيط بكايتون سليكون مركزي في شكل هرم رباعي، ورمزها الكيميائي (SiO_4^{-4}).

* وطبقة أوكتاهيدرا الألومنيوم (Alumina Octahedra) تتكون من ست ذرات أوكسجين أو هيدروكسيد تحيط بكاتيون مركزي من الألومنيوم أو الماغنيسيوم في شكل ثماني الأوجه، وهي نوعان:

(أ) طبقة الألومينا أوكتاهيدرا (جبسيت Gibbsite) ورمزها الكيميائي العام $Al_2(OH)_6$.

(ب) طبقة ثلاثية الأوكتاهيدرون (البروسيت)، ورمزها الكيميائي العام $Mg_3(OH)_6$.

(ب) أهم معادن الطين الصفائحية في التربة:

- معادن الطين 1 - 1، ومنها الكاؤولينيت (Kaolinite) والرمز الكيميائي العام لوحدة الطبقة الكاملة فيه $Si_4Al_4O_{10}(OH)_8$، ومنها أيضًا معادن الديكيت، الهالوسيت، الناكريت Halloysite and Nakrite، Dekite وهي لها نفس تركيب الكاؤولينيت وتختلف عنه في تتابع الطبقات ووجود جزئيات الماء بين وحدات التركيب.

- معادن الطين 2:1، ومنها أربع مجموعات هي:

أ) مجموعة بيروفيلليت- تلك (pyrophyllite - Talc group)، والبيروفيلليت ثنائي الأوكتاهيدرا، والتلك ثلاثي الأوكتاهيدرا، والرمز الكيميائي العام للبيروفيلليت بالنسبة للخلية الكاملة هو $Si_8Al_4O_{20}(OH)_4$.

ب) مجموعة سمكتيت- سابونيت (Smectite- Saponite)، والسمكتيت ثنائي الأوكتاهيدرا والسابونيت ثلاثي الأوكتاهيدرا، وأكثر المعادن شيوعًا لمجموعة السمكتيت معدن المونتموريللونيت Montmorillonite، والرمز الكيميائي العام لنصف وحدة الخلية المثالي هو $Mo._{33}H_2OAl_{1.67}(Fe2+Mg2+)_{0.33}Si_4O_{10}(OH)_2$.

حيث M يرمز إلى الكاتيون الفلزي الموجود بين الطبقات، ولمعدن المونتموريللونيت دور هام في التربة من خلال تبادل الأيونات والتمدد والانكماش حيث ينتفخ في الماء ويمتص أربع طبقات من جزئيات الماء أو أكثر.

ج) مجموعة الفيروميكيوليت (Vermiculite group-2:1)، ومنها فيرميكيوليت ثنائي الأوكتاهيدرا وفيرميكيوليت ثلاثي الأوكتاهيدرا، والرمز الكيميائي العام لنصف وحدة الخلية بالنسبة لمعدن الفيرميكيوليت ثنائي الأوكتاهيدرا هو:

$$Mo._{74}H_2O\,(Si_{3.56}Al_{0.44})(Al_{1.4}Mg_{0.3}Fe_{0.3})O_{10}(OH)_2$$

د) مجموعة الإيليت (Illite group-2:1)، ويطلق عليها اسم الميكا المتأدرتة؛ لأنها تكونت من التجوية للميكا الأولية الموجودة في الصخور النارية، وهي معادن غير متمددة لوجود البوتاسيوم بين طبقاتها، وصيغة وحدة الطبقة لمعدن الإليت هي:

$$Al_4\,Si_7Al\,O_{20}\,(OH)_4\,K_{0.8}$$

- معادن الطين 1:1:2 (مجموعة الكلوريت **Chlorite group**-2:1:1)، وهي مكونة من معادن طين من النوع 1:2 مع وجود طبقة من الهيدروكسيد بين الوحدات، وهذه الطبقة قد تكون من الجبسيت أو البروسيت، والتركيب الكيميائي العام لنصف الخلية من معدن الكلوريت ثنائي الأوكتاهيدرا هو.

$$(Mg_{0.3}\,Al_{1.9}OH_6)\,(Si_{3.9}Al_{0.1})(Al_{1.8}Mg_{0.2})O_{10}(OH.F)_2$$

- معادن الطين غير المتبلورة (الأمورفية) **Amorphous clay minerals**، وتسمى أيضًا باسم الألوفان (Allophane)، وهي تتكون من الأكاسيد المتأدرتة للألومنيوم والحديد والسليكون، وتوجد في الأراضي المتكونة من الغبار البركاني.

ثانيًا- مجموعة معادن الكربونات (Carbonate minerals group):

وأهم معادن الكربونات الداخلة في تكوين التربة:

١-الكالسيت (Calcite)، وهو كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

٢-الأراجونيت (Aragonite)، وهو أيضًا كربونات كالسيوم، ولكن يختلف عنه في النظام البلوري.

٣- الدولوميت (Dolomite)، وهو كربونات كالسيوم وماغنيسيوم $Ca.\ Mg\ (CO_3)_2$.

ثالثًا- مجموعة معادن الأملاح التبخيرية التراكمية (Evaporites):

وتشمل الأملاح الذائبة في الماء والتي تتراكم في التربة نتيجة زيادة معدل التبخر عن معدل المطر أو الغسيل، ومنها:

١- الجبس (Gypsum)، وهو كبريتات كالسيوم مائية ($Ca\ SO_4 .\ 2H_2O$).

٢-الهاليت (Halite)، وهو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم ($Na\ Cl$).

٣- البوراكس (Borax)وهو بورات الصوديوم المائية: $Na\ B_4\ O_5\ (OH)_4\ 8H_2O$

رابعًا- مجموعة الأكاسيد والهيدروكسيدات والأوكسي هيدروكسيدات Oxides, Hydroxides and Oxyhdroxides:

وأهمها أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنجنيز ولها دور هام في كيمياء التربة، ويستعمل لفظ الأوكسيد ليدل أيضًا على الهيدروكسيد وأوكسي هيدروكسيد، ومنها:

١- أكاسيد الألومنيوم، ومنها الجبسيت $Al\ (OH)_3$، والبوهيميت، الدياسبور، ووالبايريت.

٢- أكاسيد الحديد ومنها الهيماتيت Hematite (Fe_2O_3)، والجيوثيت Feooh (Goethite)، والماجنيت Magnetite (Fe_3O_4)، وغيرها.

٣- أكاسيد المنجنيز، ومن أكثرها شيوعًا في التربة البيرنيسيت Birnessite (Mno_2)، والبيرولوسيت Pyrolusite.

٤- أكاسيد التيتانيوم (Titanium)، ومنها الأناتاس (Anatase)، والريوتيل (Rutile)، وتركيبها TiO_2.

خامسًا- مجموعة معادن الفوسفات (Phosphate minerals group):

وأهمها في التربة معدن الأباتيت Apatite $Ca_5(PO_4)_3F_2Cl_2(OH)_5$، ويوجد في صخور الفوسفات وأيضًا في الرواسب البحرية.

موجز لأهم خواص التربة:

للتربة خواص فيزيائية (طبيعية) تشمل تكوين وأحجام وطريقة ترتيب حبيبات الطور الصلب وعلاقة الماء بهذه البيئة المسامية، وطاقة وانتقال محلول التربة والعمليات التي تصاحب ذلك، وأيضًا تركيب وتجديد الهواء الأرضي وحرارة نظام التربة وخصائصه الميكانيكية، ولقد أشرنا إلى التركيب المعدني والكيميائي للتربة فيما سبق، وفرع كيمياء التربة يتناول جميع العمليات الكيميائية التي تحدث في التربة وخواصها الكيميائية المختلفة مثل درجة الحموضة والقلوية (pH)، وتركيب محلول التربة وتفاعلاته مع الطور الصلب وغرويات التربة والتبادل الأيوني وكيمياء المادة العضوية إلى غير ذلك.

والتربة لها خصائص حيوية تشمل نوعية وكمية ونشاط الأحياء الدقيقة بها، وللتربة خصائص غذائية تظهر مدى خصوبتها ومقدار ويسر العناصر الغذائية الضرورية للنبات، وبالطبع فإن شرح خصائص التربة يحتاج إلى مؤلفات عديدة يتناول كل مؤلف منها نوع من الخصائص الأساسية للتربة سواء طبيعية أو كيميائية أو حيوية وغيرها.

سوف أوضح هنا بإيجاز بعض الخصائص الهامة للتربة:

-الخصائص الطبيعية للتربة Soil Physical Properties:

١ - قوام التربة (Soil Texture)، ويعبر عن التوزيع الحجمي للحبيبات الصلبة للتربة، فهو يشمل دلالة وصفية؛ لأنه يعبر عن مدى خشونة أو نعومة التربة، وأيضًا دلالة كمية في معرفة نسب الحبيبات ذات الأحجام المختلفة أي النسبة المئوية لكل من الرمل والسلت والطين والمتعارف عليها بأنها المكونات الفردية للتربة، ويتم معرفة قوام التربة بإجراء التحليل الميكانيكي لها، والذي من أجله أُبتكرت تقنيات قياسية، ونتائج هذا التحليل تُعطي التركيب الميكانيكي للتربة أو قوام التربة.

والنسب المئوية على أساس الكتلة لمكونات التربة الثلاثة من الرمل والسلت والطين تحدد أصناف التربة من ناحية القوام (Textural class)، فالتربة قوامها رملي أو سلتي أو طيني، مع ملاحظة أن صنفًا من التربة يسمى طمي (Loam) يحتوي على خليط متوازن من حبيبات الرمل والسلت والطين وخواصه وسطية بين هذه المكونات الثلاثة، ولذلك تعتبر التربة الطميية تربة مثلى لنمو النبات لقدرتها المناسبة على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، فخواصها الطبيعية والكيميائية جيدة، بينما التربة الرملية فلها خواص كيميائية غير جيدة؛ لأنه ليس لها قدرة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية فهي فقيرة كيماويًا، ولكنها غنية طبيعيًا حيث يتحرك فيها الماء والهواء وجذور النبات بسهولة، أما التربة الطينية فهي نشيطة من الناحية الكيميائية وتحتوي على مخزون من العناصر الغذائية، ولكن خواصها الطبيعية ليست دائمًا جيدة.

ويوجد ١٢ صنف أو درجة معروفة لقوام التربة، وهي ممثلة بمساحات مختلفة داخل مثلث القوام، ويمكن وضعها في ثلاثة أقسام هي:

١ - القوام الخشن ويضم الرملي، الرمل الطمي، والطمي الرملي.

٢- القوام المتوسط ويضم الطمي، الطمي السلتي، والسلتي.

٣- القوام الناعم ويضم الطمي الطيني الرملي، الطمي الطيني السلتي، الطمي الطيني، الطين الرملي، الطين السلتي، والطيني.

وقوام التربة يعكس لحد ما خواص وسلوك التربة من حيث الاحتفاظ بالماء وسهولة عمليات الحرث وتهوية التربة وأثر ذلك على نمو جذور النبات وأيضًا التأثير على خصوبة التربة، فالتربة الخشنة (الرملية) سهلة الحرث، عالية التهوية، سريعة الابتلال، وسريعة الصرف، وبالتالي لها قدرة قليلة للاحتفاظ بالماء بسبب المسام الواسعة والسطح النوعي الصغير، وأيضًا ذات قدرة ضعيفة على الإمداد بالعناصر الغذائية، أما التربة الناعمة (الطينية) فهي صعبة الحرث وذات سطح نوعي عال، بطيئة الابتلال، عالية الاحتفاظ بالماء، وعالية في الاحتفاظ بالعناصر الغذائية اللازمة للنبات، أما التربة متوسطة القوام (الطمية)، فهي وسط بين التربة الرملية والتربة الطينية، وتعد مناسبة لنمو النبات والاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية.

٢- بناء التربة (**Soil structure**)، ويعرف بأنه كيفية ترتيب الحبيبات بالتربة، بالإضافة إلى كيفية تركيب هذه الحبيبات لتكوين ما يعرف بالحبيبات المركبة أو المجمعة (aggregates)، وعملية تجمع الحبيبات الفردية لتكوين حبيبات مركبة تتم عن طريق مواد لاحمة (Cementing agents) مثل كربونات الكالسيوم أو أكاسيد الحديد والألومنيوم أو المواد العضوية والعامل الحيوي وخاصة المادة العضوية المتحللة والتي تسمى بالدبال (Humus).

وينعكس ترتيب ورص الحبيبات في الترتيب الهندسي للفراغات (التوزيع الحجمي للمسام)، والقوام والبناء خاصيتين مرتبطتين، يحددنا معًا سرعة انتقال الماء والهواء في التربة وأيضًا مدى اختراق وحركة جذور النبات بها.

وهناك ثلاث مجموعات رئيسية لبناء التربة، هي:

١ - البناء الفردي (Single graind)، وفيه تكون الحبيبات فردية غير ملتصقة ببعضها كما هو الحال في الربة الرملية.

٢ - بناء الكتل الكبيرة (massive)، وهو عبارة عن تجمعات كتلية متماسكة كبيرة الحجم، كما هو الحال في التربة الطينية التي تكون كتل تصل إلى عشرات السنتميترات في القطر أحيانًا عند الجفاف.

٣- بناء مركب أو مجمع (aggregated)، وفيه تتجمع الحبيبات الفردية في حبيبات مركبة أو مجمعة تحت ظروف مناسبة للتجمع، وأشكال البناء للحبيبات المركبة تقسم إلى:

(أ) طبقي (صفائحي)، وفيه تمتد الحبيبات المركبة في الاتجاه الأفقي.

(ب) منشوري أو عمودي وهو أعمدة متراصة رأسيًا ويسمى منشوري عندما تكون الرؤوس مستوية، ويسمى عمودي إذا كانت الرؤوس دائرية.

(جـ) كتلي (blocky)، أو مكعبي (cubic)، وفيه تتكون الحبيبات المركبة في شكل مكعبات بالتساوي تمتد في الثلاث اتجاهات.

(د) كروي (spherical)، وهي الحبيبات المركبة المستديرة الشكل ويوجد منها الحبيبي (granular).

والبناء الجيد هو البناء الثابت تحت تأثير العوامل الخارجية من أمطار ورياح وحرارة، ويساعد في ثبات الثبات بصورة خاصة العامل الحيوي من أحياء دقيقة وجذور نباتات، ويمكن من خلال تقدير مدى ثبات الحبيبات المركبة بواسطة أجهزة النخل المبتل (wet sieving) التعرف على جودة البناء.

٣- محتوى التربة من الماء والطاقة الممسوك بها (جهد ماء التربة): يقوم الماء بوظائف عديدة بالتربة فهو أساس عمليات التجوية والتعرية وتحلل المادة العضوية وفي التفاعلات التي تمد النبات بالعناصر الغذائية، ويمكن التعبير عن الماء في التربة في صورة المحتوى أو الكمية الموجودة بوحدة الكتلة أو وحدة الحجم من التربة، والأفضل التعبير عنه بالطاقة المصاحبة للماء أي جهد الماء (water potential)، وهناك ثوابت ومصطلحات هامة للتعبير عن الماء في التربة، ومنها:

- نسبة التشبع، وهي قيمة المحتوى الرطوبي للتربة عند التشبع أي عندما تكون كل مسام التربة مملوءة بالماء.

- السعة الحقلية (Field capacity)، وهي قيمة المحتوى الرطوبي للتربة المشبعة بعد صرف الماء الحر بها (ماء الجذب الأرضي)، وتؤخذ عادة على أنها محتوى الماء في الحقل بعد يومين من الري.

- نقطة الذبول، وهي محتوى التربة من الماء عندما يظهر علامات الذبول على النبات النامي فيها، وهناك ذبول مؤقت وذبول مستديم.

- الماء المتاح أو الماء الصالح أو الميسر، وهو الفرق بين قمتي المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول المستديم، والكيفية أو الأسباب التي تؤدي إلى مسك التربة للماء تشمل:

١- مسك الماء نتيجة أدمصاص الحبيبات الغروية للتربة لجزئيات الماء القطبية، وذلك راجع لوجود شحنة سالبة على سطوح الغرويات.

٢- ربط الماء الناتج عن التوتر السطحي للماء الشعري، وذلك على اعتبار أن المسام الدقيقة تمثل أنابيب شعرية متصلة يرتفع فيها الماء إلى أعلى بالخاصية الشعرية، وهذا يظهر بوضوح أكثر كلما كان قوام التربة ناعم (طيني)، وبالتالي تكون المسام دقيقة.

٣- ربط الماء تحت تأثير وجود الأيونات المتبادلة (أو الأملاح)، ففي التربة التي تحتوي نسبة واضحة من الطين والغرويات العضوية تتكون طبقة كهربائية مزدوجة قريبة من سطح الحبيبات الغروية، وتحتوي هذه الطبقة على أيونات مضادة، وهذا يسبب ضغط أسموزي يجعل من الصعب انتزاع الماء أو تحريكه من هذا النظام.

والماء الموجود بالتربة يمكن تصنيفه فيزيائيًا (طبيعيًا) إلى:

١ -ماء حر (ماء الصرف)، وهو الذي يترك جسم التربة متحركًا إلى أسفل في قطاع التربة تحت تأثير الجاذبية الأرضية، ويشمل هذا الماء الجزء الممسوك بقوة ضعيفة أو غير ممسوك، وهو المقدار من الماء الزائد عن السعة الحقلية.

٢ - الماء الشعري أو الغشائي، وهو الذي يتحرك في مسام التربة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية، وهو ممسوك بقوة تتراوح بين أو إلى ٣١ ضغط جوي.

٣- الماء الهيجروسكوبي، وهو الممسوك في صورة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة الجافة هوائيًا، وهو ممسوك بقوة شد كبيرة تتراوح بين ٣١ إلى ١٠٠٠٠ ضغط جوي.

ويقسم ماء التربة بيولوجيًا حسب يسره للنبات إلى:

١ - ماء فائض، ويمثل الرطوبة الزائدة عن تلك الموجودة عند السعة الحقلية، وعند وجود هذا الماء الحر بوفرة (حالة التشبع)، فإنه يتسبب في ظروف لا هوائية ضارة بالنبات.

٢ - الماء الميسر (available water)، وهو الماء الذي يمكن لجذور النباتات امتصاصه، وهو القدر الذي تحتفظ به التربة من الماء فيما بين السعة الحقلية ومعامل الذبول أو نقطة الذبول المستديم.

٣- الماء الغيرمتيسر، وهو الذي لا تستطيع جذور النباتات أمتصاصه؛ لأنه ممسوك بقوة كبيرة عند نقطة الذبول المستديم وأقل منها في المحتوى الرطوبي (الماء الهيجروسكوبي).

ومما سبق ذكره نلاحظ أن هناك علاقة عكسية ليست خطية بين محتوى التربة من الماء وقوة مسك الماء بواسطة التربة (جهد الشد)، والمنحنى الذي يمثل هذه العلاقة يسمى منحنى الرطوبة المميز للتربة، ويتوقف على قوام وبناء التربة.

- **الخصائص الكيميائية للتربة (Chemical properties of the soil):**

يدرس فرع كيمياء التربة التركيب الكيميائي للتربة وخواصها الكيميائية والعمليات الكيميائية التي تتم بالتربة، مثل تركيب محلول التربة وتفاعله مع الحبيبات الصلبة، ولقد تناولنا من قبل بالتفصيل التركيب المعدني والكيميائي للتربة، وسوف نعاود الحديث عن العناصر الغذائية عند الحديث عن حصول النبات على غذائه من التربة، وفي الفقرات التالية سوف أذكر في إيجاز بعض الخصائص الكيميائية الهامة للتربة:

١- محلول التربة (soil solution) والاتزان الديناميكي: من وجهة نظر كيمياء وخصوبة التربة يطلق على الطور السائل في التربة اسم محلول التربة، وهو محلول مائي يحتوي على العديد من المواد الذائبة في صورة أيونات حرة متأدرتة ومركبات معدنية وعضوية وفي حالة إتزان ديناميكي مع بقية مكونات التربة، وتحدث تفاعلات كيميائية معقدة بين محلول التربة وكل من هواء التربة، الجزء الصلب من التربة، والمادة العضوية، والغلاف الجوي، والأيونات المتبادلة، وأيضًا امتصاص العناصر بواسطة النبات، فالعناصر الكيميائية في التربة قد تكون في صورة غير حرة داخلة في التركيب المعدني، أو في صورة أيونية ذائبة أو مرتبطة في صورة متبادلة أو مدمصة على سطوح غرويات التربة، وأيضًا في صورة مترسبة في محلول التربة أو مثبتة في الجزء الصلب.