الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كـلـيــة هـنـدســة الـبـتـرول
Faculty of petroleum engineering

General Geology

الجيولوجيا العامة

الوحدة الثانية

بنية وتركيب الأرض

الأغلفة التي يتكون منها كوكب الأرض

لطلاب المرحلة الأولى

أ.د. محمد رياض الغزي

العام الدراسي

2019 - 2020

تمهيد:

إن غاية الجيولوجيا التاريخية أن تحكي لنا قصة الأرض منذ نشوئها حتى الآن وإذا كان من الصعب الأخذ بنظرية معينة حول نشوء الأرض وهل انشقت عن الشمس ام أنها والشمس شقيقتان ولدتا من سديم واحد، فإن من المتفق عليه أن الأرض كانت في البدء سديماً غازياً بدائياً يتألف من مجموعة من الغازات في حالة حرارة مرتفعة جداً ثم بدأ يبرد بالتدريج باحتكاكه بالمكان الذي كانت حرارته الصفر المطلق (- 273 °) فمر بحالة تميع مشوب بغاز ثم تصلبت بعض الأقسام على السطح فشكلت القشرة البدائية "Croute Primitive" الأولية لسطح الأرض وهذه القشرة مؤلفة من الخبث السيليسي الخفيف وعندما وصلت الحرارة الخارجية إلى ماتحت 360 درجة مئوية وهي درجة الحرارة الحرجة بالنسبة للماء، بدأت المياه تتشكل بحالة أبخرة كثيفة تحولت إلى مياه كثيفة حلت قسماً من الأملاح السطحية غزت سطح القشرة بشكل طوفانات دورية مشكلة المحيطات الاولية.
إن هذا الطور الذي نعتمد في دراسته على الفرضيات يطلق عليه اسم الطور الكوني " Phase cosmique "

أما الطور الثاني الذي يبدأ بتشكل المحيطات وظهور الحياة بعد أن أصبحت الحرارة ملائمة وحصول الترسبات والمسمى بالطور الرسوبي فهو الحقل الحقيقي لعلم الجيولوجية التاريخية، وقد لعبت تحولات الحياة وتكاملها دوراً كبيراً في وضع تقسيمات تتبع في دراسة تاريخ هذا الطور إذ أن الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي عاشت في فترة معينة تتجمع بقاياها وفقاً لطرق الاستحاثة التي سبق ذكرها وتوجد بشكل مستحاثات في رسوبيات تلك الفترة. وقد رأينا أن المستحاثات تتطور عبر الزمن الطويل وبذلك يمكن إيجاد نوع من الترابط ما بين الرسوبيات والمستحاثات الموجودة فيها يقسم على أساسه الزمن الجيولوجي إلى مجموعة من الأحقاب والأدوار الجيولوجية يتصف كل منها بسيطرة مجموعة من الكائنات الحية.
كذلك فإن مظهر الأرض السطحي يتحول على مر السنين بتأثير العوامل الداخلية وخاصة الحركات البنائية الدورية المشكلة للجبال وفعالية الطبقة الحممية وبتأثير العوامل الخارجية وهكذا فتوزع البحار واليابسة يختلف بين عصر وعصر وتضاريس اليابسة تختلف فهناك جبال تنشأ ثم يتناولها الحت وعلى هذا الأساس تدرس الجغرافيات المتعاقبة كما يمكن تحديد العوامل المناخية التي كانت سائدة في كل منطقة من المناطق.

<u>الأغلفة الكبرى التي يتألف منها كوكب الأرض:</u>

يشبه كوكب الأرض شكل البرتقالة أكثر من شكل الكرة تامة الاستدارة ومتساوية الأقطار ، ذلك لأنه " منبعج" نسبياً عند المناطق الاستوائية، وشبه مفلطح الشكل بالمناطق القطبية. ويبلغ طول القطر القطبية للأرض نحو (12640 كم) في حين يزيد طول القطر الاستوائي عن القطر القطبي بنحو (43 كم) . وعلى ذلك يبلغ طول طول المحيط القطبي للأرض نحو (39.776 كم) في حين يبلغ طول المحيط الاستوائي للأرض نحو (39.834 كم) . ولكن يجب أن نضع في الاعتبار بأن انبعاج الأرض بالمناطق الاستوائية منها ليس بظاهرة بارزة، ذلك لأنه لو قدرنا أن الكرة الأرضية أصبحت كرة طول قطرها (1.524 م) ، فإن طول القطر الاستوائي تبعاً لعملية " الانبعاج" لايزيد عن (10/1 من البوصة)، ويعزى سبب اختلاف طول القطرين الاستوائي والقطبي للأرض إلى أثر فعل عملية دوران الأرض حول نفسها، وما ينجم عن ذلك من تكوين قوة الطرد المركزية.
وقد اعتقد بعض الباحثين بأنه لايحدث في الوقت الحاضر أي زيادة تدريجية في طول القطر الاستوائي للأرض. ومن ثم فإن سبب تلك الزيادة التي أدت إلى " انبعاج" المناطق الاستوائية من الأرض ترجع إلى فترة ن شأتها الأولى عندما كانت صخور الأرض من اللزوجة بحيث تساعد على حدوث " انبعاج" المواد التي تتألف منها في المناطق الاستوائية.

وقد ساعدت عملية دوران كوكب الأرض حول محوره واستمرار برودته التدريجية على ترتيب كثافة المواد التي يتألف منها وتنظيم نطاقاتها المتتابعة داخل الأرض. وهكذا اتجهت المواد ثقيلة الوزن ، عظيمة الكثافة نحو مركز الأرض ،

واحتلت المواد خفيفة الوزن ، قليلة الكثافة الأجزاء العليا من كوكب الأرض . هذا إلى جانب تعرض الأجزاء العليا من كوكب الأرض إلى عمليات البرودة التدريجية التي أدت في النهاية إلى تكوين الغلاف الصخري.
وعلى الرغم من أن الانسان [وهو أحدث المخلوقات فوق سطح هذا الكوكب] يعيش أساساً فوق اليابسة ، إلا أن نطاق اليابسة نفسه يعد جزءاً محدوداً من سطح هذا الكوكب ، إذ تقدر نسبة مساحته بنحو 30% من جملة مساحة سطح الكرة الأرضية. كما أنه لايمكن فصل سطح هذا الكوكب [الذي يمثل أعالي القشرة الخارجية للأرض] عن بقية أغلفة الكرة الأرضية، ذلك لأنه يتأثر بالحركات التكتونية التي تؤدي إلى رفع أو هبوط أجزاء من القشرة الأرضية، وبفعل النشاطات البركانية التي تحدث في باطن الأرض، وقد تظهر لوافظها ومصهوراتها فوق سطح الأرض. كما تتشكل ظواهر سطح الأرض التضاريسية وأقاليمه المناخية، وغطاءاته النباتية ، بل والنشاط البشري كذلك بمؤثرات الغلاف الجوي الذي يحيط بكوكب الأرض . ومن ثم يمكن أن نحدد النطاقات أو الأغلفة الكبرى التي يتألف منها كوكب الأرض عامة ويتشكل بها سطحه خاصة فيما يلي:

A. <u>مجموعة الأغلفة الخارجية:</u>

1- الغلاف الجوي Atmosphere
2- الغلاف المائي Hydrosphere
3- الغلاف الحيوي

B. <u>مجموعة الأغلفة الداخلية:</u>

1- الغلاف الصخري Lithosphere (القشرة الأرضية)

1) <u>الغلاف الجوي Atmosphere</u>

يعد الغلاف الجوي أعظم سمكاً من الغلاف الصخري لقشرة الأرض، فبينما يبلغ متوسط سمك الغلاف الجوي نحو 200 ميل، لا يزيد سمك الغلاف الصخري عن 45 ميلاً، وقد تكون الغلاف الغازي عند بداية نشأته بفعل الغازات والأبخرة العظمى التي تكونت حول كوكب الأرض أثناء عملية برودته التدريجية. وأخذ ينساب إلى الغلاف الجوي خلال فترات التاريخ الجيولوجي الطويلة لقشرة الأرض كميات كبيرة من الغازات والأتربة المنبثقة مع المصهورات البركانية. هذا إلى جانب كميات كبيرة من بخار الماء تتمثل في الأجزاء السفلى من الغلاف الجوي وتعزى إلى أثر تعرض المسطحات المائية فوق سطح الأرض الجوي لعمليات التبخر الشديدة. ومن ثم يتركب الغلاف الجوي من العناصر الآتية:

1- الغازات الأولية التي بقيت فوق القشرة الأرضية، إبان مراحل تكوينها على شكل نطاق غازي عظيم يحيط بها.
2- الغازات التي قد تندفع من باطن الأرض إلى السطح خلال فتحات الفوالق والشقوق العظمى وفوهات البراكين والنافورات الحارة.
3- الغازات الناجمة عن تعرض المسطحات المائية لفعل الإشعاع الشمسي والتبخر.
4- الأتربة والرمال الدقيقة الحجم والعالقة بالجو تبعاً لحدوث الرياح والعواصف المحلية المحملة بالأتربة.
5- الأتربة البركانية دقيقة الحجم، وبقايا مواد الشهب والنيازك التي تحترق في طبقات الجو العليا.
6- الأتربة وكتل الدخان العظمى التي تتجمع عادة فوق مداخل المدن الصناعية الكبرى، وتؤثر هذه الأتربة والغازات الأخيرة في تشكيل عناصر مناخ وطقس المدن الصناعية من ناحية، وعلى الأحوال الصحية لسكان هذه المدن من ناحية اخرى.

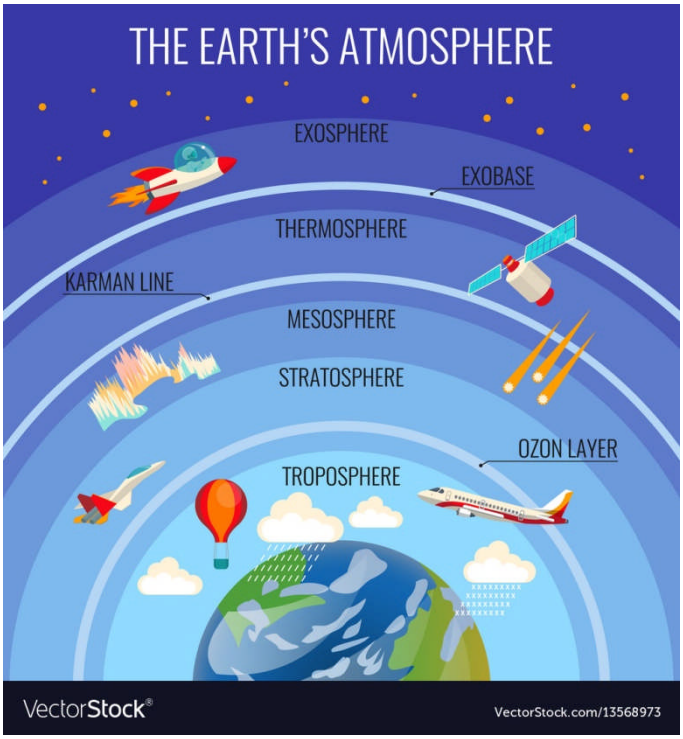
ويتألف الغلاف الجوي أساساً من غازات أهمها جميعاً النيتروجين والأوكسجين حيث تبلغ نسبتهما بالغلاف الجوي (دون حساب بخار الماء) حوالي 99% من جملة الغازات الممثلة فيه. في حين تمثل بقية الغازات الأخرى بالغلاف الجوي حوالي 1% من حجمه. ومع ذلك تبين بأن لهذه الغازات المحدودة الكمية أثراً كبيراً في تشكيل طبيعة الاضطرابات والعمليات المختلفة التي تحدث في الطبقات الجوية. ويمثل النيتروجين حوالي 78.03% من جملة التركيب العام للغلاف الجوي، في حين يمثل الأوكسجين حوالي 20.99%، والأرجون 0.94%، وثاني أكسيد الكربون 0.03% والأيدروجين 0.01%.

وقد تبين بأنه على الرغم من أن نسبة بعض الغازات قد ترتفع في الغلاف الجوي فوق مناطق محلية خاصة كما هو الحال فوق مناطق فوهات المداخن بالمدن الصناعية وفوق فوهات البراكين، وأسطح الشقوق والنافورات التي ينبثق منها غازات باطنية، إلا ان الغلاف الجوي يتميز بتجانس تركيبه العام.
وقد يعزى هذا التجانس إلى أثر فعل الرياح من ناحية، وطبيعة امتزاج الغازات ومدى سرعتها نحو الطبقات العليا من ناحية أخرى. ومن ثم تستقر الغازات خفيفة الوزن جداً بطبقات الجو العليا. وقدر بعض الباحثين بأن نسبة ثاني أكسيد الكربون قد ارتفعت في الغلاف الجوي الحالي (وخاصة بالقرب من سطح الأرض) بنحو 10% عما كانت عليه خلال القرن التاسع عشر. ويعزى ذلك إلى تلوث الهواء بفعل غازات ومداخن المصانع واحتراق مواد الوقود وانسياب بقاياها في الجو.

وتبعاً لاختلاف الخصائص العامة لأجزاء الغلاف الجوي وتنوع الغازات فيه من ارتفاع إلى آخر أمكن تصنيفه إلى عدة طبقات رئيسية هي:

(أ) طبقة التروبوسفير: Troposphere

ويقصد بها الطبقة السفلى من الغلاف الجوي والتي تنحصر فيما بين ارتفاع 5 إلى 10 أميال من سطح الأرض. وتنخفض درجة الحرارة بهذه الطبقة بمعدل 3.5 ف لكل 100 قدم (حيث تتشكل الحرارة في هذا النطاق بفعل الإشعاع الأرضي). ويتميز التركيب الغازي لهذه الطبقة بتجانسه العام من جزء إلى آخر. وتعزى التغيرات اليومية في حالات الطقس فوق سطح الأرض إلى ما يحدث أساساً في هذه الطبقة. وتضم طبقة التروبوسفير كل بخار الماء الذي يتمثل في الغلاف الجوي، كما تشتمل على السحب، وعلى أكثر من 91% من حجم الكتل الهوائية. ويتجمع في هذه الطبقة كذلك جميع غاز ثاني أكسيد الكربون الممثل في الغلاف الجوي. وتعرف **الأجزاء العليا من طبقة التروبوسفير باسم طبقة التروبوبوز**، حيث تتميز هذه الطبقة الأخيرة بندرة وجود بخار الماء وثاني أكسيد الكربون من ناحية وتأثرها البسيط جداً بالإشعاع الأرضي من ناحية أخرى.



(ب) طبقة الاستراتوسفير: Stratosphere

سميت هذه الطبقة بتلك التسمية تبعاً لتجانس درجة حرارة الهواء بها، كما أنها تخلو تماماً من حدوث العواصف والأعاصير داخل نطاقها. وتتميز المناطق الحدية فيما بين **طبقة التروبوبوز والإستراتوسفير** ببرودتها لندرة وصول تأثير الإشعاع الأرضي إلى تلك المناطق البعيدة من الغلاف الجوي. وقد تبين أنه على ارتفاع عشرة أميال فوق المناطق

الاستوائية، وسبعة أميال فوق مناطق العروض المعتدلة، وخمسة أميال فوق المناطق القطبية لا يظهر تأثير الإشعاع الأرضي.
وتمتد طبقة الاستراتوسفير فيما بين ارتفاع 30 – 50 ميل فوق سطح الأرض. ويبلغ الضغط الجوي بأعلى هذه الطبقة نحو 1/2 ملم (يبلغ الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر نحو 670 ملم) ومعنى هذا أنه يتمثل بتلك الطبقة أقل من 1/1500 من حجم الغلاف الجوي. ومن ثم أصبح من الصعب جداً أن تخترق الطائرات هذا المجال الجوي البعيد.
ويطلق على القسم الأسفل من الاستراتوسفير، اي على ارتفاع 20 ميلاً من سطح الأرض اسم **طبقة الأوزون**، وتستغل هذه الطبقة في عمليات إرسال الموجات الصوتية الطويلة لأجهزة الراديو خلال نطاقها.

(ج) طبقة الميزو سفير (المتوسطة) Mesosphere

يمتد هذا الغلاف من أعلى الستراتوسفير حتى ارتفاع 80 – 85 كم عن سطح البحر.ويتميز عن الستراتوسفير بانخفاض مستمر في درجات الحرارة لتصل إلى حوالي – 80°م.
يحتوي على نسبة عالية من الغازات المتأينة، مما يسبب في حدوث إضاءة خاصة تدعى : **"الاشراق أو الوميض القطبي".**

(د) طبقة الثرموسفير (الحرارية) Thermosphere

يقع في المجال 85 – 800 كم فوق سطح البحر ، ويتصف بارتفاع مستمر لدرجات الحرارة لتصل إلى 1000-2000°م على ارتفاع 800 كم.
يبدأ تفكيك الجزيئات الغازية اعتباراً من ارتفاع 200 كم، وتزداد بشكل كبير نسبة الهيدروجين والهليوم. كما يزداد مع زيادة الارتفاع دور الذرات المتأينة ، والدقائق المشحونة الأخرى.

(هـ) طبقة الايونوسفير: Ionosphere

وتمثل الغطاء الخارجي الأعلى لطبقة الغلاف الجوي وتمتد فيما بين ارتفاع 50 الى 200 ميل فوق سطح الأرض. وتستخدم هذه الطبقة عند إرسال الموجات الصوتية القصيرة لأجهزة الراديو من محطة ما، واستقبالها بمحطة أخرى، ولكن يختلف انعكاس الموجات الصوتية القصيرة بتلك الطبقة من وقت إلى آخر (فيما بين الليل والنهار) وتبعاً لمدى الارتفاع عن سطح الأرض. وكثيراً ما يحدث في هذه الطبقة توهج الشهب والنيازك واحتراقها خلال عبور طبقات الأيونوسفير. وقد تمكنت الصواريخ الصناعية الحديثة من عبور هذه الطبقة والوصول إلى الفضاء الخارجي.

ويتميز الغلاف الجوي بأنه نطاق غير مستقر، بل هو دائم الحركة والنشاط من لحظة إلى أخرى. وينجم عن حركته هذه تشكيله بعناصر مختلفة فيه (تتمثل في الحرارة والضغط والرياح والأمطار والثلج والبرد) تعمل بدورها على تعديل الخصائص الطبيعية للجو من مكان إلى آخر.

ويعتبر الجو من أهم العوامل التي تؤثر في تشكيل مظهر سطح الأرض وظواهره، حيث تؤثر كيميائياً وميكانيكياً في الصخور، وقد ينجم عن فعل التجوية الكيميائية عظم صلابة بعض الصخور ولكن قد يؤدي كذلك إلى تحلل معظم الصخور الأخرى بواسطة التفاعلات الكيميائية التي تحدث فيها. وأظهر مثال على ذلك تكوين غطاءات التربة التي تعلو معظم صخور سطح الأرض بفعل التحلل والتفتت الصخري.

وفي حالة حركة الجو تتكون الرياح التي تعد بدورها من أهم العوامل التي تشكل ظواهر السطح وتقوم بفعل كل من النقل والنحت والترسيب. ويعظم فعل الرياح خاصة في المناطق الجافة التي تتميز بخلو سطحها من الغطاءات النباتية وذلك مثل مناطق الصحارى الحارة الجافة. وعندما يتعرض بخار الماء في الجو إلى التكاثف قد تتكون الأمطار أو تسقط الثلوج. وقد ينجم عن سقوط الأمطار الغزيرة وذوبان بعض الثلج فوق سطح الأرض تكوين المجاري النهرية والسيول والبحيرات والجليديات، وهذه بدورها تشكل مظاهر سطح الأرض وتعمل على تنوع ظواهره من اقليم إلى آخر حسب ظروفه المناخية وعوامل التعرية التي تتشكل تبعاً لتلك الظروف.

ويمثل الغلاف الجوي كذلك الغطاء الحراري الملطف لكوكب الأرض. فلولا وجود الغلاف الجوي محيطاً بالكرة الأرضية لسقطت أشعة الشمس على سطح الأرض بشدة عما هي عليه اليوم، كما أنها سترتد بسرعة كذلك في نفس الوقت الذي يستمد فيه سطح الأرض هذه الأشعة. وتبعاً لذلك قد لاتناسب درجة حرارة الهواء حياة الإنسان كما وأن المدى الحراري الفصلي سيكون بلا شك أعظم بكثير جداً عما هو عليه في بعض أجزاء من سطح الأرض اليوم. فقد أوضحت الدراسات المختلفة بأن الهواء الملامس لسطح الأرض يستمد حرارته من الإشعاع الشمسي. وإن ما يصل إلى سطح الأرض من قوة حرارة الكتلة الغازية الشمسية العظمى يقدر بنحو 1/2 مليون منها.

وقدر كذلك بأن ما تفقده الأشعة الشمسية في الجو (قبل وصولها إلى سطح الأرض) نحو 34% من كميتها تبعاً لإنعكاسات هذه الأشعة أثناء عبورها طبقات الجو العليا، كما تمتص المواد العالقة بالجو منها نحو 19% ومن ثم فإن نصيب سطح الأرض نحو 47% من جملة الأشعة الشمسية. وإذا علمنا بأن الغلاف الصخري يمتص هو الآخر نحو 5% من الأشعة الشمسية الساقطة فوق سطحه، على ذلك يرتد إلى الهواء الملامس لسطح الأرض بقيمة الأشعة والتي تقدر بنحو 42% فقط من كمية الأشعة الشمسية وتعرف هذه الأشعة الأخيرة باسم **الاشعاع الأرضي Terrestrial Radiation**. وتدين مظاهر الحياة فوق سطح هذا الكوكب إلى تلك الكمية من الأشعة التي تعمل على تسخين الهواء الملامس لسطح الأرض وتشكيل الظروف الطبيعية والبيولوجية التي تتمثل فوق هذا السطح.

2) الغلاف المائي Hydrosphere

لا تتركب القشرة الأرضية من اليابسة أو القارات فقط بل يقع فوقها كذلك مساحات واسعة من المياه، تتمثل اساساً في مياه البحيرات والبحار والمحيطات، يطلق عليها تعبير الغلاف المائي. وقد دلت الدراسات المختلفة على أن المسطحات المائية تشغل مساحة تبلغ نحو 70,80% من جملة مساحة سطح الكرة الرضية، ومن ثم لا تزيد مساحة اليابسة عن 29,20% من جملة مساحة سطح الارض التي تقدر بنحو 510 مليون كم2 . وعلى الرغم من عظم مساحة المسطحات المائية إلا أن حجمها(1/ 4950) من حجم الأرض. ومع ذلك فإن للغلاف المائي أثراً كبيراً في تشكيل مظاهر سطح الأرض المختلفة.

وتمثل مياه البحار والمحيطات أكثر من 98% من جملة حجم الغلاف المائي. وتدخل دراسته ضمن علم البحار والمحيطات وأفرعته المختلفة.
وإلى وقت قريب ظل العلماء يعتقدون بأن البحار والمحيطات كانت تشغل في الماضي خلال العصور الجيولوجية نفس الأبعاد التي تشغلها في الوقت الحاضر، وأن التغيرات بين كل من المسطحات المائية وأجزاء اليابسة التي كانت تحدث بجوار خط الساحل ما هي إلا تعديلات ثانوية محلية. وقد أكد بعض الباحثين كذلك بأن هناك بعض التغيرات تحدث في قاع المحيط نفسه، كما هو الحال عند حدوث حركات التصدع الكبرى في قاع المحيط أو إنخفاضات أرضية او إرتفاع نطاقات طولية كبرى من أراضيه على شكل سلاسل جبلية بحرية بحرية، تؤثر بدورها في طبيعة تذبذب مستوى سطح البحر العام.

وقد تضاربت آراء الباحثين حول تفسير نشاة الغلاف المائي أو بمعنى آخر كيفية تكوين مياه البحار والمحيطات، ثم مدى أختلاف حجم هذه المياه من عصر جيولوجي إلى آخر. وتبعاً لتقدير كينن عام 1950 تبلغ حجم مياه البحار والمحيطات في الوقت الحاضر نحو(1370×10^6) كيلو متر مكعب أي نحو 1,37 بليون كم^2 ، وتقدر نسبة الأملاح فيها بنحو 3% من حجم المياه.
وقد اعتقد بعض الباحثين أن مصدر هذه الكمية الهائلة من المياه تعزى إلى كمية التساقط العظمي فوق سطح الأرض بالإضافة إلى ذوبان الجليد وما تصبه المجاري النهرية من مياه في الأحواض البحرية. ولكن يتضح أن هذه المياه بأشكالها المختلفة كانت في وقت ما جزءاً من مياه المحيط ثم تعرضت للتبخر والتكاثف وعادت ثانية إلى المحيط نفسه على شكل أمطار ساقطة أو ثلوج مذابة. وقد أوضحت الدراسات المناخية كذلك بأنه إذا تعرض كل نطاق الغلاف الجوي الذي يحيط بالكرة الأرضية اليوم للتكاثف التام فلا يمكن أن يحتوي على أكثر من 13,000 مليون كيلو متر مكعب من المياه. كما أكد وليم رابي W. Rabey أن نسبة المياه التي أضافها الغلاف الجوي الأولي الذي تكون مع بداية ميلاد الكرة الأرضية تمثل نحو 10% من مجموع حجم مياه البحار والمحيطات.

وعلى ذلك ظهر في الأفق نظريات جديدة تؤكد أن المصدر الأساسي لمياه البحار والمحيطات هو المياه الأولية والتي يقصد بها تلك المياه التي تظهر لأول مرة على سطح الأرض أو في قاع المحيط والتي مصدرها باطن الأرض نفسه أو الصخور البركانية التي تقذف مع انبثاق المصهورات البركانية وتكوين السدود والعروق البركانية. وأوضح ويلسون بناء على ذلك أن كلا من نشأة الغلاف الجوي والمسطحات المائية والقشرة الأرضية ترجع إلى مصدر واحد هو ظهور الصخور الساخنة على سطح كوكب الأرض عند بداية نشأة الأرض. ثم النشاط البركاني والثورات الأرضية الباطنية العظمى التي صاحبت مراحل تكوين قشرة الأرض خلال تاريخها الجيولوجي الطويل.

وأكد فينر Fenner,1926 وزيس Zies 1926 عند دراستهما للمصهورات البركانية بإقليم كتماي Katmai بألاسكا، أن نسبة كبيرة من الكلوريد Chlorides والفلوريد Fluorides ممتزجة مع مواد كبريتية، بالإضافة إلى بخار الماء تنبثق جميعاً من المصهورات البركانية. وقد تعزى النسبة العالية من أيونات الكلوريد في مياه البحار إلى حدوث المصهورات البركانية فوق أرضية البحار والمحيطات.

وقد بدأت مياه البحار تتجمع في المنخفضات المحيطية العظمى منذ بداية تعرض الصخور الساخنة اللزجة لقشرة الأرض لعمليات التبريد المستمرة. وحيث تبلغ مساحة أرض اليابسة نحو 150 مليون كم^2 وأن متوسط سمك قشرة اليابس نحو 33كم، فإن حجم كتلة اليابس تبلغ نحو 6 بليون كم^3.
اما قشرة الأرض تحت المحيطات فهي أقل سمكاً حيث يبلغ متوسط سمكها نحو (5) كم وتغطي مساحة تبلغ نحو 360 مليون كم^2، وعلى ذلك فإن حجم كتلة قشرة اليابسة أسفل المحيط يبلغ نحو 2 بليون كم^3. أما الحجم الإجمالي لكتلة قشرة الأرض تبلغ نحو 8 بليون كم^3. وحسب دراسات جورانسون Goranson 1931 الذي أوضح أن متوسط نسبة حجم المياه الأولية التي تنساب مع الثورانات البركانية تبلغ نحو 5% من جملة حجم المصهورات، على ذلك فإن قشرة الأرض الخارجية كلها تحتوي على كمية من المياه الأولية تبلغ نحو 0.4 بليون كم^3 من المياه. بينما حجم مياه البحار في الواقع هو 1.3 بليون كم^3.

ولهذا رجح الباحثون كذلك أنه إلى جانب المياه الأولية التي تكثفت من ضخور قشرة الأرض الساخنة إبان فترة برودتها الأولى، أضيفت إلى المسطحات البحرية مياه اولية أخرى مصدرها الباطن العميق للأرض، وذلك مع انبثاقات المصهورات البركانية العظمى. وقدر جورانسون أن متوسط حجم الانبثاقات البركانية السنوية فوق سطح القشرة الأرضية يبلغ نحو 2 كم^3. وعلى أساس أن نحو 5% من هذا الحجم تمثل مياه أولية فإن المسطحات المائية يزداد حجمها بمتوسط سنوي يبلغ نحو 0.1 كم^3 من المياه وإذا قدرنا أن عمر التكوينات الصخرية لسطح الأرض من العصر الكمبري حتى الوقت الحاضر بحوالي 600 مليون سنة فإن حجم المياه في المحيطات زادت خلال هذه الفترة الجيولوجية بمقدار(10^6 x60) كم^3[60 مليون كيلومتر مكعب]. ويتضح إن هذه الكمية بسيطة جداً كذلك إذا ما قورنت بالحجم الهائل لمياه البحار، ولذا يجب أن نضع في الإعتبار اختلاف طبيعة الثورانات البركانية وتنوع قوة نشاطها خلال العصور الجيولوجية المختلفة. فقد تبين أن هناك عصوراً جيولوجية تميزت بنشاط بركاني أعظم مما هو عليه اليوم، بينما هناك كذلك عصوراً جيولوجية أخرى انخمد فيها النشاط البركاني لفترة طويلة من الزمن. وقد أكد الباحث تونهوفل Towen Hofel بأن كمية المياه في المحيطات ازدادت تدريجياً باستمرار على طول فترات العصور الجيولوجية المتعاقبة. وأن هذه الزيادة تختلف كذلك من عصر إلى آخر تبعاً لطبيعة حدوث الثورانات البركانية والحركات التكتونية، التي انتابت صخور قشرة الأرض من زمن جيولوجي إلى آخر. وقد استنتج أن مياه البحار والمحيطات قد عظم حجمها خلال فترات الحركات التكتونية العظمى.

وقد حسب ادموند هالي عام Edmond Halley 1715 ، كمية الأملاح التي تصبها الأنهار في البحار، آملاً أن يحدد الزمن الذي تكونت فيه مياه البحر. وقد عدلت آراءه من قبل كل من جولي Joly وكلارك E.W. Clarke ، وقد تبين من نتائج الدراسات الحيثة أن كمية الصوديوم في البحار قد تجمعت خلال 100 مليون سنة فقط (نهاية الزمن الجيولوجي الثاني وبداية الزمن الثالث) ولكن هذه النتائج لا تدل على الواقع، حيث عثر الباحثون على كائنات بحرية أولية ترجع إلى العصر الكمبري وما قبله (600 مليون سنة)، وعلى ذلك فإن الزمن الذي تكونت فيه الأحواض البحرية وكذلك مياهها اقدم من عمر الكائنات البحرية التي كانت تعيش في هذه المياه.
وأوضح فون أركس Von Arx, 1962 ان مياه البحار كانت مالحة كذلك منذ العصر السيلوري الأعلى على الأقل (منذ 440 مليون سنة) حيث عثر في صخور هذا العصر على طبقات رسوبية ملحية بحرية.

وتقدر المساحة الإجمالية للمسطحات المائية على وجه القشرة الأرضية بنحو 143.256.300 ميلاً مربعاً. ولكن تشمل هذه المساحة أجزاءاً ضحلة واسعة لا تعد ضمناً من المحيطات الحقيقية بل هي أقرب إلى القارات منها إلى البحار. وهي التي يطلق عليها الرفوف القارية Continental Shelves وتبلغ متوسط مساحتها نحو 10.000.000 ميلاً مربعاً. فإذا حذفنا هذه المساحة الأخيرة من المساحة الإجمالية للمسطحات المائية، تبلغ مساحة الأخيرة نحو 133.000.000 ميلاً مربعاً. ومن ثم يمكن القول إذا انخفض مستوى سطح البحر الحالي بنحو 600 قدماً وانحصر عن المياه الحالية التي تشغلها الرفوف القارية، فإن المياه الباقية في أحواض المحيطات هي التي تمثل الأحواض المحيطية الحقيقية True oceanic basins كما لا تتساوى هذه الأحواض الأخيرة من حيث العمق، بل تختلف من مكان إلى آخر. ويمكن القول أن اختلاف نسبة مساحة المسطحات المائية تبعاً لاختلاف أعماقها هي كما يلي:

الأعماق (بالأقدام)	مساحتها بالنسبة لمساحة الأحواض المحيطية الحقيقية
12000 – 600	%20
18000 – 12000	%53
30000 – 18000	%4

هذا ويدخل في تركيب مياه البحار والمحيطات بعض المواد والأملاح الذائبة التي تعمل على تشكيل الخصائص الطبيعية لمياه البحار. وقد قدرت نسبة الأملاح في مياه البحار والمحيطات بنحو 34.4 في الألف، وتتركب هذه الأملاح بنسب متفاوتة من العناصر الآتية:

	النسبة المئوية
كلوريد الصوديوم	77.758
كلوريد الماغنزيوم	10.878
سلفات الماغنزيوم	4.737
سلفات الكالسيوم	3.500
سلفات البوتاسيوم	2.465
بورميد الماغنزيوم	0.217
كربونات الكالسيوم	0.345
	100.000

وإلى جانب المسطحات المائية الحقيقية التي تتمثل في البحار والمحيطات، تنتشر فوق سطح اليابسة كذلك عديد من البحيرات والمستنقعات المائية بالإضافة إلى المجاري النهرية وكلها تشق صخور القشرة الأرضية وتعمل على تشكيل مظهرها وتعديله.

وعلى الرغم من تعدد العوامل التي تؤثر في تشكيل سطح الارض إلا أن فعل المياه المباشر وغير المباشر يعد أهم هذه العوامل جميعاً. ويتمثل فعل المياه في العمل الذي تقوم به الأمطار والثلوج والجليديات والأمواج والبحيرات والمياه الجوفية عند نحت الصخر وتفتيته وتحلله من ناحية، كما تقوم كذلك بنقل المفتتات الصخرية من مكان إلى آخر، وترسيبها على شكل ظواهر أخرى جديدة في مناطق مختلفة من سطح الأرض. أي بمعنى آخر تقوم هذه العوامل بفعل الهدم والحمل والبناء والترسيب، وتشكيل المظهر التضاريسي العام لسطح الأرض.

3) **الغلاف الحيوي Biosphere**

يعبر الغلاف الحيوي : عن كل جزء من أجزاء القشرة الأرضية ، وكذلك الغلافين المائي والحيوي. وتقدر الكتلة الاجمالية للمادة الحية في مختلف الأغلفة حوالي 36.4 مليار طن، يتركز أكثر من 82% منها في الغلاف المائي ، وحوالي 17.86 في اليابسة، والنسب الضئيلة الباقية في الغلاف الجوي.

تتكون معظم كتلة المادة الحية من كل من الكربون، الأوكسجين، الهيدروجين، النيتروجين والكبريت. كما أن هذه المادة يمكن أن تحتوي على مختلف بقية العناصر الكيميائية بنسب ضئيلة جداً بالمقارنة مع العناصر المذكورة سابقاً.

تعيش الكائنات المختلفة في طبقة الغلاف الحيوي ، ولهذا الغلاف أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذي تعيش فيه وتتكاثر الكائنات الحية ، وإنما لأنه يشكل أيضاً المكان الذي تجري فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التي تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية. هذا الغلاف الحيوي الذي نعيش بين أحضانه ونتنفس من هوائه، تعاني أجزاؤه المختلفة الأرضية والمائية والهوائية من التلوث في الوقت الحالي . وقد عمت آثار التلوث أقطار العالم قاطبة ، وهددت مخاطرها البشر في مختلف البقاع.
يجري تبادل كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون بين الغلاف الحيوي والغلاف الجوي :حيث تأخذ النباتات ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي وتُعطى الأكسجين له في عملية صنع الغذاء. وتأخذ الكائنات الحية الأكسجين وتطلق ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس.

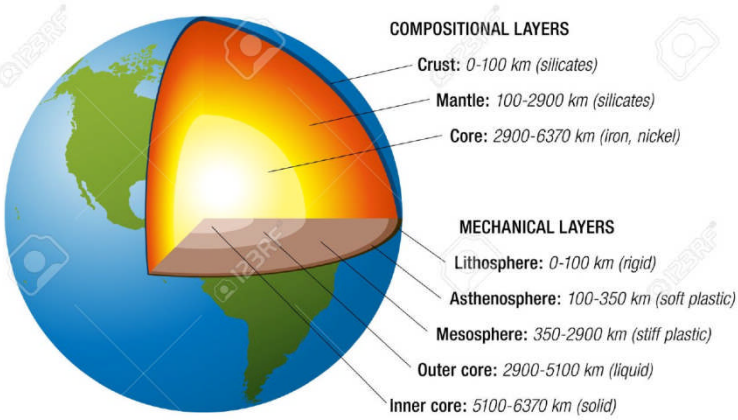
B - مجموعة الأغلفة الداخلية

1) الغلاف الصخري Lithosphere

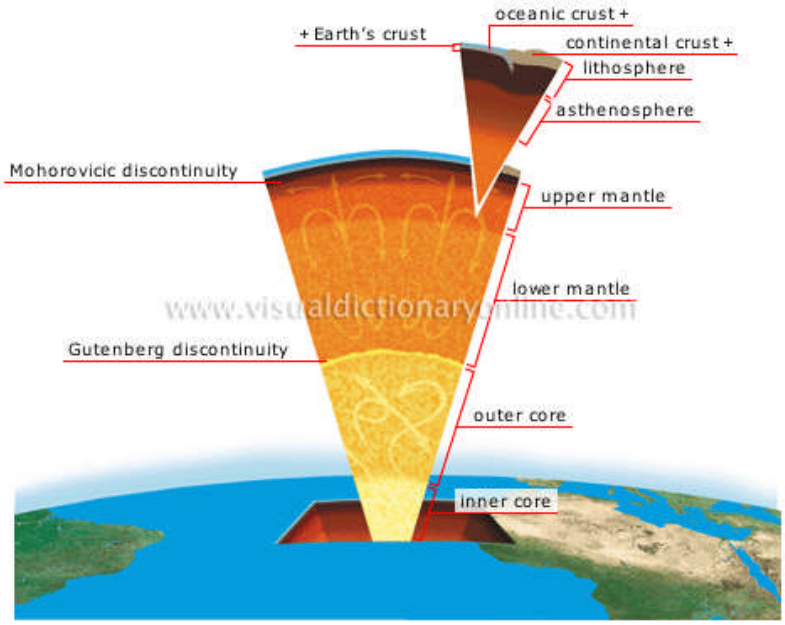
يعد الغلاف الصخري في الحقيقة جزءاً من الأرض نفسها وهو الجزء الخارجي الذي يمثل سطح القشرة أو الطبقات العليا التي تتركب منها الأرض. وقد ساعدت عمليات دوران الأرض حول محورها من جهة والبرودة التدريجية التي تعرضت لها من جهة أخرى على تنسيق وترتيب مواد الأرض تبعاً لاختلاف كثافتها وتكوين الغلاف الصخري الخارجي أو القشرة الأرضية الخارجية التي تتألف من صخور بردت تماماً وتختلف عن المصهورات الواقعة في باطن الأرض.

ومن ثم تتركب القشرة الأرضية بدورها من طبقات صخرية تختلف من حيث كثافتها وطبيعة تركيبها المعدني. ويطلق على القشرة السطحية للأرض اسم طبقات (السيال)، ذلك لأن معادن صخورها تتركب أساساً من سيليكات الألومنيوم. ويبلغ متوسط كثافتها نحو 2,80 ويتراوح سمكها من 2 إلى 15 كيلومتر. ويلاحظ أن هذه الطبقة رقيقة السمك خاصة أسفل البحار والمحيطات بل تكاد معدومة بقاع المحيط الهادي في حين يزداد سمكها في قارات اليابسة (شكل 13).

وتقع أسفل الصخور السيالية، طبقات أخرى من الصخور أعظم كثافة حيث تتركب من معادن ثقيلة، ويطلق عليها اسم طبقات السيما، - سيلكات الماغنزيوم – وتزيد كثافتها عن 3,40 ، ومن الصعب تحديد عمق طبقات السيما بدقة، على الرغم من حدوث الزلازل على أعماق تبعد بنحو 2900 كم من سطح الأرض. ويقدر معظم الكتاب متوسط سمك القشرة الأرضية (طبقات السيال والسيما) بنحو 45 ميلاً. وتعرف هذه الطبقة الصخرية باسم الليثوسفير Lithosphere.
ويقع أسفل القشرة الخارجية للأرض طبقة صخرية أخرى أعظم سمكاً، وتتركب من معادن وصخور أعظم كثافة وثقلاً من تلك التي تتمثل في القشرة الخارجية. ومن ثم يطلق على هذه الطبقة اسم طبقة المعطف Mantle (الطبقة الغطائية الداخلية). ويبلغ متوسط سمكها نحو 1800 ميل، وتتراوح كثافة المواد التي تتألف منها من 5 إلى 8 ومن ثم فهي تتركب من مواد معدنية ثقيلة. ويطلق على القسم الأعلى من هذه الطبقة اسم **طبقة الأستنوسفيرAsthenospher** ، وهي الطبقة التي تقع أسفل قشرة الأرض مباشرة وتبلغ كثافة موادها نحو 4 ولا يزيد سمكها عن 225 ميل، في حين يعرف القسم الأسفل من الطبقة الغطائية الداخلية باسم **طبقة الغطاء الداخلي الوسطىMesosphere** .



ويطلق على الفاصل الجيولوجي الذي يميز بين القشرة الخارجية للأرض وأعالي الطبقة الغطائية الداخلية اسم **الحد الموهوروفيشي Mohorovicic Discontinuity** (سُمي كذلك تبعاً لإسم العالم اليوغوسلافي موهورفيشك الذي اكتشف هذا الفاصل الفاصل الجيولوجي الهام عام 1909). وتبلغ سرعة الموجات الزلزالية فوق أعالي هذا الفاصل وتزداد عن ذلك إلى أسفل منه في داخل طبقات باطن الأرض.



ويقع أسفل هذه الطبقة الأخيرة باطن الأرض Core أو ما يعرف باسم **النواة الداخلية المركزية Centrosphere** وتتألف من مواد أعظم كثافة وثقلاً من تلك التي تتركب منها بقية نطاقات الأرض، وتتألف عامة من النيكل والحديد، ومتوسط الكثافة بها 11، وسمكها نحو 4000 ميل.

ولا يؤثر أختلاف التركيب الصخري في أختلاف سرعة الموجات الزلزالية التي تخترق الطبقات الباطنية للأرض بل كذلك في طبيعة المنحنى الحراري لقشرة الأرض وباطنها. فقد تبين من الدراسات التي أجريت في بئر كارنارفون Carnarvon في جنوب أفريقية، بأن درجة الحرارة تزداد تبعاً لمدى التعمق في باطن قشرة الأرض. فمن سطح الأرض حتى عمق نصف ميل منه، ترتفع درجة الحرارة بمعدل 1°م لكل 70 قدم. ثم من عمق نصف ميل إلى عمق ميل واحد في القشرة الأرضية ترتفع درجة الحرارة بمعدل 1 ° م لكل 137 قدم. وكما تبين أن درجة غليان المياه (100 ° مئوية) لا تبعد كثيراً عن سطح الأرض إذ تتمثل عند عمق 7200 قدم من سطح الأرض كما هو الحال في بئر لونج بيتش Long Beach بكاليفونيا. وعند قاع ذلك البئر (9000 قدم من السطح) تبلغ درجة حرارة المياه حوالي 120 ° م، في حين تصل درجة حرارة اللافا المنصهرة والمنبثقة من باطن الأرض إلى نحو 1200 ° م.

ومن نتائج الدراسات التحليلية الكيميائية لصخور سطح الأرض تبين أن الغلاف الصخري يتألف كيميائياً من أربعة عناصر رئيسية هي:

العنصر	نسبة وجوده في الصخر
الأوكسيجين	% 46.8
السيليكون	% 28
الألمنيوم	% 7.5
الحديد	% 4.2

وتتمثل أهم العناصر الأخرى الثانوية في الكالسيوم (%3,3)، والصوديوم (%2,4)، والبوتاسيوم (%2,4)، والماغنزيوم (%2,2).

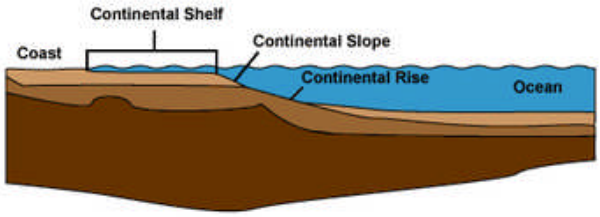
وتتألف قشرة الأرض من مجموعات متنوعة من الصخور أساسها الصخور التي أنبثقت من باطن الأرض وظهرت فوق السطح وأخذت تبرد بالتدريج لتكون الغطاء الصخري الخارجي لهذا الكوكب، وتعرف تلك الصخور باسم **الصخور الأولية أو الصخور النارية** (الاندفاعية) ومن بينها البازلت والغرانيت، والسيانيت، والدولوريت.
ومن تفتت الصخور النارية بعد تعرضها لعوامل التعرية، وتبعاً للتوضعات الرسوبية المختلفة فوق قاع البحار والمحيطات والبحيرات تتكون **الصخور الرسوبية** Sedimentary Rocks ومن بينها الصخور الكلسية والرملية، الطينية (الغضارية) واللحقية (الغرينية : الطمي).

وإذا تعرضت الصخور النارية والرسوبية لفعل الضغط الشديد أو الحرارة الشديدة أو لكليهما معاً فإن هذه الصخور سرعان ما تتحول إلى حالة أخرى تختلف خواصها ومميزاتها عن صورتها الاصلية، وتعرف هنا بإسم **الصخورالمتحولة** Metamorphic Rocks ومن أمثلة هذه المجموعة صخر الغنيس Gneiss المتحول عن الغرانيت، وصخر الشيست Schist المتحول عن الصخور الطينية والرخام Marble المتحول عن الصخور الكلسية.
وعلى ذلك قد تحتوي الصخور الرسوبية وبعض من الصخور المتحولة على مستحاثات للكائنات التي كانت تعيش خلال فترات التاريخ الجيولوجي الطويل.

وتبعاً للنتائج المستمدة من دراسة الحفريات (المستحاثات) في الطبقات الصخرية المختلفة من القشرة الأرضية، ومعرفة عمر هذه الطبقات كذلك بحساب النشاط الإشعاعي، أمكن تقسيم طبقات صخور القشرة الأرضية إلى مجموعات مختلفة حسب عمرها أو الأزمنة التي تكونت فيها. ومن ثم قسم الباحثون الزمن الجيولوجي إلى أقسام كبرى أطلق عليها تعبير أحقاب Eras وهذه بدورها قسمت إلى أقسام ثانوية يطلق عليها عصور Periods ويوضح الجدول الآتي أحقاب الزمن الجيولوجي لقشرة الأرض، والعصور المختلفة التي تكون كل حقبة، وكذلك سمك الطبقات المختلفة الصخرية وطول الزمن الجيولوجي الذي شغله كل عصر.
ويوضح هذا الجدول كذلك الحركات التكتونية العظمى (الكارنية – الكاليدونية – الهرسينية – الألبية) التي انتبت صخور القشرة الأرضية خلال العصور الجيولوجية المختلفة.
تقسيم الزمن الجيولوجي لقشرة الأرض غلى أحقاب وعصور والحركات التكتونية العظمى التي انتابت صخور القشرة الأرضية.

الحقب Era	العصر Period	الحركات التكتونية	سمك الطبقات آلاف الأقدام	عمر كل عصر (مليون سنة)	المجموع
الزمن الرابع (Quaternary)	الحديث (هولوسين) Holocene البليستوسين Pleistocene		6	1	1
الزمن الثالث (Cenozoic)	البليوسين Pliocene الميوسين Miocene الأوليجوسين Oligocene الايوسين Eocene الباليوسين Paleocene	x الحركة الألبية x Alpine	15 21 26 30 12	10 14 15 20 10	11 25 40 60 70
الزمن الثاني (Mesozoic)	الكريتاسي Cretaceous الجوراسي Jurassic الترياسي Triassic		51 44 30	65 45 45	135 180 225
الزمن الأول (Paleozoic)	البرمي Permian الفحمي Carboniferous الديفوني Devonian السيلوري Siluoian الأردوفيشي Ordovician الكمبري Camberian	x الحركة الهرسينية x Hercynian x الحركة الكاليدونية x Caledonian	19 46 38 34 40 40	45 80 50 40 60 100	270 350 400 440 500 600
ما قبل الكامبرى Precambrian	البروتيروزوي Proterozoic الأركيوزوي – الأيوزوي Archaeozoic Eozoi	x الحركة الكارنية x Charnian	- - -	- -	- -

ويدخل ضمن الغلاف الصخري كذلك الرفوف القارية Continental Shelves. وعلى الرغم من أن أرضية الرفوف القارية مغطاة بمياه البحار والمحيطات إلا أنها تعتبر الحواف الهامشية للقارات حيث تتألف من نفس التركيب الجيولوجي لصخور يابسة القارات المجاورة. وتتميز الرفوف القارية بانها مناطق ضحلة من المحيط ولا يزيد عمقها عن 100 قدم ، ويبلغ مجموع مساحتها في كل المسطحات المائية نحو 10 مليون ميل مربع.



وقد يبهرنا المظهر التضاريسي لسطح الأرض من أودية وأخاديد عميقة وجبال شاهقة الارتفاع كالهميلايا والروكي والألب، ولكن إذا ما قورنت هذه الظواهر بالأخاديد المحيطية العظمى، وأعماق المحيطات البعيدة، والحواجز الجبلية المحيطية لوجد أن الأخيرة تبدو بصورة بارزة واضحة أعظم من تضاريس سطح الأرض بكثير. ويوضح الجدول الآتي اختلاف نسبة مساحة أجزاء سطح الأرض تبعاً لمستويات مختلفة عن مستوى سطح البحر الحالي.

	المنسوب	نسبة مساحة الأرض (%) (فوق هذه المناسيب)	نسبة مساحة الأرض (%) (تحت هذه المناسيب)
1	24.000 قدماً فوق مستوى سطح البحر	0.004	99.996
2	18.000 قدماً فوق مستوى سطح البحر	0.090	99.910
3	12.000 قدماً فوق مستوى سطح البحر	0.700	99.300
4	6.000 قدماً فوق مستوى سطح البحر	3.200	97.700
0	مستوى سطح البحر	27.700	72.300
-1	6.000 قدماً تحت مستوى سطح البحر	42.500	57.500
-2	12.000 قدماً تحت مستوى سطح البحر	57.300	42.700
-3	18.000 قدماً تحت مستوى سطح البحر	96.800	3.200
-4	24.000 قدماً تحت مستوى سطح البحر	99.930	0.070

ويتضح من دراسة هذا الجدول أن نسبة كبيرة من سطح الأرض تتميز بإنخفاض منسوبها، فنحو 27% من مساحة سطح الأرض تتميز بانخفاض منسوبها، فنحو 27% من مساحة سطح الأرض تقع في مستوى سطح البحر الحالي، ولا تتعدى نسبة الأراضي التي تقع فوق منسوب 6000 قدم فوق مستوى سطح البحر عن 3% من جملة المساحة الكلية لسطح الأرض. ويقدر بأن نحو 25% من جملة مساحة سطح الأرض تقع فيما بين مستوى سطح البحر ومنسوب 600 قدم. ويمكن أن نلخص تلك الملاحظات في الجدول الآتي:

منسوب الأراضي فوق مستوى سطح البحر (قدم)	منسوب الأراضي تحت مستوى سطح البحر (قدم)	النسبة المئوية لمساحة الأرض عند هذا المنسوب
1- أكثر من 600 قدم		%2.2
2- فيما بين سطح البحر وارتفاع 600 قدم		%25.5
3- فيما بين سطح البحر ومنسوب500 تحت سطح البحر		%14.8
	4- من 6000 – 13000 قدم	%14.8
	5- من 12000 – 18000 قدم	%39.4
	6- من 18000 – 24000 قدم	%3.1

يتضح من هذا العرض أن نسبة كبيرة جداً من سطح الأرض تقع تحت مستوى سطح البحر الحالي. أو بمعنى آخر إن سطح الأرض تعرض لفعل عمليات التعرية العظمى التي عملت على تسوية سطح الأرض وانخفاض مستواه بحيث استطاعت عوامل التعرية أن تكون سهلاً عظيماً يبلغ متوسط منسوبه نحو9000 قدم تحت مستوى سطح البحر الحالي وتتشكل قشرة اليابسة كذلك بواسطة بحار هامشية أو شبه قارية يطلق عليها تعبير Epicontinental Seas ذلك لأنها تتكون فوق الرفوف القارية نفسها أو على الحواف الهامشية الحدية لليابسة، ومن أمثلة هذه البحار بحر البلطيق، وبحر الشمال، وخليج هدسن.