الفصل الأول

تعريف بعلوم الأرض

تختص علوم الأرض أو (الجيولوجيا) بدراسة المواد المكونة للقشرة الأرضية من نواحى تركيبها الكيميائى والمعدنى وخواصها الطبيعية والكيميائية والميكانيكية، والعمليات الخارجية والداخلية التى تؤثر على الأرض منذ نشأتها وتطور أنواع الحياة عليها – سواء أكانت حيوانية أم نباتية. **وتنقسم علوم الأرض إلى الفروع الرئيسية الآتية:**

(أ) الجيوكيمياء	(Geochemistry)
(ب) الجيوفيزيقا	(Geophysics)
(جـ) الجيولوجيا الديناميكية	(Dynamic Geology)
(د) الجيولوجيا التاريخية	(Historical Geology)
(هـ) الجيولوجيا التطبيقية	(Applied Geology)
(و) الجيولوجيا الهندسية	(Engineering Geology)

الجيوكيمياء:

يتناول هذا الفرع من علوم الأرض توزيع العناصر المختلفة فى الأرض ونسبة وجودها، والتركيب الكيميائى للمعادن والصخور المكونة للقشرة الأرضية، ويشمل علوم البلورات والمعادن والصخور وكيمياء الأرض.

ويختص علم البلورات بدراسة البلورات من ناحية أشكالها الخارجية وتراكيبها الذرية الداخلية. والبلورة عبارة عن جسم صلب متجانس تحده سطوح تكون عادة مستوية تسمى بالأوجه وموزعة فى نظام وتماثل معين يدل على الترتيب الذرى الداخلى المنتظم للمادة.

ويتناول علم المعادن دراسة الصفات الطبيعية والضوئية والكيميائة للمعادن التى هى مواد غير عضوية تكونت بعمليات جيوكيميائية وهى عادة ذات تركيب كيميائى ثابت يعبر عنه برمز كيميائى. ويصل عدد المعادن المعروفة أكثر من ٢,٠٠٠ معدن، إلا أن جميع المعادن الشائعة ومن ضمنها المعادن الاقتصادية لا تزيد على مائتى معدن فقط. أما علم الصخور فيتضمن دراسة خواص الصخور من النواحى الطبيعية والميكانيكية وتركيبها الكيميائى والمعدنى وأصل نشأتها.

وتتكون الصخور من معدن أو أكثر وتنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى النارية والرسوبية والمتحولة. أما علم كيمياء الأرض فيختص بدراسة توزيع وانتشار ودورة العناصر المختلفة التى تتكون منها الأرض.

الجيوفيزيقا:

يختص هذا الفرع من علوم الأرض بدراسة بعض الخواص الفيزيقية للصخور المكونة للقشرة الأرضية ومن أهم الطرق الجيوفيزيقية المستخدمة لدراسة الصخور هى طرق الجاذبية والمغناطيسية والكهربية والسيزمية. ولقد أصبح استخدام الطرق الجيوفيزيقية من الوسائل التى لا غنى عنها لاستكشاف البترول والمياه الأرضية وبعض الرواسب المعدنية الفلزية. أما فى مجال الهندسة المدنية فإنها تستخدم لدراسة طبيعة وتراكيب الصخور تحت السطحية فى المواقع التى ينشأ عليها مشروعات هندسية كبيرة مثل السدود والخزانات والأنفاق ومحطات توليد الكهرباء من القوى المائية.

الجيولوجيا الديناميكية:

يشمل هذا الفرع من علوم الأرض عددًا كبيرًا من الدراسات المتعلقة بالعمليات الجيولوجية التى تحدث على سطح الأرض وتسمى بالعمليات الخارجية، وكذلك العمليات الجيولوجية التى تنشأ بداخل الأرض وتسمى بالعمليات الداخلية. ومن ضمن الدراسات الهامة للعمليات الخارجية نذكر على سبيل المثال عمليات التجوية الطبيعية والكيميائية للصخور والترسيب فى البحار والبحيرات والأنهار ودراسة المياه السطحية والأرضية. أما العمليات الداخلية التى ينشأ عنها ظواهر جيولوجية بداخل الأرض وخارجها فنذكر منها على سبيل المثال دراسة الزلازل والبراكين والتراكيب الثانوية فى الصخور والناشئة عن الحركات الأرضية العنيفة والتى تؤدى إلى نشأة الجبال والمرتفعات والمنخفضات وما يصاحبها من طيات وفوالق وفواصل.

الجيولوجيا التاريخية:

يتناول هذا الفرع من علوم الأرض تاريخ ونشأة الصخور المكونة للقشرة الأرضية وتطور أنواع الحياة الحيوانية والنباتية منذ نشأتها على سطح الأرض. وتنقسم الجيولوجيا التاريخية إلى عدة أقسام من أهمها علم الحفريات الذى يبحث فى دراسة البقايا الحيوانية والنباتية التى توجد بالصخور فى العصور الجيولوجية المختلفة سواء كانت حفريات كبيرة أم دقيقة. أما علم الجيولوجيا الطبقية فإنه يختص بدراسة طبقات الصخور الرسوبية وتتابعها الزمنى ومن ضمن الجيولوجيا التاريخية علم الجغرافيا القديمة الذى يختص بتوزيع اليابس والماء فى العصور الجيولوجية المختلفة..

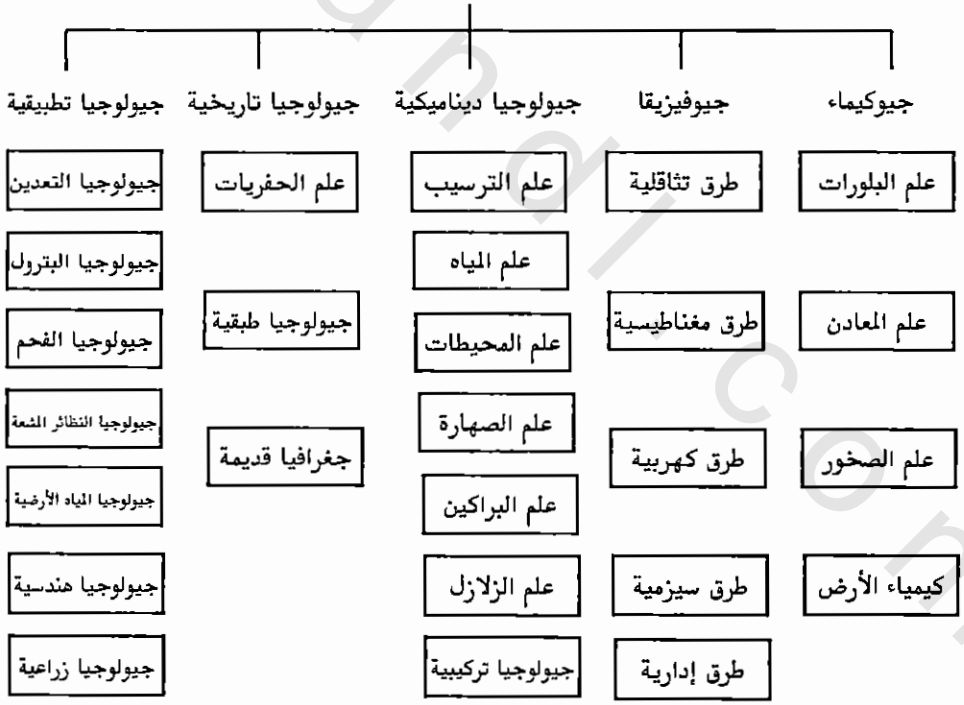
الجيولوجيا التطبيقية:

ويشمل هذا الفرع الهام من علوم الأرض تطبيق الأسس والمعلومات الجيولوجية لاستغلال الموارد المعدنية من خامات فلزية ولا فلزية وفحم وبترول وغيرها والتى توجد بالقشرة الأرضية استغلالا اقتصاديًا لفائدة الإنسان وتقدم الحضارة والصناعة. وتتكون الجيولوجيا التطبيقية من عدة أقسام نذكر منها على سبيل المثال جيولوجيا التعدين وجيولوجيا البترول والمياه الأرضية وجيولوجيا النظائر المشعة والجيولوجيا الهندسية ويوضح جدول (١) الفروع الرئيسية لعلوم الأرض وأقسام كل فرع منها.

أهمية علوم الأرض:

كثيرًا ما يصادف المهندس أنواعًا متعددة من المشاكل الهندسية. والذى يساعده فى حلها معرفته بالمبادئ العامة لعلوم الأرض. ونذكر باختصار على سبيل المثال بعض التطبيقات العملية لعلوم الأرض:

(جدول ١) الفروع الرئيسية لعلوم الأرض



١ - تزود علوم الأرض المهندس بالمعلومات الضرورية عن الخواص الطبيعية والميكانيكية ونوع الاختبارات المطلوبة للمواد المكونة للقشرة الأرضية سواء أكانت تربة أم مواد مفككة أم صخورًا صلبة وكذلك الأحوال التى توجد عليها الصخور المختلفة وتراكيبها.

٢ - يحتاج تصميم الأساسات، وخاصة فى حالة المنشآت الهندسية الكبيرة كالسدود والخزانات والأنفاق والمخابئ والقواعد العسكرية والطرق الرئيسية إلى دراسة خواص الصخور تحت السطحية وتراكيبها.

٣ - لا يمكن تخطيط وتنفيذ أعمال الحفر فى الصخور بأمان إلا بعد التعرف على صفاتها الطبيعية والميكانيكية وكذلك تحديد نوع التراكيب الجيولوجية التى توجد عليها هذه الصخور.

٤ - إن إلمام المهندس بطبيعة المياه الأرضية وحركتها له فائدة كبيرة فى الهندسة الصحية وتحديد مصادر المياه وعمليات الرى والصرف وحماية المنشآت من الانزلاقات الأرضية التى تؤدى إلى هبوط أو انهيار هذه المنشآت.

٥ - معرفة المهندس بالمبادئ الجيولوجية عن المياه السطحية مثل الأنهار والبحار والدور التى تلعبه كعوامل النحت والنقل والترسيب يساعده كثيرًا فى حل بعض المشاكل المتعلقة بتهذيب مجرى الأنهار وتقوية الجسور فى حالة الفيضان، وحماية شواطئ البحار من التآكل، ومعالجة مشكلة ترسيب الطمى والرمال فى القنوات الصناعية وفى بعض الموانئ، وفى المحافظة على التربة الزراعية. وغيرها من المشروعات الهندسية.

٦ - إن إتقان المهندس لقراءة وتفسير التقارير والخرائط الجيولوجية والطبوغرافية والصور الجوية له فوائد كبيرة فى نواحى تخطيط المدن وشق الطرق واختيار مواقع المطارات والمصانع وتحديد مواقع مواد البناء ورصف الطرق.

٧ - يعتبر من الضرورى فى بعض المشروعات الحيوية القيام بدراسات للصخور تحت السطحية قبل اختيار موقع المنشآت الهندسية الهامة. ويمكن حصر هذه الدراسات الميدانية بالاستفادة بكل المعلومات والبيانات الواردة بالتقرير الجيولوجى وبالخريطة والقطاعات الجيولوجية استعادة كاملة.

معلومات أساسية عن الأرض

مساحة سطح الأرض	= ٥١٠ مليون كم^{٢}
مساحة الغلاف المائى	= ٣٦١ مليون كم^{٢}
مساحة المحيط الهادى (الباسيفيكى)	= ١٨٠ مليون كم^{٢}
مساحة المحيط الأطلنطى	= ١٠٦ ملايين كم^{٢}
مساحة المحيط الهندى	= ٧٥ مليون كم^{٢}
مساحة اليابس (القارات)	= ١٤٩ مليون كم^{٢}
نصف قطر الأرض عند خط الاستواء	= ٦,٣٧٨ كم
نصف قطر الأرض عند النقطتين	= ٦,٣٥٧ كم
متوسط ارتفاع سطح الأرض	= ٨٢٥ م فوق سطح البحر
متوسط أعماق البحار	= ٣٨٠٠م تحت سطح البحر
أقصى ارتفاع للجبال (قمة افرست)	= ٩,٦٠٠م فوق سطح البحر
أكبر منسوب لقاع البحار والمحيطات	= ١٠,٨٠٠م تحت سطح البحر
النسبة المئوية لليابس (بدون الجزر)	= ٢٩,٢ فى المائة
النسبة المئوية للرصيف القارى (من مستوى سطح البحر إلى عمق ٢٠٠م تحت سطح البحر)	= ٦,١ فى المائة.
النسبة المئوية للرصيف القارى (من عمق ٢٠٠م إلى ٢,٠٠٠م تحت سطح البحر)	= ١٣,٢ فى المائة
النسبة المئوية لقيعان البحار والمحيطات (عمق أكثر من ٢,٠٠٠م تحت سطح البحر)	= ٥١,٢ فى المائة
العمر الجيولوجى للأرض	= أكثر من ٤٥٠٠ مليون سنة

تركيب الأرض

تقسم الأرض إلى خمسة أغلفة هى:

١ – غلاف هوائى (Atmosphere)

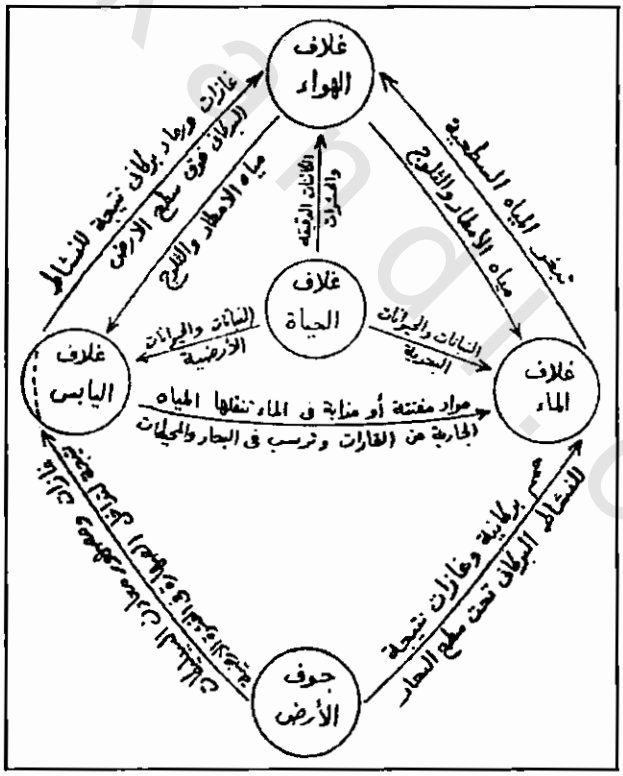
٢ – غلاف مائى (Hydrosphere)

٣ – غلاف يابس (Lithosphere)

٤ – غلاف الحياة (Biosphere)

٥ – جوف الأرض (Sidroshere or Centrosphere)

ويتضح من شكل (١) أن هذه الأغلفة ذات ارتباط وثيق إذ يوجد انتقال مستمر للمواد فى صورها المختلفة من غلاف لآخر. فمثلا يتعرض الغلاف المائى المكشوف للهواء مثل المحيطات



شكل رقم (١): انتقال المواد بين الأغلفة المختلفة التى تتكون منها الأرض.

والبحار والبحيرات والأنهار إلى عملية التبخير وبذلك ينقل الماء من الغلاف المائى إلى الغلاف الهوائى، كما أن العملية العكسية فى نشاط مستمر مما يؤدى إلى سقوط الأمطار والثلوج: ويلعب الماء دورًا أساسيًا، وخاصة إذا كان مشبعًا بالأكسجين وثانى أكسيد الكربون، لإذابة بعض الصخور مثل الحجر الجيرى. وكذلك تنقل المواد المذابة فى مياه الأنهار وبعض المواد الصلبة العالقة بها من غلاف اليابس إلى الغلاف المائى. ويؤدى النشاط البركانى إلى انتقال الغازات والمواد الصخرية المصهورة (التى تسمى الصهارة أو الماجما) من جوف الأرض إلى سطح الأرض والغلاف الهوائى أو إلى الغلاف المائى فى حالة النشاط البركانى فى قاع البحار والمحيطات.

ويوضح جدول (٢) الصفات الطبيعية والكيميائية الهامة للأغلفة المكونة للأرض:

جدول (٢)

الغلاف	الصفات الطبيعية	الصفات الكيميائية
الهوائى	غازات	نيتروجين، أكسجين، بخار ماء، ثانى أكسيد الكربون، غازات خاملة.
المائى	مواد سائلة وأحيانًا صلبة متوسط الثقل النوعى حوالى ١,٠٣	مياه عذبة ومالحة، ثلج، جليد.
اليابس	مواد صلبة. متوسط الثقل النوعى حوالى ٢,٨	صخور تتكون من خليط من معادن السيليكات.
الحيوى	مواد صلبة وسائلة وغالبًا مواد غروية. الثقل النوعى حوالى ٣,٠	الماء، مواد عضوية وهياكل الكائنات الحيوانية والنباتية.
جوف الأرض	الجزء العلوى فى الحالة السائلة والجزء السفلى فى الحالة الصلبة متوسط الثقل النوعى ١٠,٧	خليط من الحديد والنيكل فى الحالة الفلزية.

الغلاف الهوائى:

يحيط هذا الغلاف الغازى بالقشرة الأرضية ويشكل العناصر المختلفة التى تنشأ عنها الحالة الجوية بالمناطق المختلفة.

ويتكون الغلاف الهوائى، الذى يبلغ ارتفاعه ١٦٠ كيلومترًا تقريبًا، من خليط من الغازات وبخار الماء، وفى بعض المناطق يحتوى على الماء فى صورة سحب وأمطار أو على مواد صلبة

كالثلج والغبار والدخان، وتعتمد كمية بخار الماء التى توجد فى الهواء على عدة عوامل أهمها الضغط الجوى ودرجة الحرارة والموقع الجغرافى. وبصفة عامة يتكون الهواء من خليط من النتروجين (الأزوت) والأكسجين وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء بالنسب التقريبية الموضحة فى جدول (٣).

(جدول ٣) المكونات الأساسية للغلاف الهوائى

الغازات	النسبة المئوية بالحجم
نيتروجين (أزوت)	٧٧,٩١
أكسجين	٢٠,٦٦
بخار الماء	١,٤٠
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣

ويحتوى الغلاف الهوائى أيضًا على كمية ضئيلة من غازات الهيليوم والأرجون والنيون والزينون وغيرها، وجميع هذه الغازات خاملة ليس لها نشاط كيميائى. كذلك يحتوى الهواء على آثار قليلة من غاز النشادر وحامض النيتريك، وفى المدن الكبيرة وخاصة بالمناطق الصناعية يحتوى الهواء على مواد أخرى بنسب ملحوظة مثل مركبات الكبريت ونواتج احتراق الفحم والمنتجات البترولية.

الغلاف المائى:

ويتكون من المياه السطحية المكشوفة على سطح الأرض، والمياه الأرضية التى توجد تحت سطح الأرض فى الشقوق والمسام الصخرية. وتشمل المياه السطحية المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار.

ويتكون الغلاف المائى من قسمين أساسيين هما:

(أ) المحيطات والبحار ومياهها متصلة ومستمرة.

(ب) البحيرات والبرك والمستنقعات والجداول والأنهار، وهذه توجد بالقارات ومياهها منفصلة ومنتشرة على سطح الأرض. وتغطى المحيطات حوالى ٧٢ فى المائة من سطح الأرض وتبلغ مساحتها ٣٦١ مليون كم^{٢} تقريبًا، وفى بعض أجزاء المحيطات يكون الانحدار فى الأجزاء المحيطة بالقارات تدريجيا لعمق يصل إلى ٢٠٠ متر تقريبًا، ويسمى هذا الجزء من القارات المغطى بالمياه بالرصيف القارى وتبلغ مساحته ٣٠ مليون كم^{٢} تقريبًا. ويلاحظ أن قاع

المحيطات ليس مستويًا، ولكنه يتكون من هضاب وسهول ووديان وتشبه فى ذلك تضاريس سطح الأرض لدرجة كبيرة.

غلاف اليابس:

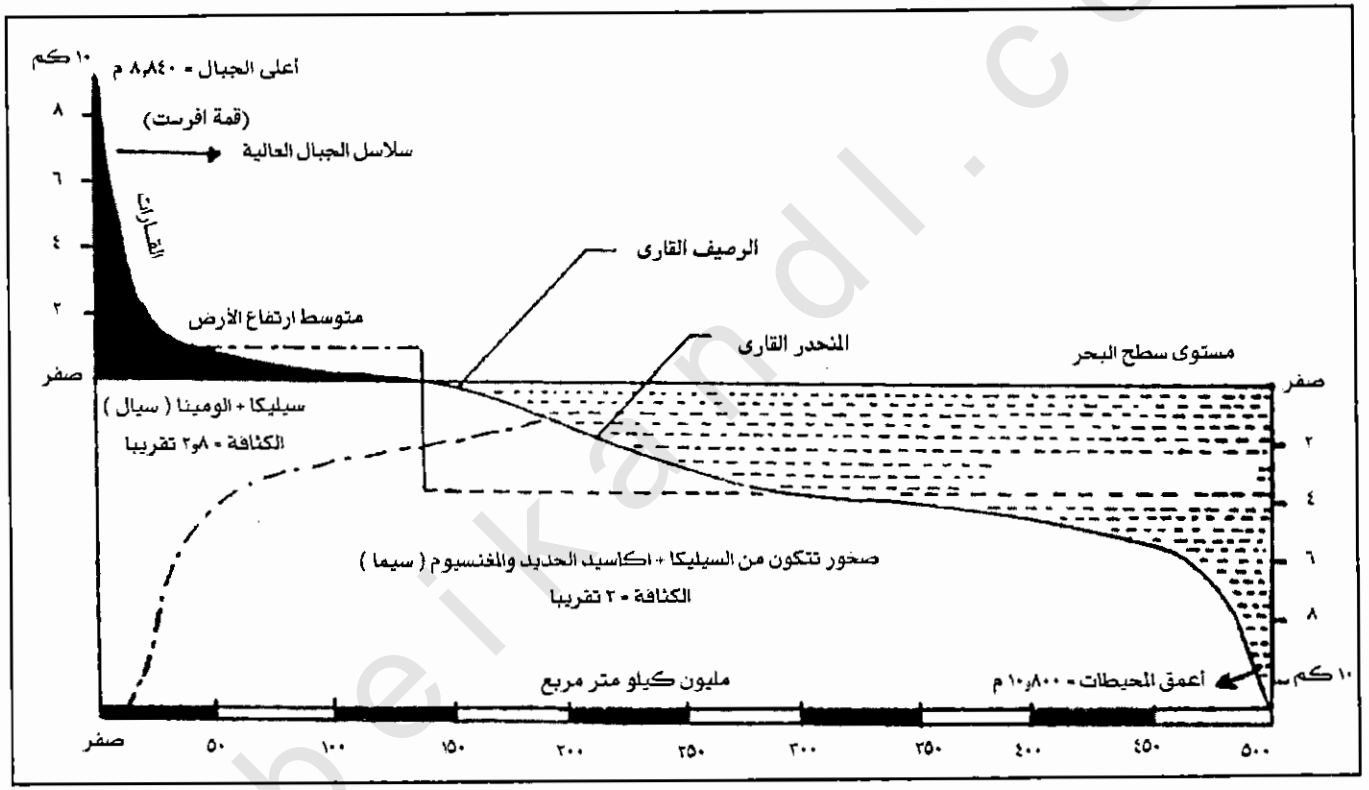
ويتكون من القشرة الأرضية الخارجية الصلبة المكونة للقارات وقيعان المحيطات والبحار، وتشكل القارات ثلث سطح الأرض تقريبًا، أما الباقى فتغطيه مياه البحار كما فى شكل (٢). وتتكون القشرة الأرضية الصلبة من الصخور وهى عبارة عن خليط من المعادن دون اعتبار لدرجة تماسكها أو صلابتها لأنه من الناحية الجيولوجية يعتبر الصلصال اللدن الناعم والرمال المفككة من الصخور مثل المواد الصلبة كالجرانيت والبازلت والرخام.

والقشرة الخارجية للأرض ذات أهمية كبيرة لأنها المصدر الوحيد الذى نحصل منه على الخامات المعدنية والفحم والبترول التى لا غناء عنها للاقتصاد القومى وعلى بعض المواد الضرورية للمبانى مثل أحجار البناء والجبس والجير، والرمل والحصى اللازم لعمل الخرسانة، والمواد الداخلة فى تركيب الأسمنت والمونة والبلاط، وصخور الزينة التى تغطى بعض المبانى كالرخام والجرانيت، وبعض مواد رصف الطرق كالبازلت والحجر الجيرى.

غلاف الحياة:

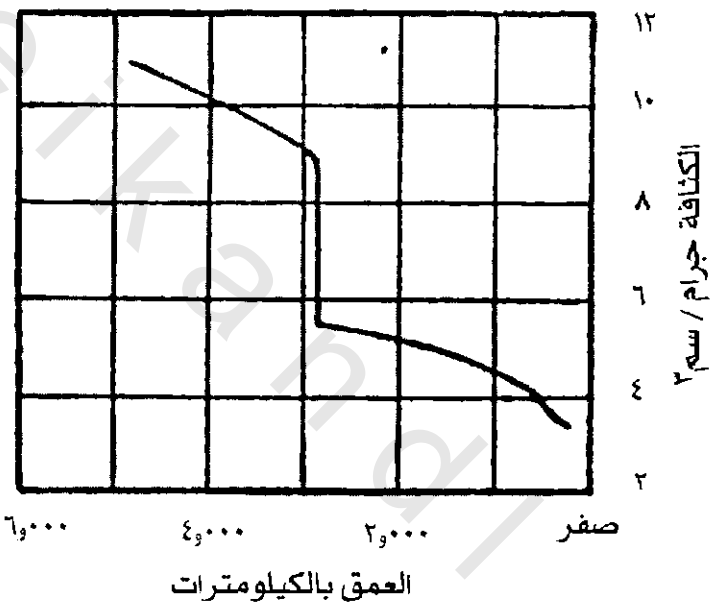
يشمل هذا الغلاف حزام من الأرض توجد به جميع الكائنات الحية النباتية والحيوانية التى تتكون من مجموعة معقدة من المركبات العضوية، ويشمل الغلاف الحيوى أجزاء من كل من الغلاف الهوائى والجزء العلوى من اليابس. ولقد أمكن الحصول على حشرات وحبوب اللقاح لبعض النباتات من ارتفاعات عالية فى الغلاف الهوائى، كما توجد أيضًا كائنات حية دقيقة مثل البكتيريا فى العينات المأخوذة من قيعان البحار والمحيطات وفى مياه بعض آبار البترول العميقة، وكذلك فى طبقات الصخور القريبة من سطح القشرة الأرضية ويلعب الغلاف الحيوى دورًا هامًا فى التغييرات المختلفة التى تحدث على سطح الأرض، فمثلا تساعد جذور النباتات والديدان على تفتت وتحلل الصخور تحت الظروف الجوية العادية، وينتج عن التفكك الميكانيكى والتحلل الكيميائى لبعض المعادن المكونة للصخور النارية والمتحولة نشأة معادن وصخور جديدة. وبالإضافة إلى ذلك تقوم الكائنات الحية بدور هام كعامل من عوامل تراكم المواد العضوية المختلفة على هيئة رواسب معدنية اقتصادية مثل الحجر الجيرى العضوى والطينة الدياتومية والفحم والبترول والفوسفات وبعض رواسب الكبريت وغيرها.

شكل رقم (٢): رسم تخطيطى يوضح الارتفاعات المختلفة على سطح الأرض.



جوف الأرض:

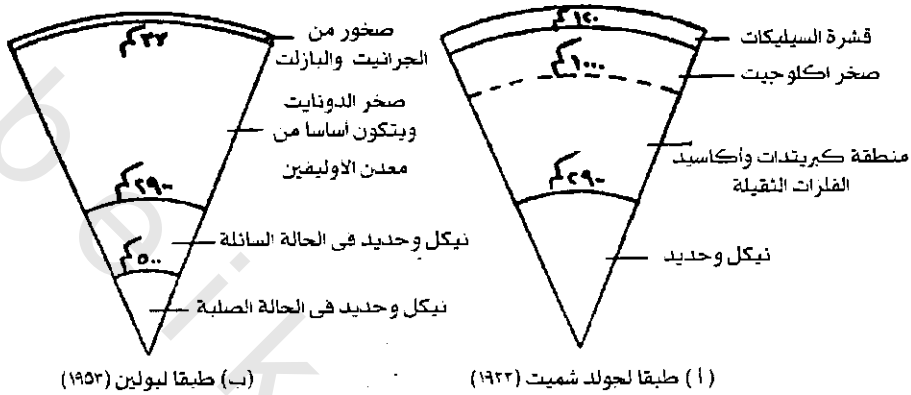
إن الخواص الطبيعية والكيميائية للأجزاء الداخلية والتى توجد تحت القشرة الخارجية الصلبة لا تزال غير معروفة، ولكن تطبيق الطرق الجيوفيزيقية وخاصة بواسطة الوسائل السيزمية لتسجيل الهزات الأرضية وتحديد موقعها يلقى بعض الضوء على طبيعة جوف الأرض، وقد استنتج أن كثافة الأرض لا تزيد بانتظام ناحية المركز، ويتضح من شكل (٣) أن هناك زيادة فجائية فى الكثافة ينشأ عنها اختلاف فى سرعة وانعكاس الموجات الناشئة عن



شكل رقم (٣): اختلافات الكثافة للأرض طبقًا للعالم بولين.

الهزات الأرضية. ويبلغ متوسط سمك الغطاء الرسوبى حوالى ٢ كم، إلا أنه فى بعض المناطق قد يصل سمك الرواسب إلى عدة كيلومترات، وبعد الغطاء الرسوبى توجد قشرة من الصخور المتبلورة (Crystalline rocks) التى تحتوى على نسبة عالية من السيليكا ($Si\ 0_2$) والأمونيا ($Al_2\ 0_2$) والقلويات وتبلغ متوسط ثقلها النوعى ٢.٨ تقريبا. وبعد هذه القشرة يوجد غلاف سميك ثقله النوعى أكبر من ٣، ويتكون أساسًا من صخور غنية بأكاسيد الحديد والمغنسيوم بالإضافة إلى السيليكا. وطبقًا للعالم الجيوكيميائى جولد شميدت (Goldschmidt) فإن قشرة السيليكا تمتد لعمق يصل إلى ١٢٠٠ كم وبعدها توجد منطقة من كبريتيدات وأكاسيد الفلزات الثقيلة ثم

يوجد بالمركز حديد ونيكل فى الحالة العنصرية، ولقد أدخل العالم بولين (Bullen) بعض التعديلات على نظرية جولد شميدت عن طبيعة جوف الأرض كما يتضح من شكل (٤).



(أ) طبقا لجولد شميت (١٩٢٣) (ب) طبقا لبولين (١٩٥٣)

شكل رقم (٤): التركيب الداخلى للأرض.

obeikandl.com

الفصل الأول: تعريف بعلوم الأرض

1. Blyth, F. H., Geology for Engineers: Arnold, (1955).
2. Fearnside, W. G., and O M B Bulman. Geology in the Service of Man: Pelican Book, London, (1953).
3. Holmes, A. 'Principles of Physical Geology: Nelson & Sons, London, (1966).
4. Krynine, D.P., and W.E. Judd, Principles of Engineering Geology and Geotectonics; Wiley, New York, (1957).
5. Legget , R.F., and Geology and Engineering: Mc – Graw Hill, New York, (1939).
6. Rhodes, R., and W.H Irwin, What the Engineering Geologist Does; Engineering New Records, v. 139, p. 528, (1947).
7. Richy, J.E., Elements of Engineering Geology: London, (1954).
8. Rics, H., and T.L, Watson, Engineering Geology: Wiley, New York, (1950).
9. Trefethen, J.M. 'Geology for Engineers; Van Nostrand New York, (1949).

١٠ – الجيولوجيا الهندسية (الطبعة الرابعة): الناشر دار المعارف، (١٩٧٥).

تأليف: د. فخرى موسى، د. محب الدين حسين، د. حسن فهمى، د. سيد صالح.

openkandil.com