جامعة ديالى
كلية التربية الاساسية
قسم الجغرافية

جغرافية البحار والمحيطات

مدرس المادة
م.م سندس محمد علوان الزبيدي

مكتب الاسنسية للطباعة والاستنساخ
بحوث- تقارير- استنساخ ملون عادي – اقراص ليزريه – سبايرول- سحب صور للمعاه
٢٠١٥
١٤٣٦ هـ

الجغرافية

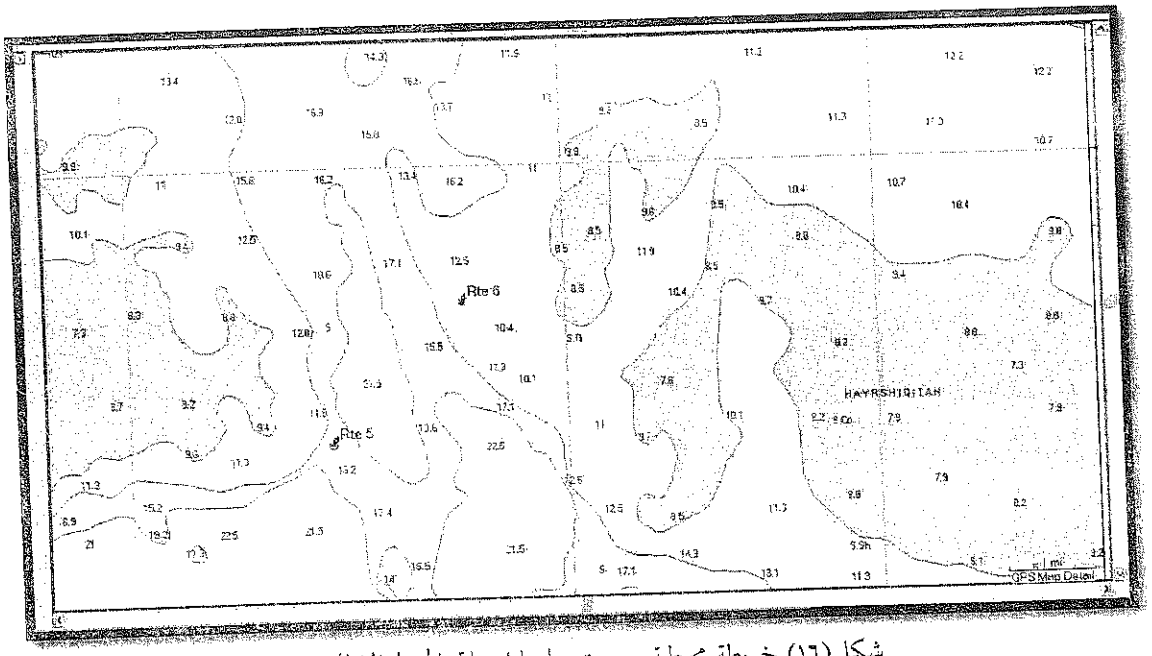
٢

جغرافية البحار والمحيطات

الاوقيانوغرافيا

دكتور حسن سيد أحمد أبو العينين
أستاذ الجغرافيا الطبيعية
كلية الآداب - جامعة الاسكندرية - جامعة بيروت العربية

الدار الطبعية
للطباعة والنشر
جامعة بيروت العربية



شكل(١٦) خريطة محيطية رسمت عليها اعماق المحيط الاطلسي

علم البحار والمحيطات الحديث Oceanography

اشتق مصطلح علم البحار والمحيطات من الترجمة الحرفية للمصطلح الانجليزي – " Oceanography المشتق اصلا من اللغة اليونانية حيث ترمز كلمة Ocean إلى البحر الذي يحيط بالأرض أي " البحر المحيط " أما كلمة Graphy فمعناها وصف أو الشكل العام على ذلك فإن كلمة Oceanography يقصد بها الوصف العالم للبحار والمحيطات . وقد يعبر عنها كذلك بجغرافية البحار والمحيطات ،ويختص هذا العلم بدراسة نشأة البحار والمحيطات وتاريخها وتطورها كما يقوم بدراسة تضاريس القيعان البحرية ويشمل بدراسة الظواهر الطبيعية لمياه البحار والمحيطات وحركة المياه كالأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية بالإضافة الى دراسته للخواص الكيميائية للمياه البحرية وكذلك الخصائص الحيوية ومواردها الاقتصادية ومشكلاتها البيئية . أي انه يدرس كل ما يختص بالبحار والمحيطات سواء من حيث التركيب الجيولوجي أو الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية . ولقد كانت الحرب العالمية الثانية كما اسلفنا البداية الفعلية لدراسة البحار عن طريق السفن والبواخر التي جابت البحار والمحيطات واعتبرت فترة الخمسينيات الفترة الذهبية لدراسة البحار والمحيطات حيث بدأت رحلات استكشافية للقارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) وذلك عن طريق سفن حربية قامت بهذه الرحلات كالغواص وترشنر واستمر تطور جغرافية البحار والمحيطات مستفيدا من الاكتشافات العلمية المتسارعة فقد ساهمت التطورات التقنية الحديثة في تغيير الكثير من المفاهيم المتعلقة بالابحاث البحرية والمحيطية لقد اصبح الشعار العالمي في هذا المجال هو "البحث عن طرق مناسبة للإدارة المستدامة للمحيطات"، وهذا

الشعار يتطلب بذل المزيد من الجهد ليس من العلماء والباحثين وحسب انما من عامة البشر على سطح الكوكب وبالفعل فقد طرحت دول الاتحاد الاوربي مؤخرا (عام ٢٠١٠) مشروع حماية الثروات السمكية وادامتها عبر طرح دليل الغذاء البحري "Seafoodguide"وطرحه على شبكة المعلومات الدولية الانترنيت على الموقع www.seafoodguide.org حتى يتمكن محبي أكل السمك على امتداد العالم ومن خلال ضغطة زر على سمارت- فون معرفة ما إذا كانت الأسماك المعروضة للبيع في البراد أمامهم قد تم اصطيادها بطريقة مستدامة تحفظ البيئة والحياة، وهو الأمر الذي يشجعهم على تناول طعامهم دون أي شعور بالذنب تجاه البيئة والتنوع الحياتي والمستقبل. كما قام خبراء من الفيليبين والولايات المتحدة بتأسيس موقع www.fishbase.org الذي يعتبر من أكثر موسوعات الأسماك شمولية. وبإمكان المختصين في مختلف أنحاء العالم استخدام Fishbase (قاعدة السمك) للتعريف بأنواع الأسماك المكتشفة حديثا، أو تقديم آخر المكتشفات العلمية حول أماكن انتشار الأسماك، أو غيرها من المعلومات والملاحظات المتعلقة بالحياة البحرية. يقوم فريق العمل بتقييم هذه النتائج ويضعونها في بنك المعلومات الخاص بهم. وفي العام ٢٠١٠ قام المختصون في علوم الأحياء والبيئة بتأسيس خدمة أخرى على الإنترنت، وهي منتدى (الخريطة المائية) www.aquamaps.org. ويشتمل المنتدى على أماكن انتشار حوالي ١١٠٠٠ نوع من الحيوانات البحرية حاليا، وذلك على شكل خرائط للعالم. ومن بين هذه الحيوانات كافة الثدييات البحرية ونصف أنواع السمك المعروفة. كان منتدى الخرائط المائية خلاصة جهود جبارة. حيث يضم أرشيف الحيوانات المائية هذا مئات الآلاف من الملاحظات الفردية لعلماء وباحثي البحار إضافة إلى معلومات الموسوعة المشتقة من مئات المنشورات العلمية، والتي تتناول مواطن الكائنات الحية المختلفة ودرجات الحرارة الأفضل للمياه، ومحتوياتها

ان الاهتمام بالبحار والمحيطات من قبل العلماء متخذي القرار السياسي في العالم على حد سواء لم ياتي من فراغ انما جاء في ضوء الاهمية المتعاضمة للبحار والمحيطات كمنقذ محتمل للانسانية في ظل مشاكل الغذاء وندرة الموارد والتلوث والتغيير المناخي التي تعانيها وهذا ما ينعكس في العديد من المشروعات التي يقوم بها العلماء . حيث يهتم باحثو الجيولوجيا في سويسرا اليا (٢٠١١) بالدراسات والابحاث التي تنصب حول امكانية التخلص من غاز ثاني أكسيد الفحم بتخزينه في قاع المحيط. (and Storage Carbon Capture)، جمع وتخزين غاز ثاني أكسيد الفحم "CCS" هو الاسم الذي يطلق على هذه الفكرة. وهي تقوم على جمع غاز ثاني أكسيد الفحم من مصادره في المحطات العاملة بالغاز أو الفحم، وتمييعه ليصبح سائلا، ثم نقله إلى قاع المحيط من خلال أنابيب النقل أو شفن الشحن والضخ. وبفضل وجود علماء

مختصين في بيولوجيا البحار فإنه من الممكن البحث بشكل دقيق في الآثار التي يمكن أن يتركها مثل هذا التخزين على الحياة والبيئة البحرية. كما يعكف علماء الطبيعة أيضا على دراسة إمكانيات استخراج مواد أولية ثمينة أخرى من قاع المحيطات، سواء من الخامات المتواجدة هناك أو من كتل المنغنيز ومن القطع المعدنية المنتشرة بحجم حبة البطاطا، والمتوافرة بالمليارات في قاع المحيط الهادئ. إلا أنه مازال من غير الواضح كيف يمكن استخراج هذه المواد الأولية بغية الاستفادة منها. حيث لم تتوفر بعد التقنية اللازمة لذلك.

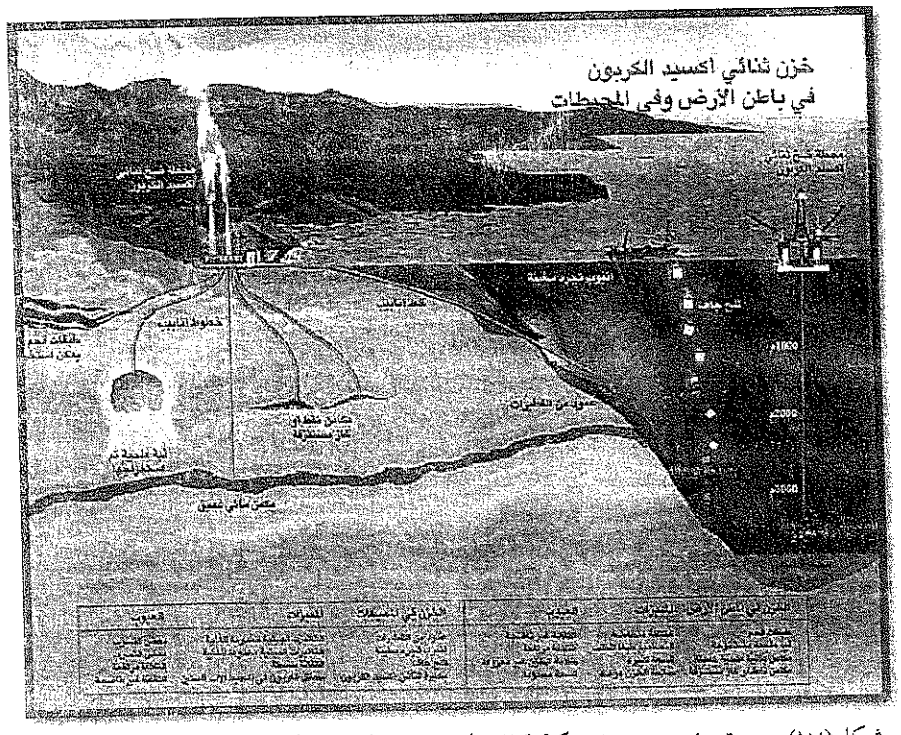
فروع علم البحار والمحيطات :

ينقسم علم البحار والمحيطات إلى أربعة فروع وهي كالتالي :

١- علوم البحار الطبيعية : وتهتم بـ : - دراسة الخصائص الطبيعية من حيث :

ا- درجة الحرارة.

ب- حركة المياة المتمثلة فى المد والجزر ، والتيارات البحرية ، والكتل المائية . والحركة الرأسية للمياة



شكل(١٧)رسم توضيحي يوضح كيفية التخلص من اوكسيد الكاربون في اعماق المحيطات

ج- الجيولوجيا البحرية كتضاريس قاع البحار والمحيطات و علم الرواسب. وتهتم أيضاً بجيمورفولوجية السواحل . والجيوفيزيقا وعلم الرياضيات وعلم الميتورولوجيا

٢- علوم البحار البيولوجية :-

وتهتم بالكائنات الحية سواء نباتية أو حيوانية وتهتم بمعرفة المناطق الغنية بالكائنات البحرية وتأثير ذلك على السكان الموجودة.. وأول من اهتم بهذه العلوم هو ادوارد فورس ١٨٤٩ م .٣-علوم

البحار الكيميائية :-

وتهتم بخصائص المياة الكيميائية من حيث درجة الملوحة حيث أن درجات الملوحة فى البحر ليست واحده... وأيضا من حيث أنواع الأسماك ودرجة الشفافية أو نقاء المياة .. وتدرس كثافة المياة .. الكثافة النوعية .. وتدرس لون المياه و اختلاف درجات لون البحر (أخضر ، أزرق ، تركواز ا....الخ

٤-الهندسة التطبيقية وهي من العلوم المساعدة لعلوم البحار والمحيطات وتستخدم فى إقامة المشروعات الخاصة ((إعذاب مياة البحار))وفى إقامة محطات توليد الكهرباء... وفى حفر الآبار لاستخراج البترول

أهمية دراسة البحار والمحيطات:

تعتبر جغرافية البحار والمحيطات من المجالات التي تزداد أهميتها بصفة مستمرة وذلك للأسباب الآتية :

١-ادراك الجغرافيين لأهمية البحار والمحيطات ووعيهم لآثارها البيئية للحياة على اليابس.

٢-ادراك الجغرافيين ان البحار والمحيطات تمثل خزينا هائلا للموارد الغير مستغلة وهي الملاذ الاخير الذي سيلجا له البشر لتوفير غذائهم في ضوء الزيادة الهائلة للنمو السكاني العالمي.

٢-ان معظم الصخور الرسوبية الموجودة حاليا على القارات تكونت في البحار وبالتالي فان دراسةالبحار والمحيطات تزودنا بالمعلومات التي تميط الثام عن كثير من الاسرار الخاصة بالصخور ومكوناتها وطرق تشكلها .

٣- أن البحار والمحيطات تعتبر أهم عامل جيولوجي يغير معالم قشرة الارض ومن ثم فان دراستها تساعد علماء الجيلوجيا على الاجابة على الكثير من التساؤلات المبهمة بخصوص نشوء كوكب الارض وتطوره.

٤- ارتباط البحار والمحيطات باليابسة وتأثير كل منهما على الآخر ويكون الترابط على الشكل التالي.

أ- تبادل الرطوبة بين المحيطات والبحار والقارات والمحيطات ترسل البخار وتهطالها إلى القارات تتكاثف هناك لتعود مرة ثانية إلى المحيطات عن طريق المجاري الباطنية والسطحية وعن طريق بخار الماء.

ب- - التبادل الحراري واختلاف السعة الحرورية لكلا السطحين واختلاف درجة طرق تسخنها فصلياً ما يؤثر على نشوء مراكز ضغط جوي مختلفة وانتقال الكتل الهوائية من مراكز الضغط المرتفع باتجاه مراكز الضغط المنخفض، وكذلك بسبب السعة الحرورية الكبيرة للمحيطات

التي تتسخن ببطء وتفقد الحرارة ببطء ونجد أن هذه الأحواض تمثل خزانات كبيرة للحرارة تطلقها في الفترات الباردة من السنة، وهنا يكون دور التيارات البحرية كبير جداً في التأثير على اليابسة عندما تقوم بانتقال جزء من المياه السطحية للبحار لمسافات طويلة تحمل صفات المنطقة المقبلة منها كتيار الخليج الدافئ الذي يحمل الدفء إلى غرب أوروبا ويسبب هطول الأمطار الدائم فيها ويمنع تجمد الموانئ حتى خطوط عرض عليا على عكس تيار <لابرادور >البارد المقبل من القطب الشمالي البارد الذي يسبب تجمد موانئ شرق كندا على خطوط العرض نفسها في أوروبا الغربية.

ج- تبادل مادي عن طريق نقل الأملاح والعناصر الكيمياوية المختلفة بوساطة بخار الماء والأمواج البحرية وطغيان البحار والمحيطات على اليابسة، كما أن القارات ترد المحيطات بسيل متصل من المجروفات الصخرية والعناصر الكيمياوية المختلفة عن طريق السواحل بوساطة الأنهار والمياه الباطنية.

د- ارتباط عضوي وهذا شكل آخر للعلاقة بين اليابسة والمحيطات، فهي غنية بعالميها الحيواني والنباتي والإنسان في حاجة ماسة لهذه الثروات لمحتويات المحيط من الثروات المعدنية المختلفة كما تجدر الإشارة على أن اختلاف مستوى المحيطات يؤثر بشدة على مساحة القارات فإذا ارتفع مستواها إلى ٢٠٠م نرى أنها تغمر ٣٪ من مساحة اليابسة، أما إن ارتفعت القارات بهذا المقدار نفسه، فإنها تقلص أكثر من ٨٪ من مساحة المحيطات، وإن ارتفعت المحيطات إلى ١٠٠٠م يغمر ٧١٪ من القارات، بينما لا يغمر من المحيطات أكثر من ١٢٪ لو ارتفع لمستوى القارات بالقيمة المذكورة نفسها.

٥-أهمية البحار الاقتصادية المتاتية من كونها مراكز للصيد ومكامن الثروة الحيوانية والنباتية والثروات المعدنية، وتتشكل فيها أوساط طبيعية غنية بالكائنات الحية النباتية والحيوانية ذات اهمية كبرى للإنسان، وعالم البحار والمحيطات أشبه بعالم اليابسة من حيث تنوع المحاصيل والمنتجات وعليه نشاهد أن النشاط البشري يتركز على السواحل بمصائد الأسماك الكبيرة والصناعات السمكية المتطورة كثيراً، وهو نشاط اقتصادي حيوي ومهم، يلعب دوراً كبيراً في الدخل القومي ويعطي معظم الصناعات ما يعادل ٣٠ مليون طن في السنة، وقدر أن كتلة المواد النباتية في المحيطات تعادل ١٦ مليار طن، بالإضافة إلى ثروات معدنية شاطئية، إضافة إلى الدور الأساسي في عملية النقل البحري واستخدام الموانئ المهمة في عملية التبادل التجاري بين الدول [illegible] الدول المهم التي تمتلك موانئ وواجهات بحرية. كما أن للبحار دوراً كبيراً في تحريك السفن الشراعية منذ القديم من خلال نسيم البر والبحر، فنسيم البحر يتم نهاراً بسبب اكتساب اليابسة الحرارة في النهار، حيث يتشكل ضغط منخفض بينما الماء بارد نهاراً وعليه ضغط مرتفع وفي هذه

الحال يسمى نسيم البحر، وعكس ذلك يكون نسيم البر حيث في الليل الدفء في المياه ويتشكل ضغط منخفض، بينما اليابسة تفقد الحرارة ويتشكل ضغط مرتفع مما يدفع نسيم البر باتجاه البحر ويستفاد في كلا الحالين من هذه الظاهرة في الصيد البحري، إذ إن الصيادين يرفعون الأشرعة ليلاً فيدفعهم نسيم البر باتجاه البحر، وفي أثناء العودة يدفعهم نسيم البحر نهاراً باتجاه الساحل.

علاقة جغرافية البحار والمحيطات بالعلوم الاخرى

تعد جغرافية البحار والمحيطات من أحدث الفروع الأساسية لعلم الجغرافية ومن أهم فروع الجغرافية التطبيقية . لذلك، يعرّف بأنه : العلم الذي يدرس الحياة البحرية بجميع مظاهرها، ويتحرّى أسباب الظواهر البحرية وتطوّرها. (وهو من العلوم التي تحاول الوصول إلى قوانين وقواعد تفسّر الظواهر البحرية والمحيطية ، سواء كانت هذه الظواهر تتعلق بالتضاريس المحيطية وطوبغرافيا المحيطات ، أو النظم الحياتية للكائنات البحرية النباتية والحيوانية .وبالتالي، فان جغرافية البحار والمحيطات تتناول بالدراسة حيزا واسعا يشمل البحار والمحيطات ومياهها وتضاريسها والحياة في القيعان العميقة والقريبة من السطح بالاضافة الى دراسته للنشاطات البشرية على السطح وهو ما يفتح المجال امام التداخل بين علم جغرافية البحار والمحيطات والعلوم المختلفة الاخرى وهكذا نجد أنّ ثمّة صلة بين علم البحار والمحيطات والعلوم الاخرى نوجزها بالاتي:-

١- علاقة جغرافية البحار والمحيطات بعلم الاحياء

اذ يدرس كلا العلمين الاحياء البحرية في المحيطات وبما ان البحار والمحيطات تزخر بالكائنات الحية المختلفة الانواع والأجناس والاشكال التي يعيش بعض أنواعها في اعماق البحر والبعض الاخر على السطح، كما ان انتشارها يتباين تبعا للعوامل المناخية والبيئات البحرية فأن علم الاحياء البحرية يصنف الأنواع على أساس البيئة وليس على التصنيف .ويختلف علم الاحياء البحرية عن علم البيئة البحري حيث ان علم البيئة البحري يركز على كيفية تفاعل الكائنات مع بعضها البعض ومع البيئة اما علم الاحياء فهو دراسة الحيوان نفسه. و يغطي علم الاحياء البحرية قدرا كبيرا من الكائنات، بدءا من الكائنات المجهرية، كمعظم العوالق الحيوانية والعوالق النباتية إلى الحيتان الضخمة التي تصل إلى طول ٤٨ مترا و المواطن التي يدرسها علم الاحياء البحرية تشمل كل شيء(وهو ماتفعله جغرافة البحار والمحيطات ايضا) بدءا من الطبقات الصغيرة من المياه السطحية التي تعلق فيها الكائنات الحية والمواد غير الحية نتيجة توتر السطح بين المحيطات والغلاف الجوي، وتشمل اعماق الخنادق السحيقة، وأحيانا احتى عمق ١٠،٠٠٠ متر أو

أكثر تحت سطح المحيط. وتدرس المواطن مثل الشعاب المرجانية ,وغابات عشب البحر، والمناطق ,و البرك ،و القيعان الموحلة ،و الرملية والصخرية، والمحيطات مفتوحة السطح، حيث تندر الأجسام الصلبة ولا يمكن رؤية أكثر من سطح المياه. وهناك مساحات كبيرة تحت سطح المحيطات ما زالت غير مستكشفة بشكل فعال. ان علم الاحياء البحرية هي فرع من علم المحيطات، ويرتبط ارتباطا وثيقا بعلم الاحياء مثل ارتباطه بجغرافية البحار والمحيطات .

٢-علاقة جغرافية البحار والمحيطات مع علم الاقتصاد:

غدت البحار والمحيطات اليوم مصدرا اقتصاديا هائلا يدر الاموال على اقتصاديات معظم دول العالم فهوا مصدرا غذائيا يوفر القوت لأعداد كبيرة من البشر فأسماكه تشكل الغذاء الرئيسي لاغلب سكان المناطق الساحلية في العالم وتوفر فرصا لعمل للملايين من السكان سواءا في صيدها او في الاعمال المرتبطة بهذه الحرفة كما ان البحار والمحيطات تعد منجما ضخما للمعادن المتنوعة التي ترفد الاقتصاد العالمي بالطاقة المحركة والمواد الاولية المشغلة لكثير من صناعاته بالاضافة لذلك فان البحار والمحيطات تمثل طريق نقل واسع تتشعب فيه المسارات وتمتد طويلا لتربط ارجاء المعمورة باوطا الكلف وبالتالي فان البحار والمحيطات تقع ضمن دائرة اهتمام الاقتصاديين من صناعيين وتجار ومستثمرين وتشترك مع الجغرافية دراسة طرق النقل في البحار والمحيطات ومناطق انتشار المعادن والمصائد السمكية بالاضافة الى دراسة السبل الكفيلة بالاستغلال المستقبلي لموارد المحيطات التي من المؤمل ان تصبح المصدر الرئيسي لغذاء سكان العالم خلال القرن الحالي.

٣-علاقة جغرافية البحار والمحيطات مع علم البيئة

للبيئة البحرية أهمية كبيرة في النظام البيئي من ناحية حيوية، فهي تمتاز بأتصال أجزائها اتصالاً حراً طبيعياً يتيح التفاعل والتأثير بين أرجائها، حيث يعتبر للبيئة البحرية دوراً بارزاً في تحقيق التوازن المناخي، وذلك من خلال ارتفاع درجة حرارتها النوعية عند السطح وبرودتها من الأسفل، مما يمكنها من امتصاص قدرٍ كبيراً من أشعة الشمس الساقطة على الأرض، ومن ثم تبخر جزءاً من هذه المياه إلى الجو بفعل الرياح الصاعدة، وتجمعها على هيئة سحب تندفع في اتجاه اليابسة محدثة أمطار مصدر الماء العذب للكائنات الحية الأخرى على البر.

كما تتميز بقدرتها على امتصاص ثاني أكسيد الكربون، وذلك من خلال عملية البناء الضوئي (التمثيل الكلوروفيلي) الذي تقوم به البلانكتونات النباتية العالقة في مياه البحر بكميات كبيرة،

فتنفصل ذرات الكربون إلى مواد عضوية، وينطلق الأكسجين ليذوب في الماء فتتنفس به الكائنات يشترك علم البيئة مع جغرافية البحار والمحيطات في تتبع البيئات البحرية وتباينها والعوامل الموثرة في تشكيلها والاخطار المحدقة بها كما انهما يشتركان في دراسة التغيرات التي تطرا على هذه البيئات، و تعد البيئات البحرية موردا ضخما، حيث توفر الأغذية والأدوية، والمواد الخام، بالإضافة إلى مساعدتها في دعم الترفيه والسياحة في جميع أنحاء العالم. وبشكل أساسي.

٤- علاقة جغرافية البحار والمحيطات بعلم الجيولوجيا

يهتم علماء الجيلوجيا بدراسة الصخور والجبال المحيطية والخنادق والكهوف، بالإضافة إلى الأجزاء الأخرى من قاع المحيطات وقد تكونت الأرض على الأرجح، منذ ما يزيد على ٤,٥ بليون سنة، وتغيرت البحار والمحيطات .منذ ذلك الحين، في نواح عديدة. وتحدث معظم هذه التغيرات ببطء وبشكل مستمر الى ماشاء الله. وتشمل هذه التغييرات رفع مساحات أرضية داخل البحار والمحيطات وزحزحتها لتنشئ جبالاً.ومنخفضات محيطية ويكون هذا وغيره من التغيرات السائدة في قاع المحيطات مصحوبًا بالزلازل .وتتدفق من البراكين صخور منصهرة ساخنة تسمى الحمم، وبعدئذ تبرد وتتصلب إلى بلورات مكونة طبقة من الصخر. قد تتراكم لتنشيء جزر بركانية كما تتحرك المقذوفات البركانية ، وتترك خلفها الصخور والتربة في المناطق المنخفضة في المحيط .كما ان الأمواج على طول الشواطئ تتحرك لتغمر مساحات من اليابسة، . وتفرش حركة الماء قاع المحيط بطبقات الوحل والرمل التي تتصلب تدريجيًا إلى حجارة.

يوجد مجالان رئيسيان للجيولوجيا

١- الجيولوجيا الطبيعية. ٢- الجيولوجيا التاريخية.

والجيولوجيا الطبيعية هي دراسة المواد التي تكوّن الأرض والقوى التي تشكلها. وتعالج الجيولوجيا التاريخية تاريخ الأرض، كما أن هناك مسائل عديدة تكون جزءاً من كلا الحقلين، وعادة ما تُدرس كل من الجيولوجيا الطبيعية والتاريخية معًا.تساعد الدراسات الجيولوجية التاريخية في تحديد الفترات الزمنية التي عاش فيها كلّ نموذج من أنواع الكائنات البحرية ، نظراً لوجود البقايا العظمية للأسلاف، على شكل بقايا مستحاثة حفرية بين ثنايا الطبقات الصخرية لقيعان المحيطات والمنضدّة بعضها فوق بعض، وفق خاصية النشوء والتقادم لكلّ منها، بحيث يكون أسفلها أقدمها وأعلاها أحدثها .وهذا يمكّننا من معرفة الفترة الزمنية التي عاش فيها ذلك الكائن البحري، إلى جانب معرفة العالم الحيواني الآخر الذي كان يحيط به، من خلال التعرّف

إلى البقايا العظمية المستحاثية للأنواع الحيوانية التي كانت تعاصره في بيئة جغرافية واحدة. كما أننا نستطيع التعرّف إلى الظروف المناخية التي كانت سائدة عندما كان يعيش هذاالكائن البحري أو ذاك، في تلك الأزمنة السحيقة من تاريخ الارض ،وكما تستفيد جغرافية البحار والمحيطات من الدراسات الجيولوجية من خلال الحصول على المعطيات العلمية / الجغرافية، وفي مقدّمتها النواحي الطبيعية، من تضاريس قيعان المحيطات ونوعية مياههاو إلى جانب الظروف المناخية التي تتفاوت من منطقة إلى أخرى، وذلك بحسب قربها – أو بعدها- من خط الاستواء، فهذه العوامل كلّها تؤثّر في حياة الكائنات البحرية بجوانبها المختلفة، العضوية والانتشارية .

٥-علاقة جغرافية البحار والمحيطات بالجيمورفولوجيا

يدرس علم الجيمورفولوجيا أشكال وهيئات سطح الأرض، وبذلك فمجاله الأساسي هو دراسة قشرة الأرض والغلاف الصخري وقيعان المحيطات (أو دراسة ما يسمى بالغلاف الصخري .Lithosphere . وينفرد هذا العلم بهذا المجال بحيث يقدم التصوير والتفسير الكامل لإشكال سطح الأرض في قاع المحيطات للمتخصصين في الدراسات المختلفة عن طريق تطبيقات هذا العلم ويعرف فرع الجيمورفولوجيا المختص بهذا المجال الجيمورفولوجيا البحرية التي تعتبر هي همزة الوصل بين الجيمورفولوجيا وعلم المحيطات.

٦-علاقة جغرافية البحار والمحيطات مع علم المساحة

وناتج التداخل بين جغرافية البحار والمحيطات وعلم المساحة هو ظهور المساحة البحرية والذي أصبح فرع مهم من علم الجغرافيا الفيزيائية الذي يختص بالسطح المائي للكرة الأرضية، ويسمى أيضاً الهيدروجرافيا. وقد قامت معظم بلاد العالم بإنشاء هيئات مختصة في علم المساحة البحرية. وقام علماء المساحة البحرية بدراسات للمياه الصالحة للملاحة، بما في ذلك المحيطات والأنهار والبحيرات. وقاموا بإعداد الرسوم البيانية والخرائط التي توضح شكل السواحل وعمق المياه ووضع القنوات والشُعب الصخرية وأماكن المياه الضحلة والصخور ومسار التيارات المائية. وقام علماء المساحة البحرية أيضاً بدراسة المد والجزر والرياح.

أكثر تحت سطح المحيط. وتدرس المواطن مثل الشعاب المرجانية ,وغابات عشب البحر، والمناطق ,و البرك ،و القيعان الموحلة ،و الرملية والصخرية، والمحيطات مفتوحة السطح، حيث تندر الأجسام الصلبة ولا يمكن رؤية أكثر من سطح المياه. وهناك مساحات كبيرة تحت سطح المحيطات ما زالت غير مستكشفة بشكل فعال. ان علم الاحياء البحرية هي فرع من علم المحيطات، ويرتبط ارتباطا وثيقا بعلم الاحياء مثل ارتباطه بجغرافية البحار والمحيطات .

٢-علاقة جغرافية البحار والمحيطات مع علم الاقتصاد :

غدت البحار والمحيطات اليوم مصدرا اقتصاديا هائلا يدر الاموال على اقتصاديات معظم دول العالم فهوا مصدرا غذائيا يوفر القوت لأعداد كبيرة من البشر فأسماكه تشكل الغذاء الرئيسي لاغلب سكان المناطق الساحلية في العالم وتوفر فرصا لعمل للملايين من السكان سواءا في صيدها او في الاعمال المرتبطة بهذه الحرفة كما ان البحار والمحيطات تعد منجما ضخما للمعادن المتنوعة التي ترفد الاقتصاد العالمي بالطاقة المحركة والمواد الاولية المشغلة لكثير من صناعاته بالاضافة لذلك فان البحار والمحيطات تمثل طريق نقل واسع تتشعب فيه المسارات وتمتد طويلا لتربط ارجاء المعمورة باوطا الكلف وبالتالي فان البحار والمحيطات تقع ضمن دائرة اهتمام الاقتصاديين من صناعيين وتجار ومستثمرين وتشترك مع الجغرافية دراسة طرق النقل في البحار والمحيطات ومناطق انتشار المعادن والمصائد السمكية بالاضافة الى دراسة السبل الكفيلة بالاستغلال المستقبلي لموارد المحيطات التي من المؤمل ان تصبح المصدر الرئيسي لغذاء سكان العالم خلال القرن الحالي.

٣-علاقة جغرافية البحار والمحيطات مع علم البيئة

للبيئة البحرية أهمية كبيرة في النظام البيئي من ناحية حيوية، فهي تمتاز بأتصال أجزائها اتصالاً حراً طبيعياً يتيح التفاعل والتأثير بين أرجائها، حيث يعتبر للبيئة البحرية دوراً بارزاً في تحقيق التوازن المناخي، وذلك من خلال ارتفاع درجة حرارتها النوعية عند السطح وبرودتها من الأسفل، مما يمكنها من امتصاص قدرٍ كبيراً من أشعة الشمس الساقطة على الأرض، ومن ثم تبخر جزءاً من هذه المياه إلى الجو بفعل الرياح الصاعدة، وتجمعها على هيئة سحب تندفع في اتجاه اليابسة محدثة أمطار مصدر الماء العذب للكائنات الحية الأخرى على البر.

كما تتميز بقدرتها على امتصاص ثاني أكسيد الكربون، وذلك من خلال عملية البناء الضوئي (التمثيل الكلوروفيلي) الذي تقوم به البلانكتونات النباتية العالقة في مياه البحر بكميات كبيرة،

الحال يسمى نسيم البحر، وعكس ذلك يكون نسيم البر حيث في الليل الدفء في المياه ويتشكل ضغط منخفض، بينما اليابسة تفقد الحرارة ويتشكل ضغط مرتفع مما يدفع نسيم البر باتجاه البحر ويستفاد في كلا الحالين من هذه الظاهرة في الصيد البحري، إذ إن الصيادين يرفعون الأشرعة ليلاً فيدفعهم نسيم البر باتجاه البحر، وفي أثناء العودة يدفعهم نسيم البحر نهاراً باتجاه الساحل.

علاقة جغرافية البحار والمحيطات بالعلوم الاخرى

تعد جغرافية البحار والمحيطات من أحدث الفروع الأساسية لعلم الجغرافية ومن أهم فروع الجغرافية التطبيقية . لذلك، يعرّف بأنّه : العلم الذي يدرس الحياة البحرية بجميع مظاهرها، ويتحرّى أسباب الظواهر البحرية وتطوّرها. (وهو من العلوم التي تحاول الوصول إلى قوانين وقواعد تفسّر الظواهر البحرية والمحيطية ، سواء كانت هذه الظواهر تتعلق بالتضاريس المحيطية وطوبغرافيا المحيطات ، أو النظم الحياتية للكائنات البحرية النباتية والحيوانية .وبالتالي، فان جغرافية البحار والمحيطات تتناول بالدراسة حيزا واسعا يشمل البحار والمحيطات ومياهها وتضاريسها والحياة في القيعان العميقة والقريبة من السطح بالاضافة الى دراسته للنشاطات البشرية على السطح وهو ما يفتح المجال امام التداخل بين علم جغرافية البحار والمحيطات والعلوم المختلفة الاخرى وهكذا نجد أنّ ثمّة صلة بين علم البحار والمحيطات والعلوم الاخرى نوجزها بالاتي:-

١- علاقة جغرافية البحار والمحيطات بعلم الاحياء

اذ يدرس كلا العلمين الاحياء البحرية في المحيطات وبما ان البحار والمحيطات تزخر بالكائنات الحية المختلفة الانواع والأجناس والاشكال التي يعيش بعض أنواعها في اعماق البحر والبعض الاخر على السطح، كما ان انتشارها يتباين تبعا للعوامل المناخية والبيئات البحرية فأن علم الاحياء البحرية يصنف الأنواع على أساس البيئة وليس على التصنيف .ويختلف علم الاحياء البحرية عن علم البيئة البحري حيث ان علم البيئة البحري يركز على كيفية تفاعل الكائنات مع بعضها البعض ومع البيئة اما علم الاحياء فهو دراسة الحيوان نفسه. و يغطي علم الاحياء البحرية قدرا كبيرا من الكائنات، بدءا من الكائنات المجهرية، كمعظم العوالق الحيوانية والعوالق النباتية إلى الحيتان الضخمة التي تصل إلى طول ٤٨ مترا و المواطن التي يدرسها علم الاحياء البحرية تشمل كل شيء(وهو ماتفعله جغرافية البحار والمحيطات ايضا) بدءا من الطبقات الصغيرة من المياه السطحية التي تعلق فيها الكائنات الحية والمواد غير الحية نتيجة توتر السطح بين المحيطات والغلاف الجوي، وتشمل اعماق الخنادق السحيقة، وأحيانا احتى عمق ١٠،٠٠٠ متر أو

التي تتسخن ببطء وتفقد الحرارة ببطء ونجد أن هذه الأحواض تمثل خزانات كبيرة للحرارة تطلقها في الفترات الباردة من السنة، وهنا يكون دور التيارات البحرية كبير جداً في التأثير على اليابسة عندما تقوم بانتقال جزء من المياه السطحية للبحار لمسافات طويلة تحمل صفات المنطقة المقبلة منها كتيار الخليج الدافئ الذي يحمل الدفء إلى غرب أوروبا ويسبب هطول الأمطار الدائم فيها ويمنع تجمد الموانئ حتى خطوط عرض عليا على عكس تيار كلابرادور >البارد المقبل من القطب الشمالي البارد الذي يسبب تجمد موانئ شرق كندا على خطوط العرض نفسها في أوروبا الغربية.

ج- تبادل مادي عن طريق نقل الأملاح والعناصر الكيمياوية المختلفة بوساطة بخار الماء والأمواج البحرية وطغيان البحار والمحيطات على اليابسة، كما أن القارات ترد المحيطات بسيل متصل من المجروفات الصخرية والعناصر الكيمياوية المختلفة عن طريق السواحل بوساطة الأنهار والمياه الباطنية.

د- ارتباط عضوي وهذا شكل آخر للعلاقة بين اليابسة والمحيطات، فهي غنية بعالميها الحيواني والنباتي والإنسان في حاجة ماسة لهذه الثروات لمحتويات المحيط من الثروات المعدنية المختلفة كما تجدر الإشارة على أن اختلاف مستوى المحيطات يؤثر بشدة على مساحة القارات فإذا ارتفع مستواها إلى ٢٠٠م نرى أنها تغمر ٣٪ من مساحة اليابسة، أما إن ارتفعت القارات بهذا المقدار نفسه، فإنها تقلص أكثر من ٨٪ من مساحة المحيطات، وإن ارتفعت المحيطات إلى ١٠٠٠م يغمر ٧١٪ من القارات، بينما لا يغمر من المحيطات أكثر من ١٢٪ لو ارتفع لمستوى القارات بالقيمة المذكورة نفسها.

٥-أهمية البحار الاقتصادية المتاتية من كونها مراكز للصيد ومكامن الثروة الحيوانية والنباتية والثروات المعدنية، وتتشكل فيها أوساط طبيعية غنية بالكائنات الحية النباتية والحيوانية ذات اهمية كبرى للإنسان، وعالم البحار والمحيطات أشبه بعالم اليابسة من حيث تنوع المحاصيل والمنتجات وعليه نشاهد أن النشاط البشري يتركز على السواحل بمصائد الأسماك الكبيرة والصناعات السمكية المتطورة كثيراً، وهو نشاط اقتصادي حيوي ومهم، يلعب دوراً كبيراً في الدخل القومي ويعطي معظم الصناعات ما يعادل ٣٠ مليون طن في السنة، وقدر أن كتلة المواد النباتية في المحيطات تعادل ١٦ مليار طن، بالإضافة إلى ثروات معدنية شاطئية، إضافة إلى الدور الأساسي في عملية النقل البحري واستخدام الموانئ المهمة في عملية التبادل التجاري بين الدول ودور الدول المهم التي تمتلك موانئ وواجهات بحرية كما أن للبحار دوراً كبيراً في تحريك السفن الشراعية منذ القديم من خلال نسيم البر والبحر، فنسيم البحر يتم نهاراً بسبب اكتساب اليابسة الحرارة في النهار، حيث يتشكل ضغط منخفض بينما الماء بارد نهاراً وعليه ضغط مرتفع وفي هذه

البحار الكيميائية : -

وتهتم بخصائص المياة الكيميائية من حيث درجة الملوحة حيث أن درجات الملوحة فى البحر ليست واحده... وأيضا من حيث أنواع الأسماك ودرجة الشفافية أو نقاء المياة .. وتدرس كثافة المياة .. الكثافة النوعية .. وتدرس لون المياه و اختلاف درجات لون البحر (أخضر ، أزرق ، تركوازا....الخ

٤-الهنسة التطبيقية وهي من العلوم المساعدة لعلوم البحار والمحيطات وتستخدم فى إقامة المشروعات الخاصة ((إعذاب مياة البحار))وفى إقامة محطات توليد الكهرباء... وفى حفر الآبار لاستخراج البترول

أهمية دراسة البحار والمحيطات:

تعتبر جغرافية البحار والمحيطات من المجالات التي تزداد أهميتها بصفة مستمرة وذلك للأسباب الآتية :

١-ادراك الجغرافيين لأهمية البحار والمحيطات ووعيهم لآثارها البيئية للحياة على اليابس.

٢-ادراك الجغرافيين ان البحار والمحيطات تمثل خزينا هائلا للموارد الغير مستغلة وهي الملاذ الاخير الذي سيلجا له البشر لتوفير غذائهم في ضوء الزيادة الهائلة للنمو السكاني العالمي.

٢-ان معظم الصخور الرسوبية الموجودة حاليا على القارات تكونت في البحار وبالتالي فان دراسةالبحار والمحيطات تزودنا بالمعلومات التي تميط الثام عن كثير من الاسرار الخاصة بالصخور ومكوناتها وطرق تشكلها .

٣- أن البحار والمحيطات تعتبر أهم عامل جيولوجي يغير معالم قشرة الارض ومن ثم فان دراستها تساعد علماء الجيلوجيا على الاجابة على الكثير من التساؤلات المبهمة بخصوص نشوء كوكب الارض وتطوره.

٤- ارتباط البحار والمحيطات باليابسة وتأثير كل منهما على الآخر ويكون الترابط على الشكل التالي.

أ- تبادل الرطوبة بين المحيطات والبحار والقارات والمحيطات ترسل البخار وتهطالها إلى القارات تتكاثف هناك لتعود مرة ثانية إلى المحيطات عن طريق المجاري الباطنية والسطحية وعن طريق بخار الماء.

ب- - التبادل الحراري واختلاف السعة الحرورية لكلا السطحين واختلاف درجة طرق تسخنها فصلياً ما يؤثر على نشوء مراكز ضغط جوي مختلفة وانتقال الكتل الهوائية من مراكز الضغط المرتفع باتجاه مراكز الضغط المنخفض، وكذلك بسبب السعة الحرورية الكبيرة للمحيطات

الفصل الثاني

المحيطات والبحار

المقدمة :

اعتقد الانسان قديماً ان الارض تتكون من جبال مرتفعة تحيط بها البحار ، واعتقد اليونانيون القدماء ان الارض تتكون من قرص تحيط بها البحار والمحيطات ، ولقد أنشد شعراؤهم (الاوديسا والالياذة) بهذا الغرض . وفي الفترات المتأخرة كتب أحد الجغرافيين القدماء أسترابون [1] (٥٤ ق . م ـ ٢٥ ميلادية) ان العالم يتكون من مجموعة من الجزر تفصلها عن بعضها مسطحات مائية صغيرة سميت بالبحار والكبرى أطلق عليها اسم (المحيطات) . ولقد تغنى الانسان منذ القدم عن البحار وثروتها وكون الاساطير عنها الى درجة قد عدها أحياناً في مستوى الآلهة ، فوجب عليه عبادتها (بوسيدون ونبتون) [2] .

ان التطور السريع في الاكتشافات الجغرافية وانتشار الانسان في جهات مختلفة من هذا الكوكب ادت الى ظهور خارطة جديدة للكرة الارضية ، وخلال رحلات السفن الشراعية الى المناطق المتجمدة ظهر ان المحيطات من السعة بحيث لا يمكن عد أطوالها . وبعد الفي سنة من هذه المحاولات اليونانية القديمة تمكن كولومبس من ركوب المحيط الاطلسي واكتشاف العالم الجديد ، وكذلك بعثة ماجلان العلمية حول العالم والتي تعتبر بحق من أعظم اكتشافات تلك الفترة الا ان رحلات العرب الفينيقين في داخل البحر المتوسط ، ورحلات بن بطوطة والادريسي وابن رشد وغيرهم ماهي الا مثل على مساهمة العرب في تطور علوم البحار . لقد أثبتت تلك الرحلات الجغرافية بعض الحقائق التي كانت في موضع جدل وشك من مثل كروية الارض ونمط توزيع الماء واليابس على سطح الكرة الارضية .

---

(١) استرابون ، الجغرافية في الكتاب السابع عشر ـ موسكو ١٩٦٤ ص ١١ (باللغة الروسية)

(٢) مهدي الصحاف ، المحيطات واثرها على الاقتصاد العالمي في الحاضر والمستقبل (مجلة الاقتصادي ـ العدد الثالث والرابع للسنة عشرة بغداد ١٩٧٠ .

توزيع الماء في الكرة الارضية :

يعتبر الماء احد العناصر الأكثر انتشاراً على سطح الكرة الارضية . اذ يغطي غالبية سطحها مشكلا ما يدعى بالمحيطات **Oceans** والبحار- **Seas** ، بينما ينتشر الماء على سطح اليابسة على هيئة أنهار جارية **Rivers** . ووديان صغيرة **Wadi** .أو على هيئة مسطحات مائية صغيرة تدعى بالبحيرات **Lakes** . أو مسطحات مائية ضحلة **Swamps / Marshes** كالمستنقعات والاهوار ، وتظهر المياه بحالتها المتجمدة فوق الجبال المرتفعة او في المناطق القطبية على هيئة جليد **Snow** ومسطحات جليدية واسعة **Ice** او على هيئة جبال ثلجية عائمة في الجهات القطبية من المحيطات تدعى **Ice bergs** ويظهر على هيئة غطاء ثلجي خلال فصل الشتاء على اليابس والمسطحات المائية وخاصة في المناطق القطبية وشبه القطبية ، ويوجد الماء كذلك في ذرات التربة والصخور على اعماق مختلفة من سطح الارض ليكون مياهاً جوفية **Ground-water** . وكذلك يوجد الماء في الغلاف الغازي في هيئة بخار ، كما يدخل في تكوين خلايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية .

يقدر مجموع مياه الكرة الارضية بحوالي ٢٠٠٠ مليون كيلومتر مكعب (٢ × ١٠^١٨ م^٣) ، فيها ما يقرب من ١٣٧٠ مليون كيلومتر مكعب (حوالي ٦٣,٥ ٪) هي مياه المحيطات والبحار ، وحوالي ٢٤ مليون كيلومتر مكعب (أي حولي ١ ٪) تشكل مياه اليابسة اي ، الجليد والانهار والبحيرات والمستنقعات والمياه الجوفية . تشكل مياه الجليد في القارة القطبية الجنوبية (انتاركتيكا) وجزيرة كرينلاند ما يقرب من ٢٣ مليون كيلومتر مكعب من الماء . في نفس الوقت لا تشكل مياه الغلاف الغازي سوى نسبة قليلة حيث تقدر بحوالي ١٣ مليون كيلومتر مكعب اما المياه الجوفية فانها تشكل نسبة عالية من مياه الكرة الارضية تقدر بحوالي ٣٤ ٪ من مجموع المياه العامة . ويقدر حجم المياه الجوفية على عمق ١٦ كيلومتر بحوالي ٤٠٠ مليون كيلومتر مكعب ، كما ويقدر في عمق ٦٠ كيلومتر بحوالي ٦٠٠ مليون كيلومتر مكعب (١)

الموازنة المائية العامة في الكرة الارضية : ـ

تقدر مياه الكرة الارضية بحوالي ١,٤ × ١٠^٩ كيلومترا مكعبا . ومن هذه الكمية يتبخر سنوياً ما يقرب من ٥١٨٦٠٠ كيلومتراً مكعباً ، اي بنسبة تصل الى حوالي

---

(١) دافيدوف الهيدرولوجيا العامة ص ١٣ موسكو ١٩٥٨ باللغة الروسية

٠,٠٣٧ ٪ من مجموع مياه الكرة الارضية . ترجع هذه الكمية مرة أخرى الى سطح الارض على هيئة تساقطات بأشكالها المختلفة (مطر ، ثلج ، برد ، ندى ، صقيع .. الخ) ولذا فان منسوب مياه الكرة الارضية في المحيطات والبحار لا يتغير خلال تلك العملية وبكلمة اخرى يتساوى الوارد المائي مع المفقود المائي كما في المعادلة التالية :

$$Z = X$$

حيث أن z = المياه المتبخرة

x = الامطار المتساقطة

على أن كمية المياه المفقودة والواردة يختلف باختلاف مكونات سطح الارض ومساحتها كما يظهر من الجدول التالي رقم ـ (٣)

جدول رقم (٣) الموازنة المائية للكرة الارضية

نوع سطح الارض	الحجم السنوي للماء كم٣	الارتفاع السنوي للماء مليمتر	النسبة المئوية
اليابسة ذات الصرف الخارجي (المساحة ١١٦٧٧٨ الف كيلومتر مربع)			
الامطار	٩٩٣٠٠	٨٥٠	١٩,١
مياه الانهار	٣٦٣٠٠	٣١٠	٧,٠
التبخر	٦٣٠٠٠	٥٤٠	١٢,١
المجموع	٩٩٣٠٠	٨٥٠	١٩,١
اليابسة ذات الصرف الداخلي (المساحة ٣٢٠٣٣ الف كيلومتر مربع)			
الامطار	٧٧٠٠	٢٤٠	١,٥
التبخر	٧٧٠٠	٢٤٠	١,٥
المحيطات والبحار (المساحة ٣٦١١٠٠ الف كيلومتر مربع)			
الامطار	٤١١٦٠٠	١١٤٠	٧٩,٥
مياه الانهار	٣٦٣٠٠	١٠٠	٧,٠
المجموع	٤٤٧٩٠٠	١٢٤٠	٨٦,٥
التبخر من المحيطات	٤٤٧٩٠٠	١٢٤٠	٨٦,٥
الكرة الارضية (المساحة ٥١٠١٠٠ الف كيلومتر مربع)			
الامطار	٥١٨٦٠٠	١٠١٥	١٠٠
التبخر من المحيطات	٤٤٧٩٠٠	٨٧٥	٨٦,٥
التبخر من اليابسة	٧٠٧٠٠	١٤٠	١٣,٥
المجموع	٥١٨٦٠٠	١٠١٥	١٠٠

لفوفيج ـ الانسان والماء ص ١٤٠ موسكو ١٩٦٣ (باللغة الروسية)

المبحث الاول : خصائص البحار والمحيطات العامة

أ ـ ملوحة مياه البحار والمحيطات
ب ـ حرارة مياه البحار والمحيطات
جـ ـ ضغط مياه البحار والمحيطات
د ـ كثافة مياه البحار والمحيطات
هـ ـ تغلغل الضوء خلال مياه البحار والمحيطات
و ـ لون مياه البحار والمحطات

ان للبحار والمحيطات خصائص كيمياوية وفيزياوية معينة ، تجعلها متميزة عن المسطحات المائية الموجودة على اليابسة ، من مثل الانهار والبحيرات والمستنقعات . فتتصف مياه البحار والمحيطات بارتفاع نسبة الاملاح فيها بشكل تختلف درجته أفقياً وعمودياً عن مياه اليابسة ، لاسباب متعددة . تختلف درجة حرارة المياه في البحار والمحيطات افقياً ورأسياً بين منطقة واخرى ويمتد هذا الاختلاف ليسري على مقدار الضغط والكثافة وحتى تغلغل الاشعة الشمسية واختلاف لون مياه البحار والمحيطات وفيما يلي اهم خصائص مياه المحيطات والبحار .

أ ـ الملوحة Salinity

تحتوي مياه البحار والمحيطات كبقية مياه اليابس ، على مواد عضوية ولا عضوية ذائبة الا أنها تختلف عن مياه اليابس في ان نسبة هذه المواد الذائبة تفوق وتختلف كثيراً في نوعها ونسبتها عن مياه الانهار والبحيرات ، بيد ان تفاوت نسبة المواد المعدنية والعضوية في مياه البحار مما تؤدي الى تغيرات كيمياوية وفيزياوية وبايولوجية لمياه البحار تجعلها تختلف كلياً عن مياه اليابس ، حيث أن صبيب الانهار العذب والتساقطات المطرية وعملية التبخر وذوبان الجليد البحري تؤدي الى تغير نسبة الاملاح في مياه البحار بالاضافة الى فعاليات الكائنات الحية البحرية وترسباتها على القاع مما يؤثر على تغير نسبة الاملاح في مياه البحر .

كذلك ان عملية تنفس الكائنات الحية والنباتات تغير في نسبة الغازات المذابة في مياه البحار والمحيطات . ان اغلب هذه التغيرات في نسبة الاملاح والغازات تظهر بشكل جلي في المناطق الشاطئية او في البحار المغلقة وشبه المغلقة حيث تقل نسبة ذلك التغير كلما ابتعدنا بعيداً عن الساحل حيث التيارات والموجات البحرية .

تحتوي مياه البحار والمحيطات على معظم العناصر الكيمياوية المعروفة وبنسب مختلفة الا أن الغالب فيها يتكون من آيونات وردت في الجدول رقم (٤) . غير ان بقية الآيونات كالذهب والفضة والنحاس والفسفور واليود تشكل نسبة ضئيلة أقل من ٠,١ ٪ من مجموع الآيونات الذائبة في الماء . ان وجود املاح الصوديوم الذائبة في مياه البحار والمحيطات تعطي مذاقاً مالحاً لهذه المياه ، كما ان وجود املاح المنغنيز تعطيه مذاقاً مجاً .

جدول رقم (٤) الآيونات الرئيسية المذابة في مياه البحار بالمئة

Cl^{-}	Na^{+}	SO_4^{--}	Mg^{++}	Ca^{++}	K^{+}	CO_3^{--}	Br^{-}
الكلور	صوديوم	كبريتات	مغنسيوم	كالسيوم	بوتاسيوم	كاربونات	بروم
٥٥,٢	٣٠,٦	٧,٧	٣,٨	١,٢	١,١	٠,٢	٠,٢

دافيدوف . ل . ك المصدر السابق ص ٦٩

يختلف التكوين الكيمياوي لمياه البحار عنه في مياه الانهار . يتضح ذلك من الجدول رقم (٥)

يتضح من الجدول رقم (٥) ان مياه البحار تحتوي على نسبة عالية من الكلوريدات ونسبة معتدلة من الكبريتات اضافة الى نسبة واطئة جداً من الكاربونات . على ان مياه الانهار تحتوي على نسبة ضئيلة جداً من الكلوريدات ، في الوقت الذي تتقارب نسبة الكبريتات مع نسبتها في مياه البحار . ذلك رغم ان نسبة

جدول رقم ٥ نسبة الاملاح في مياه البحار ومياه الانهار

الاملاح الرئيسية	مياه البحر بالمئة	مياه النهر ـ بالمئة
الكلوريدات	٨٨,٧	٥
الكبريتات	١٠,٨	١٠
الكاربونات	٠,٣	٦٠
نتروجين ، فسفور	٠,٢	٢٥
سليكون ومواد عضوية		

المصدر ـ دافيدوف المصدر السابق ص ٦٩

الكاربونات فيها تكون عالية جداً . وتظهر علاقة الارتباط ، بشكل نسبي ، بين آيونات املاح مياه البحار والمحيطات في الجدول رقم (٦)

الجدول رقم (٦) علاقة الارتباط بين آيونات املاح مياه البحار (بالمئة)

الكاتيون	الآيون الحر ٪	الكبريتات ٪	بيكاربونات ٪	الكاربونات ٪
Na^+	٩٩	١,٢	٠,٠١	—
Mg^+	٨٧	١١	١	٠,٣
Ca^+	٩١	٨	١	٠,٢
K^+	٩٩	١	—	—

الانيون	الآيون الحر ٪	Na بالمئة	Mg بالمئة	Ca بالمئة	بالمئة
SO_4	٥٤	٢١	٢١,٥	٣	٠,٥
HCO_3	٦٩	٨	١٩	٤	
CO_3	٩	١٧	٨٧	٧	

المصدر : Grant Gross Oceanography, New Jersey 1977

مصدر الاملاح في مياه البحار :

تتكون القشرة الارضية من صخور مختلفة . هذه الصخور هي معادن واملاح معادن واكاسيدها وهي تختلف في درجة مقاومتها لعوامل التعرية والاذابة والتحلل والتأكسد منها ما لا يقاوم وجود الماء يذوب فيه وبذلك ينقل خواصه الكيميائية الى الماء . فاذا ما تساقطت الامطار وجرت المياه على السطح ، او الى داخل التربة والصخور ، فانها تعمل على اذابة الاملاح الموجودة فيها . كذلك تعمل الانهار والمياه الجوفية والثلوج الذائبة على اذابة ما يعترضها من املاح مختلفة فتنقلها على شكل محاليل اما الى بحيرات داخلية او الى بحار أو محيطات خارجية . لقد ادى تجمع الاملاح ، خلال الفترة الزمنية الطويلة من عمر الارض الى تكوين بحيرات مالحة كما تجمعت هذه الاملاح في البحار والمحيطات بشكل تدريجي .

وقد قدرت نسبة الاملاح التي تنقلها أنهار اليابسة سنوياً بحوالي ٢٧٠٠ مليون طن وأن كمية الاملاح المذابة في مياه البحار والمحيطات تقع بحدود ٤,٨٤ × ٦١٠ طن اي ما يعادل ٢,١٨ × ١٦١٠ متر مكعب (١) .

توزيع الملوحة بشكل أفقي في مياه المحيطات والبحار :

تختلف درجة تركيز املاح مياه البحار والمحيطات أفقياً بين منطقة واخرى بتأثير العناصر المناخية كالحرارة والتساقط والرياح والضغط . ويظهر ذلك في خارطتي خطوط الملوحة المتساوية لفصلي الصيف والشتاء (الخارطة رقم ٩ ـ ١٠) .

يصل متوسط ملوحة البحار والمحيطات الى حوالي ٠,٠٣٥ (٣٥ غراماً في اللتر الواحد من الماء) . الا ان نسبة تركيز الاملاح قد تزيد او تقل عن ذلك في بعض البحار والمحيطات فتنخفض درجة التركيز بالقرب من خط الاستواء ومنطقة الركود الاستوائي بحيث تصل الى حوالي بحيث تصل الى حوالي ٠,٠٣٤ ـ ٠,٠٣٥ (٣٤ غراماً في اللتر) وذلك نتيجة لغزارة السقط وارتفاع نسبة الرطوبة وانخفاض التبخر رغم ارتفاع درجة الحرارة . والى الشمال والجنوب من خط الاستواء اي في عروض الرياح التجارية . وحيث تنخفض كمية التساقط وزيادة سرعة الرياح ويجف الهواء وترتفع درجات الحرارة وتنخفض نسبة التغييم ، فان مقدار التبخر يزداد من المسطحات

(١) سميرنوف علم المحيطات ص٨١ موسكو ١٩٧٤ (باللغة الروسية)

المائية فيؤدي الى زيادة تركيز الاملاح في مياه البحار والمحيطات بحيث تصل الى حوالي ٣٧,٥ في الالف في المحيط الاطلسي والى ٣٦,٥ ـ ٣٦ في الالف في مياه المحيط الهادي والمحيط الهندى (٢).

والى الشمال والجنوب من حدود العروض التجارية تنخفض درجة الملوحة تدريجياً نتيجة زيادة كمية التساقط وانخفاض نسبة التبخر. وتنخفض نسبة الملوحة بشكل ملحوظ في أقصى الشمال والجنوب بسبب ذوبان الجبال الثلجية التي تؤدي الى زيادة نسبة المياه العذبة. ولهذا فان توزيع الملوحة افقياً يتماشى تقريباً مع العروض الجغرافية (لاحظ الخارطة ٩ ـ ١٠)، غير ان توزيع الملوحة على سطح البحار والمحيطات قد يخرق نتيجة التيارات المحيطية وصبيب الانهار الكبيرة وذوبان الجبال الثلجية (الثلاجات) حيث ان التيارات البحرية الدافئة تزيد من تركيز الملوحة بينما التيارات البحرية الباردة تقلل من نسبة التركيز الملحي على المناطق البحرية المندفعة نحوها فمثلاً ان تأثير تيار الاطلسي الشمالي يؤدي الى ارتفاع نسبة الاملاح في الاقسام الشمالية من المحيط الاطلسي اذ تصل نسبتها الى حوالي ٣٥ في الالف، حيث لا توجد مثل هذه النسبة في المحيطات الاخرى الواقعة على نفس العروض. غير ان تيار لبرادور البارد يؤدي الى هبوط نسبة تركيز الاملاح في السواحل الشرقية لاميركا الشمالية.

ويظهر أثر مياه الانهار العذبة في خفض نسبة تركيز الاملاح في البحار الى مسافة قد تصل احياناً الى حوالي ٥٠٠ كيلومتر في داخل المحيط. ان بعض الاجزاء من خليج البنغال تنخفض فيها درجة الملوحة الى حوالي ٣٢ في الالف نتيجة لصبيب مياه نهر الكنج ومياه نهر براهما بوترا. وفي نفس الوقت تنخفض نسبة الملوحة في مياه السواحل الشمالية لقارة آسيا الى حوالي ٢٠ في الالف نتيجة لصبيب أنهار سيبيريا الكبرى (١).

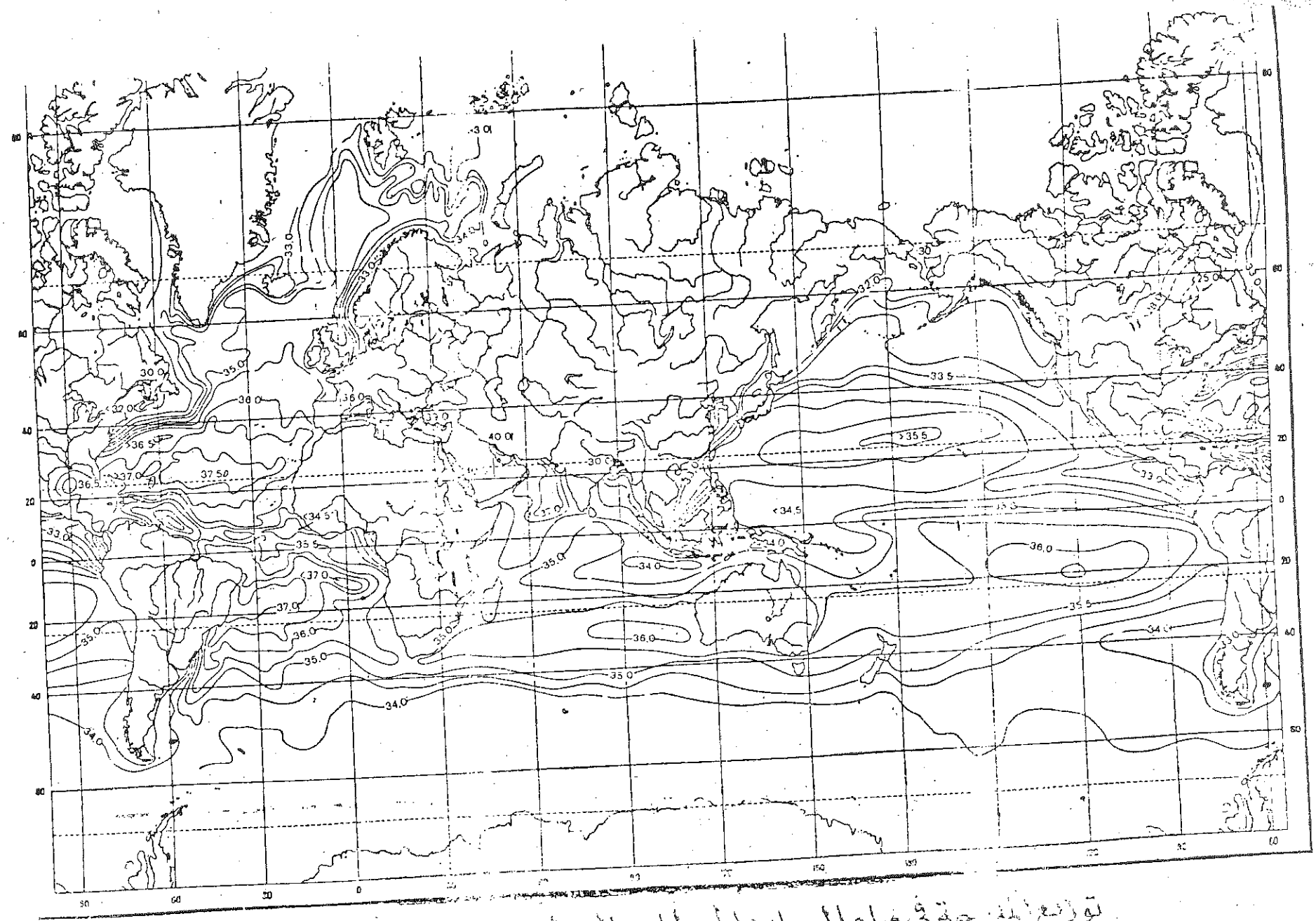
وبالاضافة الى ذلك يظهر جلياً لما للتجمد من أثر على زيادة نسبة الاملاح بينما يقلل ذوبان الثلج من نسبة تركيزها في مياه البحار والمحيطات.

ويظهر مما تقدم اختلاف توزيع الاملاح افقياً في مياه البحار والمحيطات العالمية، حيث تبلغ نسبة تركيزها في مياه المحيط الاطلسي الى حوالي ٣٥,٤ في الالف

---

(١) شوليكن ملاحظات في فيزياء البحر ص ١١٦ موسكو (١٩٦٢) (بالروسية)

(٢) دافيدوف ل. ك المصدر السابق ص٨٧



توزيع الملوحة في مياه البحار والمحيطات السطحية خلال الصيف

توزيع الملوحة في المياه السطحية للبحار والمحيطات

وفي المحيط الهادي ٣٤,٩ في الالف وفي المحيط الهندي ٣٤,٨ في الالف . ويرجع سبب ارتفاع نسبة الملوحة في المحيط الاطلسي الى تأثره بالرياح التجارية . فتهب هذه الرياح التجارية الشمالية الشرقية باتجاه الصحاري وتحمل خصائص معينة من مثل حرارة مرتفعة وجفاف شديد فيؤدي ذلك الى زيادة في نسبة التبخر من هذا المحيط .

كما أن انعدام السلاسل الجبلية المرتفعة على سواحل المحيط لا تشكل حاجزاً يحول دون توغل الرطوبة نحو داخل اليابس .

التوزيع الافقي لملوحة مياه البحار : ـ

تختلف نسبة التركيز الملحي في مياه البحار عنها في مياه المحيطات ، فقد تزيد هذه النسبة بشكل ملحوظ في البحار بالمقارنة مع ما هي عليه في المحيطات ، الا انها تنخفض بشكل واضح ، عما هي عليه في مياه المحيطات ، وذلك لاسباب تتعلق بظروف التبادل المائي بين البحار والمحيطات او نتيجة لنوعية المناخ ودرجة صبيب مياه الانهار .

تتقارب نسبة تركيز الاملاح بين مياه البحار والمحيطات اذا كانت عملية التبادل المائي بينهما جارية بشكل طليق او معتدل . اما اذا كانت العلاقة بينهما قليلة وقليلة جداً فان الاختلاف يظهر في درجة تركيز الاملاح فيما بينها .

تتميز البحار الداخلية في العروض المعتدلة وشبه القطبية والمحاطة نسبياً باليابسة بارتفاع نسبة التساقط وكثرة صبيب الانهار العذبة وانخفاض كمية التبخر مما يجعلها تتصف بانخفاض نسبة الاملاح في مياهها مما يجعلها تختلف كثيراً عن مياه المحيط ولنأخذ بحر البلطي والبحر الابيض وبحر ازوف والبحر الاسود وبحر مرمرة كمثل على انخفاض نسبة الملوحة في مياهها . وتنخفض نسبة الاملاح بدرجة كبيرة في البحر البلطي من الغرب الى الشرق نتيجة تأثير الرياح المندفعة باتجاه الشرق .

تنخفض نسبة تركيز الاملاح في بداية خليج فنلنده الى حوالي ٧ في الالف فقط ، في حين تصل في كوتلينا الى حوالي ٢ ـ ٣ في الالف فقط .

في البحر الابيض تزيد درجة الملوحة على ما ذكر بالنسبة الى البحر البلطي وذلك نتيجة لاتصاله مع مياه المحيط .

كذلك تنخفض نسبة الاملاح في مياه الخلجان بشكل واضح على انها تتغير بشكل واضح تحت تأثير مياه البحار وصبيب مياه الانهار العذبة ، فتهبط درجة التركيز بحيث يمكن اعتبار مياهها عذبة ، وقد ترتفع نسبة الاملاح فيها فجأة بحيث تصل الى حوالي ٢٠ ـ ٢٥ في الالف ، وفيما يلي أمثلة على درجة تركيز الاملاح في مياه بعض البحار .

ـ بحر آزوف هذا البحر من البحار القليلة الاملاح ـ تتبادل مياهه بنطاق واسع مع مياه البحر الاسود ، تكون كمية صبيب الانهار فيه مرتفعة لذا نجد ان نسبة الاملاح في مياهه لا تتجاوز ١١ في الالف ، وقد تصل احياناً الى ١٣ ـ ١٤ في الالف ، تتغير نسبة الاملاح في المناطق الشاطئية من هذا البحر نتيجة لظاهرة ارتفاع وانخفاض المنسوب المائي بعامل حرارة واتجاه الرياح .

٢ ـ البحر الاسود .

هو ايضاً يعتبر من البحار التي تقل الاملاح في مياهه . وهو يتصل مع بحر مرمرة من خلال مضيق محدود ويتبادل المياه مع البحر الاسود من خلال مضيق البسفور الضحل ، تصب فيه من جهته الشمالية الغربية انهار كبيرة ذات تصريف عال مثل نهر الدانوب والدنيبر بالاضافة الى تبادله المياه مع بحر آزوف . ترتفع نسبة السقط المطري في الاجزاء الشمالية منه (القوقاز) . لذلك فان درجة تركيز الاملاح فيه تكون قليلة نسبياً ، فهي تتراوح من ١٧,٥ الى ١٨,٢ في الالف . وتنخفض درجة تركيز الاملاح في الاقسام الشاطئية من البحر وذلك نتيجة لكثرة صبيب الانهار فيه ، حيث تصل نسبة الاملاح الى حوالي ٩ في الالف فقط .

٣ ـ تتميز البحار الداخلية في العروض الواطئة الجافة ، وحيث تنخفض كمية السقط وترتفع كمية التبخر ، بارتفاع تركيز الاملاح في مياهها . وقد تزيد هذه النسبة احياناً على نسبة الاملاح الموجودة في مياه المحيطات . فالبحر المتوسط مثلاً يقع بين السواحل الجنوبية لاوربا والسواحل الشمالية لافريقيا والسواحل الغربية لشبه جزيرة العرب . فتهب الرياح الساخنة الجافة من أفريقيا وشبه جزيرة العرب فتؤدي الى زيادة كمية التبخر . وفي نفس الوقت لا تتساقط على هذا الاقليم سوى كمية قليلة من الامطار ، كما ان صبيب الانهار يكون قليلاً نسبياً . وتدخل مياه البحر المتوسط مع مياه المحيط الاطلسي عن طريق مضيق جبل طارق . وهو مضيق ضيق . لذلك فأن نسبة تركز الاملاح في مياهه تكون عالية بحيث تزيد على نسبتها

في مياه المحيط ، اذ قد تصل بالقرب من جبل طارق وصقلية الى حوالي ٣٧ ـ ٣٨ في الالف وتزداد في الاجزاء الشرقية من البحر الى حوالي ٣٩ في الالف .

٤ ـ البحر الاحمر :

يقع هذا البحر بين مناطق حارة ومناطق جافة ، كما ينعدم الصبيب النهري اليه ، وتتصل مياهه مع مياه المحيط الهندي عن طريق مضيق باب المندب،وهو مضيق ضحل وضيق . لذلك فان نسبة تركز الاملاح في مياه هذا البحر تكون مرتفعة بشكل واضح . تزداد هذه الملوحة من الجنوب الى الشمال بحيث تصل في اجزاءه الجنوبية الى حوالي ٣٧ في الالف كما تصل في أقسامه الشمالية الى حوالي ٤١ في الالف .

٥ ـ الخليج العربي :

تصل كمية الاملاح في مياه الخليج العربي الى حوالي ٣٩ في الالف في اقسامه الشمالية والوسطى غير انها تنخفض في اجزاءه الجنوبية الى حوالي ٣٧ في الالف .

٦ ـ بحر الشمال :

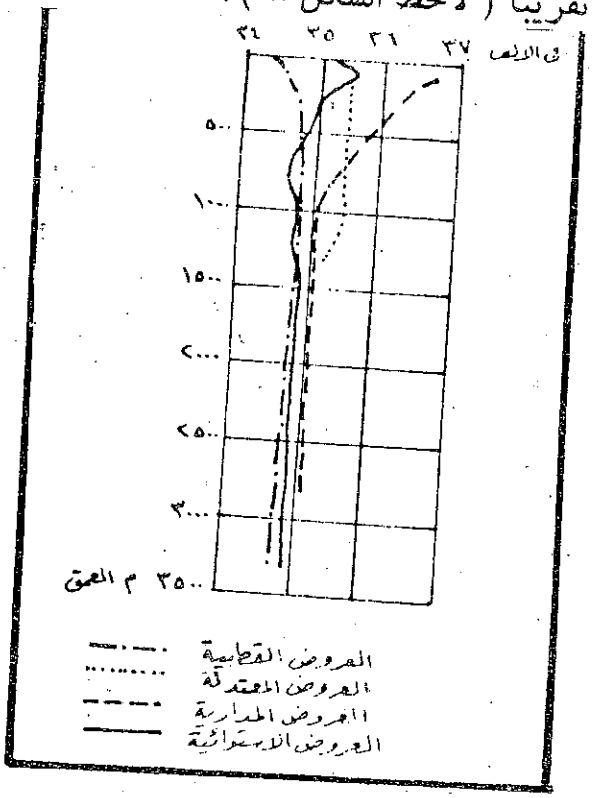
تختلف نسبة الاملاح في مياه بحر الشمال نتيجة لموقع هذا البحر ومدى اتصاله بالمسطحات المائية ـ حيث أنه يتصل بشكل طليق من الشمال مع بحر كرينلاند بينما يتصل غرباً من خلال القنال الانكليزي مع المحيط الاطلسي ، ويتصل شرقاً مع بحر البلطي ولذا فان نسبة تركيز الاملاح في مياهه السطحية تتفاوت بين ٣٥ في الالف في اقسامه الشمالية الغربية . واكثر من ٣٤ في الالف في الاجزاء الغربية ، بينما تنخفض في اقسامه الشرقية الى حوالي ٣٢ في الالف والى حوالي ٣١ في الالف في جزءه الجنوبي الشرقي .

ويتبين مما تقدم ان نسبة تركيز الاملاح في البحار الهامشية لاتختلف كثيراً عن نسبتها في مياه البحار والمحيطات نتيجة لاتصال مياه تلك البحار بشكل طليق مع مياه المحيطات ، غير ان المناطق الشاطئية منها قد تختلف نسبة تركيز الاملاح فيها كثيراً عن نسبة املاح مياه المحيط ، نتيجة لتأثير صبيب الانهار في المناطق الساحلية . فمثلاً ان نسبة تركيز الاملاح في منتصف بحر كارسك تصل الى حوالي ٣٣ في الالف الا انها تنخفض من ٨ الى ١٠ في الالف في الاقسام الساحلية منه وحيث

تصب الانهار الكبرى : نهر اوب ونهر ينساي ان نسبة الملوحة في مياه بحر بيرنك الجنوبية تصل الى حوالي ٣٣ في الالف الا انها تنخفض بسرعة في اجزاءه الشمالية الى حوالي ٣٢ في الالف نتيجة لانصباب مياه الانهار وتصل في مضيق بيرنك الى حوالي ٣٠ في الالف وتصل نسبة تركز الاملاح في بحر آوختسك الى حوالي ٣١ أو ٣٢ في الالف . الا انها قد تهبط قرب الساحل ، الى حوالي ٢٧,٥ في الالف (١).

التوزيع الرأسي لتركز الملوحة :-

تتغير نسبة الاملاح في مياه البحار والمحيطات عمودياً الا ان مقدار هذا التغير يختلف من منطقة الى اخرى في نفس البحر او المحيط . وذلك نتيجة لامتزاج المياه مع بعضها بفعل التيارات البحرية او الموجات المحيطية . على أن هذا الاختلاط يكون محدوداً وضمن طبقة مائية لا يتجاوز سمكها ١٥٠٠ متر (الى عمق ١٥٠٠ متر من السطح) وتبقي نسبة تركيز الاملاح في الطبقات المائية الواقعة على عمق يزيد على ١٥٠١ متساوية وثابتة تقريباً (لاحظ الشكل ١١) .



الشكل ٣-٢

تغير درجة تركيز الاملاح في مياه المحيطات رأسياً طبقاً للعروض الجغرافية

(١) سميرنوف المصدر السابق ص١١٢

لقد اظهرت التحليلات المختبرية لعينات مائية من مختلف العروض (الاستوائية ـ شبه المدارية والمعتدلة والقطبية) مدى التغير في كمية الاملاح عمودياً وذلك على الشكل التالي : ـ

١ ـ مجموعة المياه الاستوائية : تتميز الطبقة السطحية من مياه المحيط بانخفاض نسبة تركز الاملاح فيها نتيجة للتساقطات الغزيرة . وتزداد نسبة الملوحة بالتعمق الى مستوى ١٠٠ متر تقريباً ، حيث تصل تيارات سفلية أفقية من المدارين ذات تركز ملحي اعلى ، ثم تتغير نسبة تركز الاملاح ببطأ عند التعمق في مياه المحيط الى عمق ١٠٠٠ ـ ١٥٠٠ متر ، الا ان درجة تركز الاملاح بعد هذا المستوى تبقى ثابتة في جميع المستويات العميقة من المحيطات .

٢ ـ مجموعة المياه شبه المدارية : تتغير نسبة تركز الاملاح بسرعة ملحوظة في مياه هذه المحيطات حتى عمق ١٠٠٠ متر ، والى الادنى من ذلك تبقى نسبة الاملاح ثابتة فلا تتغير .

٣ ـ مجموعة المياه في العروض المعتدلة : تتميز مياه المحيطات في العروض الوسطى بعدم تغير نسبة الاملاح في مياهها اعتباراً من السطح وحتى القاع ، على وجه التقريب .

٤ ـ مجموعة المياه القطبية : تتميز مياه البحار القطبية بقلة تركز الاملاح فيها . وتزداد هذه النسبة بزيادة عمق المياه الى منسوب ٢٠٠ متر ، على ان التغير في نسبة الاملاح يتضائل بعد هذا المستوى بشكل تدريجي .

٥ ـ اما المناطق العميقة جداً فلا يظهر أثر لتغير نسبة الاملاح في مياهها حيث ان نسبة الاملاح في مياه المحيطات تحت منسوب ٢٥٠٠ متر من السطح يتفاوت بين ٣٤,٧ و ٣٤,٩ في الالف .

يعتمد التوزيع العمودي للملوحة في البحار على مقدار مساحتها وحجومها ودرجة اختلاط مياهها بمياه البحار والمحيطات المجاورة . وفيما يلي مثل على ذلك في كل من البحر المتوسط والبحر الاسود وبحر مرمرة .

أ ـ البحر المتوسط :

يتصل هذا البحر بالمحيط الاطلسي بمضيق محدود (مضيق جبل طارق) لايتجاوز عمقه ٣٦٠ متراً ، ويتميز بأرتفاع نسبة تركز الاملاح في مياهه السطحية .

وتزداد هذه الملوحة بزيادة عمق الماء .
لذلك فان نسبة تركز الاملاح في مياهه تزيد على نسبة تركزها في مياه المحيط الاطلسي المجاور له . وعليه فان الضغط في مستوى قاع مضيق جبل طارق يزيد على الضغط ، في نفس المستوى من مياه المحيط الاطلسي ، كما يندفع على العكس من ذلك ، تيار مائي سطحي من المحيط الاطلسي الى البحر المتوسط . تصل نسبة الاملاح في اعماق البحر المتوسط الى حوالي ٣٨,٦ في الالف الا انها تنخفض في أقسامه الغربية الى حوالي ٣٧ في الالف .

وتصل نسبة تركز الاملاح في الاجزاء الشرقية منه الى حوالي ٣٩ في الالف عند السطح ، الا انها تنخفض الى اقل من ذلك بالتعمق نحو الباطن .

ب ـ البحر الاسود :

تزداد نسبة تركيز الاملاح فيه بسرعة عند زيادة عمق الماء وحتى ١٠٠ متر تحت سطح الماء ، الا انها تنخفض بدرجة قليلة عند زيادة العمق عن ذلك . وتصل عند القاع الى حوالي ٢٢ في الالف .

جـ ـ بحر مرمرة :

تصل نسبة تركيز الاملاح في اعماق هذا البحر ، وفي الاجزاء القريبة من البحر المتوسط الى حوالي ٣٨ في الالف ، بينما لاتزيد نسبتها عند السطح على حوالي ٢٥ في لالف . لذلك فان نسبة الاملاح فيه تزداد رأسياً (عمودياً) بزيادة العمق .

الغازات الذائبة في مياه البحار :

ان النتروجين والاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون هي من اكثر الغازات تواجداً في مياه البحار والمحيطات ، بالاضافة الى غازات اخرى توجد بنسب اقل ، مثل الهيدروجين والامونيا والميثان وعدد اخر من الغازات توجد بنسب واطئة جداً . ان اهم مصادر الغازات في مياه البحار والمحيطات هو الغلاف الغازي الامس نسطح الماء . اضافة الى ماينتج عن التفاعلات الكيمياوية التي تحدث في العناصر العضوية او ما قد يرفد من مياه الانهار والبراكين التي قد تنفجر في قيعان المحيطات ، وفيما يلي تفصيل عن هذه الغازات : ـ

النتروجين : ـ

يوجد في جميع البحار والمحيطات وبنسب ثابتة تقريباً .

الاوكسجين : ـ

يوجد في جميع البحار وفي مختلف مستويات العمق ان مصدر الاوكسجين هو الغلاف الجوي ، وقد يرفد الى البحار والمحيطات نتيجة لعملية التركيب الضوئي التي تجري في النباتات . ويتحرر الاوكسجين من مياه البحار والمحيطات من خلال سطح الماء او نتيجة لعملية تنفس الاحياء البحرية ، بالاضافة الى عملية الأكسدة التي تحدث لمختلف المواد ، لذلك تتفاوت نسبة هذا الغاز في مياه البحار والمحيطات افقياً وعمودياً ، الا ان عملية تجدد الاوكسجين قد تحدث في بعض المناطق الملائمة لتجدده وقد لا يتجدد في مناطق اخرى .

تتغير نسبة الاوكسجين في مياه البحار طبقاً لدرجة الملوحة ودرجة الحرارة ، حيث تزداد نسبته بارتفاع درجة الحرارة فمثلاً ان كمية الاوكسجين في مياه بحر ما كانت نسبة املاحه ٣٥ في الألف ودرجة حرارة مياهه تعادل صفر فانها تصل الى حوالي ٨ / ٠٤ سم٣/ اللتر بالمئة الى درجة تشبعه(١). اما اذا ارتفعت درجة حرارة الماء الى أكثر من ١٠ درجة مئوية ، فان درجة وجود الاوكسجين تصل الى حوالي ١٢٥ بالمئة ولذا فان البحار تمون الغلاف الغازي بالاوكسجين ، وعلى هذا يمكن القول ان البحار والمحيطات تحرر الاوكسجين الى الغلاف الغازي في الصيف والربيع وتتزود بالاوكسجين من الغلاف الغازي خلال الخريف والشتاء . وتتم عملية التبادل الغازي بين الماء والغلاف الغازي عن طريق الطبقات السطحية من الماء وخاصة خلال الموجات البحرية التي تزيد من عملية التبادل . تنشط عمليه التركيب الضوئي (في النبات) خلال الساعات المضيئة بينما تنعدم خلال الساعات المظلمة ، ولذا تنشط هذه العملية في الطبقات القريبة من السطح وتقل في الطبقات العميقة ، وعلى هذا تتميز الطبقات السطحية باحتوائها على نسبة عالية من الاوكسجين ، الا ان هذه النسبة العالية لاتوجد على السطح وانها على عمق قليل منه . يتوغل الضؤ بدرجة قليلة حتى عمق ٢٠٠ متر من السطح ، لذا تقل او تنعدم عملية التركيب الضوئي في المستويات الواقعة دون ذلك العمق وعلى هذا تنخفض كمية الاوكسجين في تلك

١) دافيدوف ـ ل ـ ك المصدر السابق

المستويات الواطئة ، غير ان مياه المحيطات والبحار وعلى جميع المستويات العمودية تحتوي على نسبة من الاوكسجين تعتبر ملائمة وكافية لادامة بقاء الكائنات الحية في البحار والمحيطات . تعتبر الطبقات المائية السطحية بعمق ١٠٠ ـ ٣٠٠ متر غنية بالاوكسجين الا ان نسبة تركيز الاوكسجين في هذه المستويات يزداد تباعاً من الاستواء حتى المناطق القطبية ماعدا بعض الشذوذ ، حيث تنخفض نسبة تركيزه في التيارات البحرية الدافئة ويزداد تركيزاً في التيارات الباردة ، فمثلًا ان متوسط نسبة الاوكسجين في مياه البحار الواقعة عند خط الاستواء تقع بحدود ٥ سم٣/ لتر ، وتصل درجة تواجده الى حوالي ٦ الى ٧ سم٣/ لتر عند خط العرض ٦٠ درجة جنوباً ، وعند خط العرض ٥٠ درجة شمالاً تصل درجته الى حوالي ٨ سم٣/ لتر .

تنخفض درجة تشبع مياه البحار والمحيطات بالاوكسجين بالتعمق الى مستوى ١٥٠٠ متر عن السطح نتيجة لاستغلاله في عملية التنفس وتأكسد الكائنات الحية ، غير ان درجة تشبعه تزداد بعد ذلك المستوى .

تصل درجة تشبع الاوكسجين في مياه البحار والمحيطات القطبية الى حوالي ٨٨ الى ٩٧ ٪ في المستويات العميقة الكائنة بين ١٥٠٠ ـ ٢٠٠٠ متر ، وفي البحار القطبية يصل الى حوالي ٣٠ ـ ٤٠ ٪ ، بينما يصل في العروض القطبية الجنوبية الى حوالي ٦٠ ـ ٧٠ ٪ (١) .

ومما هو جدير بالملاحظة ان المياه السطحية الدافئه وذات التركيز الملحي العالي عند وصولها الى المناطق المعتدلة فانها تغور الى اعماق مناسبة نظراً لان كثافتها اكثر من كثافة مياه البحار المعتدلة ولذا فانها تؤدي الى زيادة نسبة الاوكسجين في مياه البحار المعتدلة عند تلك المستويات ، الا ان ظهور التيار السفلي في ذلك المستوى متجهاً ببطء نحو الاستواء ، يؤدي الى هبوط درجة تشبع الاوكسجين في تلك المياه المندفعة نحو الاستواء نتيجة استغلاله من جانب الكائنات الحية ، بيد انه يرتفع عند الاستواء الى السطح ناقلًا كمية من الاوكسجين الى المستويات العليا من الماء .

تؤثر الظروف المكانية للبحار على درجة تشبع مياهها بالاوكسجين ، فدرجة الملوحة ودرجة الحرارة ومدى تبادل مياه هذا البحر مع مياه البحار والمحيطات المجاورة اضافة الى توزيع كثافة الماء عمودياً ، جميعها تؤثر على كمية الاوكسجين في المستويات المختلفة لمياه البحار والمحيطات . لذلك تختلف درجة تشبع الاوكسجين في مياه البحار عنها في مياه المحيطات الاخرى .

---

(١) سمير نوف علم المحيطات موسكو ١٩٧٤ (باللغة الروسية)

يمكن ان نورد البحر الاسود مثلاً على ذلك ، فتصل نسبة تركز الاملاح في مياهه السطحية الى ١٧ او ١٨ بالألف ، وتزداد درجة تركز الاملاح بزيادة عمق الماء حتى تصل عند القاع الى حوالي ٢٢ في الألف . لذلك تكون كثافة المياه العميقة اعظم بكثير من كثافة المياه السطحية مما يحول دون هبوط المياه السطحية المشبعة بالاوكسجين خلال فصل الشتاء . فالمستويات الواطئة من مياه البحر الاسود تتميز دائماً بانعدام الأوكسجين فيها . فينعدم الاوكسجين من عمق يقدر بحوالي ١٥٠ متراً عن السطح(٢) وفي الاجزاء الساحلية وفي مستوى عمق ٢٠٠ متراً حيث يغلب وجود الهيدروجين بعد هذه المستويات اذ يبلغ مقداره حوالي ٦ سم٣/ لتر . لذلك تنعدم الحياة باستثناء (البكتريا) في اعماق هذا البحر .

وتتميز الطبقات السطحية من بحر البلطي بارتفاع تشبعها بالاوكسجين ، غير ان الطبقات المائية العميقة تتصف بارتفاع تركز الاملاح . ولذلك تنخفض درجة تشبع مياه البحر بالاوكسجين بزيادة عمق الماء ، غير ان المياه تكون خالية بالمرة من غاز كبريتيد الهيدروجين .(H_2S)

ثاني اوكسيد الكاربون :

يوجد غاز ثاني اوكسيد الكاربون بنسب واطئة في مياه البحار ، وتظهر هذه النسبة الواطئة احياناً على هيئة حامض الكاربونيك H_2CO_3 الذي ينبثق من مصادر متعددة منها : تشبع الماء بثاني اوكسيد الكاربون الذي ينتج عن عمليات تنفس وتفسخ الكائنات الحية ، او من الغلاف الغازي نتيجة لارتفاع درجات الحرارة . واذا كانت مياه البحر تتصف بالقاعدية فان بعض التفاعلات الكيمياوية تجري عند اتحاد ثاني اوكسيد الكاربون مع الكالسيوم لتكون كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ اوبيكاربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$ (١).

حرارة مياه المحيطات والبحار :

تعتبر دراسة درجة حرارة مياه المحيطات والبحار على السطح او في مختلف الاعماق من الاهمية بمكان في دراسة البحار والمحيطات ، اذ ان معرفة درجات

(٢) سمير نوف علم المحيطات المصدر السابق

(١) جيبوتاريوف المدخل في علم الهيدرولوجيا ص ٢٣ موسكو ١٩٦٠ (بالروسية)

الحرارة ونسبة تركز الاملاح يؤدي الى امكانية تحديد كتلة مياه المسطحات المائية وما تخلفه هذه الخواص على تكون التيارات البحرية وتحديد اتجاهاتها ومجالاتها ومناطق توزيعها .

تختلف درجة حرارة مياه البحار والمحيطات نتيجة لعاملي التسخين والتبريد بمصدر الحرارة الاساسي هو الاشعات الشمسية المباشرة والمشتته التي ينعكس قسم منها عند ملامسته سطح الماء بينما يتشتت القسم الاخر في الغلاف الغازي والفضاء الخارجي . تتبادل مياه البحار والمحيطات الطاقة الحرارية مع الغلاف الغازي الملامس لها . فاذا كانت المياه دافئة فان الهواء البارد الملامس لها ينتزع الدفء منها واذا كانت المياه باردة فانها تسلب الدفء من الهواء الحار الملامس . تفقد البحار والمحيطات اغلب حرارتها خلال عملية التبخر Evaporation، اذ ان تحول غرام واحد من مياه البحر الى بخار يتطلب حوالي ٥٨٠ سعرة حرارية وعلى هذا ليس من الصعوبة من ادراك كم من الحرارة يتطلب لتحويل طبقة من مياه المسطحات المائية الى بخار وخاصة في العروض المدارية حيث ترتفع نسبة التبخر .

وتتأثر درجة تسخين وتبريد البحار والمحيطات في العروض العليا بظاهرة التجمد ، بشكل اساسي ففي فصلي الخريف والشتاء ، عندما يتكون الجليد تنطلق الحرارة الكامنة المفقودة اثناء عملية تسخين الماء . ويحصل عكس ذلك خلال فصل الربيع ، اي عند ذوبان الثلوج ويؤدي ذلك الى انخفاض في حرارة مياه البحار والمحيطات .

وتعتبر مياه الانهار التي تصب في البحار والمحيطات من احد المصادر الحراريه لمياه البحار وكذلك تلعب التيارات البحرية دوراً اساسياً في تدفئة وتبريد مياه البحار والمحيطات .

الموازنة الحرارية لمياه البحار والمحيطات :

ان كمية الحرارة التي يستلمها مسطح مائي ما خلال فترة محدودة لاتساوي على الاغلب كمية الحرارة المفقودة من ذلك المسطح المائي خلال نفس الفترة الزمنيه ،

الا انه في حالة تساوي الحرارة المكتسبة مع الحرارة المفقودة فان ذلك يؤدي الى عدم تغير حرارة ذلك المسطح المائي ، اما اذا كانت كمية الحرارة الواردة اعظم من الحرارة المفقودة فان ذلك يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة السطح المائي ، اما اذا حدث

العكس ، فان المسطح المائي يفقد بعضا من حرارته وعندئذٍ تنخفض درجه حرارته عما كانت عليه سابقاً . وعلى هذا ظهرت العلاقة المتبادلة بين الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة مما يسمى بالموازنه الحرارية لمياه البحار والمحيطات ، التي تتحدد بعوامل خاصة بالمسطحات المائيه ، وتتغير بشكل واضح خلال السنه .

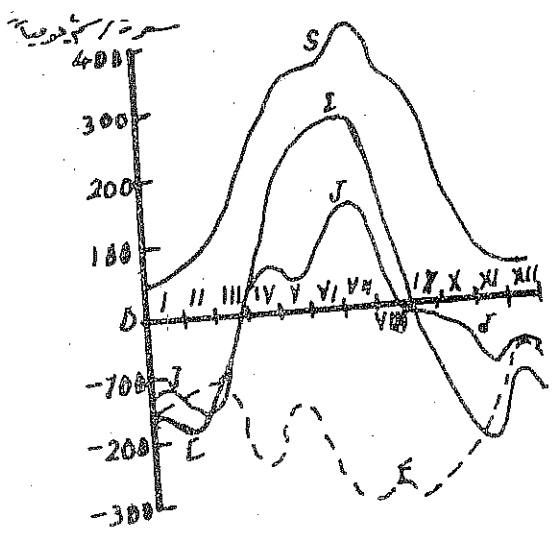
وندرج ادناه مثلاً على الموازنه الحرارية لمياه البحر الاسود وبحر كارسك كنموذج لعملية التبادل الحراري بين الطاقة المكتسبة والمفقودة في تدفئة او تبريد مياه كل من البحرين البحر الاسود وبحر كارسك (لاحظ الجدول رقم ٧) ويتبين من الجدول رقم ٧ على ان الموازنه الحرارية السنوية لكلا البحرين متساوية حيث تتعادل كمة الحرارة المفقودة مع كمية الحرارة المكتسبة مما يؤدي الى ثبات كمية الحرارة المخزونة ، ويتضح من الجدول ايضاً تقارب كمية الحرارة المكتسبة والمفقودة في كل من البحر الاسود وبحر كارسك حيث ان الفرق بينهما لا يزيد على ٦ آلاف سعرة اي حوالي ٦,٥ ٪ من الموازنة الحرارية للبحر الاسود ، ويظهر ايضاً على ان الحرارة المكتسبة في البحر الاسود جلها يرد من الاشعاعات الشمسية وان نسبة الحرارة المكتسبة من التبادل المائي لا تتجاوز ١١,٨ بالمئه فقط . بينما تشكل الحرارة المكتسبة عن طريق التبادل المائي في بحر كارسك غالبية الحرارة المكتسبة فيه ، اذ تصل نسبتها الى حوالي ٤٣,٧ بالمئة بينما لا تزيد نسبة الحرارة المكتسبة عن طريق الاشعاعات عن ٣٨,٧ بالمئة فقط ، وذلك لارتفاع نسبة التغييم . ومن تحليل درجات الحرارة المفقودة الواردة في الجدول السابق يتضح ان اغلب الحرارة المفقودة في البحر الاسود تستنفذ في عملية التبخر اذ تصل نسبتها الى حوالي ٧٦,٣ بالمئة ، بينما لا تزيد في بحر كارسك عن ٣٢ بالمئة . الا ان اعظم نسبة من الحرارة المفقودة في بحر كارسك تستنفذ في تسخين الهواء البارد المنحدر نحو سطح هذا المسطح المائي حيث تصل نسبتها الى حوالي ٥٥,١ بالمئة . بينما لا تفقد من الحرارة المفقودة سوى ١٣ بالمئه خلال عملية اذابة الجليد ، ومما هو جدير بالذكر ان الأرقام السابقه لا تحتل جميع طبقات مياه البحرين بل تقتصر على الطبقة العليا منها والتي يقل سمكها الى حوالي ٧٥ متراً فقط) .

يبين الشكل رقم ١٢ ، ١٣ الموازنه الحرارية السنوية للبحر الاسود وبحر كارسك . فيكون الحرف S الاشعاعات الشمسية والحرف E الحرارة المفقودة في عملية التبخر والحرف I هو التبادل الحراري بين الماء والهواء .

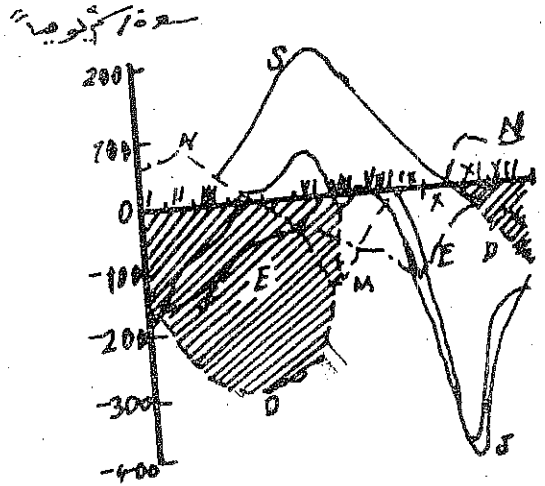
الجدول رقم ٧ التبادل الحراري بين الطاقة المكتسبة والمفقودة في البحر الاسود وكارسك

مصدر الحرارة المكتسبة	الحرارة — الف سعرة	الحرارة — النسبة المئوية في الحرارة المكتسبة ٪	مصدر الحرارة المفقودة	الحرارة — الف سعرة	الحرارة — النسبة المئوية من الحرارة المفقودة
		البحر الاسود			
الاشعة المباشرة والمشتتة	٨٢	٨٨,٢	تبخر الماء	٧١	٧٦,٣
التبادل الحراري بين الهواء الحار والماء البارد	١١	١١,٨	التبادل الحراري بين الماء الدافىء والماء البارد	٢٢	٢٣,٧
المجموع	٩٣	١٠٠		٩٣	١٠٠
		بحر كارسك			
التيارات الدافئة في الاطلس	٣٨	٤٣,٧	التبادل الحراري بين الماء الدافىء والهواء البارد	٤٨	٥٥,١
الاشعاع	٣٣,٧	٣٨,٧	تبخر الماء	٢٧,٨	٣٢,٠
مياه الانهار الدافئة	٤,١	٤,٧			
الحرارة الكامنة عند تكون الجليد	١١,٢	١٢,٩	ذوبان الجليد	١١,٢	١٢,٩
	٨٧	١٠٠		٨٧	١٠٠

(١) شوليكن ف . ف دراسات في فيزياء البحر ص ٧٦ اكادمية العلوم السوفيتية لينكراد ١٩٦٢



شكل رقم ((١٢))



شكل رقم ((١٣))

الموازنة الحرارية في البحر الاسود

الموازنة الحرارية في بحر كاسك

المصدر – دافيدوف – الهيدرولوجيا

التوزيع اليومي والسنوي لحرارة المياه السطحية في البحار والمحيطات :

يعتمد توزيع عناصر الموازنة الحرارية لمياه المحيطات والبحار على كمية الاشعاعات الشمسية ودرجة حرارة الهواء. وتعتمد درجة توزيع الحرارة اليومي والسنوي لمياه البحار والمحيطات على تلك العوامل السابقة بالاضافة الى درجة حرارة الماء ، وقد تؤثر عوامل اخرى محلية ـ موقته ودائمية على التوزيع الحراري اليومي والسنوي مثل حركة الرياح والتيارات البحرية يتشابه توزيع الحرارة اليومي تقريباً في المياه السطحية المحيطية مع التوزيع اليومي لدرجة حرارة الهواء ، حيث تسخن مياه المحيطات والبحار بعد فترة وجيزة من فقدان الهواء لحرارته ، ولذا فأن الدرجات الحرارية العظمى والدنيا لمياه البحار والمحيطات تتأخر نسبياً عن حرارة الهواء العظمى والدنيا . وعلى هذا تلاحظ الدرجات العليا لمياه البحار والمحيطات عادة في النصف الثاني من النهار بين الساعة ١٤ ـ ١٦ ، بينما تلاحظ الدرجات الدنيا في الساعة ٤ ـ ٨ صباحاً .

يعتبر التغير في المخزون الحراري لطبقات المياه السطحية خلال اليوم قليل نسبياً ، ففي ساعات النهار اذ ترتفع نسبة الحرارة المكتسبة نتيجة لزيادة كمية الاشعاعات وارتفاع درجة حرارة الهواء الملامس ، فتضعف درجة تسخين الماء نتيجة لفقدان الحرارة خلال عملية التبخر ، اما خلال الليل فان الحرارة الكامنه المفقودة خلال عملية تكاثف بخار الماء عند سطوح المسطحات المائية تقلل من درجة تبريد مياه البحار والمحيطات . وعلى هذا فان المدى الحراري اليومي لمياه البحار والمحيطات اقل بكثير من المدى الحراري اليومي للهواء (المدى الحراري اليومي هو الفرق بين اعلى واوطأ درجة حرارية خلال اليوم الواحد) اذ ان متوسط المدى الحراري اليومي لمياه المحيطات لا يزيد عن ٠,٥ درجة مئوية ، وينخفض معدل المدى الحراري اليومي في العروض العليا الى اقل من ذلك ، فمثلاً ان اعظم مدى يومي لحرارة مياه المحيطات سجل في العروض المدارية وقدره درجة مئوية واحدة فقط .

يكون التوزيع السنوي للحرارة في مياه البحار والمحيطات مشابهاً الى حد ما توزيعها اليومي ، اذ تسجل الدرجات العليا والدنيا عادة بعد فترة قصيرة من تسجيل الدرجات العظمى والصغرى في الهواء الملامس .

تسجل الدرجات العليا السنوية في نصف الكرة الشمالي خلال شهر آب بينما

تسجل الدرجات الدنيا السنوية خلال شهر شباط (ويحدث العكس في نصف الكرة الجنوبي حيث تسجل الدرجات العليا السنوية في شهر شباط ، والدنيا خلال شهر آب) .

يتميز المدى الحراري السنوي لمياه المحيطات بارتفاعه على المدى الحراري اليومي ، غير ان مقدار هذا المدى يتعلق بدرجة كبيرة على الموقع بالنسبة الى خط العرض الى حد كبير ، وللعامل الاخير دور واضح في عملية تبريد او تسخين المياه السطحية للمحيطات (لاحظ الجدول رقم ٨) ويتضح من الجدول رقم ٨ قلة المدى الحراري في المناطق الاستوائية . حيث يصل المدى احياناً الى حوالي درجة مئوية واحدة ، وقد يصل في المناطق القطبية الى درجات مشابهة للمناطق الاستوائية بالنظر الى أنخفاض درجة تسخين مياه المحيطات في العروض القطبية خلال الصيف ايضاً

الجدول رقم ٨ توزيع المدى الحراري السنوي لمياه المحيطات السطحية طبقاً لخط العرض

	نصف الكرة الشمالي							نصف الكرة الجنوبي						
خط العرض	٥٠	٤٠	٣٠	٢٠	١٠	٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠			
المدى الحراري السنوي (درجة مئوية)	٨,٤	١٠,٢	٦,٧	٣,٦	٢,٢	٢,٣	٢,٦	٣,٦	٥,١	٤,٨	٢,٣			

المصدر ـ دافيدوف المصدر السابق

ان اعظم مدى حرارى سنوي في مياه المحيطات يتركز في العروض المدارية الواقعة بين عرض ٣٠ ـ ٤٠ درجة غير ان المدى السنوي في النصف الشمالي اعظم منه في النصف الجنوبي ـ بالنظر الى كثرة مساحة اليابسة في الاول وانخفاض نسبتها في الثاني . ويزداد المدى الحراري لمياه المحيطات في هذه العروض ايضاً نتيجة الضغوط

العالية التي تؤدي الى صفاء الجو والى زيادة كمية الاشعاعات الشمسية صيفا وانخفاض درجة حرارتها شتاءاً .

وتتميز بعض المناطق المحيطية المغلقه في نصفي الكرة الارضية باعتدال المدى الحراري السنوي لمياهها . فقد يصل المدى بين بعضها الى حوالي ٢ درجة مئوية ، في حين ان معدل المدى في المحيط الهادي يصل الى حوالي ١٢ درجة مئوية وفي النصف الجنوبي الى حوالي ٦ ــ ٨ درجة مئوية .

يزداد المدى الحراري في مياه بعض المحيطات العالمية نتيجة لتأثير التيارات المحيطية ففي الاجزاء الشمالية الغربية من المحيط الاطلسي مثلاً ، حيث يلتقي على مدار السنة ، تيار لبرادور وتيار الخليج الدافىء قرب السواحل الشمالية الشرقية لاميركا الشمالية (جنوب جزيرة نيوفوندلاند) وعلى هذا يصل المدى الحراري السنوي لمياه المحيط الهادي قرب قارة اسيا وخاصة في بحر اليابان الى حوالي ٣٠ درجة مئوية ايضاً نتيجة لالتقاء تيار كوروشيو الدافىء بتيار كمشتكا كوريل البارد .

ويزداد المدى الحراري السنوي ايضاً بتأثير هبوب الرياح ، فمثلاً في الجهات الشمالية الغربية من اميركا الجنوبية وفي خليج غانه حيث تهب الرياح من البحر لى اليابسة دافعة المياه السطحية الدافئة نحو الشرق ، غير انه لو كانت الرياح تهب من اليابسة الى الماء فان ذلك يؤدي الى اندفاع المياه الدافئة السطحية نحو الغرب ، بعقبها ارتفاع المياه الباردة الى السطح ونتيجة لذلك تزداد قيمة المدى الحراري السنوي .

تزداد قيمة المدى الحراري السنوي لمياه البحار عنها في مياه المحيطات نتيجة لتأثير اليابسة وقد سجلت اعظم المديات في المياه السطحية للبحار في العروض الوسطى فمثلاً ان متوسط المدى الحراري السنوي لمياه بحر البلطي حوالي ١٧ درجة مئوية ويظهر مثل هذا المدى الحراري السنوي في اواسط البحر الاسود ، غير انه يزداد بشكل واضح في الاجزاء الشمالية منه حيث يصل الى حوالي ٢٤ درجة مئوية ويبلغ المدى الحراري السنوي لمياه البحر المتوسط والبحر الابيض حوالي ١٤ درجة مئوية .

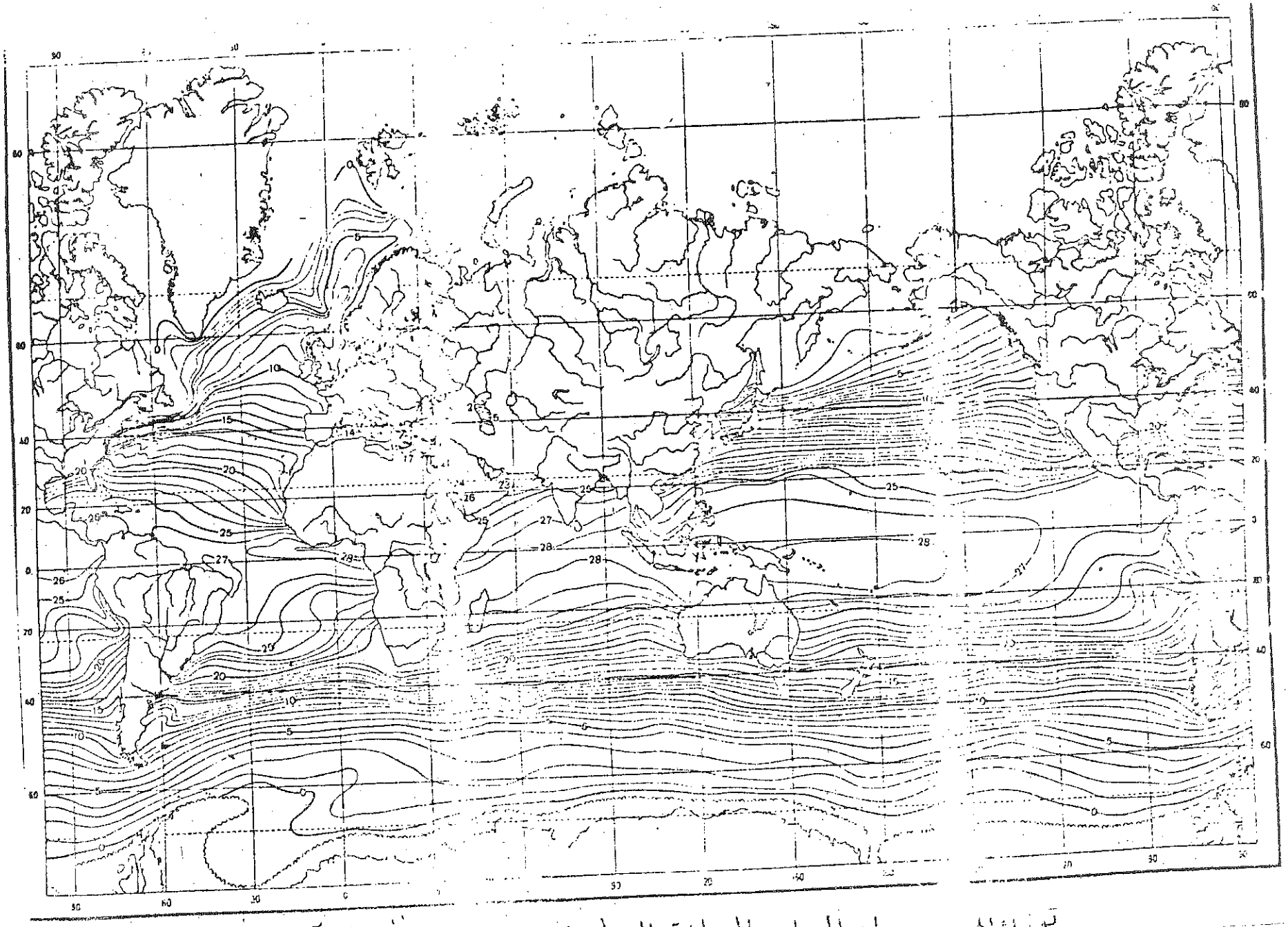
التوزيع الجغرافي لحرارة المياه السطحية للمحيطات : ــ

يتأثر التوزيع الحراري للمياه السطحية بشكل ملحوظ بالعروض الجغرافية التي

تلعب دوراً أساسياً في اختلاف مصادر الحرارة الرئيسية وخاصة درجة وكمية الاشعاعات الشمسية وكمية الحرارة المفقودة عن طريق التبخر ، وعلى هذا تتوزع حرارة المياه السطحية بشكل نطاقات حرارية ذات مميزات خاصة ، الا أن هذه النطاقات تتحدد على العموم بعوامل محلية متعددة منها : التيارات المحيطية وحركة الرياح والقرب من اليابسة ، غير ان تأثيرها قد لا يظهر في مناطق اخرى . يظهر توزيع الحرارة للمياه السطحية في محيطات الكرة الارضية بشكل واضح في خرائط خطوط الحرارة المتساوية **Isotherms** التي توصل بين المناطق ذات الحرارة المتساوية (متوسط الحرارة السنوية او متوسطات الحرارة الفصلية او الشهرية) كما يلاحظ من الخارطة رقم ١٤ لشهر شباط والخارطة رقم ١٥ لشهر آب .

يظهر للقارئ من ملاحظة الخرائط ١٤ و ١٥ ان خطوط الحرارة المتساوية لشهر شباط تنثني نحو الجنوب بشكل واضح عند مقارنتها مع خطوط الحرارة لشهر آب . وتظهر مجموعة خطوط الحرارة المتساوية للمتوسطات السنوية في موقع وسط من محيطات الكرة الارضية ، بينما تظهر خطوط الحرارة المتساوية للمتوسطات السنوية في موقع وسط من محيطات الكرة الارضية ، بينما تظهر خطوط الحرارة المتساوية للدرجات الحرارية العالية اكثر من ٢٧ درجة مئوية على المناطق القريبة من الاستواء في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي . ويختل سير خطوط الحرارة المتساوية في العروض المدارية نتيجة لتأثير التيارات المحيطية الدائمة المندفعة نحو الاستواء باتجاه من الشرق الى الغرب ، حيث تجرى مياه هذه التيارات الدائمية على جانبي خط الاستواء من الشرق الى الغرب . وترتفع درجة حرارة مياه هذه التيارات الدائمية نتيجة قربها من الاستواء حتى تصل الى السواحل الشرقية من القارات اذ تتجه الى الشمال والى الجنوب نحو العروض المعتدلة ، مما تؤدي الى انثناء خطوط الحرارة المتساوية لمياه المحيط السطحية باتجاه الاقطاب بعيداً عن الاستواء ، وتظهر التيارات الباردة في الاجزاء الشرقية من العروض المدارية باتجاه خط الاستواء في النصف الشمالي وباتجاه شمالي (الى خط الاستواء) في النصف الجنوبي ناقلة المياه الباردة اليه . ولذلك تختلف درجة حرارة المياه السطحية في شرق المحيطات المدارية عن غربها حيث تتميز الاولى بانخفاض درجة حرارتها مقارنة مع مياه اقسامها الغربية الدافئة . وتنخفض درجة حرارة مياه الاجزاء الشرقية من محيطات العروض المدارية ايضاً ، نتيجة ارتفاع المياه الباردة العميقة لتحل مكان المياه السطحية التي تدفعها الرياح الدائمة نحو الغرب ولذا يظهر الشذوذ الحراري بين شرق وغرب محيطات العروض المدارية ويقدر معدل هذا الشذوذ بحوالي ـ ٨ درجات مئوية .

خريطة توضح خطوط تساوي الضغط الجوي (الهبوط)



وتظهر خطوط الحرارة المتساوية الى الجنوب من خط عرض ٤٠ درجة جنوباً على هيئة خطوط متوازية تحف بخطوط العرض نظراً لقلة مساحة اليابسة . حيث تشكل المسطحات المائية اغلب مساحة تلك العروض ولذا يضعف بشكل واضح أثر اليابسة على سير خطوط الحرارة المتساوية .

يختل التوزيع النطاقي لدرجات حرارة المياه السطحية المحيطية في العروض الواقعة الى الشمال من خط عرض ٣٥ درجة شمالا بالنظر الى سعة اليابسة نسبياً مقارنة مع المسطحات المائية ، اضافة الى ان الاجزاء الغربية للمحيطات في العروض الواقعة بين ٣٥ ـ ٤٠ درجة شمالاً تشهد التقاء التيارات المحيطية المختلفة (تيار الخليج الدافيء وتيار لبرادور وتيار كرينلاند البارد ـ في المحيط الاطلسي) والتقاء تيار كوروشيو الدافئ وتيار كمشتكا وكوريل الباردين ـ في المحيط الهادي ، ولهذا تنثني خطوط الحرارة المتساوية ، في هذه العروض ، نحو الشمال والجنوب ، فلا تظهر بشكلها المتوازي الذي لاحظناه في النصف الجنوبي من الكرة الارضية .

فتلاحظ مثلاً شذوذاً في درجة الحرارة بين غرب وشرق المحيط الاطلسي يصل بحدود ٥ درجات مئوية .

ان اعظم الدرجات الحرارية لمياه المحيطات السطحية سجلت في المحيط الهادي خلال شهر آب وقدرها حوالي ٣٢ درجة مئوية ، وذلك بالقرب من سواحل اميركا الشمالية وبالقرب من سواحل اسيا ، الا ان مثل هذه الدرجة المرتفعة لا ترصد أطلاقاً في النصف الجنوبي من الكرة الارضية خلال شهر شباط (الصيف الجنوبي) .

وتنخفض درجة حرارة المياه السطحية للمحيطات في شهر شباط الى درجات دنيا قدرها ـ ١,٧ درجة مئوية وبالاخص في مياه المحيط المتجمد الشمالي الواقعة الى الشمال من اميركا الشمالية واسيا وفي المحيط الاطلسي بالقرب من نيوفوندلاند .

ويمكن معرفة المتوسط السنوي لدرجة حرارة المياه السطحية في محيطات معينة وبعروض جغرافية مختلفة من خلال قراءة خرائط خطوط الحرارة المتساوية لمياه المحيطات كما يلاحظ من الجدول رقم ٩ التالي :

تتميز المياه السطحية لمحيطات نصف الكرة الشمالي بانها أدفء من المياه السطحية لمحيطات نصف الكرة الجنوبي بالنظر لان غالبية محيطات النصف الشمالي تقع في العروض المعتدلة والمدارية بينما تقع غالبية محيطات النصف الجنوبي في عروض عليا باردة .

جدول رقم ٩ متوسط الحرارة السنوي لمياه المحيطات السطحية

العروض الجغرافية	متوسط درجة الحرارة السنوية بالمئوي		العروض الجغرافية	متوسط درجة الحرارة السنوية بالمئوي	
	النصف الشمالي	النصف الجنوبي		نصف الكرة الشمالي	نصف الكرة الجنوبي
خط الاستواء	٢٧,١	٢٧,١	٥٠	٧,٩	٦,٤
١٠	٢٧,٢	٢٥,٨	٦٠	٤,٨	صفر
٢٠	٢٥,٤	٢٤	٧٠	٠,٧	١,٣ـ
٣٠	٢١,٣	١٩,٥	٨٠	٢,٧ـ	١,٧ـ
٤٠	١٤,١	١٣,٣	٩٠	١,٧ـ	—

المصدر ـ داقيدوف المصدر السابق

يختلف معدل درجة حرارة المياه السطحية السنوي لمحيطات الكرة الارضية ، فيبلغ في المحيط الاطلسي مثلاً حوالي ١٦,٩ درجة مئوية وفي المحيط الهادي ١٩,١ درجة مئوية وفي المحيط الهندي ١٧,١ درجة مئوية ولذا يعتبر المحيط الهادي أدفء محيطات الكرة الارضية في حين يعتبر المحيط الاطلسي من ابردها نسبياً (باستثناء المحيط المتجمد الشمالي) .

يصل المتوسط السنوي لدرجة حرارة المياه السطحية لمحيطات الكرة الارضية ١٧,٤ درجة مئوية اي بزيادة ثلاث درجات مئوية عن المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء . وعلى هذا يمكن تقدير كمية الحرارة الكامنة الهائلة في مياه المحيطات وما مدى أثرها على النظام الحرارى للهواء الملامس للسطح الكرة الارضية .

تختلف درجة حرارة المياه السطحية للبحار عن درجة حرارة المحيطات الواقعة على خطوط عرض واحدة نتيجة لعوامل محلية مختلفة كالقرب من اليابسة ، ودرجة التبادل المائي مع المحيطات وأثر صبيب مياه الانهار .

تتميز البحار الشمالية بانخفاض درجة حرارة مياهها السطحية بالمقارنة مع مياه بحار العروض المعتدلة والمدارية . تغطى الثلوج البحر الابيض الروسي لفترة طويلة

من السنة ابتداء من شهر تشرين الاول حتى نهاية شهر آيار، الا ان درجة الحرارة قد تصل الى حوالي ١٤ درجة مئوية خلال فصل الصيف وخاصة في الاجزاء الوسطى منه ، بيد انها لا تزيد على ٨ درجات مئوية في الاقسام الداخلية من هذا البحر .

ويتصف بحر البلطي بالدفء، وخاصة في خليج فنلندة ، حيث تصل درجة حرارة سطح الماء صيفاً الى حوالي ١٧ درجة مئوية ، غير انها تنخفض في الاجزاء الشمالية منه اذ تصل في خليج بوثينا الى حوالي ١٠ درجة مئوية .

وتتصف البحار القريبة من سيبيريا بان درجة حرارة المياه السطحية فيها لا تزيد على ٦ درجة مئوية خلال فصل الصيف ، الا انها قد تزداد في الخلجان نتيجة صبيب الانهار، حيث تصل الى حوالي ٨ درجة مئوية . وتتميز البحار الواقعة في الاجزاء الشمالية الشرقية من قارة آسيا بانها بحار باردة جداً . بينما تتصف البحار الجنوبية بانها اكثر دفء من البحار الشمالية ، فترتفع درجة حرارة المياه السطحية للبحر الاسود صيفاً الى حوالي ٢٦ درجة مئوية وتنخفض شتاءاً الى حوالي ٧ أو ٨ درجات مئوية . وتصل درجة حرارة المياه السطحية لبحر آزوف صيفاً الى حوالي ٢٤ درجة مئوية ، الا انها تنخفض الى الصفر خلال فصل الشتاء . ويسجل الخليج العربي اقصى درجة حرارية للمياه السطحية ، حيث تصل درجة الحرارة في اقسامه الشمالية الى حوالي ٣٥,٦ درجة مئوية ، وتصل في البحر الاحمر الى حوالي ٣٤,٤ درجة مئوية (١).

انتقال الحرارة الى اعماق المياه :

تنتقل الحرارة المتجمعة في المياه السطحية للمحيطات لاعماق محدودة من مستويات المحيطات والبحار بطرق مختلفة ، مثل تيارات الحمل واختلاط المياه مع بعضها بواسطة الموجات البحرية اضافة الى اثر التيارات المحيطية ، (تتوغل الطاقة الضوئية الى اعماق محدودة جداً ، ويقتصر أثرها على الطبقات المائية السطحية او القريبة من السطح فقط) . وتنتقل الحرارة السطحيه الى الاعماق المختلفة بشكل بطيء نظراً لان عملية تبادل المياه الدافئة السطحية والباردة العميقة ، يتم على

---

(١) محمد متولي حوض الخليج العربي الجزء الاول ص ٦٩ القاهرة ١٩٧٨
وكذلك سمير نوف المصدر السابق ص ١٣٠

نطاق ضيق . وتتم عملية تبادل المياه الحارة والباردة طبقاً لظاهرة تيارات الحمل الحرارية ، التي تعني حركة المياه الرأسية نتيجة لاختلاف كثافة المياه السطحية عن كثافة المياه العميقة . ومما هو واضح ان كثافة مياه المحيطات تتعلق اساساً بدرجة حرارة مياهها ودرجة تركز الاملاح فيها ، غير ان درجة تركز الاملاح في مياه المحيطات تتغير بشكل طفيف بالتعمق الى المستويات المختلفة ، لذا فان تغير كثافة مياه المحيطات تعتمد بالدرجة الاساسية على تغيرات درجة حرارة المياه المحيطية وعلى ذلك تتألف كتلة مياه المحيطات من طبقات مائية ذات كثافات وحرارة وملوحة مختلفة . فاذا كانت الطبقات المائية الواطئة الكثافة تقع فوق الطبقات المائية الكثيفة ، فيحصل عندئذ ما يسمى بحالة الاستقرار بين الطبقات اما اذا كان العكس ، حيث الطبقات الكثيفة تستقر فوق الطبقات المائية الاقل كثافة ، فيحصل حينئذ عملية هبوط المياه الكثيفة الى اسفل وارتفاع الطبقات المائية السفلى ذات الكثافة الواطئة وعلى هذه الصورة تحدث ظاهرة الحمل الحراري .

ان تغير درجة الحرارة وتركز الملوحة والكثافة بالعمق الى المستويات المختلفة من المحيطات يشكل ما يطلق عليه بالتدرج العمودي في مقدار الحرارة والملوحة والكثافة ومدى تغيرها في عمق واحد محدود . فقد يكون التدرج العمودي لمقدار تلك الخصائص ايجابياً او سلبياً ، فاذا كان التدرج العمودي لكثافة الماء ايجابياً (تزداد الكثافة بالتعمق) يؤدي ذلك الى ظهور مياه ذلك المسطح المائي في حالة استقرار . وعلى العكس من ذلك ، وعندما يكون التدرج العمودي للكثافة سلبياً ، فان مياه ذلك السطح تظهر في حالة عدم استقرار واضح . ان ارتفاع درجة كثافة المياه السطحية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة او ارتفاع نسبة الملوحة تؤدي الى هبوط كثافة مياه الطبقات العليا الى الاسفل ، ولذا تنخفض درجة كثافة الماء السطحي ، بينما تزداد كثافة المياه السفلية الملامسة لها .

تؤثر تيارات الحمل (التيارات الصاعدة والنازلة) خلال اليوم الواحد على طبقة رقيقة من مياه المحيطات نتيجة لصغر المدى الحراري اليومي ، غير ان التغير الحراري السنوي يزيد في اختلاف كثافة مياه الطبقات المائية الامر الذي يرفع من شدة نشاط تيارات الحمل التي تنتقل بواسطتها طبقات مائية سميكة نحو الاسفل وبالعكس .

تختلف شدة تيارات الحمل السنوية ومدى الاعماق التي تصل اليها باختلاف مواقع المحيطات تصل تيارات الحمل الى اعماق كبيرة في محيطات العروض العليا الجنوبية والشمالية حيث تصل احياناً الى القاع ، ويضعف أثر تيارات الحمل في بعض البحار التي تتميز باستقرار الطبقات (حيث تستقر الطبقات المائية السطحية ذات التركز

الملحي الواطىء جداً فوق الطبقات المائية الكثيفة والمالحة) فمثلا لا تهبط مياه البحر البلطي الى اكثر من ٦٠ الى ٧٠ متراً . ولا تهبط المياه في البحر الاسود الى اكثر من ١٥٠ متراً .

وتزداد شدة التيارات التصاعدية بازدياد المدى الحراري بين الطبقات المائية (السطحية والداخلية) والى توزيع الاملاح في الاعماق ، اذ ينخفض المدى الحراري بالتعمق عن سطح الماء . يظهر تغير درجة حرارة المياه اليومية على عمق لا يزيد على ٢٥ ـ ٣٠ متراً بينما يظهر اثر التغير الحراري السنوى في درجة حرارة المياه لعمق متوسط مقداره ١٥٠ متراً وقد يصل احياناً الى عمق ٢٥٠ متر .

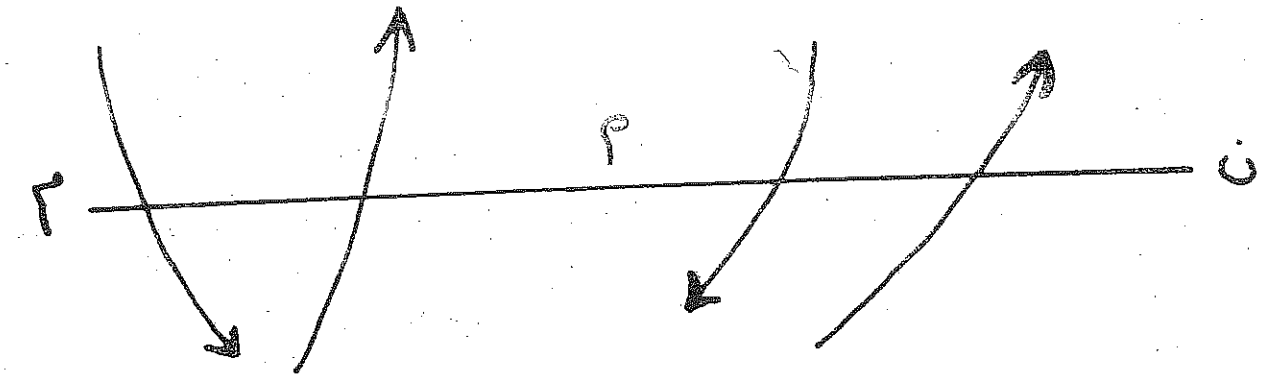
يتاخر انتقال الحرارة العالية والواطئة من السطح الى الاعماق بعض الوقت عن اكتساب او فقدان الطبقات السطحية للحرارة ، فقد تمتد فترة الانتقال هذه الى حوالي ثلاثة اشهر تقريباً في المستويات التي لا يزيد عمقها عن ٢٠٠ متر من السطح .

إن سبب انتقال الحرارة السطحية الى الاعماق يعود كما ذكرنا سابقا الى عملية امتزاج المياه مع بعضها عن طريق الموجات البحرية وفعل التيارات المحيطية ، فيقتصر اثر الموجات البحرية على الطبقات العليا فقط نظراً لتلاشي الموجات البخرية بسرعة بالتعمق الى الطبقات السفلى ، الا ان للتيارات البحرية اثر واضح ولها دور أساسي في نقل المياه الحارة والباردة نحو الاعماق . تجري التيارات المحيطية في اطراف المسطحات المائية بسرع متفاوتة مكونة حركات اعصارية دوامية تعمل على خلط وامتزاج الماء افقياً وعمودياً .

إن عملية امتزاج مياه طبقتين مائيتين متجاورتين يمكن تحديدها وفق المعادلة القياسية المبسطة التالية ، فاذا كانت عملية الامتزاج تحدث بين طبقتين أ ـ ب (كما في الشكل التالي رقم ١٦)وعملية تحدث خلال السطح م ـ ن وفي وقت واحد ، فتظهر حركات دوامية تحرك المياه من الاعلى الى الاسفل وبالعكس ، وتحدث بجانب ذلك عملية انتقال العناصر الاساسية (الشوائب الموجودة في مياه البحار والمحيطات بالاضافة الى خاصية الحرارة والملوحة) بين طبقة واخرى ونتيجة لذلك يحدث التبادل المائي بين الطبقات في وقت واحد وبشكل متعادل بين الاتجاهين .

فعند اختلاف العناصر الأساسية (الحرارة والملوحة) بين طبقات الماء طبقاً للتدرج العمودي لها عندئذ يمكن ايضاح العلاقة بالشكل التالي :

$$S = -A \frac{ds}{dz}$$



الشكل رقم ١٦

حيث ان $\frac{ds}{dz}$ تمثل التدرج العمودي للعناصر الأساسية

و A = معامل الامتزاج

و S = درجة العناصر الأساسية

وتوضع العلاقة السالبة (-) عادة ، نتيجة لانخفاض العناصر الأساسية بالهبوط الى الاعماق ، ويمكن تحديد درجة الانتقال الحراري في داخل المياه وفق المعادلة القياسية التالية :

$$Q = -A \frac{dq}{dz}$$

حيث ان Q = كمية الحرارة المنقولة في الثانية خلال سم٢

و q = كمية الحرارة الموجودة في حجم معين من الماء مقدر بالفرامات / سعرة

و $\frac{dq}{dz}$ التدرج الحراري .

ويمكن تحديد معامل الدوامية (الحركة الدوامية) كالتالي :

$$K = \frac{A}{P}$$

حيث ان P = كثافة الماء والتي يستخرج وفق المعادلة التالية

$$q = C_p T$$

حيث ان CP = سعة الماء الحرارية

T = درجة حرارة الماء

وعلى هذا فان $CP\frac{dT}{dz} = \frac{dq}{dz}$

اذن $Q = Kcp\ p\ \frac{dT}{dz}$

إن عملية امتزاج مياه البحار والمحيطات عن طريق تيارات الحمل والموجات البحرية والتيارات المحيطية تؤثر بشكل او آخر على انتقال الحرارة من الماء الى الغلاف الغازي الملامس والى ارتفاعات قد تصل الى عدة مئات من الامتار، ويظهر اثر ذلك جلياً في تدفئة الهواء الملامس خلال فصل الشتاء او اعتدال درجة حرارة الهواء في الصيف. فمثلاً ان انخفاض درجة حرارة مسطح مائي مساحته ٧٠ الف كيلومتر مربع وبسمك ٢٠٠ متر، درجة مئوية واحدة فانه يعمل على رفع درجة حرارة الهواء بحوالي عشرة درجات مئوية وعلى مساحة تعادل مساحة قارة اوربا ويصل تأثيرها الى ارتفاع اربعة كيلومترات في الغلاف الغازي تقريباً (١)

التوزيع العمودي لحرارة مياه المحيطات :

تنخفض درجة حرارة مياه المحيطات بالتعمق الى مستويات دنيا، الا ان درجة هذا الانخفاض تختلف وفق العروض الجغرافية، ومما هو جدير بالملاحظة ان تغير درجة حرارة مياه المحيطات يقع في الطبقات المائية التي لا يزيد عمقها عن ١٠٠٠ متر عن السطح (وفي بعض العروض بين ٢٠٠ ـ ٢٠٠٠ متر) .

فيزداد التدرج العمودي (٢) لحرارة الماء في هذه الطبقات بشكل ملحوظ، في حين ينخفض او ينعدم هذا التدرج دون المستويات المذكورة كما هو ملاحظ في الجدول رقم ١٠ .

---

(١) دافيدوف المصدر السابق ص٩٢

(٢) التدرج العمودي للحرارة : هو معدل انخفاض درجة الحرارة بين الطبقات المائية لكل ١٠٠ متر .

جدول رقم ١٠ تغير درجة حرارة مياه المحيطات T والتدرج الحراري $\frac{dT}{100}$ مع الاعماق للعروض الواقعة بين ٥٠° شمالاً و٥٠° جنوباً .

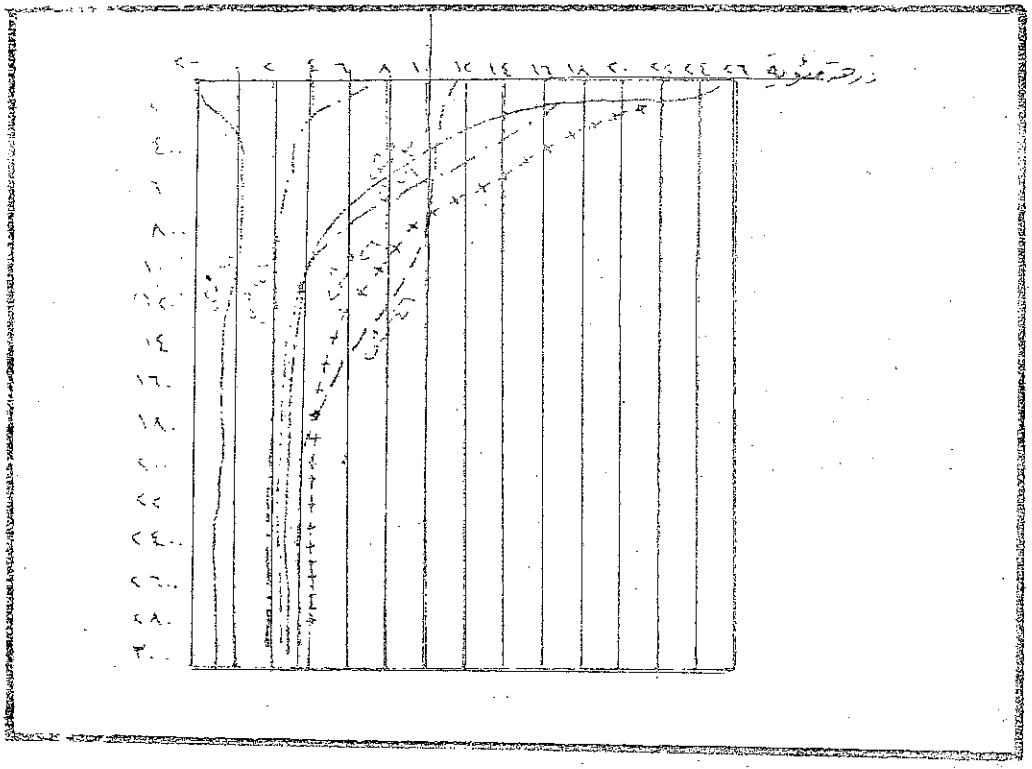
العمق متر	T درجة الحرارة	معدل الانخفاض $\frac{dT}{100}$ الحراري لكل مائة متر (التدرج الحراري)	العمق متر	T درجة الحرارة (مئوي)	$\frac{dT}{100}$ التدرج الحراري
٠	١٦	٠,٢٥	١٠٠٠	٣,٨	
٢٠٠	١٥,٥	٠,٩٠	٢٠٠٠	٣,١	٠,٦٥
٤٠٠	١٣,٧		٣٠٠٠	٢,٨	٠,٠٧
٦٠٠	٩,٩	١,٩٠	٤٠٠٠	٢,٦	٠,٠٣
٨٠٠	٥,١	٢,٤٠	٥٠٠٠	٢,٥	٠,٠٢

المصدر : شوليكن المصدر السابق

تنخفض درجة حرارة الماء بسرعة مع التعمق بمياه العروض المدارية (كما يظهر من الشكل رقم ١٧) غير أنه كلما تقدمنا بعيداً عن العروض المدارية نحو العروض المعتدلة وشبه القطبية ، نلاحظ اعتدال درجة الانخفاض (كما يلاحظ من الخط الحراري البياني لخط العرض ٢٦ درجة شمالاً وخط عرض ٤٦ درجة جنوباً . ولهذا السبب فان الاختلافات الحرارية بين مستويات مياه محيطات العروض الوسطى والعالية قليل بالمقارنة مع محيطات العروض الدنيا (المدارية) فمثلاً ان درجة حرارة مياه السطح تساوي ٣٠ درجة مئوية . وعلى عمق ٤٠٠ متر تكون درجة حرارة الماء حوالي ١٥ درجة مئوية وعلى عمق ١٠٠٠ متر تصبح ٧ درجات مئوية وعلى عمق ٥٠٠٠ متر تصل الى حوالي ٣ درجة مئوية .

وغالبا ماتكون درجة حرارة المياه الواقعة تحت عمق ٢٠٠٠ متر من السطح هي اقل من ٤ درجة مئوية ، بينما تقع اعظم الدرجات الحرارية للماء عادة تحت الطبقة السطحية مباشرة .

وتتميز درجة حرارة مياه المحيطات عند عمق ٤٠٠ متر في العروض المعتدلة بانها ادفء من مثيلتها عند الاستواء وعلى نفس المستوى ، ويمكن ان يعلل ذلك الى هبوط المياه الباردة المندفعة من العروض شبه القطبية نحو الاستواء .



شكل ١٧

تغير درجة حرارة مياه المحيطات الرأسية وفقاً لخط العرض

ويتشابه توزيع الحرارة العمودي في مياه محيطات العروض القطبية مع توزيعها في مياه محيطات العروض المعتدلة (كما يلاحظ من الشكل رقم ١٧ عند خط العرض ٦١° شمالاً) حيث تتميز الطبقات العليا من مياهها بانخفاض درجة حرارتها وانخفاض درجة ملوحتها نسبياً نتيجة ذوبان الثلوج في القارة القطبية الجنوبية (أنتار كتيكا) وزيادة صبيب الانهار في القطب الشمالي . تصل درجة حرارة سطح مياه هذه المحيطات الى حوالي الصفر ، وقد تنخفض الى أقل من ذلك في عروض تقع الى الجنوب من الدائرة القطبية حتى تصل الى (– ١,٨) درجة مئوية ، غير أنها ترتفع بالتعمق الى مستوى ٢٠٠ متر من السطح ، اذ تصل عند ذلك المستوى الى حوالي ٥,٠ درجة مئوية في نصف الكرة الجنوبي ، والى حوالي ٢ درجة مئوية في النصف الشمالي منها غير ان درجة الحرارة تعود الى الانخفاض بعد ذلك المستوى حيث تصل الى الصفر المئوي على عمق ٨٠٠ متر عن السطح ، وتصل الى ادنى من ذلك في اعماق دون ذلك (درجة حرارة مياه الاعماق في محيطات العروض المدارية تقدر بحوالي ٢ درجة مئوية وفي العروض المعتدلة تصل الى حوالي الصفر المئوي ، بيد انها تنخفض الى درجات سالبة وبحدود – ١ أو – ٢ درجة مئوية في العروض القطبية) .

وقد ترتفع درجة حرارة المياه العميقة جداً نتيجة لاكتسابها الحرارة من باطن القشرة الارضية عن طريق الانفجارات البركانية ، الا ان هذا الارتفاع في الحرارة لا يزيد عادةً عن اجزاء الدرجة المئوية الواحدة .

لا يختلف توزيع الحرارة العمودي في مياه البحار عنه في مياه المحيطات اذا كانت البحار مفتوحة ومتصلة مع المحيطات . واذا انفصلت البحار عن مياه المحيطات ، بواسطة حواجز ومضايق ضيقة فعندئذٍ تختلف حرارتها عن ذلك التوزيع في المحيط ، حيث ان درجة توزيعها يعتمد بالدرجة الاولى على عمق البحار ودرجة حرارة المياه السطحية وملوحتها في الطبقات المائية الواقعة فوق مستوى المضايق التي تفصل بينها وبين المحيط فاذا كانت درجة الملوحة متساوية تقريباً في مناسيب البحر المختلفة ، وان درجة حرارة المياه السطحية في البحر شتاءاً تزيد على درجة حرارة مياه المحيط الكائنة في مستوى المضيق الموصل بينهما عندئذٍ تتساوى درجة حرارة مياه البحر من مستوى المضيق الاعلى وحتى القاع ، حيث ان درجة حرارة الماء تساوي درجة حرارة مياه المحيط الواقعة تحت مستوى منسوب المضيق الحاجز .

يتضح من دراسة توزيع الحرارة عمودياً في كل من بحار استراليا وبحار آسيا والبحر الكاريبي حيث ينفصل الاخير عن المحيط الاطلسي بواسطة المضيق المغمور عند جزر الانتيل والذي يقع على عمق ١٧٠٠ متر تحت مستوى سطح الماء . تبلغ درجة حرارة المياه السطحية في البحر الكاريبي حوالي ٢٧ درجة مئوية ، بينما تبلغ درجة حرارة المحيط الاطلسي عند المستوى ١٧٠٠ م من السطح حوالي ٤,٢ درجة مئوية (تدخل هذه المياه المحيطية الى حوض البحر الكاريبي وتغمره بالمياه حتى عمق ٦٠٠٠ متر) وتبلغ درجة حرارة مياه البحر الكاريبي الواقعة تحت منسوب ١٧٠٠ م حوالي ٤,٢ درجة مئوية اي تساوى درجة حرارة مياه المحيط .

اذا كانت درجة تركز املاح مياه البحر متقاربة الى حد ما على جميع المستويات وتكون درجة حرارة مياهه السطحية شتاءاً تزيد على درجة حرارة مياه المحيط في مستوى قمة الحاجز الفاصل بينهما ، عندئذٍ تكون درجة حرارة مياه البحر دون ذلك المستوى وحتى القاع ، متساوية تقريباً وتساوي عادةً درجة حرارة المياه السطحية خلال فصل الشتاء .

فمثلاً ان توزيع درجة الحرارة رأسياً في البحر المتوسط تظهر بالشكل التالي :
درجة حرارة المياه عند مستوى مضيق جبل طارق تصل الى حوالي ١٣ درجة مئوية ، ونسبة تركز الاملاح تعادل ٣٨ في الالف . بينما تبلغ درجة حرارة مياه المحيط

الاطلسي في نفس المستوى حوالي ١٢ درجة مئوية ونسبة تركز الاملاح ٣٦ في الالف . وعلى هذا فان كثافة مياه المحيط عند مستوى قمة المضيق اقل من كثافة مياه البحر في نفس المستوى ، ولذا فان الضغط على قاع مضيق جبل طارق اعظم من مثيله على مياه المحيط في نفس المستوى ونتيجة لذلك يندفع تيار مائي سفلي من البحر المتوسط باتجاه المحيط الاطلسي ، والسبب نفسه يؤدي الى امتلاء المناطق العميقة في البحر المتوسط بمياه البحر (المتوسط) الباردة والتي تصل درجة حرارتها خلال الشتاء الى ١٣ درجة مئوية ، تصبح درجة حرارة المياه الكائنة تحت مستوى مضيق جبل طارق (في البحر المتوسط) متساوية الحرارة حتى القاع وقدرها ١٣ درجة مئوية ، وهي تعادل درجة حرارة سطح مياه البحر المتوسط شتاءاً(١)

اذا تغيرت درجة تركز ملوحة مياه البحار في الاعماق ، فان درجة حرارة مياه ذلك المسطح المائي السطحية تتعلق طبقاً لاختلاف تركز الاملاح . ولنأخذ مثلاً البحر الاسود وبحر البلطي ، حيث تتميز الطبقات السطحية من البحر الاسود بانخفاض نسبة تركز الاملاح ، فيصل تركزها الى ٢٢ في الالف .

وتنخفض درجة حرارة المياه السطحية للبحر الاسود خلال فصل الشتاء اذ قد تصل في مناطقه الوسطى الى حوالي ٧ درجة مئوية ، وقد تنخفض في بعض اقسامه الشمالية الى الصفر احياناً ، نتيجة لتوزيع الملوحة بين السطح والاعماق ولتوزع الحرارة هذه فان تيارات الحمل الحرارية لاتهبط اكثر من ١٥٠ متراً فقط ، لذا فان درجة حرارة الماء على مستوى ٢٠٠ متر من السطح تبقى ثابتة ولا تتغير خلال الايام والفصول وتقع بحدود ٩ درجات مئوية . ترتفع درجة حرارة مياه الطبقات السطحية في البحر الاسود صيفاً وتصل الى ٢٢ درجة مئوية ، الا انها تنخفض بسرعة في الاعماق وتصل الى حدودها الدنيا وقدرها ٨ درجات مئوية على عمق ٥٠ متراً من السطح ، غير ان درجة الحرارة ترتفع مرة اخرى بشكل بطيء بالانخفاض تحت ذلك المستوى وتصل الى أقصاها وقدرها ٩ درجات عند القاع ، ويمكن تعليل هذه الظاهرة الى اثر المياه الدافئة والمالحة المندفعة من بحر مرمرة باتجاه البحر الاسود .

وتحدث عملية امتزاج المياه البحرية مع بعضها في البحار التي تظهر فيها ظاهرة المد والجزر (وخاصة في الخلجان الضحلة والمضايق) وعلى هذا يتم توزيع الحرارة عمودياً بشكل متساوي تقريباً ، فمثلاً تتأثر مضايق البحر الابيض الروسي بظاهرة

---

(١) دافيدوف المصدر السابق.

المد والجزر ولذا لاتلاحظ اية تغيرات كبيرة في درجات الحرارة بين السطح والقاع حيث يقع الفرق الحراري بينهما بحدود ٦ ـ ٧ درجات مئوية خلال فصل الصيف و ١ ـ ١,٨ درجة مئوية شتاءاً .

الضغط في مياه البحار والمحيطات :

يقدر الضغط على سطوح المحيطات والبحار بكمية الضغط الجوي الواقع عليها وقدره وزن كيلوغرام واحد على السنتمتر المربع الواحد ، او ما يعادل وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم (ويساوي وزن عمود من الماء المقطر طوله ١٠,٣٦ متر الذي يعادل وزن عمود من ماء البحر طوله ١٠,٠٦ متر) . يزداد الضغط الجوي بالتعمق الى مستويات واطئة بمعدل وحدة ضغط جوية واحدة (١) لكل عشرة أمتار هبوطاً عن السطح (ذلك ان الضغط في المستويات المختلفة يعادل الضغط الجوي زائداً ضغط الطبقات المائية العليا) . لذلك يزداد الضغط في الاعماق فيتبع ذلك انضغاط الماء وزيادة كثافته . يبلغ الضغط عند عمق ٩٠٠٠ متر حوالي ٩١٦ وحدة ضغط جوي وعلى عمق ١٠٠٠٠ متر يصل الضغط الى حوالي ١١١٩ وحدة ضغط جوي .

يتأثر الماء مثل بقية السوائل الاخرى بالضغوط الخارجية مما يؤدي الى انضغاطه ولو بدرجة قليلة جداً ، اذ يبلغ معامل انضغاط الماء المقطر حوالي ٠,٠٠٠٠٤٩٠ او حوالي ١/٢٠٠٠٠ تقريباً (١) . ويبلغ معامل انضغاط مياه البحار ٠,٠٠٠٤٤٢ (اي يقل قليلاً عن معامل انضغاط الماء المقطر نتيجة احتواءه على نسبة من الاملاح) في درجة حرارة الصفر المئوي والتركيز الملحي بنسبة ٣٥ في الالاف .

يمثل وزن الطبقات المائية ضغطاً عظيماً على الطبقات المائية السفلى وعلى القاع ، ويقاس ضغط مياه البحار والمحيطات الآن بوحدة قياس تسمى (البار) الذي يساوي تقريباً وحدة الضغط الجوي (وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم) او يساوي ٦١٠ داين على السنتمتر المربع الواحد في الثانية (نيوتن) ، ومما هو جدير بالوضوح ، انه لو لم تكن خاصية الانضغاط في مياه البحار والمحيطات ، لأرتفع منسوب البحار والمحيطات بحدود ٣٠ متراً عما هو عليه الان (٢) .

---

(١) وحدة الضغط الجوية = وهي البار الذي يعادل ١٠٠٠ مليار (كيلوغرام واحد على السنتمتر المربع)

(١) دافيدوف المصدر السابق ص٩٨

(٢) لفوقيج الانسان والماء (المصدر السابق)

تتأثر المياه النازلة (الغاطسة) من السطح الى مختلف الاعماق بعامل الانضغاط . ويحدث عكس ذلك بالنسبة للمياه الصاعدة الى السطح ، حيث يقل الضغط عليها . لذلك فانها تنتشر وتتمدد .

تتأثر درجة حرارة المياه بدرجة الانضغاط والانتشار ، فترتفع درجة حرارة المياه بالانضغاط ، غير انها تنخفض بالانتشار ، وعلى هذا ظهر اصطلاح التغير الحراري الاديا باتيكي ، الذي يعني تغير الحرارة من دون ان تفقد او تكتسب الحرارة . ويظهر التغير الاديا باتيكي للحرارة مهماً في البحار والمحيطات ، فمثلاً لو كانت درجة تركز الاملاح في مياه بحر ما تعادل ٣٤,٨٥ في الالف ودرجة حرارة الماء تعادل ٢,٥ درجة مئوية ، ثم ارتفعت هذه المياه الى السطح من عمق يقارب ٣٠٠٠ متر ، فان درجة حرارة هذه المياه سوف تنخفض الى حوالي ٢,٢٥ درجة مئوية . وتنخفض درجة حرارة المياه الصاعدة من عمق ١٠٠٠٠ متر الى السطح والتي تتميز بنفس الميزات الحرارية والملحية السابقة حتى تصل حرارتها الى حوالي ١,٣ درجة مئوية .

شفافية مياه البحار والمحيطات :-

تتعلق شفافية مياه البحار والمحيطات بدرجة الظروف الاتية لانعكاس وتشتت وامتصاص الاشعة الشمسية . وهذه تتأثر بدورها بتركيب وكمية الاشعاع وصفات الشوائب في مياه البحار والمحيطات وعلى هذا تختلف درجة شفافية مياه البحار والمحيطات في اقسامها وأعماقها وأوقاتها المختلفة ففي المناطق الساحلية التي تتعرض للموجات البحرية العاتية او التيارات البحرية ، مما يؤدي الى زيادة نسبة الشوائب والرواسب في مياه البحار والمحيطات بهذه الاجزاء لذا تتميز مياهها بالعتمة وانخفاض درجة شفافيتها . وتنخفض درجة شفافية مياه البحار والمحيطات ايضاً خلال فترة ارتفاع نسبة البلانكتون في الماء .

لقد وجدت أعظم درجة لشفافية مياه والمحيطات في بحر سرجاسو على عمق ٦٦,٥ متر . تصل درجة الشفافية في مياه المحيط الهادي الى حوالي ٥٩ متر ، وفي المحيط الهندي بين ٤٠ و ٥٠ متر وبصورة عامة تنخفض درجة شفافية مياه البحار والمحيطات المفتوحة ابتداء من خط الاستواء حتى الدائرة القطبية ، غير ان درجة الشفافية قد تكون كبيرة في المناطق القطبية ، فمثلاً تصل درجة الشفافية في بداية فصل الربيع للمناطق الساحلية من بحر مورمنسك الى حوالي ٤٠ ـ ٤٥ متر وتصل درجة شفافية مياه البحر المتوسط ٦٠ متر ، والبحر الاسود ٢٥ متر وبحر البلطي ١٣ متر والبحر

الابيض ٨ أمتار(١)

لون مياه البحار والمحيطات : ـ

من الضروري التفريق بين لون مياه البحار والمحيطات وبين الوان مياه البحار. تتلون مياه البحار الصافية، التي تنعدم فيها الرواسب غير العضوية والبلانكتون باللون الازرق او الازرق الفاتح (سمائي) وخاصة في الطبقات العميقة نتيجة لظاهرة امتصاص وتشتت الاشعة الشمسية، غير ان لون البحر يتغير طبقاً لحالة الجو وبعض العوامل الاخرى، ان الناظر الى سطح البحر لا يرى الاشعاعات المنعكسة فقط وانما يرى الاشعاعات المنبثقة من مياه البحر ايضاً اذ ان الاشعة المنعكسة من سطح الماء تشابه الى حد ما في التكوين. الاشعاعات الساقطة عليه غير ان تكون الاشعة المنبثقة من مياه البحر تعتمد على درجة امتصاص الطبقات المائية للطاقة الاشعاعية. ومن المعلوم ان الاشعة الحمراء هي من أكثر انواع الاشعة قابلية للامتصاص، ومن خصائصها أن أشعتها المندفعة من الماء تعطي تأثيراً واضحاً في تلون مياه البحر باللون الازرق المخضر. ومن اجل قياس الوان البحار يستخدم عادة جهاز خاص في تدرج الالوان يسمى (فورل أول) يتكون من ٢١ قنينة مملوءة بالوان مختلفة تتدرج من الازرق الخالص (يشبه اللون الحقيقي لمياه المحيط) حتى البني الغامق (مياه المستنقعات والاهوار). وتفسر زرقة الماء بأن الاشعة الضوئية تختلف في درجة امتصاص الماء لها، فالاشعة الزرقاء أقل امتصاصاً من الاشعة الحمراء بنحو عشرة مرات.

تتلون مياه المحيطات والبحار في العروض المدارية لخليج البنغال وبحر العرب والاجزاء الجنوبية من بحر الصين باللون الازرق الغامقة او اللون الازرق وتتلون مياه البحار والمحيطات في العروض المعتدلة وعند الاستواء باللون الاخضر، بينما تتلون مياه البحار في العروض شبه القطبية باللون الاخضر الزيتوني (الغامق).

تتلون مياه البحر المتوسط باللون الازرق، ويقارب لون مياه البحر الاسود مياه البحر المتوسط، الا ان لون مياهه تميل قليلاً الى اللون الازرق الفاتح، بينما تتلون مياه بحر آزوف باللون الاخضر، غير ان لون مياه بحر البلطي أكثر اخضراراً من الوان البحار الاخرى. وتتلون مياه البحر الابيض باللون الاخضر المخلوط باللون الاصفر.

---

(١) دانيدوف المصدر السابق

× يقصد بالشفافية، هي مدى اختراق الاشعة الطبقات المائية عمودياً وبدون ان تتغير درجتها.

تتغير الوان البحار طبقاً لطبيعة الجو، وقد لاتتغير الوان مياهها، تعتبر السحب من اهم عناصر الجو تأثيراً على الوان البحار، فاذا كانت السماء ملبدة بغيوم كثيفة، يتلون البحر باللون الداكن نتيجة لانخفاض الاشعاعات المنعكسة والمشتتة في هذه الحالة. وتظهر المنطقة القريبة من موقع الرصد اكثر عتمة من الجهات البعيدة عنه.

يعلل اختلاف الوان مياه البحار والمحيطات الى اثر المواد الذائبة او العالقة فيه فتتلون المياه باللون الازرق الغامق بوجود المستعمرات المرجانية، حيث تزداد نسبة ذوبان كربونات الكالسيوم، بينما يظهر اللون الأخضر في الاجزاء القطبية (القطب الشمالي والجنوبي) نتيجة لوجود النباتات المائية وغيرها.

انتقال الصوت من مياه البحار :-

ينتقل الصوت في مياه البحار والمحيطات بدرجة أكثر من انتقاله في الهواء. حيث تبلغ سرعة انتقال الصوت في مياه البحار بدرجة حرارة صفر مئوي ونسبة تركيز ملحي قدرها ٣٥ بالألف الى حوالي ١٤٤٥ متر / الثانية. وتزداد سرعة انتقال الصوت في مياه البحار بارتفاع درجة الحرارة وزيادة نسبة تركز الاملاح في الماء، فتزداد سرعة الصوت في مياه البحر الى حوالي ١٥٤٨ متر / الثانية عند ارتفاع درجة حرارة الماء الى ٣٠ درجة مئوية وارتفاع تركز الاملاح في الماء الى ٤٠ في الألف.

ويمكن معرفة درجة انتشار الصوت في مياه البحار والمحيطات باستخدام المعادلة القياسية التالية :

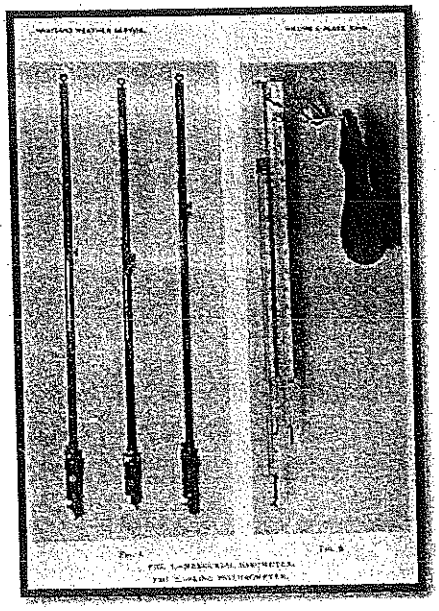
$$C = \frac{1}{\sqrt{KP}}$$

حيث ان C = سرعة الصوت م / الثانية
K = معامل انضغاط الماء
P = كثافة الماء

وتختلف سرعة انتقال الصوت في مياه الاعماق المختلفة للبحار والمحيطات نظراً لاختلاف درجة الحرارة وتركز الاملاح في مختلف الاعماق المحيطية، ولذا فان سرعة انتقال الصوت في مياه الاعماق تزيد بحوالي ١٠ ٪ عن سرعته في الطبقات المائية السطحية.

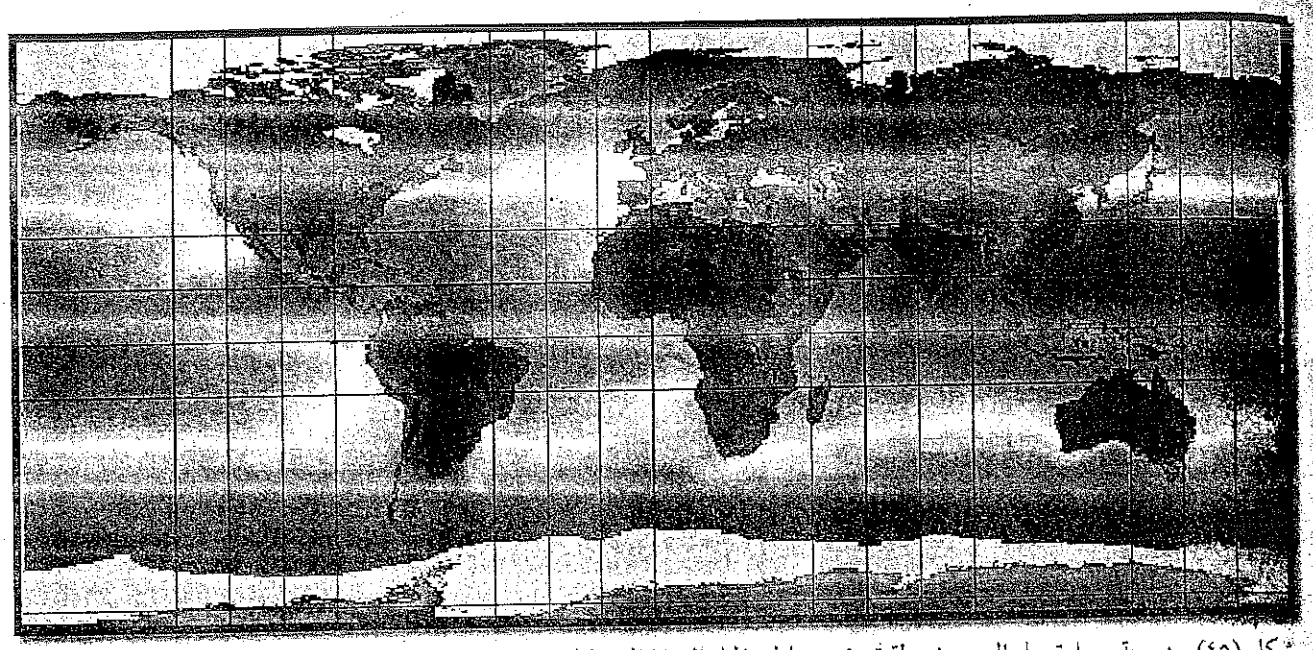
تؤثر الموجات البحرية على اعاقة انتقال الصوت بنفس الدرجة، نتيجة لعملية الامتصاص التي تتم بعمل الموج البحري، الا أن الموجات البحرية تقل بحوالي ثلاثة

٥٠ فان الرطوبة النسبية تكون % 59وهكذا، وجدير بالذكر ان الهواء الساخن يحتفظ بكمية اكثر من التي يحتفظ بها الماء البارد فالهواء الساخن له نقطة تشبع اكبر من الهواء البارد لذا فانه عند مرور هواء رطب ساخن علي منطقة اوسطح بارد فان الهواء يصبح مشبعا لان الهواء البارد له نقطة تشبع اقل لتبدا الصو المرئية لبخار الماء مثل الندى والضباب



شكل(٤٦)الهيجرومتر الرطب الجاف

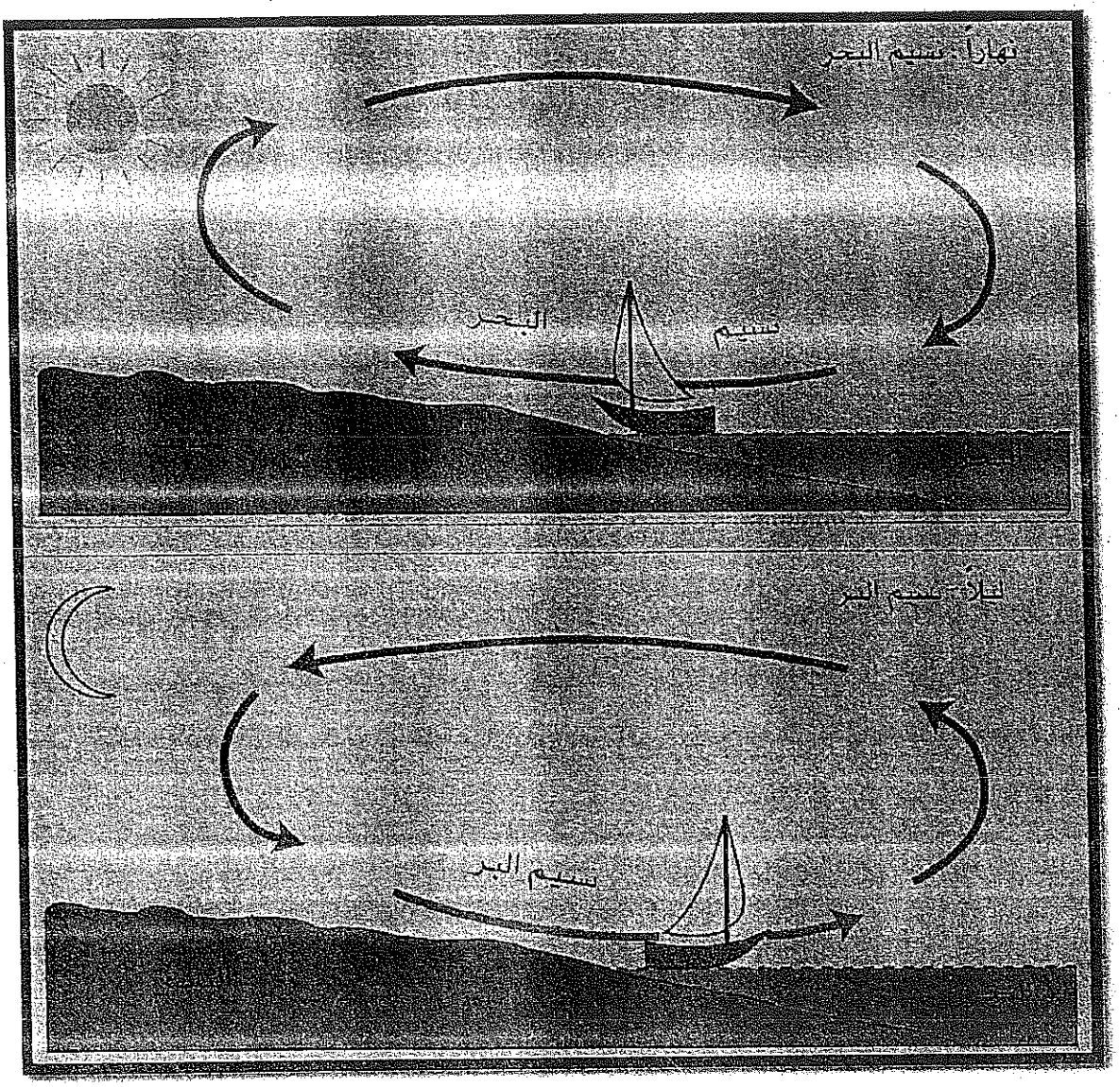
الضباب-: (fog) يطلق علي الهواء المشبع بالماء قرب سطح الارض اسم الضباب حيث يعتبر الضباب سحبا ارضية ويتكون الضباب حين ملامسة هواء رطب ساخن سطح بارد وكما ذكرنا سابقا بان درجة التشبع الهواء البارد اقل من تشبع الهواء الساخن ببخار الماء لذا فان الصورة المرئية لبخار الماء المعروفة بالضباب تبدا بالظهور وكذلك قد يتكاثف البخار علي الاسطح الباردة مكونا الندي ،وتعتبراكثر الاماكن ضبابا في العالم هو مدينة نيو فوند لاند في كندا حيث يصل معدل ايام الضباب فيها الي حوالي ١٢٠ يوم في السنة حيث ينتج الضباب عندما يقابل الهواء الرطب الدافيء القادم من فوق خليج المكسيك ظيرء التيار البارد القادم من لابرادو القادم من الشمال الي اسفل مكونة ضباب كثيف والتي قد تعيق الملاحة في تلك المنطقة ،وليس الضباب فقط هو صور التفاعل بين الهواء الجوي و المياه ولكن هناك ظواهر عدة تنتج عن التفاعل بين المياه والهواء مثل الأعاصير والأمواج والتيارات البحرية.



شكل (٤٥). درجة حرارة مياه البحر خريطة توضح مناطق المياه الدافئة في مناطق حمراء وبرودة المياه الزرقاء. تمثل مناطق بيضاء الثلج. إشعار الاصبع صاعد من الماء البارد في المحيط الهادئ قبالة جنوب أمريكا الجنوبية والإصبع الهابط من الماء البارد في شمال المحيط الهادئ قبالة الساحل الغربي من الولايات المتحدة. (أسباب هذه تصبح واضحة عندما تتعلم عن التيارات الكبيرة في المحيط)

الرطوبة-:

المحيطات لا تؤثر فقط علي درجة الحرارة بل لها تاثير كبير علي علي كمية بخار الماء الموجود الموجود في الهواء والمسمي بالرطوبة و نحن حين نقيس الرطوبة فاننا نقيس الرطوبة النسبية وما دام قد ذكرت نسبة فاننا بذلك نقارن بين شيئين وهي الرطوبة او نسبة بخار الماء الموجودة في الجو لنقارنها بنسبة بخار الماء المطلوبة لتشبع الهواء الجوي تشبعا كاملا ببخار الماء في نفس درجة الحرارة وتقاس الرطوبة باجهزة الهيجرومتر ومن اشهرها واسهلها الهيجرومتر الرطب الجاف (psychrometer)وهو عبارة عن ترمومترين لقياس الحرارة موضوعان بجانب بعضهم البعض احدهم مكشوف والترومتر الاخر عليه قطعة قماش مبللة بالماء حيث يوضع الجهاز في الهواء لعدة ثواني وبعها نحسب الفرق بين قراءة الترومترين ومن فرق القراءة يتم تحويله عن طريق جداول مرفقة مع الجهاز الي نسبة الرطوبة المناظرة ويرجع الفرق في قراءة كلا من الترومترين الي الترومتر الرطب حيث يقلل الماء الذي علي انتفاخه دوما من درجة الحرارة عن الترومتر الاخر وكلما زاد الفرق بين الترومترين كانت الرطوبة قليلة وكلما قل الفرق كانت الرطوبة عالية لانه كلما زادت الرطوبة فان معدل تبخر الماء من القماشة المبللة علي انتفاخ الترمومتر سيكون قليلا ويكون الفرق في القراءات بين الترومترين بسيطا اما عند قلة بخار الماء في الجو فان التبخير سيكون عالي ويكون الفرق بين الترومترين كبيرا فعلي سبيل لمثال فانه عندما يكون الفرق في قراءة الترومترين ١٠ م فان الرطوبة النسبية ستكون ٩١ % اما عندما يكون الفرق بين قراءة الترومترين



شكل(٤٤)نسيم البر والبحر

-خطوط الحرارة المتساوية :

وهي الخطوط التي تصل بين المناطق ذات الحرارة المتساوية وهي تسير إلى حد كبير موازية لدوائر العرض . وكقاعدة عامة فإن حرارة مياه البحار والمحيطات تأخذ في الانخفاض من السطح إلى القاع ومن خط الاستواء إلى القطبين أي أفقيا ورأسيا .

هذا وتصل حرارة المياه السطحية المستمدة من أشعة الشمس إلى المياه العميقة عن طريق تحركات المياه (التيارات التصاعدية) أو بواسطة التغير في الثقل النوعي للمياه فنجد أن المياه السطحية تتعرض أثناء النهار للتبخر مما يزيد في ثقلها النوعي مما يزيد من ملوحتها مما يؤدي إلى هبوطها وحدوث تيارات هابطة تؤدي إلى ارتفاع الحرارة في المستويات المائية العميقة

المياه السطحية تكون ساخنة اكثر من الطبقات القاعية لذا فالطبقات السطحية تكون اقل كثافة فتظل طافية لاعلي فلا يحدث تقليب لطبقات المياه اما عندما تبرد طبقات المياه السطحية فان كثافتها تزيد فتهبط لاسفل ويحل بدلا منها مياه ادفيء فيتم التقليب بين الماء والاملاح في طبقات السطح والقاع وكما ذكرنا فان المياه تاخذ وقت اطول لكي تسخن لان السعة الحرارية للماء اكبرمن السعة الحرارية لليابسة لذا فان الهواء الملاصق لسطح الماء يكون اكثر برودة من ذاك الهواء الملامس لسطح اليابسة لذا فان الهواء الملاصق لليابسة يصعد لاعلي بعد ان يسخن ويحل محله الهواء الابرد نسبيا القادم من ناحية البحر لذا فان الجو في المناطق الساحلية يكون الطف من ذلك الموجود في المدن الداخلية البعيدة عن البحر ويسمي الهواء البارد القادم من البحر الي اليابسة بنسيم البحر (sea breeze) وهذا يحدث خلال ساعات النهار اما عندما يحل المساء فان الماء كما يسخن ببطيء فانه كذلك يفقد حرارته ببطيء علي عكس اليابسة التي تسخن بسرعة وتفقد حرارتها بسرعة كذلك لذا يكون الهواء الملاصق لليابسة خلال الليل اكثر برودة من الملامس لسطح الماء لذا فان الهواء يندفع من اليابسة الي البحر ليحل محل الهواء الدافيء الملاصق لسطح الماء ويسمي الهواء القادم من اليابسة الي البحر خلال المساء بنسيم البر (land breeze) ويعد المسئول عن ارتفاع الهواء الساخن سواء علي البر او البحر الي اعلي وحلول الهواء الأبرد مكنه هو تيارات الحمل المسئولة عن انتقال الحرارة في لسوائل و الغازات ، ولعل انخفاض درجة الحرارة عند الاقطاب هو المسئول عن تكون الجليد

-مصدر حرارة مياه البحار والمحيطات:

تستمد مياه البحار والمحيطات حرارتها من ثلاثة مصادر رئيسية وهي كالتالي :

أ- حرارة الشمس وهي تساهم في رفع درجة حرارة المياه السطحية .

ب -الحرارة المستمدة من باطن الأرض وهي تساهم في رفع درجة حرارة المياه العميقة .

ج-زيادة الضغط على الأجزاء المائية الساخنة وهي تساهم في رفع درجة حرارة المياه.

وهناك كذلك مصادر فرعية تسهم في رفع درجة حرارة المياه-وهي كالتالي

د--الحرارة الناتجة من الثورات البركانية .

ه- -الحرارة الناتجة من وجود العناصر المشعة كالراديوم والثوريوم .

من الطبيعي أن يكون التغير اليومي أقل بكثير من التغير الفصلي في درجة حرارة سطح المياه الطليقة في المحيطات نظراً لقصر مدة التسخين والتبريد اليومي، بالمقارنة لما يحدث من فصل لآخر. ويقتصر تأثير التسخين والتبريد اليومي على الطبقات العليا من مياه المحيطات والتي يصل عمقها إلى ١٠ أو ٢٠ متراً.

جدول (٣) درجات الحرارة لمياه المحيطات حسب العمق

العمق بالمتر	درجة الحرارة (م)	معدل التغير في درجة الحرارة (م)
٠	٢٠	----------
١٠٠	١٧,٨	٢,٢
٢٠٠	١٣,٤	٤,٤
٣٠٠	١١,٦	١,٨
٤٠٠	٩,٨	١,٨
٥٠٠	٨,٢	١,٦
٦٠٠	٧,١	١,١
٧٠٠	٦,٢	٠,٩
٨٠٠	٥'٥	٠,٧
١٠٠٠	٤'٩	٠,٦
١٢٠٠	٤'٥	٠,٤
١٤٠٠	٤,١	٠,٢
٢٠٠٠	٣,٦	٠,٠٦
٣٠٠٠	٢,٨	

أما التغيرات الفصلية، فيمتد تأثيرها إلى أعماق تصل إلى ١٠٠ أو ٣٠٠ متر. وعموما فإن التغير اليومي في درجة حرارة سطح الماء يتميز بصغره وبأنه أقل من ما يحدث على الجزء اليابس من الأرض، ويرجع ذلك للخواص الفيزيائية للماء، وأهمها : كبر سعته الحرارية، وكذلك إلى انتقال الحرارة من السطح إلى الطبقات التحت سطحية بعمليات التقليب المستمرة، وتيارات الحمل، وبالتوصيل، وكذلك بفقدان الحرارة عن طريق البخر. و من الشائع خلال الصيف ان

هذا الجدول يتضح أن معدل النقص في درجة الحرارة كان أكبر ما يمكن بين عمق ١٠٠ و ٢٠٠ متر حيث بلغ ٤,٤ °م لكل ١٠٠ متر أي أن منطقة المنحدر الحراري تقع بين عمق ١٠٠ و ٢٠٠ متر.

٣-طبقة المياه العميقة Deep Layer:

تتواجد هذه الطبقة على أعماق أكثر من ١٠٠٠ متر وفيها تنقص درجة الحرارة بمعدل طفيف جداً مع العمق. ويلاحظ تغير سمك طبقة المنحدر الحراري تغيراً موسمياً في المناطق المعتدلة. فتظهر هذه الطبقة بوضوح خلال الصيف، وتختفي تقريباً في الشتاء.

أما في المناطق الباردة، فإن طبقة المنحدر الحراري قد تختفي. وقد يتواجد بدلا منها طبقة منم المياه يتراوح عمقها بين ٥٠ و ١٠٠ متر. وتتميز هذه المياه بأن درجة حرارتها أبرد من المياه التي فوقها ومن المياه العميقة التي تحتها. حيث درجة حرارة المياه العميقة ترتفع ارتفاعاً طفيفاً نتيجة لزيادة الضغط. فتحت عمق ٤٠٠٠ متر، ترتفع درجة الحرارة ارتفاعاً طفيفاً كلما زاد العمق. ولا ترجع أسباب هذه الزيادة إلى عوامل أو مؤثرات خارجية، إنما سببها هو الزيادة المستمرة في الضغط.

- وقد وجد أن هذه الزيادة قد تصل إلى ١,٢ درجة مئوية عند عمق ١٠٠٠٠ متر.
- فإذا أردنا المقارنة بين درجة حرارة الكتل المائية العميقة والتي تتواجد على أعماق مختلفة فإننا نلجأ إلى التخلص من تأثير زيادة الضغط على درجة الحرارة، وذلك بحساب ما يسمى درجة حرارة الوضع.

و تتغير درجة حرارة سطح البحر تغيرات يومية وتغيرات فصلية أو موسمية، ويختلف مقدار التغير اليومي أو الفصلي اختلافاً بيّناً من منطقة من المحيط إلى آخر، اعتماداً على الموقع الجغرافي، وعلى الاحوال الجوية السائدة فيها.

وتؤثر كثيرا من العوامل في درجة الحرارة السطحية من أهمها:

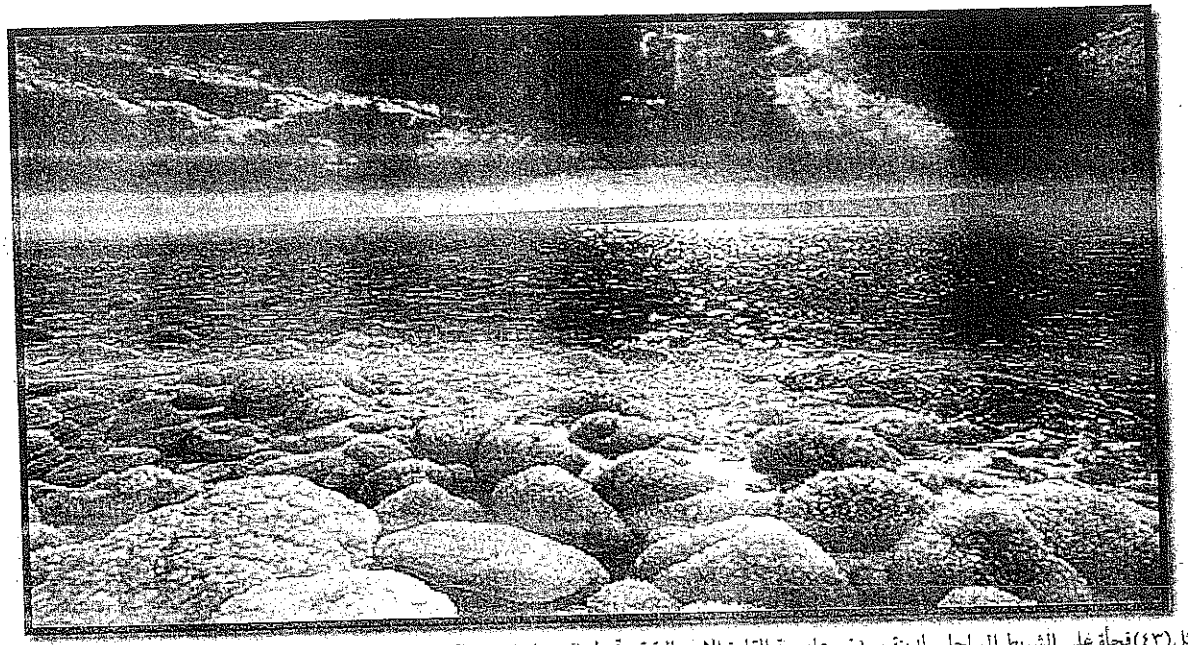
١- الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الماء والتي تعتبر المصدر الأساسي للطاقة الحرارية التي ترفع درجة حرارة سطح مياه المحيطات.

٢-البخر: وهو المنفذ الأساسي لتسرب الحرارة من مياه المحيطات. فعن طريق البخر تفقد المحيطات حوالي ثلثي طاقة حرارية، والتي تصل لسطح الماء من الشمس. أما الثلث الآخر فيؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء.

٣-الرياح: وتعمل الرياح على تقليب ومزج المياه السطحية بالمياه التحت سطحية، كما أن الرياح هي أحد العوامل التي تؤثر في عملية البخر، وهي المسببة للتيارات الصاعدة.

٤-درجة حرارة الهواء: تؤثر درجة حرارة الهواء على حرارة سطح الماء، ويحدث تبادل حراري بين سطح البحر وطبقة الهواء التي تعلوه.

٥-المد والجزر والتيارات البحرية: تنتقل كميات كبيرة من الماء من منطقة لأخرى، عن طريق المد والجزر، والتيارات البحرية ذات النطاق الكبير، وهذا يؤدي إلى تغيير درجة حرارة سطح الماء، ويلاحظ ذلك بوضوح في المناطق التي تمر بها تيارات دافئة، مثل تيار الخليج، أو تيارات باردة، مثل تيار اللبرادور.



شكل(٤٣)فجأة على الشريط الساحلي لمدينة سيدني عاصمة القارة الإسترالية قد تحول إلى ساحل من الكابتشينو. ابتلع الزبد (الرغوة) الشاطئ بالكامل و نصف المباني القريبة من الشاطئ. تشاهد في الصور الإستثنائية مجموعة من المتزلجين المراهقين الذين لم يستطيعوا بالطبع التزلج فوق هذا الزبد

٥-درجة الحرارة-:

كما ذكرنا فان اشعة الشمس الساقطة علي المياه تتكون من عدة اطياف تتاين في شدتها لذلك فان معظم هذه الاطياف يتم امتصاصه في العدة امتار الاولي مسببا ارتفاع درجة حرارة المياه وتبعا لحدة وشدة درجة الحرارة علي سطح الارض باختلاف خطوط العرض فان درجة حرارة المياه السطحية تتراوح بين اقل من درجة تجمد المياه عند الاقطاب الي حوالي ٦٠ درجة عند خط الاستواء وتختلف درجة الحرارة كذلك بالاختلاف مع العمق حيث تقل دجة الحرارة مع الزيادة في العمق نتيجة لغياب ضوء الشمس الذي يسبب الدفيء ، وهذا الاختلاف غير منتظم ففي المناطق الدافئة والحارة تتغير درجة الحرارة تغيراً واضحاً كلما زاد العمق فتنقص الحرارة من حوالي ٢٩ درجة عند السطح إلى حوالي -١ عند القاع بينما في المناطق القطبية نلاحظ تجانس درجة حرارة المياه فيقل أو يتلاشى الفرق بين درجة حرارة المياه السطحية والمياه القاعية ، ويمكن تقسيم مياه المحيطات إلى ثلاثة طبقات رئيسية:

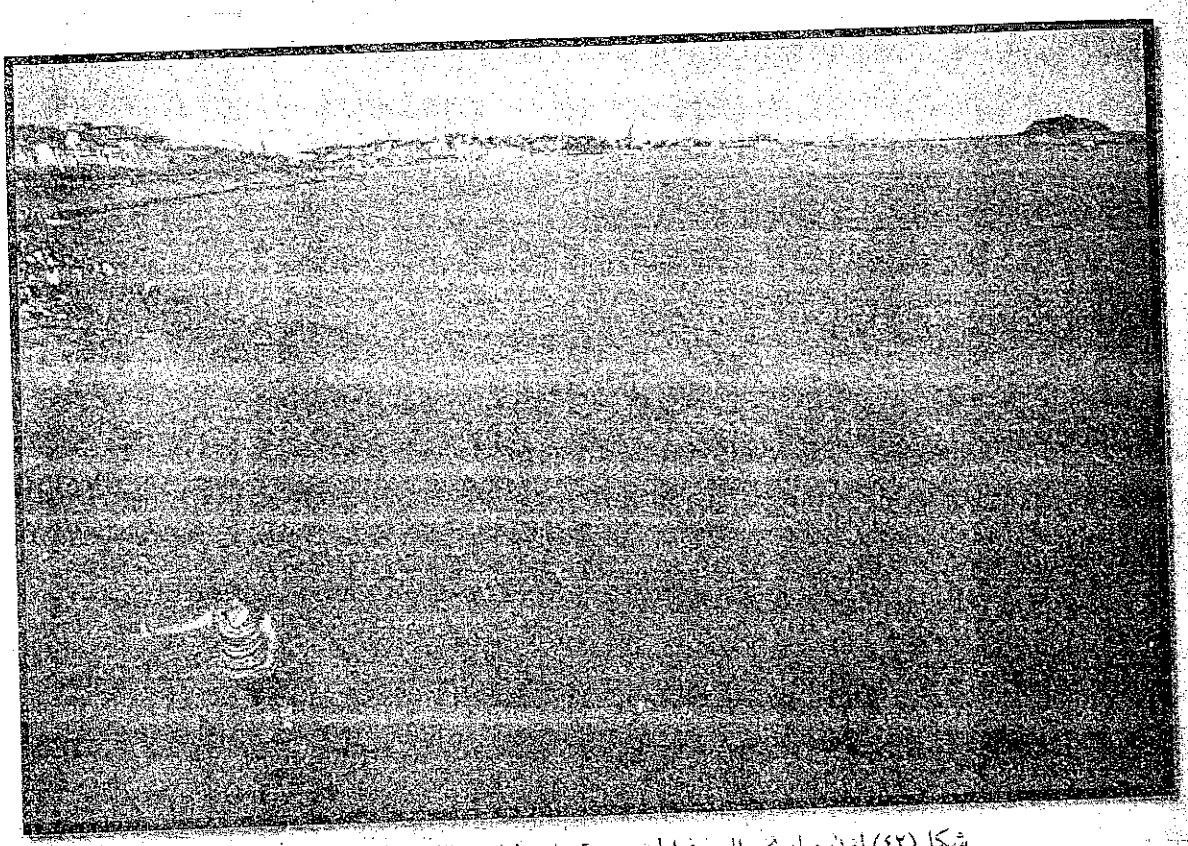
١-الطبقة العليا: وهي الطبقة السطحية الضحلة من مياه المحيطات التي تؤثر عليها الرياح وتعمل على تقليبها ومزجها وتسمى طبقة المزج أو الطبقة الممزوجة Mixed Layer ويتراوح سمكها بين ٥٠-٢٠٠ متر وتتميز مياهها بتجانس درجة حرارتها.

٢-طبقة المنحدر الحراري: هذه الطبقة تلي الطبقة السطحية وتصل إلى عمق حوالي ٥٠٠ متر وذلك حسب المناطق. في هذه الطبقة يزداد معدل النقص في درجة الحرارة زيادة سريعة مع العمق. تتواجد طبقة المنحدر الحراري بصفة دائمة في المناطق الاستوائية والمدارية على أعماق تتراوح بين ٢٠٠-١٠٠٠ متر ويطلق عليه "المنحدر الحراري الدائم" Permanent Thermocline من

انتشار الطحالب الحمراء المعروفة باسم . Trichodesmium Erythraeum كما تعمل الطحالب الأخرى المعروفة باسم انابينا Anabaena على صبغ مياه البحر باللون الأزرق الداكن.

٤- .تساهم كائنات الدياتوم Diatomو الدينوفلاجلاتس Dinoflaglates على تشكيل مياه البحر باللون الأخضر .

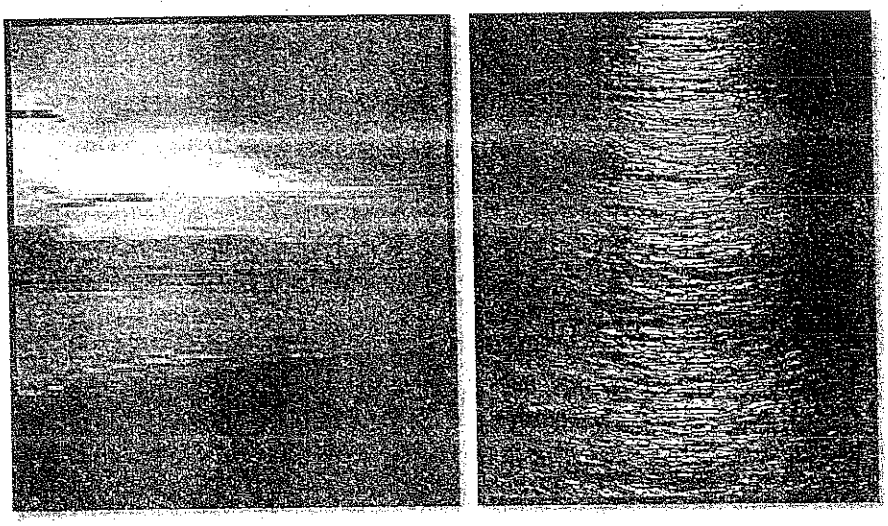
٦- عندما تنتشر كائنات الكوكوليثوفورس Coccolithophoresبالمياه ، تعمل هذه الكائنات على انتشار الزبد الأبيض الذي يعد من أهم الدلائل على وجود أسراب السردين بالمياه. أما إذا قل انتشار كائنات الفيتوبلانكتون و الزوبلانكتون بمياه البحر ، فتتشكل مياه البحر باللون الأزرق الصافِ ، كما هو الحال في بحر سرجاسو Saragasso Sea ولذلك يقال أن المياه الزرقاء هي من خصائص المياه الصحراوية القاحلة بالبحر Blue is the desert colour of the seaوقد ساهمت كائنات الزوبلانكتون والفيتوبلانكتون على تشكيل ألوان المياه السطحية ببحرالشمال، وميزت بين لون مياه كل من نصفيه الشمالي والجنوبي.



شكل(٤٢) لون مياه بحر الصين الجنوبي وقد اصطبغت باللون الاخضر بسبب الدياتوم

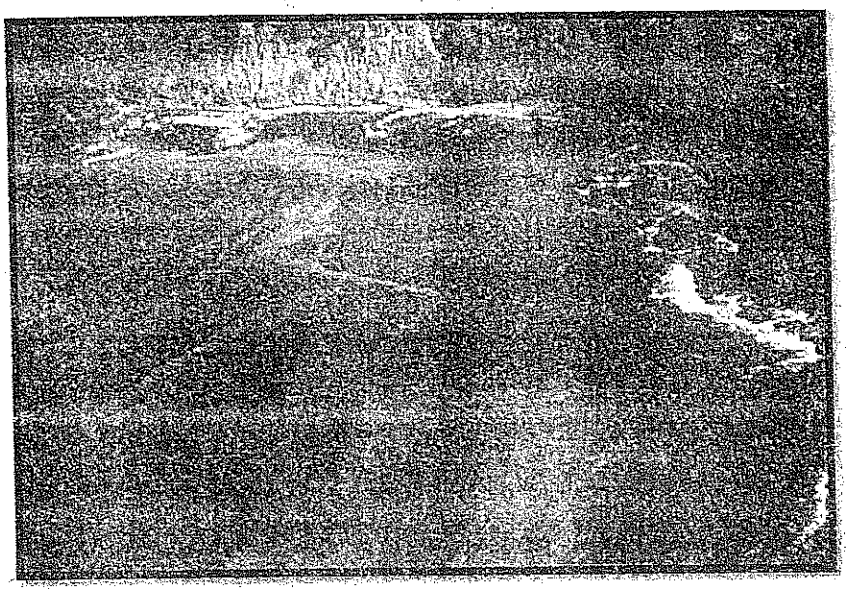
والاصفر تمتص في بداية اول ١٠ م من مياه المحيط محولة طاقتها الي طاقة حرارية تدفيء الماء اما الضوء الازرق فنتيجة لاختراقه لمسافات بعيدة فهو يعكس هذا اللون الي عين المشاهد فيبدو ضوء البحر وكانه ازرق اما ظهر المياه بالوان اخرى فيعود الى واحد من الاسباب التالية:-

١-وجود المواد غير العضوية العالقة بمياه البحار والمحيطات كالرمال القادمة عبر الانهار من الجبال والسهول القارية كما هو الحال في البحر الاصفر الذي يحمل له النهر الاصفر الرمال الصفراء من الهضبة الصينية ..والوحل الداكن الذي اكسب مياه البحر الاسود لونها المميز.



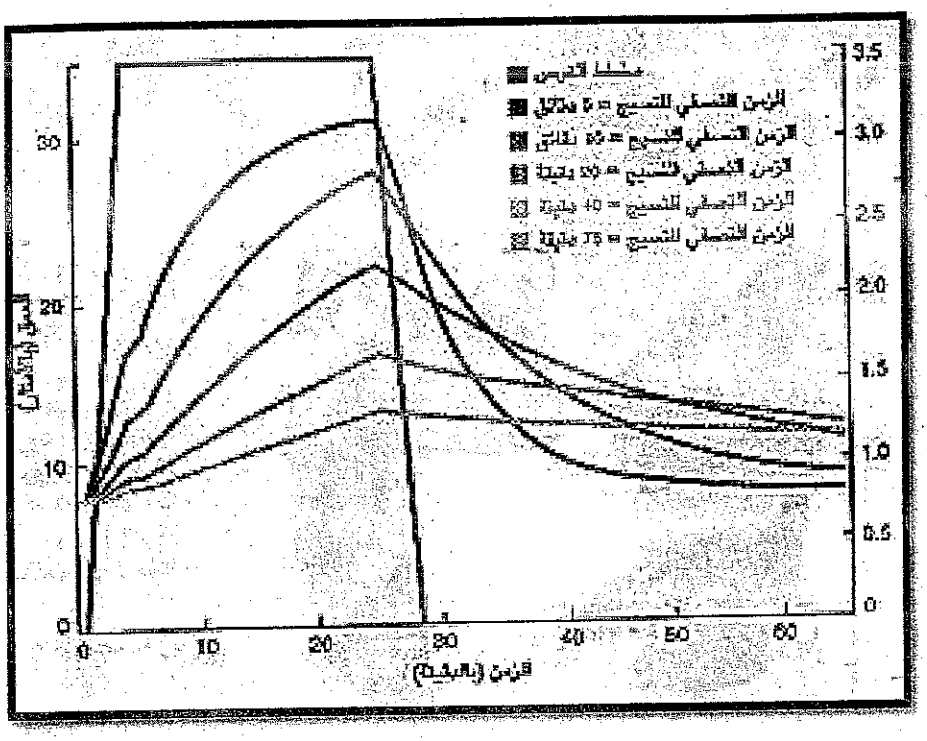
شكل(٣٩)الغروب على ساحل البحر الاسود شكل(٤٠)البحر الاصفر

٢- .تكوين الشعاب المرجانية ببعض المسطحات المائية الضحلة فتضيف إلى مياه البحر اللونين الأزرق الداكن المائل للحمرة ، والأزرق الذي يميل إلى البياض.



شكل(٤١)لون المياه الاحمر بسبب الطحالب

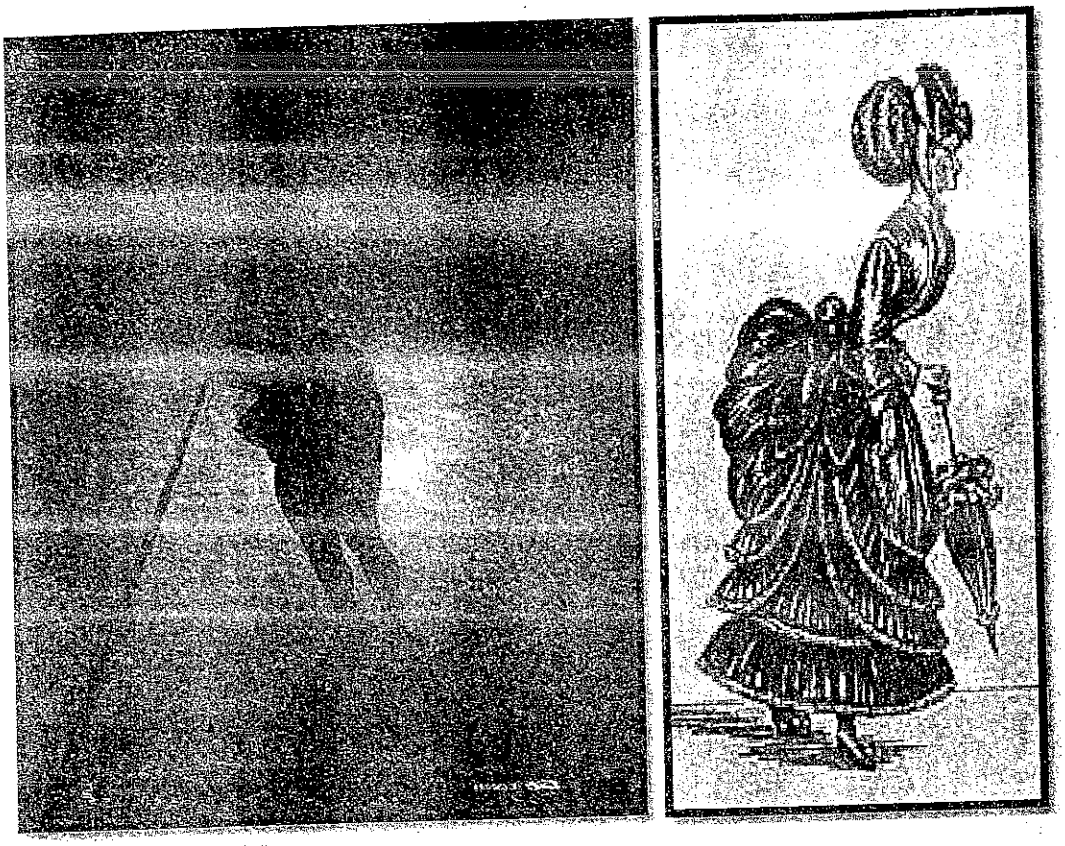
٣- تؤثر الطحالب البحرية في تشكيل ألوان مياه البحر، فقد تبين أن المياه البنية اللون التي تميل إلى الحمرة بكل من البحر الأحمر وبحر فرميليون Vermilion sea بخليج كاليفورنيا ، تعزي إلى



شكل(٣٨) الضغوط في خمسة انسجة ذات «زمن نصفي□ مختلف

٤-اشعة الشمس ولون ماء البحار -: ضوء الشمس هو صورة الطاقة الاشعاعية القادمة من الشمس حيث يتكون الطيف المرئي للشمس من عدة انواع من الاشعة المكونة لالوان الطيف فكل لون له طول موجي محدد وكذلك تردد ،ومن المعلوم ان الطول الموجي وهو المسافة بين قمتين او قاعين من الموجة يتناسب عكسيا مع التردد فكلما زاد الطول الموجي قل التردد الذي يعرف بانه عدد الامواج في الثانية الواحدة وكذلك كلما نقص الطول الموجي زاد التردد أي زادت قوة الموجة أي كانت طاقتها اعلي ،تبعا للظروف الجوية فان حوالي من ٢٠-٥٠ ٪ من اشعة الشمس القادمة الي الارض تنعكس من الغلاف الجوي عائدة الي الفضاء او تمتص في الغلاف الجوي اما بقية الضوء الذي يصل الي الارض الذي ينتقل خلال الغلاف الجوي فان جزء منه ينعكس بعد سقوطه علي الارض وجزء اخر يمتص عن طريق يابسة وبحار الارض لذا فان ضوء الشمس ينعكس جزء منه الي الفضاء وينتقل جزء منه في الغلاف الجوي الي اليابسة والماء. ينفذ الضوء في المحيط الي عمق يتراوح بين من ٥٠ الي ١٠٠ م تقريبا اعتمادا علي درجة شفافية المياه حيث تسمي المنطقة التي يخترقها الضوء بالمنطقة المضيئة و التي يتابين عمقها تبعا للقرب او البعد عن خط الاستواء حيث تكون اكبر ما يمكن عند خط الاستواء لان اشعة الشمس في هذه المنطقة تكون عمودية ومباشرة اما بالابتعاد عن خط الاستواء شمالا وجنوبا فا اشعة الشمس تميل بزاوية اقل من ٩٠ oلذا فهي تكون اقل شدة وتكون مسافة اختراقها للماء اقل مما يقلل المنطقة المضيئة وكما ذكرنا سابقا بان لكل لون من اطياف اشعة الشمس والتي تستطيع ان تراها كاملة باستخدام منشور زجاجي طول موجي وتردد محدد لذا فان بعض الاطياف تكون اكثر طاقة من الاخري ولعل اقوي الاطياف طاقة هو الضوء الازرق الذي ينفذ الي اعماق كبيرة اكثر من بقية الالوان اما بقية الالوان ذات التردد المنخفض والطول الموجي الكبير مثل الاحمر

أعراض وعلامات هذه الحالة الغريبة الغواصين المعرضين للضغط في الأعماق، وهي تعاكس من بعض النواحي أعراض وعلامات التخدر بالنتروجين. تتميز هذه المتلازمة بالدوام (الدوخة) والقياء والرجفان والتعب والوسن والرمع العضلي myoclonic jerkingوالمغص المعدي وضعف الأداء العقلي واضطراب النوم المترافق مع الكوابيس والأحلام الواضحة، وتبدلات في فاعلية الدماغ الكهربائية مثل زيادة الموجات البطيئة والنوم السطحي وفيه يبقى الغواص واعيا مادام انتباهه مشدودا . وكلما زاد الغوص عمقا وزادت سرعة التعرض للضغط ازدادت الأعراض بشدة. ، ويعتقد «بينت» أن الآليات التي تسبب التخدير النتروجيني نفسها تشكل أساس المتلازمة العصبية للضغط العالي. والشكل(٣٨) يبين الضغوط في خمسة انسجة ذات «زمن نصفي» مختلف ـ ويقصد بذلك الزمن اللازم كي يبلغ نتروجين الانسجة نصف الحد الأقصى الذي يمكن الوصول إليه. عندما يتجاوز ضغط الغاز المنحل الضغط المحيط يقال إن الانسجة فوق مشبعة. إن حالة ما فوق الإشباع ضرورية لتشكل الفقاعات الذي قد يؤدي حدوث المتلازمة العصبية للضغط العالي. تعطي هذه المنحنيات فكرة تقريبية عن تصرف الغاز في الانسجة الذي هو في الواقع أكثر تعقيدا وغير مفهوم تماما. واوحت التجارب التي أجريت بعد ذلك أن الغازات المخدرة تخفض التوتر السطحي للأغشية الدهنية، في حين تؤدي الغازات غير المخدرة كالهيليوم والنيون إلى زيادة التوتر السطحي لهذه الأغشية، مما يعني أن هذه الغازات تقبض الأغشية.استنادا إلى ذلك، افترض أن إضافة ٥-١٠ بالمئة من النتروجين إلى مزيج الهيليوم والأكسجين تعطي خليطا لا يؤثر في التوتر السطحي للغشاء الخلوي ولا يؤدي بالتالي إلى ظهور أعراض التخدير ولا المتلازمة العصبية للضغط العالي.وقد استخدم هذا الخليط فعلا اوائل السبعينيات وفي عام ١٩٨٩ استخدم بنجاح خليط يحوي ١٪ من الأكسجين مع كميات متساوية من الهدروجين والهيليوم في الغوص لمسافة ٥٠٠ متر في عمق المحيط مع جولات على عمق ٥٢٠ مترا و ٥٣٤ مترا. وفي عام ١٩٩٣ استخدم الخليط ذاته في الغوص التجريبي (داخل غرفة عالية الضغط) لعمق ٧٠١ متر وهو الرقم القياسي العالمي



شكل(٣٧)الحنية الإغريقية هي وضعية أنيقة تعود للعهد الفيكتوري، ومنها اشتق داء الغواص اسمه المألوف يستعمل الغواصون الحبال أثناء عملية تخفيف الضغط كي يحتفظوا بموقعهم على عمق معين. ويؤدي الصعود البطيء مع توقفات مناسبة إلى التقليل من تشكل الفقاعات في النسج (الأنسجة) ومن خطورة حدوث الحنيات (الانحناءات).

المهام البسيطة فهذه الحالة قد تسبب الخطر عل حياة الغواص وامنه حيث تنتج هذه الحالة نتيجة استنشاق غاز النيتروجين (N2) تحت ضغط ،فغاز اليتروجين الذي يشكل ٧٨ ٪ من الهواء الجوي الذي نتنفسه خامل عند الضغط الجوي العادي اما اذا تم استنشاقه تحت ضغط علي اعماق كبيرة فانه يكون له تاثير المخدر مشابها لتاثير اكسيد النيتروجين (غاز الضحك) الذي يستخدمه بعض اطباء الاسنان لتسكين الالام اذ ان زيادة ضغط النتروجين في الانسجة ثم انخفاضه بسرعات مختلفة أثناء الغوص وبعده بقليل،يودي الى حدوث حالة الخدر والاغماء ،وللتغلب علي هذه المشكلة يتم استبدال غاز النيتروجين الموجود داخل انابيب الغوص بغاز الهيليوم للغواصين الذين يهبطون الي اعماق كبيرة وقد بدأت بحرية الولايات المتحدة منذ أواخر الثلاثينات استبدال الهيليوم بالنتروجين في الخلائط (المزيجات) التنفسية المستعملة في الغوص العميق، لأن قدرته المخدرة تقل كثيرا عن قدرة النتروجين. وقد كان نجاح هذه الطريقة كبيرا حتى ظن لبعض الوقت أنه لن تكون هناك بعد الآن عوائق أمام الغوص العميق.

٤-المتلازمة العصبية للضغط العالي(HPNS)

واكتشفت في عام ١٩٦٠ من قبل العالم الامريكي (بينت) وشكلت عقبة واجهت الغواصين على عمق ١٥٠ مترا. وقد دعا هذه الحالة بالمتلازمة العصبية للضغط العالي.(HPNS) تصيب

مغلقة فاذا زال الالم يمكن للغواص ان يستمر في الهبوط فاذا عاد الالم فان الغواص يبدا بالصعود لاعلي ببطيء وينظف الجيوب عن طريق النفخ في الانف.

٢- اضرار الصعود:الصعود بسرعة من القاع الي السطح يمكن ان تنتج عنه اضرر كثيرة للغواصين وهذا الضرر يسمي بالالتواء فعندما يتنفس الغواص تحت الماء فان الاكسجين يذوب في دمه عند هذا الضغط فلو صعد الغواص بسرعة فانه بذلك يزول الضغط عن هذا الغاز مما يجعل هذا الغاز يخرج من سائل الدم مكونا فقاعات صغيرة في الدم فهذه الفقاقيع الهوائية يمكن ان تتحرك نحو الانسجة والمفاصل جاعلة الغواص ينحني من الالم (سبب تسميتها بامراض الالتواءاو كما تعرف عاميا بمرض الحنيات و قد أطلق عليه هذا الاسم عام ١٨٧٠ أثناء بناء جسر سانت لويس. فقد كان العمال المصابون بهذا المرض يمشون أحيانا مع بعض الانحناء في قامتهم، وهي وضعية كانت النساء المتأنقات fashionableيتكلفنها في ذلك العصر وتعرف باسم(الحنية الإغريقية) واذا كان تصاعد الفقاقيع قويا فانه قد يسبب الموت او العجز والتاثير الاخر السيء لمرض ازالة الضغط هو ان تسد هذه الفقاقيع احد الاوعية الدموية وخاصة لعضو حيوي مثل المخ او القلب ويحد ث هذا الامر عند صعود الغواص بسرعة كبيرة جدا وهو يكتم انفاسه نتيجة لكون الهواء داخل رئته كان واقعا تحت ضغط الماء لذا فقد كان مضغوطا فاذا زال هذا الضغط علي السطح فان الهواء يتمدد داخل الرئة مسببا تمزيق الحويصلات الهوائية ومندفعا الي الدم الي الاوعية الدموية ومسببة الاغماء او الشلل او الموت ،فلكي نتغلب علي هذا الامر فان الغواص يجب ان يصعد ببطيء بمعدل ١٠ م /د ويجب ان يتنفس بكفاءة اثناء صعوده الي السطح وتتم معالجة امراض ازالة الضغط بوضع الغواص المصاب في غرف مصنوعة من الصلب عند نفس الضغط الذي كان عليه في الماء لاذابة الفقاعات الهوائية الموجودة في الدمومن ثم رفع الضغط الجوي داخل هذه الغرفة إلى ما يعادل ٢,٨ مرة الضغط الجوي على سطح الكرة الأرضية، ثم خفض الضغط بعد ذلك وعلى عدة مراحل إلى مستوى الضغط الجوي العادي. وتعد هذه الطريقة الأساس في معالجة معظم أشكال امراض الصعود ثم نبدا وتتململية تخفيف الضغط علي فترات قد تستغرق عدة ساعات حتي يتم التاكد ان الغازات داخل الدم قد ذابت بصورة كاملة وطردت بامان

٣- التخدير النيتروجيني:الغواصين الذين يقومون بغطسات عل عمق اكثر من ٣٠ م تكون عرضة للاصابة بما يسمي بنشوة الاعماق او التخدير النيتروجيني وهو نوع من السلوك يشبه التسمم الكحلي حيث يبدو الغواص وكانه سكران حيث يصعب عليه التركيز ولا يستطيع تادية

(hydrostatic pressure)حيث يزيد الضغط مع الزيادة في العمق بصورة منتظمة حيث يزيد بمقدار اضغط جوي (١٠١ كيلو باسكال) كل ١٠ م عمقا أي ان الغواص علي عمق ٦٠ م يكون واقعا تحت تاثير ضغط مائي مقداره ٦ ضغط جوي بالاضافة الي ضغط الهواء الجوي فيكون مجموع الضغوط الواقعة عليه ٧ ضغط جوي وقد يسبب الضغط بعض المشاكل للغواصين تحت الماء وتعرف المشاكل المتعلقة بالضغط بامراض ضغط الماء (Barotraumas) وهناك ثلاثة انواع من هذه الاضرار الضرر الحادث عند الهبوط والضرر الحادث عند الصعود والتخدير النيتروجيني

١- اضرار الهبوط :بمجرد الهبوط تحت الماء فان الغواص يتعرض للضغط علي كامل جسده اذ يزداد الضغط علي جسمه بمعدل (bar 0.03) لكل قدم عمق وإذا لم يكن الضغط داخل الفراغات الهوائية مساويا للضغط المحيط فإن ضغط المياه يسبب انضغاط الهواء داخل هذه الفراغات ، عندما يكون الضغط المحيط للهواء أكبر من ضغط الهواء نفسه تسمي هذه الحالة Squeezeويشير الأطباء الي هذه الحالة ب barotraumaومعناها إصابة الضغط واول الاجزاء احساسا بهذا الضغط تكون الاغشية الرقيقة في الجسم كطبلة الاذن والعيون والتي تدفع قليلا للداخل وكذلك تجاويف او جيوب الوجه حيث يبدا الغواص بالشعور بالالم وعدم الراحة فالام شديدة وقد يعاني الغواصون من أنواع عدة من Squeeze . علي سبيل المثال هنا ك ضغط الوجه Mask squeeze وضغط الجيوب (sinus squeeze) وضغط الاذان ear squeeze ويمكن تفادي كل هذه الأنواع بمعاملة الضغط بالطريقة السليمة ، وعملية ضغط الفراغات الهوائية بالجسم قد تسبب الإضرار به ، ولذلك لابد من عدم السماح لها بالظهور وأكثر هذه العمليات شيوعا هي الضغط والذي يحدث بالأذن الوسطي ، وإذا لم يتم تصحيح الضغط عليها قد تسبب تهتك طبلة الأذن ويؤدي الألتهاب الي فقدان قدرة السمع نهائيا .

وإذا تهتكت طبلة الأذن نتيجة تجاهل الألم الناتج عن ضغط الأذن فستدخل المياه اليها وحتي إذا كنت تمارس الغوص في مياه إستوائية فإن درجة حرارة المياه ستكون أبرد من درجة الحرارة داخل الأذن فتسبب حدوث صدمة بجهاز الأتزان مسببا فقدان الأتزان i.e verigo . أن الحل الأمثل لتفادي sinus congestion هو تناول الأدوية ، فهناك العديد من الأدوية والبخاخات التي تسبب فتح الممرات والفجوات الهوائية في الظروف العادية وغالبا ما يكون تأثير هذه الأدوية فعال ولكن لايوجد أي من هذه الأدوية مصمم للتداوي تحت الماء فتأثير أي دواء قد يتغير تحت الضغط وهناك كثير من المشاكل التي قد تنجم عن التداوي تحت الماء والعقار الذي يسبب النعاس علي اليابس قد يكون خطيرا تحت الماء ولذلك لابد من مراعاة تجنب أي أدوية لها أثار جانبية . و قد يزول الالم عن طريق تخفيف الضغط بسد الانف والنفخ من خلالها وهي

يعتبر غاز الأوكسجين في الحالة O2 ضروري لحياة معظم الكائنات في البحار والمحيطات ما عدا بعض الحياة اللاهوائية .قلة وكثرة تواجد الأكسجين في ماء البحر يؤثر تأثيراً قوياً على تواجد وتوزيع الحياء البحرية. حيث □تاج الكائنات ا□ية للأكسج□ كي □يا وتتنفس، كما معظم الاكسجين الجوي قادم في الاساس من المحيطات والبحار ويعد التمثيل الضوئي للهائمات البحرية النباتية (المصدر الرئيس له، حيث تمتص هذه الهائمات ثاني اوكسيد الكاربون، وتطلق بدلا□ منه كميات كب□ة من الأكسج□، تقدر بنحو ٥٠ ٪ من الأكسج□ الذي تطلقه النباتات كل سنة □ كوكب الأرض.ويتم تدوير الأكسج□ ب□ الغلاف□ الحيوي والصخري بعد موت الكائنات البحرية التي تحتوي على كربونات الكالسيوم الغنية بالأكسج□، ال□ تتراكم □ قيعان المحيطات حيث تتحول بعد فترة طويلة جدا الى صخور جيرية ضمن الغلاف الصخري. ويؤدي انكشاف هذه الصخور على سطح الأرض، وتعرضها الى عوامل التعرية بواسطة الكائنات الحية الى تحرير ما تحتوي عليه من أكسج□. . حيث يذوب بعضه في الماء اما الجزء الباقي فانه ينطلق في هواءنا الجوي وتقدر نسبة الاكجين الذائب (DO) في المياه بالجزء في المليون حيث تتراوح ما بين ١-١٢ جزء في المليون وهذه النسبة اقل بكثير من النسبة الموجودة في الهواء الجوي والتي هي ٢٠٠ جزء في المليون وتتنفس الكائنات البحرية الاكسجين الذائب عن طريق اغشية خلايها الرقيقة الرطبة او عن طريق اغشية تركيبية خاصة تسمي بالخياشيم ،وتوزيع نسبة الاكسجين في مياه البحار والمحيطات تختلف باختلاف العمق حيث تقل كمية الاكسجين مع الزيادة في العمق الي ان تصل الي منطقة اقل كمية اكسجين (O2 minimum zone) عند عمق حوالي ١٠٠٠ م وتاخذ نسبة الاكسجين في الزيادة الطفيفة بعد هذه النقطة نتيجة لدرجة الحرارة المنخفضة وضغط المياه الموجود في القاع وسبب وجود هذه النسبة من الاكسجين الذائب في القاع هو حركة الجسم المائي للمحيط الذي يوصل بعد الاكسجين الذائب الي القاع وتتركز معظم كمية الاكسجين الذائب علي السطح حتي عمق ٦٠ م بسبب وجود الطحالب والنباتات التي تقوم بالبناء الضوئي في ضوء الشمس منتجة الأكسجين.

٤- الضغط:

نسمع كثيرا عن الضغط حيث يعرف الضغط بانه القوة الواقعة علي مساحة معينة لذا يتم تمثيله بابعاد القوة والمساحة حيث يقاس الضغط بوحدة الباسكال (Pa) والتي تكافيء ١ نيوتن لكل متر مربع (N/M2) حيث النيوتن وحدة قياس القوة والمتر المربع وحدة قياس المساحة ويمكن تمثيل هذه العلاقة بالمعادلة الاتية:الضغط(باسكال)=(القوة)نيوتن/(المساحة(م٢)

ان الضغط الجوي المسلط على اي نقطة على سطح الارض يمثل كتلة الهواء االموجودة فوق سطح الارض ويعادل ١٠١ كيلو باسكال اما الضغط اسفل المياه فيسمي بالضغط المائي

فالمحاليل التي يزيد فيها ايون الهيدروجين عن ايون الهيدروكسيل تسمى بالاحماض اما المحاليل التي يزيد فيها ايون الهيدروكسيل عن ايون الهيدروجين تسمي بالقواعد او القلويات اما المحاليل التي يتساوي فيها ايونات الهيدروجن والهيدروكسيل فتكون محاليل متعادلة ،فدرجة حمضية او قاعدية محلول تسمي بالاس الهيدروجيني (pH) وهي تشير الي تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول وهي تقاس بمقياس يبدا من ٠ الي ١٤ فالحمض له اس هيدروجيني من ٠ – ٦,٩ علي المقياس وخواص الحموضة هي الطعم اللاذع اما المحاليل القاعدية فلها اس هيدروجيني بين ٧,١- ١٤ علي المقياس فالقواعد تشمل هيدروكسيد الصودوم والبوتاسيوم والمنظفات والصابون وادوية معادلة حموضة المعدة، اما المواد المتعادلة فيكون لها اس هيدروجيني يساوي ٧ والاس الهيدروجيني لماء البحر هو ٨ أي ان ماء البحر قاعدة ضعيفة ولكن بعض الاجسام المائية الصغيرة المغلقة مثل البرك والبحيرات قد تتحول مياهها الي الحامضية نتيجة تساقط الامطار الحامضية والتي تتكون عندما تمتص رطوبة الجو الكيماويات الناتجة عن احتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبترول ،ففي العديد من البحيرات والمستنقعات العذبة كانت الامطار الحمضية مسئولة عن انخفاض الاس الهيدروجيني الي ٤-٥ مما يسبب موت العديد من الاحياء التي تعيش في هذه المياه ،اما مياه البحار والمحيطات فتعتبر اكثر ثباتا للاس الهيدروجيني نظرا لكتلة المائية الضخمة لها وكذلك لوجود المواد المنظمة (Buffers)والتي تساعد علي ثبات الاس الهيدروجيني فهذه المواد تقلل من ميل ماء البحر الي الانخفاض في الاس الهيدروجيني وكذلك تقلل من ميل ماء البحر الي زيادة الاس الهيدروجينيواحد اهم هذه المنظمات في ماء البحر هي الكربونات (Co3-2) فمجموعة الكربونات عند زيادة ايون الهيدروجين في المياه تتحد معه جاعلة الماء اقل حامضية وكذلك فانه عند ارتفاع الاس الهيدروجيني في المياه فان الكربونات لها القدرة علي ترك ايون الهيدروجيني لتقلل من قاعدية المياه كما تري في المعادلة حيث تتجه المعادلة ناحية اليسار منتجة قاعدة ضعيفة تقع بين اس هيدروجيني ٨-٩ ويختلف الاس الهيدوجيني اختلافا طفيفا علي مدار اليوم فخلال ساعات النهار التي تزيد فيها عمليات البناء الضوئي فان ثاني اكسيد الكربون ينتزع من المياه مما يجعل المعادلة تتجه نحو اليمين نحو انتزاع الهيدروجين وعندما تنتزع ايونات الهيدروجين فان الماء يصبح اقل حمضية اما في المساء عندما يتوقف البناء لضوئي ولكن تنفس الكائنات يكون مستمرا فان المعادلة تسير نحو اليمين لينتزع ثاني اكسيد الكربون الزائد وتزيد كمية الهيدروجين فيقل الاس الهيدروجيني فالتاثير العكسي لكلا من البناء الضوئي والتنفس يحدث اختلافا طفيفا في الاس الهيدروجيني علي مدار اليوم الواحد.

٣-نسبة الاكسجين في المياه:

ورغم إن نسبة العناصر الأخرى منخفضة جدا إلا ن مجرد أثر لوجودها له قيمة كبيرة من الوجهة الحيوية والتجارية مثل الذهب والفضة والراديوم وهي توجد بنسب ضئيلة جدا ولكنها لها قيمة تجارية .

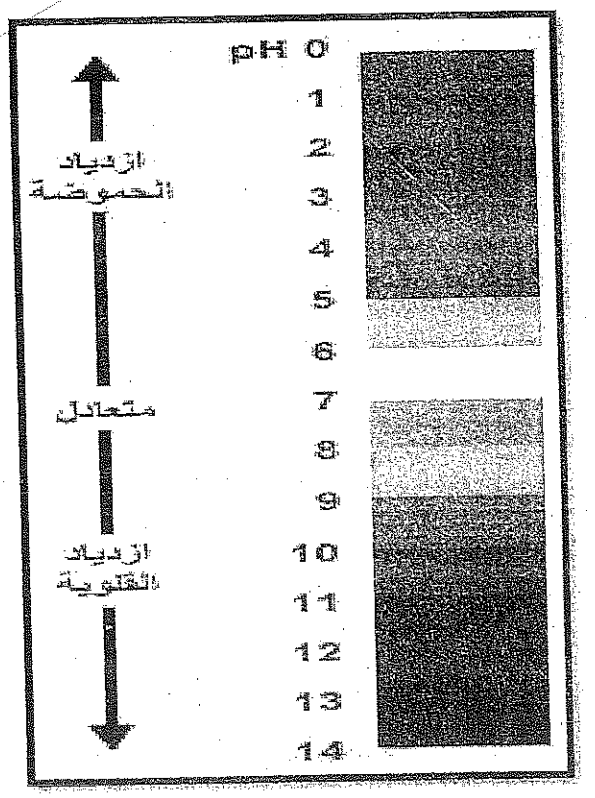
أسباب ملوحة مياه البحار والمحيطات:

أختلف العلماء في أصل مياه البحر هل هو عذب أم مالح ؟ فهناك من يقول أن ماء البحر في الأصل مالح لحكمة الخالق عز وجل وذلك حتى يحتفظ بخصائصه الفيزيائية ولا يتعفن . ومنهم من قال أن الماء أصبح مالحا عن طريق البراكين والتي تحتوي على صخور فيها أملاح تذوب في الماء . وربما تكون الأملاح الموجودة في البحار والمحيطات نتجت عن عملية الغسيل لصخور القشرة الأرضية في المراحل الأولى لتكوين البحار والمحيطات وقيل تملحت مياه البحار عن طريق مياه الأنهار التي تعمل على إذابة الأملاح التي وجد في الصخور التي تمر عليها ثم تلقيها في البحار

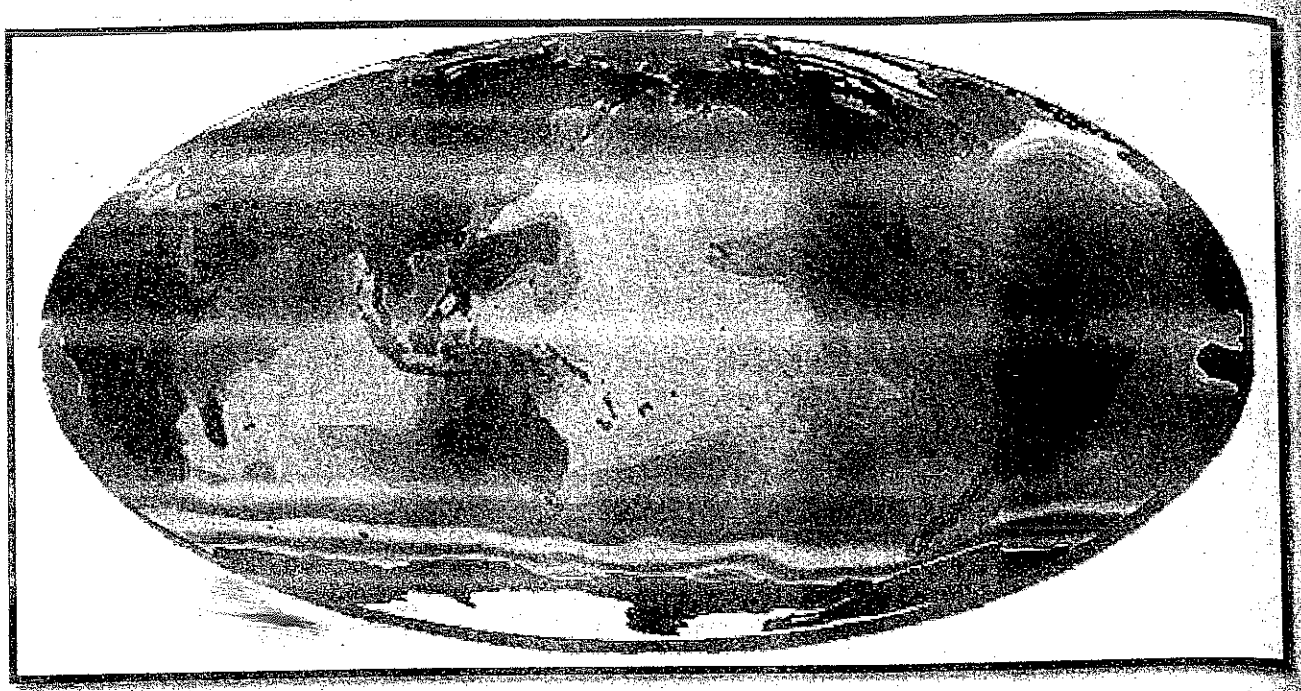
٢- الاس الهيدروجيني: (PH)

ينفصل جزء الماء في بعض الحالات الي ايونات الهيدروجين وايونات الهيدروكسيل كما تري في المعادلة

$$H_2O \text{ -------} H + OH$$



شكل(٣٦) الاس الهايدروجيني



شكل ٣٥)(خريطة توضح مناطق الملوحة العالية من الملوحة (٣٦ س / س س) في الملوحة والأخضر المتوسطة في الزرقاء (٣٥ س / س س) ، وملوحة منخفضة (٣٤ س / س س) في الأرجواني. الملوحة مستقرة ولكن بدلا مناطق في شمال المحيط الأطلسي والمحيط الأطلسي جنوب وجنوب المحيط الهادي والمحيط الهندي وبحر العرب والبحر الأحمر والبحر الأبيض المتوسط وتميل الى ان تكون مرتفعة قليلا (الخضراء). المناطق القريبة من القطب الجنوبي ، والمحيط المتجمد الشمالي وجنوب شرق آسيا ، والساحل الغربي لأمريكا الشمالية والوسطى تميل الى ان تكون منخفضة قليلا (الأرجواني).

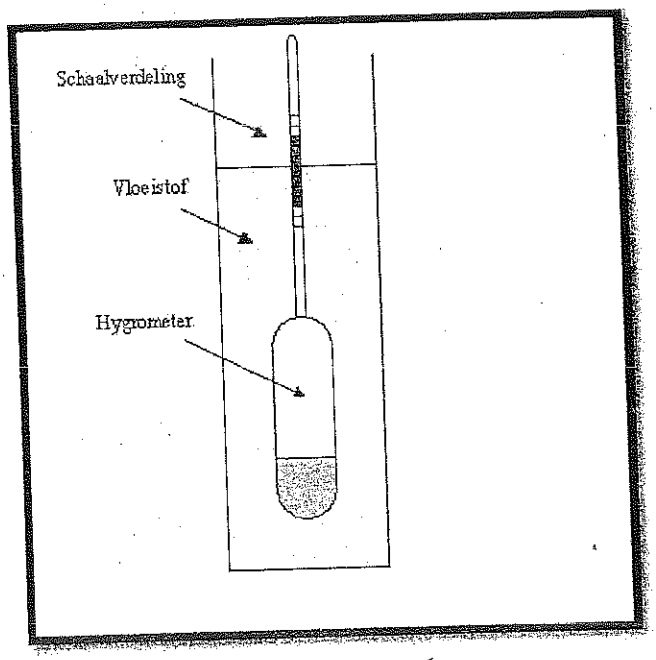
-العناصر المغذية في مياه البحار والمحيطات :

هي تلك العناصر التي تستفيد منها الكائنات العضوية لنموها وتكاثرها وهي تكثر حين تقل العضويات وتقل حين تكثر المخلوقات التي تتغذى عليها وتتضمن هذه العناصر السيلكون والفسفور والنيتروجين وهي العناصر الأساسية المغذية بالإضافة إلى عناصر أخرى بنسب منخفضة مثل الحديد والزرنيخ والمنجنيز والنحاس ويصبح البحر أجرد خاليا من المخلوقات لو حدث وأستهلك كل الأكسجين المذاب والعناصر الأساسية المغذية الضرورية للحياء ولم يحدث لتلك العناصر إحلال أو إبدال لكن حيث تتجدد المياه عن طريق التقليب وصعود المياه السفلى فيصبح البحر خصبا غنيا بالمخلوقات وتبدو الأصقاع البحرية الغنية بكائناتها الحية بلون ضارب أزرق ضارب للاخضرار وذلك بسبب وجود أعداد هائلة من تلك الكائنات في حين يدل لون المياه الزرقاء الصافية في بعض المناطق البحرية المداري على الجدب وندرة المواد العضوية .

-العناصر التجارية (العناصر الأخرى:)

كيفية تقدير نسبة الاملاح في المياه :

توجد اكثر من طريقة لتقدير نسبة الاملاح الموجودة في المياه احدها هو التبخير الكلي للمياه وتقدير كمية الاملاح المتبقية بعد التبخير والطريقة الاخري عن طريق قياس كثافة المياه بمقياس الكثافة (hydrometer) والذي هو عبارة عن انبوبة زجاجية مفرغة بها ثقل من اسفل ليحافظ علي الوضع الثابت لمقياس الكثافة في المياه حيث يعطي مقياس الكثافة قراءة كثافة المياه والتي تحول الي نسبة الاملاح الموجودة في المياه بعد قياس درجة الحرارة عن طريق المنحنيات



شكل(٣٤)الهايدروميتر

خطوط الملحة المتساوية :

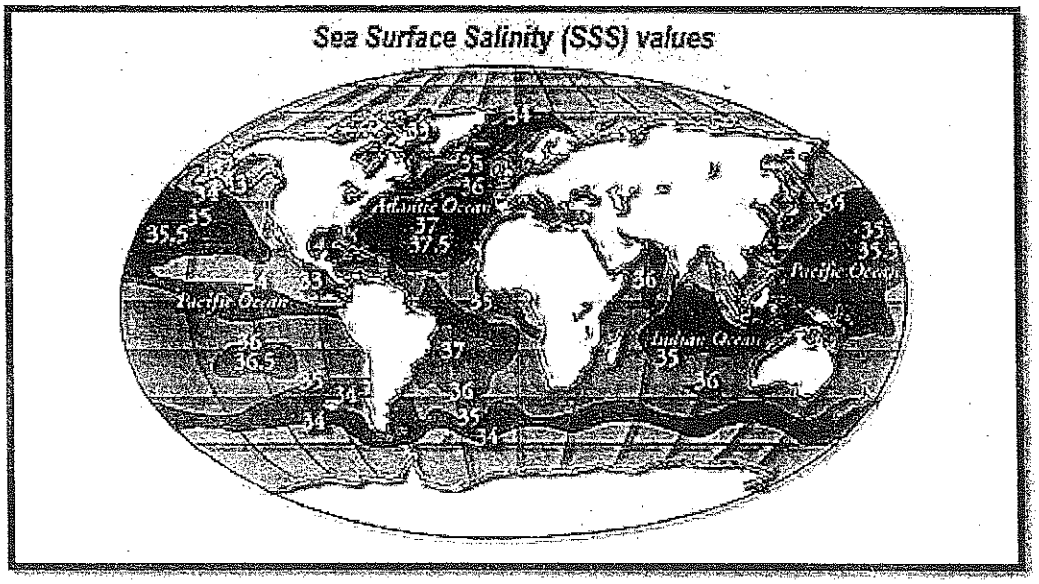
هي الخطوط التي تصل بين نقط متساوية في نسبة الملوحة وتستخدم هذه الخطوط لعمل خرائط الملوحة المتساوية في البحار وهي توضح توزيع الملوحة في المحيطات الثلاث الكبرى .

كالأصداف والمرجان والقواقع تستخلص أملاح الكربونات لبناء قشورها وأصدافها وهياكلها والجدول التالي نسبة الاملاح في مياه البحار والمحيطات.

جدول(٣)تركيز الأملاح في مياه البحار والمخيطات

ايون الكيماوية المساهمة لملوحة مياه البحر	التركيز في س / س س (أجزاء في الألف) في مياه البحر المتوسط	نسبة الملوحة المجموع (مهما كانت ملوحة)
Chloride كلوريد	١٩,٣٤٥	٥٥,٠٣
Sodium صوديوم	١٠,٧٥٢	٣٠,٥٩
Sulfate كبريتات	٢،٧٠١	٧,٦٨
Magnesium المغنيسيوم	١،٢٩٥	٣,٦٨
Calcium الكلسيوم	٠،٤١٦	١,١٨
Potassium بوتاسيوم	٠،٣٩٠	١,١١
Bicarbonate ثاني كربونات	٠،١٤٥	٠,٤١
Bromide البروميد	٠،٠٦٦	٠,١٩
Borate بورات	٠،٠٢٧	٠,٠٨
Strontium السترونتيوم	٠،٠١٣	٠,٠٤
Fluoride فلوريد	٠،٠٠١	٠،٠٠٣
Other آخر	أقل من ٠,٠٠١	أقل من ٠,٠٠١

إلى ٣٣ في الألف بسبب زيادة تساقط الأمطار والثلوج وكذلك لقلة التبخر ولوجود عدد كبير من الأنهار تصب فيها خاصة في المحيط المتجمد الشمالي . وتنخفض كذلك نسبة الملوحة في بحار المناطق الإستوائيه وتصل إلى ٣٥ في الألف وذلك بسبب غزارة الأمطار وكثرة السحب والتي تقلل من الإشعاع الشمسي التي تتعرض له المياه السطحية . وترتفع نسبة الملوحة في بحار المناطق المدارية وتصل إلى ٣٧ في الألف ويرجع ذلك إلى هبوب الرياح الجافة وشديدة مما يزيد من التبخر وكذلك لقلة الأمطار ولصفاء السماء وزيادة التبخر وتحتوى مياه البحار والمحيطات على ست عناصر رئيسة وهي الكلوريد والصوديوم والكبريت والمغنيسيوم والكالسيوم ويعتبر الكلوريد الصوديوم أكثر العناصر شيوعا حيث يمثلان ٧٥- ٨٠ ٪ من هذه العناصر ويؤلفان ملح كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) حيث يعزى إليه ملوحة مياه البحار والمحيطات بصفة أساسية وتبقى نسب مختلف العناصر الأساسية ثابتة في مياه البحر في مختلف جهاته حتى مع اختلاف الملوحة الكلية . وتتميز مياه البحار والمحيطات بقلة أملاح الكربونات بالرغم من وفرتها ففي مياه الأنهار والتي تلقى بكميات كبيرة منها في البحر ويرجع السبب في ذلك إلى أن الكائنات البحرية



شكل (٣٣)التوضيح من التوزيع العالمي للملوحة سطح البحر تركيزات أعلى (أكثر من ٣٧ وحدات الملوحة العملي) من المياه المالحة الموجودة في المحيط الأطلسي في منتصف الأطلسي وانخفاض قبالة سواحل البرازيل ، والبحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر .تم العثور على تركيزات أقل بالقرب من القطب الشمالي والقطب الجنوبي والمناطق الساحلية في شرق آسيا وغرب أمريكا الشمالية . . ملوحة سطح المحيطات .التوزيعات من الملوحة تختلف تماما عن درجة الحرارة . .تركيزات عالية وعادة ما تكون في وسط أحواض المحيطات بعيدا عن مصبات الأنهار ، التي مدخلات المياه العذبة . .تركيزات مرتفعة أيضا في المناطق شبه الاستوائية نظرا لارتفاع معدلات التبخر (سماء صافية ، قليل المطر ، والرياح السائدة) في البحار وغير الساحلية في المناطق القاحلة . .في الارتفاعات العالية والملوحة المنخفضة ويمكن أن يعزى هذا الارتفاع الى انخفاض معدلات وذوبان الجليد الذي يخفف من مياه البحر .وخلاصة القول ، ملوحة منخفضة حيث هطول الأمطار أكبر من التبخر ، وبخاصة في المناطق الساحلية أو الاستوائية الائتمان : ناسا ومختبر الدفع النفاث

المحيطية. ولأن مكونات الأملاح البحرية أعلى كثافة من الماء، فإن المياه المالحة، هي أعلى كثافة من المياه العذبة. وتزداد كثافة الماء بارتفاع الملوحة، أو الضغط، أو بانخفاض درجة حرارته.

ويهتم دارسو البحار والمحيطات بالتغيرات الثلاثة المترابطة: الكثافة، والملوحة، ودرجة الحرارة. لكن التغير الرأسي في ملوحة مياه المحيطات، يختلف في توزُّعه المكاني عن التغير في كثافة المياه المحيطية، مع العمق، حيث تزداد الكثافة بعامة، ولا تزداد الملوحة إلا في العروض العليا. ففي حين، يراوح متوسط ملوحة المياه السطحية، بين ٣٣ و٣٤ في الألف، ترتفع الملوحة، في القاع، إلى ٣٥ في الألف؛ إذ في تلك العروض، يسهم ذوبان الثلوج، في الطبقة السطحية، في تخفيف حدة ملوحة مياه البحر. وفي تلك العروض، كذلك، تتكون الكتل المائية المحيطية، التي تغوص في الأعماق، حينما ترتفع كثافتها . وفي العروض الاستوائية، تزداد الملوحة، مع العمق، ازدياداً معتدلاً، نسبياً؛ لاعتدال ملوحة الطبقة السطحية، الناجم، كما سبق ذكره، عن ازدياد الأمطار المتساقطة، وانخفاض معدلات التبخر. أما في العروض المدارية، فيكون المدى في نسب الملوحة كبيراً، في الطبقة السطحية، وطبقة المياه العميقة؛ لذا، تمتاز طبقة الهالوكلاين، في هذه العروض، بالانحدار السريع لنسب الملوحة، مع العمق . ويلاحظ أن ملوحة مياه الأعماق، تداني في الغالب، ٣٥ في الألف. ويتحكم التغير الأفقي في ملوحة المياه السطحية، في سرعة تغير الملوحة مع العمق واتجاهه. و في المياه السطحية، تتأثر كثافة مياه البحر بدرجة حرارتها تأثراً أكبر. ولكن، إذا بقيت الحرارة ثابتة، فإن تغيرات الملوحة، تؤدي إلي تغيرات مؤثرة في الكثافة نتيجة لتغير الملوحة، مع العمق، في عروض مختلفة كذلك وبهذا فإن الملوحة تزداد بقلة الأمطار وزيادة كمية التبخر وعدم وجود انصراف إليها من الأنهار وإذا كانت مغلقة . وتقل الملوحة بزيادة الأمطار والثلوج ووجود انصراف كميات كبيرة من مياه الأنهار العذبة إليها وانصهار الجليد في المناطق الشمالية والجنوبية .وتبعا لهذه العوامل نجد بعضا من البحار الشبة المغلقة والتي تنصرف إليها كميات من المياه العذبة أو حيث يقل التبخر تكون قليلة الملوحة مثل بحر البلطيق وكذلك تنخفض الملوحة في المياه أو البحار القطبية نتيجة لانصهار الجليد في حين نجد أن البحار التي توجد في المناطق الحارة والجافة (حيث تقل الأمطار ويكون البخر شديد) ولا تنصرف إليها أنهار تكون الملوحة مرتفعة مثل البحر الأحمر تبلغ ملوحته ٤١ في الألف)أعلى ملوحة للبحار المفتوحة) والبحر المتوسط ٣٩ في الألف وبحر البلطيق (البلطي) وتعتبر أشد مياه البحار والمحيطات ملوحة هي البحر الميت فتصل درجة الملوحة إلى ٢٧٥ في الألف ولهذا السبب فإن كثافتها تكون مرتفعة جدا تجعل من الصعب على معظم الأحياء أن تغوص فيها . وتختلف نسبة الملوحة في المسطحات المائية الكبيرة وذلك بسبب الفرق بين كمية المياه المفقودة بفعل التبخر وبين كمية المياه المكتسبة بفعل التساقط وكذلك نتيجة لانصباب الأنهار . حيث تنخفض الملوحة في البحار القطبية وتصل

الفصل الرابع

خواص مياه البحار والمحيطات

خواص مياه المحيطات

١-الملوحة

تتميز مياه البحار والمحيطات عن المياه العذبة بملوحتها ومذاقها المر ولهذا فهي غير صالحة للشرب والاستعمالات المنزلية ويرجع سبب هذا المذاق المر إلى وجود أملاح معينة في حالة ذائبة وأهم تلك الأملاح الذائبة هي ملح الطعام كلوريد الصوديوم بالإضافة إلى كلوريد المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم ولهذا نجد أن مياه البحر أثقل كثافة من المياه العذبة وتأثيرها قلوي . وتعتبر كمية الأملاح بمياه البحر ثابتة إلى حد كبير وخاصة في المسطحات المائية البعيدة عن اليابس وتقدر كمية الأملاح التي تحتويها مياه البحار والمحيطات لو تبخرت تلك المياه بنحو ٢,١٨- ١٠ أس ١٦ متر مكعب لو فرشت تلك الكمية عل قيعان البحار والمحيطات لغطتها بسمك ٦٠ متر وتقدر تلك الكتلة الملحية بما يزيد على كتلة أفريقيا أو نصف كتلة آسيا أو ثلاث أضعاف كتلة أوروبا وتقدر كمية المغنيسيوم في مياه البحار والمحيطات لو فرشت على سطح الأرض اليابس لغطتها بسمك ٦ متر . . و تقدر ملوحة مياه البحار بحوالي ٣٥ جزء في الألف وهي لا تختلف كثيرا من مكان الي مكان ولكن هناك بعض الاختلافات فوسط الأطلسي يسجل ملوحة حوالي ٣٧ جزء في الالف بينما يسجل كلا من البحر الاحمر والمتوسط ملوحة حوالي ٤١ جزء في الالف نظرا لتواجدهم في مناطق استوائية تزيد فيها معدلات البخر وتقل الأمطار كما انه هذه البحار تتصل بالمحيط خلال فتحات ضيقة وتتأثر ملوحة البحار والمحيطات بعدة عوامل وهي كالتالي :

أ- سقوط الأمطار والثلوج .

ب- انصباب الأنهار (انصراف الأنهار .

ج- إذا كان البحار مغلقة أو شبه مغلقة أو مفتوحة .

د- الموقع الجغرافي للبحر .

ه-انصهار الجليد في البحار الشمالية والجنوبية .

كما يؤثر التبخر العالي مع عدم سقوط امطار على نسبة ملوحة مياه البحار والمحيطات كما يحدث عند خط ٢٠ درجة جنوب وشمال خط الاستواء بينما عند خط الاستواء يعوض التبخر العالي الامطار الكثيفة التي تسقط في تلك المنطقة فعندما تتبخر المياه تترك الاملاح خلفها مسببة ارتفاع في ملوحة ماء البحار ولا تختلف ملوحة المياه سطحيا فقط بل تتابين كذلك مع العمق اذ إن ما يحكم التوزيع الرأسي لمياه المحيطات، هو الكثافة؛ والمياه الأعلى كثافة، هي الأثقل؛ لذا، تجاور القاع. وتنخفض كثافتها بالارتفاع من القاع إلى أعلى؛ لذا، يؤثر توزع الكثافة في مياه البحر، في دورتها

الفصل الرابع

نشأة مياه البحار والمحيطات

تضاربت آراء الباحثين عند تفسير كيفية توزيع اليابس والماء وتصور بداية ميلاد الأحواض المحيطية العظمى ثم امتلائها بمياه البحر . ويعزي هذا التضارب إلى أن نشأة الأحواض المحيطية ترجع إلى أزمنة فلكية بعيدة وليست هناك أدلة جيولوجية يقينية يهتدي بها الباحثون عند نسجهم خيوط هذا الماضي البعيد في سلسلة تطوّر قشرة الأرض . فتطوّر أشكال أبعاد المسطحات المائية وتوزيع اليابس والماء بدأ يظهر على مسرح كوكب الأرض منذ أكثر من ١٣٠٠ مليون سنة ، أي منذ بداية مولد القشرة السطحية الخارجية للأرض ، بينما عمر الإنسان على سطح الأرض مثلاً ، لا يزيد عن المليون سنة الأخيرة .

وعلى ذلك أعتمدت الدراسات الخاصة بنشأة البحار والمحيطات وتوزيع اليابس والماء في بداية الأمر اعتماداً جوهرياً على مدى براعة خيال الباحث ، ثم تلي هذه المرحلة ظهور نظريات أخرى حاولت جاهدة تفسير توزيع اليابس والماء على أساس مدى تشابه التركيب الصخري ونظام بنية الطبقات ومجموعات الحفريات في قارات العالم المختلفة وخاصة على طول السواحل المحيطية . بينما حاول بعض الباحثين الإعتماد على أدلة خارجية ، بعيدة عن كوكب الأرض نفسه ، وإيضاح العلاقة بين كل من سطح الأرض مثلاً وسطح القمر . ولذا فقد تعددت الآراء ، واقترح حتى اليوم عشرات النظريات التي تبذل سعيها لتفسير نشأة الأحواض المحيطية من جهة وكيفية توزيع اليابس

والماء بصورته الحالية اليوم من جهة أخرى . وإن دل تعدد هذه النظريات على على شيء فإنما يدل على أننا حتى اليوم لم نعرف بعد ، الصورة الحقيقية التي التي تكونت بها قشرة الأرض الخارجية والعوامل التي ساهمت في تشكيل ظواهرها الكبرى .

١ نظرية فجنر – زحزحة القارات : Continental drift theory

رجح فجنر Wegener الألماني عام ١٩١٤ ، أن قارات العالم اليوم كانت خلال العصر الكربوني ، أجزاء من قارة كبرى واحدة هي كتلة بنجايا Pangaea . وكانت هذه الكتلة الأخيرة تتكون من قارتي أنجارا وأرتكس في الشمال وقارة جندوانا في الجنوب ، ويفصل بينهما بحر تثس . وتتألف صخور هذه الكتلة العظمى من مواد صخرية ذات معادن خفيفة ترتكز فوق صخور سيالية أعظم كثافة نسبياً . وفي خلال العصر الكربوني الأعلى تعرضت هذه الكتلة لحركات شد عظمى ، فإنفصلت قارة أرتكس عن قارة أنجارا ، كما انفصلت أمريكا الجنوبية عن الجانب الغربي لقارة جندوانا ، واستراليا عن الجانب الشرقي منها . ثم أخذت تتزحزح هذه القارات الجديدة فوق صخور السيما إلى أن أستقرت في مواقعها التي تحتلها اليوم (١) . وقد أعتمد فجنر عند بناء هذه النظرية على الحقائق الآتية : –

١ – تشابه التركيب الصخري والتطوّر الجيولوجي لأجزاء قارة جندوانا القديمة (شرق أمريكا الجنوبية – النصف الجنوبي من أفريقية – شبه القارة الهندية – أستراليا – أنتارتيكا) .

٢ – تشابه التاريخ الجيولوجي للعصر الكربوني الأسفل بصورة قوية في كل هذه القارات .

٣ – تشابه مجموعات الرواسب الجليدية الكربونية القديمة Glacial beds of Gondwanaland في جميع أجزاء قارة جندوانا .

---

1 - Read, H. H., and Watson, J., «Introduction to geology», London, vol. 1. (1962), 644 - 652.

٤ ـ تشابه الأقاليم المناخية القديمة (التي استدل عليها تبعاً لدراسة الرواسب والمفتتات الصخرية وتحليلها) بهذه القارات القديمة .

٥ ـ تشابه بعض الكائنات النباتية والحيوانية بهذه القارات والتي يصعب عليها الإنتقال مسافات طويلة فوق المسطحات المائية .

٦ ـ لاحظ فجنر أن السواحل الغربية لأفريقيه يمكن أن تلتصق بالسواحل الشرقية للأمريكتين وأمريكا الوسطى بحيث تظهر على شكل منطقة واحدة تعرضت للإنقسام قديماً ثم تزحزحت عن بعضها واحتلت مواقعها الحالية .

ومع ذلك لم يشير فجنر إلى طبيعة العوامل التي أدت إلى تزحزح القارات في نهاية العصر الكربوني ، وعدم تزحزح قاراتنا الحالية اليوم بنفس الصورة التي حدثت بها في الماضي . كما ربط فجنر بين أشكال السواحل الشرقية والغربية للمحيط الأطلسي على أعتبار أنهما أنفصلا عن بعضهما خلال العصر الكربوني ، دون أن يضع في الأعتبار أشكال الرفارف القارية لهذه السواحل . فمن المعلوم أن السواحل التي ترتبط بقارات اليابس اليوم هي وليدة التغيرات البلايوستوسينية الحديثة ، وليست نتاج التزحزح القاري في العصر الكربوني الأعلى كما أوضح فجنر .

٢ - نظرية إنسلاخ القمر وانفصاله عن وجه الأرض :

أول من رجح هذه النظرية هو العالم تشارلس داروين « عام ١٨٧٨ م » . وأعتقد داروين أن القمر وهو النجم التابع للأرض انفصل عنها تبعاً لتفاعل كل من قوة جذب الشمس للأرض من ناحية وقوة الطرد المركزية الناشئة عن دوران الأرض حول نفسها ، وحول الشمس من ناحية أخرى . وقد أكد هذه الآراء بصورة عامة أصحاب نظرية الشمس التوأمية The Binary Star Theory وانشطار الكواكب الشمسية ، ومن بينهم راسيل H. N., Russell 1925 ، وليتلتون R. A., Lyttleton, 1936 ، وروس جن Ross Gunn ، وبنارجي A. C. Banerji

وأعتقد هؤلاء أنه من المألوف أن يتبع كل من كواكب المجموعة الشمسية أقماراً صغيرة تابعة لها ، وقد يكون معظمها منشطراً من هذه الكواكب نفسها . وعلى ذلك فقد أنسلخ القمر من الحوض العميق الهائل الحجم الذي يشغله اليوم المحيط الهادي . (١) ومن الظواهر التي تؤيد هذه النظرية : —

ا — الشكل الدائري لحوض المحيط الهادي داخل حد الأندسيت (٢) ، والتي تمثل في نفس الوقت محيط الجزء القمري الذي كان متصلاً بالإرض قبل إنفصاله عنها .

ب — إن جميع المحيطات الأخرى على سطح الأرض ، فيما عدا المحيط الهادي تتميز بأن لها قشرة صخرية مركبة من صخور الجرانيت والسيال Sial متعاقبة فوق صخور السيما Sima ، بينما تشغل صخور السيما معظم أرضية المحيط الهادي . وإن دل هذا على شيء فإنما يدل على أن قشرة صخور السيال التي كانت تابعة للمحيط الهادي إنفصلت إبان انسلاخ القمر عن كوكب الأرض .

ومن مؤيدي هذه النظرية كذلك أزموند فيشر Osmond Fisher. ومن نتائج حسابات هذا الباحث لطول نصف قطر القمر ، أكد أن أبعاد المسطحات المائية للمحيط الهادي تتفق كثيراً مع شكل القمر المستدير . وأن القمر يملأ الحيز المائي للمحيط بطبقة صخرية يبلغ سمكها نحو ٦٠ كيلومتر . ولكن واجهة هذه النظرية عدة إعتراضات أهمها : —

أ — إن سمك الصخور التي تزعم النظرية أنتزاعها من موقع المحيط الهادي والتي تبلغ نحو ٦٠ كيلومتر ، أعظم من سمك القشرة السطحية للقارات (السيال) ، والتي تبلغ أقصى سمك لها نحو ٤٥ كيلومتر فقط .

---

1 - Cowen, R. C., «Frontiers of the sea» , London, 1960.

٢ — الحد الذي يفصل بين صخور السيال القارية وصخور السيما المحيطية .

ب – كثافة المواد المعدنية التي يتركب منها القمر في الوقت الحاضر أعظم بكثير من كثافة صخور السيال القارية .

ويعتقد أصحاب هذه النظرية أن القمر عند انسلاخه من الأرض لم ينتزع منها قشرة السيال فقط ، بل جذب معه أيضاً بعض صخور من السيما كذلك . وتبعاً لحركة دوران القمر ، وقوة كل من الجذب والطرد التي نشأت فيه اختلطت هذه المواد معاً ، وترتبت من جديد ، وازدادت كثافتها عما كانت عليه من قبل .

وفيما يختص بكيفية نشأة البحار والمحيطات الأخرى فيعتقد أصحاب هذه النظرية بأنه عند حدوث انسلاخ قاع المحيط الهادي وانفصال كتلة عظيمة السمك من الصخور البازلتية السفلى ، حدثت حركات تصدع وتشقق عظمى في الصخور الجرانيتية المجاورة ، وخاصة في الجانب الآخر المواجه لذلك الجانب الذي انسلخ منه القمر . وتبعاً لذلك سرعان ما اتسعت جوانب هذه الشقوق بفعل دوران الأرض حول محورها من جهة وحول الشمس من جهة أخرى . وبعد أن تعرضت الأرض لعمليات التبريد التدريجي البطيء ، بدأت تتشكل هذه المقعرات الجرانيتية العظمى لتكون المسطحات المائية على الوجه الآخر من كوكب الأرض . وتبعاً لهذه النظرية فإن الأحواض المحيطية تكونت على سطح كوكب الأرض خلال مراحل تكوين هذا الكوكب نفسه (أي منذ ٥٠٠٠ مليون سنة) ، وليس بعد أن تكونت القشرة الأرضية وتزحزحت القارات في العصر الكربوني (أي منذ نحو ٣٥٠ مليون سنة) كما أوضح فجنر عام ١٩١٤ .

بداية تكوين مياه البحار والمحيطات

واختلاف احجامها خلال العصور الجيولوجية المختلفة

كما اختلفت الآراء فيما يختص بكيفية تكوين الأحواض المحيطية العظمى ، تضاربت آراء الباحثين كذلك في تفسير أصل مياه البحار والمحيطات وبداية تكوينها ، ثم مدى أختلاف حجم هذه المياه من عصر جيولوجي إلى اخر. وتبعاً لتقدير كينن Kuenen عام ١٩٥٠[١] ، تبلغ حجم مياه البحار والمحيطات في الوقت الحاضر نحو ١٣٧٠ × ١٠^٦ كيلومتر مكعب أي نحو ١,٣٧ بليون كم^٣ ، وتقدر نسبة الأملاح فيها بنحو ٣٪ من حجم المياه .

وقد أعتقد البعض 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 المتيورولوجية كذلك بأنه إذا تعرض كل نطاق الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية اليوم للتكاثف التام فلا يمكن أن يحتوي أكثر من ١٣,٠٠٠ مليون كيلومتر مكعب من المياه . كما أكد وليم رابي W. Rabey أن نسبة المياه التي أضافها الغلاف الغازي الأولى الذي تكون مع بداية ميلاد القشرة الأرضية تمثل نحو ١٠ ٪ من مجموع حجم مياه البحار .

وعلى ذلك ظهر في الأفق نظريات جديدة تؤكد أن المصدر الأساسي لمياه البحار والمحيطات هو المياه الأولية JuvenileWater 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

1 - Kuenen, P. H., «Marine geology», Wiley, N. Y. (1950).

البركانية وتكوين السدود والعروق البركانية . وأوضح ويلسون T. Wilson بناء على ذلك أن كلا من نشأة الغلاف الغازي والمسطحات المائية والقشرة الأرضية ترجع إلى مصدر واحد هو ظهور الصخور الساخنة على سطح كوكب الأرض عند بداية نشأة الأرض ، ثم النشاط البركاني والثورانات الأرضية الباطنية العظمى التي صاحبت مراحل تكوين قشرة الأرض خلال تاريخها الجيولوجي الطويل .

وأكد فينر Fenner, 1926[1] وزيس Zies, 1929[2] عند دراستهما للمصهورات البركانية بإقليم كتماي Katmai بألسكا ، أن نسبة كبيرة من الكلوريد Chlorides والفلوريد Fluorides ممتزجة مع مواد كبريتية ، بالإضافة إلى بخار الماء تنبثق جميعاً مع 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 العظمى منذ بداية تعرض الصخور الساخنة اللزجة لقشرة الأرض لعمليات التبريد المستمرة. وحيث تبلغ مساحة أرض اليابس نحو ١٥٠ مليون كم٢ وأن متوسط سمك قشرة اليابس نحو ٣٣ كم ، فإن حجم كتلة اليابس تبلغ نحو ٦ بليون كم٣ . أما قشرة الأرض تحت المحيطات فهي أقل سمكاً حيث تبلغ متوسط سمكها نحو ٥ كم وتغطي مساحة تبلغ نحو ٣٦٠ مليون كم٢ ، وعلى ذلك فإن حجم كتلة قشرة اليابس أسفل المحيط يبلغ نحو ٢ بليون كم٣ . أما الحجم الإجمالي لكتلة قشرة الأرض تبلغ نحو ٨ بليون كم٣. وحسب دراسات جورانسون Goranson, 1931 [3] ، الذي أوضح أن متوسط نسبة حجم المياه الأولية التي تنساب مع الثورانات البركانية تبلغ نحو ٥ ٪ من جملة حجم هذه المصهورات، على ذلك فإن قشرة

1 - Fenner, C. N., in Journal of Geology, vol. 34, (1926), 673 - 772.
2 - Zies, E. G., in National Geographical Magazine, vol. I (4), (1929), 61 - 79.
3 - Goranson, R. W., in The American Jour. of Science, vol. 5, (1931) 148 - 502.

الأرض الخارجية كلها تحتوي على كمية من المياه الأولية تبلغ نحو ٠,٤ بليون كم٣ من المياه . بينما حجم مياه البحار في الواقع هو ١,٣ بليون كم٣ .

ولهذا رجح الباحثون كذلك أنه إلى جانب المياه الأولية التي تكثفت من صخور قشرة الأرض الساخنة إبان فترة برودتها الأولى ، أضيفت إلى المسطحات البحرية مياه أولية أخرى مصدرها الباطن العميق للأرض ، وذلك مع انشاقات المصهورات البركانية العظمى . وقدر جورانسون أن متوسط حجم الانبثاقات البركانية السنوية فوق سطح القشرة الأرضية يبلغ نحو ٢ كم٣ . وعلى أساس أن نحو ٥٪ من هذا الحجم تمثل مياه أولية فإن المسطحات المائية يزداد حجمها بمتوسط سنوي يبلغ نحو ٠,١ كم٣ من المياه . وإذا قدرنا أن عمر التكوينات الصخرية لسطح الأرض من العصر الكمبري حتى الوقت الحاضر بحوالي ٦٠٠ مليون سنة فإن حجم المياه في المحيطات زادت خلال هذه الفترة الجيولوجية بمقدار ٦٠ × ٦١٠ كم٣ (٦٠ 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 توفهوفل Towen hofel بأن كمية المياه في المحيطات ازدادت تدريجياً باستمرار على طول فترات العصور الجيولوجية المتعاقبة . وأن هذه الزيادة تختلف كذلك من عصر إلى اخر تبعاً لطبيعة حدوث الثورانات البركانية والحركات التكتونية ، التي انثابت صخور قشرة الأرض من زمن جيولوجي الى إخر . وقد استنتج أن مياه البحار والمحيطات قد عظم حجمها خلال فترات الحركات التكتونية العظمى ، وخاصة الحركات الكارنية والكاليدونية والهرسينية والألبية . (١)

1- King, C. A. M., «Oceanography for geographers», London (1962), 17 - 23.

وتجدر الإشارة كذلك إلى أن الباحث فالتر Walther أوضح أن حجم مياه البحار والمحيطات كان محدوداً فيما قبل الزمن الجيولوجي الثاني (منذ ٢٢٥ مليون سنة) ، وبنى نتائج دراساته على أساس عدم وجود الحفريات والكائنات البحرية التي يرجع عمرها إلى ما قبل الزمن الثاني في مياه المحيطات العميقة[١].

وقد حسب ادموند هالي Edmund Halley عام١٧١٥، كمية أملاح الصوديوم التي تصبها الأنهار في البحار ، آملاً أن يحدد الزمن الذي تكونت فيه مياه البحر . وقد عدل آراءه كل من جولي Joly (الذي كان يعمل ببعثة شالنجر الأقيانوغرافية) وكلارك F. W.Clarke وقد تبين من نتائج الدراسات الحديثة أن كمية الصوديوم في البحار قد تجمعت خلال ١٠٠ 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 عصر الكمبري وما قبله (٦٠٠ مليون سنة) ، وعلى ذلك فإن الزمن الذي تكونت فيه الأحواض البحرية وكذلك مياهها أقدم من عمر الكائنات البحرية التي كانت تعيش في هذه المياه . وأوضح فون أركس Von Arx,1962 [٢] أن مياه البحار كانت مالحة كذلك منذ العصر السليوري الأعلى على الأقل (منذ ٤٤٠ مليون سنة) حيث عثر في صخور هذا العصر على طبقات إرسابية ملحية بحرية .

---

١ ــ حسن ابو العينين « اصول الجيومورفولوجيا » دار النهضة العربية بيروت ــ الطبعة الخامسة (١٩٧٩) .

2 - Von Arx, W. S., «Introduction to physical oceanography», London (1962), p. 32.

الفصل الخامس

تذبذب مستوى سطح البحر خلال الأزمنة الجيولوجية المختلفة

سطح البحر في تغير مستمر بين ارتفاع وإنخفاض ، ويؤثر هذا التغيير في إختلاف التوزيع الجغرافي للياس والماء من عصر جيولوجي الى إخر . ولا يعزي تذبذب مستوى سطح البحر إلى توالي ازدياد حجم المياه بالأحواض البحرية والمحيطية (تبعاً لاندفاع المصهورات البركانية وانبثاق مياه أولية جديدة) ، بل تؤثر الحركات التكتونية الكبرى التي تشكل قاع البحر ، بالإضافة إلى بعض العوامل الأخرى المحلية (الجليد والزلازل) في تغير هذا المنسوب من فترة جيولوجية إلى أخرى .

وعلى ذلك يجب أن نضع في الحسبان بأنه لم ينجم عن إزدياد حجم مياه البحر طوال العصور الجيولوجية إرتفاع مستوى سطحه بل أكدت الدراسات الجيولوجية أن مستوى سطح البحر خلال الزمن الجيولوجي الثالث كان أعظم إرتفاعاً عما هو عليه اليوم (على الرغم من قلة حجم المياه بالنسبة لحجمها الحالي) . وذلك يرجع إلى تشكيل أرضية المحيطات بالحركات التكتونية المختلفة ويمكن أن نلخص أهم العوامل الأساسية التي تؤثر في تغير مستوى سطح البحر فيما يلي : .

٦ — تغطي أرضية الأخاديد بفرشات هائلة السمك من الرمال والطين ونسبة محدودة من رواسب الحصى والحصباء .

٧ — تمتد الأخاديد المحيطية في معظم الأحيان عمودية على خط الساحل .

٨ — يتصل بعض الأخاديد بالمضايق والمداخل البحرية بينما لا يتصل بعضها الآخر بخط الساحل ، وتبتعد أعاليه بنحو نصف ميل عن خط الساحل المجاور .

٩ — على الرغم من أن الشكل العام لهذه الأخاديد المحيطية قد يشبه بعض الظواهر الأخرى على اليابس (مثل أخدود كلورادو العظيم ...) ، إلا أن الأولى ذات امتداد شاسع ، وتتميز بعمقها العظيم وجوانبها الحائطية الشكل .

١٠ — تختلف الأخاديد المحيطية Submarine Canyons عن الخوانق المحيطة العظمى Deep Sea Trenches ، ذلك لأن الأولى تتكون فوق الرفارف القارية وتمتد عمودية على خط الساحل المجاور ولا ترتبط بمناطق الضعف الجيولوجي ، بينما تمتد الثانية موازية لخط الساحل وتقع فيما وراء المرتفع القاري . وتشغل مناطق الضعف الجيولوجية العظمى في قشرة الارض (حد الاندسيت) .

نشأة الأخاديد المحيطية

تبعاً لتنوع المظهر الجيومورفولوجي من أخدود محيطي إلى آخر ، أكد العلماء أن نشأة الأخاديد تتنوع بدورها من مجموعة إلى أخرى ، ومن الصعب قبول عامل واحد ينجم عنه نشأة هذه الأخاديد وتشكيلها. ويرجح بعض الباحثين أن نشأة الأخاديد المحيطية ترجع إلى أثر فعل عوامل غير معروفة تماماً ، وتم تكوينها إما فوق منسوب سطح البحر ، أو في مواقعها الحالية تحت منسوب سطح البحر . فإذا إعتبرنا أن هذه الأخاديد قد نشأت فعلاً عندما كان موقعها فوق منسوب سطح البحر ، فمعنى هذا أن قاع البحر قد إنخفض

إلى المنسوب الحالي لهذه الأخاديد (١٠,٠٠٠ — ١٥,٠٠٠ قدم) ولكن أكدت نتائج الدراسات الأقيانوغرافية والجيومورفولوجية على أنه ليست هناك أية أدلة تثبت إنخفاض مستوى البحر بهذا الشكل على الإطلاق في أي مكان من العالم . بل تؤكد كل الأدلة العلمية المختلفة أن البحر كان يتقدم أو يتقهقر عن الأرض المجاورة له في حدود عدة أميال فقط ، وأن مستوى هبوط البحر خلال العصر الجليدي البلايوستوسيني لم يزد في أي جزء من سطح قشرة الأرض عن ٣٠٠ قدم .

وعلى ذلك تضاربت الآراء فيما يختص بنشأة هذه الأخاديد ويمكن أن نلخصها فيما يلي : —

(أولا) النظريات القديمة

(١) نظرية فجنر Wegener عام ١٩٢٤ :

أعتقد فجنر أن هذه الأخاديد نشأت فجائياً بواسطة عوامل تكتونية فجائية Diastrophic movements . وقد أشار إلى أن أهم هذه العوامل تتمثل في فعل الصدوع المختلفة وتعرض الرفرف القاري لحركات الرفع التكتونية . ومما يعترض هذا الرأي ما يلي : —

ا — يظهر من دراستنا للتوزيع الجغرافي للأخاديد المحيطية ، أنها تشكل كل الرفارف القارية في بحار العالم ، ولا تقتصر على منطقة محلية معينة . وعلى ذلك فمن الصعب قبول الرأي القائل بأن كل الرفارف القارية تعرضت لعوامل تكتونية فجائية .

ب — قد تظهر الأخاديد المحيطية على شكل أودية منثنية متعرجة وليست مستقيمة تماماً ، وعلى ذلك فمن الصعب أن نفترض بأن كل هذه الأخاديد نشأت بفعل الصدوع .

جـ — تقع كل الأخاديد المحيطية عمودية على خط الساحل . ولكن من الصعب أن نعتقد بأنها نتاج صدوع عرضية كانت تمتد محاورها عمودية على خط الساحل كذلك .

(٢) نظرية جونسون Johnson : — عام ١٩٣٩ .

اعتقد جونسون بأن نشأة الأخاديد المحيطية قد ترجع إلى أثر فعل الينابيع القوية (١) التي تتمثل عند أقدام الرفارف القارية خاصة على طول السواحل التي تميل طبقاتها صوب البحر المجاور . ولكن تبين أنه من الصعب قبول هذا الرأي ذلك لأنه لا يفسر تكوين الأخاديد المحيطية فوق الصخور الجرانيتية والصخور الصلبة . ولم يؤكد الباحثون حدوث هذه الينابيع عند أقدام الرفارف القارية ، وإن وجدت فرضاً فإنه من الصعب كذلك تفسير نشأة الأخاديد العظمى بفعل تدفق مياه الينابيع .

(ثانياً) النظريات الحديثة

على الرغم من أن مشكلة نشأة الأخاديد المحيطية العظمى بدأت دراستها منذ عام ١٨٩٣ في كتابات لاوسون Lawson ، إلا أنه حتى الوقت الحاضر لم نصل إلى تفسيرات يقينية توضح حقيقة نشأتها . وتتلخص النظريات الحديثة في رأيين مختلفين هما : —

(١) تكوين الأخاديد المحيطية بواسطة التعرية الهوائية عندما كان منسوب البحر أكثر إنخفاضاً عما هو عليه اليوم :

يعتقد أصحاب هذا الرأي أن الأخاديد المحيطية تكونت بواسطة التعرية الهوائية Subaerial erosien (٢) (خاصة التعرية النهرية) عندما كان

1 - Johnson, D.W., «The origin of Submarine Canyon», N. Y., (1939).

٢ — راجع تعريف هذا التعبير بكتاب أصول الجيومورفولوجيا — للدكتور حسن أبو العينين ١٩٦٦ ص — ٣١٤

منسوب البحر أكثر إنخفاضاً عما هو عليه اليوم . وحيث أكدت الدراسات الإيبانوغرافية والجيومورفولوجية إنخفاض مستوى سطح البحر خلال عصر البلايوستوسين بنحو ٩٠ قامة عن منسوبة الحالي ، فإن جزءاً كبيرا من الرفارف القارية الحالية كانت جزءاً من الأرض المجاورة وبالتالي كان يقطعها مجار نهرية تمثل الصورة الأولى لهذه الأخاديد المحيطية الحالية . وقد نحت هذه الأنهار البلايوستوسينية في شق مجاريها فوق صخور شديدة الصلابة وعملت على تعميق هذه المجاري عند تذبذب مستوى سطح البحر خلال الفترات البلايوستوسينية المختلفة .

ويعتمد أصحاب هذا الرأي في تحقيق نظريتهم على شكل القطاعات العرضية لهذه الأخاديد والتي تبدو على شكل حرف (V) ، وإن دل هذا على شيء فإنما يدل حسب أرائهم على حفر هذه الأخاديد بفعل الأودية النهرية النشيطة . كما يدل التصريف الشجري للأخاديد المحيطية وروافدها على تطوّر مراحل نمو الأنهار الأصلية . وعلى ذلك يلاحظ من دراسة التوزيع الجغرافي للأخاديد المحيطية أن الغالبية العظمى منها تمتد مع نفس إتجاه المجاري النهريه التي تمثل على اليابس المجاور .

ولكن يعترض هذه النظرية عدة نقاط تتلخص فيما يلي : —

— على الرغم من أن الأخاديد المحيطية تتكون فوق الرفارف القارية إلا أنها تمتد فوق المنحدرات القارية كذلك هذا بالإضافة إلى أنها عظيمة العمق (١٥٠٠ قدم عن مستوى سطح البحر) في حين أن انخفاض مستوى سطح البحر البلايوستوسيني كان بنحو ٣٠٠ قدم عما هو عليه اليوم .

— من الصعب إعتقاد أن كل هذه المجاري النهرية عمقت أوديتها بهذا العمق العظيم على طول نطاق الرفارف القارية . كما لم يوضح أصحاب هذا الرأي الأسباب التي أدت إلى تعميق المجاري النهرية بهذا الشكل من ناحية ، ثم كيف تعمق الأودية مجاريها بهذا الشكل في

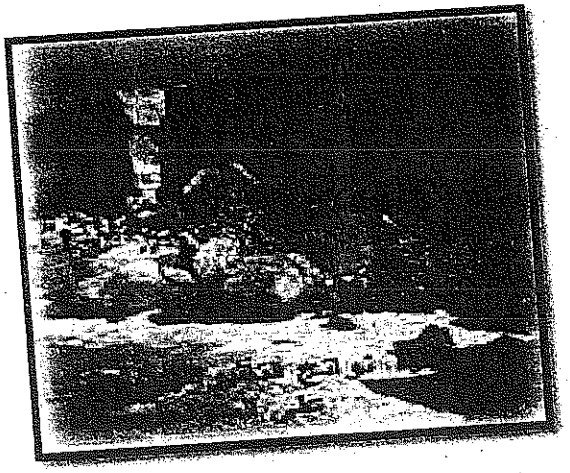
١ - تأثير الأمـــواج :

من المعروف أن الأمواج من أهم عوامل التعرية البحرية وأن تأثير هذه الأمواج مرتبط بعاملين أخرين هما ؛ الرياح وتضاريس الساحل نفسه ولأمواج العواصف أهمية خاصة إذ أن تأثيرها فى تشكيل السواحل فى يوم واحد يعادل تأثير الأمواج العادية فى عدة أسابيع ولهذا فإنها تعرف بأمواج الهدم Destructive .

ومن المهم فى دراسة التعرية الساحلية ، أن نميز بين نوعين من السواحل :

أ) سواحل ذات تضاريس (جـروف) .. ويتلخص تأثير الأمواج فى الأنماط الأتيـة :-

التأثير الهيدروليكـــى Hydraulic Action :إذ أن كتل المياه المندفعة نحو الشاطئ (الجرف) تحدث تأثيرا قويا مباشرا فى تحطيم الصخور عندما تصطدم الأمواج بها وقد أثبتت الدراسات أن طبيعة شكل الأمواج ذات تأثير فعال على تحطيم الصخـور . فقد لوحظ أنه عند تكسر الأمواج قد يندفع الماء فوق قمة الموجة بسرعة تبلغ ضعف سرعة الموجة ككل وبذلك فإن الضغوط المرتفعة قد تباشر عملها على وجه الجرف على نحو تتحطم معه الصخور .كما أن الموجه قد تحصر جيبا من الهواء بينها وبين الجرف مما يؤدى إلى ضغط الهواء عند اصطدام الموجة بالجرف بشدة وعند ارتداد الموجة يتجدد الهواء فجأة



شكل(٧٥)نواتج التاثير الهيدروليكي على السواحل

وبتوالى عملية إنضغاط وتمدد الهواء يؤدى فى النهاية إلى تحطيم الصخـر . وقد لوحظ أن تأثير الموج يصبح فعالا إذا كان الجرف مليئا بالشقوق والفواصل والشروخ . إذ أنه بتوالى إنضغاط الهواء المحبوس بفعل الموجه فى داخل هذه الشقوق والفواصل والشروخ يؤدى إلى توسيعها وبالتالى تحطيم الصخر نفسـه .

إن تأثير مياه البحار والمحيطات ليس تأثيرا هدميا فحسب ، وإنما هو أيضا تأثير بنائى . ومن أهم ظاهرات الإرساب البحرى :

١- الحواجز البحرية Marine bars :

وهى عبارة عن سلاسل تشبهه التلال ، مغمورة تحت سطح البحر تتكون من الرواسب والمفتتات البحرية الدقيقة الحجم ، وتظهر فى صورة حواجز ممتدة فوق مستوى سطح البحر أثناء فترات الجزر . وهى تشبه فى امتدادها علامات النيم Ripple marks ، إلا أنها أكبر حجما وأقل تناسقا وانتظاما منها . وهى تتشكل فى المياه الضحلة بالقرب من خط الساحل ، وتتكون من الرمال بصفة أساسية .

٢- الألسنة البحرية Marine spits :

وهى عبارة عن تجمعات ارسابية طولية الشكل تتكون من الرمال والحصى ، وتتصل باليابس من أحد طرفيها ويمتد الأخر فى البحر ، وخاصة عند المخارج النهرية والمصبات الخليجية وفتحات البحيرات ، وكثيرا ما تتعرض أطراف الألسنة الخارجية للإنثناء فى إتجاه اليابس بما يشبه الخطاف Hook ، بسبب إنحراف الأمواج حول أطرافها ، أو بتأثير تعدد إتجاهات الأمواج بالمنطقة الشاطئية ونظرا لهدوء الأمواج على جانب اللسان المواجه لليابس ، يزداد الترسيب على هذه الأجزاء ، مما يعمل على إضافة سلسلة من الحافات والتراكمات الرملية مما يساعد على زيادة إتساعه .

٣- الخطاطيف البحرية Marine hooks :

هى إحدى أشكال الألسنة البحرية التى تتعرض أطرافها الخارجية للإنثناء بسبب تعرضها لأتجاهات متعددة من الأمواج والتيارات المائية ، وحدوث دوامات مائية تعمل على إنحراف أطرافها نحو اليابس إذا كانت التجوية والتعرية هما من العمليات الطبيعية التى يلزم لها بعد زمنى كبير حتى يتضح تأثيرهما وخاصة فى المناطق القارية الصحراوية . غير أن البيئة الساحلية تمثل نمطا من الأنماط الفريدة التى يتضح فيها تأثير العمليات الطبيعية (تجوية + تعرية) فى بعد زمنى قليل نسبيا يمكن رصده وتتبع تأثيره . والسواحل أو الشواطئ هى إلتقاء القارات أو اليابسة مع المياه وتعتبر هذه المناطق من أنشط مناطق النحت بواسطة المياه لذا فإنها عرضة للتغير باستمرار .ويتوقف شكل الساحل على تفاعل عدد من العوامل المتداخلة مع بعضها البعض والتى يمكن أن نحصرها فى مجموعتين من العوامل (الأولى) : تأثير حركة المياه وما يتعلق بها .. (الثانية) : تأثير طبيعة السواحل نفسها .

أولا : تأثير حركة المياة

المقصود بحركة المياه هنا هو تأثير فعل الأمواج وحركة المد والجزر والتيارات البحرية .

شكل(٧٤)المسلات البحرية

٦- الرؤوس البحرية Marine headlands :

تتكون الرؤوس البحرية والخلجان نتيجة تعرجات خطوط السواحل ، وتبرز الرؤوس داخل البحر بسبب عدة عوامل نحصرها فيما يلى :

أ- رؤوس بحرية ليثولوجية : تنشأ عن صلابة بعض التكوينات الصخرية وصمودها أمام عوامل النحت البحرى .

ب- رؤوس بحرية تركيبية : تنشأ عن بعض التراكيب الجيولوجية مثل الثنيات (الطيات) وحيدة الميل Mono-clinal folds . وقد تتكون الرؤوس أيضا نتيجة الثنيات المحدبة والإنكسارات الممتدة بصورة عمودية على إتجاه خط الساحل .

ج- رؤوس بحرية تنشأ بسبب ضعف عوامل النحت البحرى الذى يحدث نتيجة ضحالة المنطقة الشاطئية ، أو نظم الرياح السائدة بالإقليم ، أو مسارات التيارات البحرية وعلاقتها بتوجيه خط الساحل وغيرها من العوامل .

٧- الرصيف البحرى التحاتى Wave-cut platforms :

يرتبط تشكيل الرصيف البحرى التحاتى بتراجع الجروف صوب اليابس ، نتيجة عمليات النحت البحرى بالأمواج ، والتقويض السفلى لقواعد الجروف البحرية . وتتميز الأرصفة البحرية باستوائها نتيجة احتكاك الأمواج باسطحها ، وتنحدر بصفة عامة نحو البحر إنحدارا هينا .

ظاهرات الإرساب البحرى :

المرتبطة بمحور الإلتواء ، فتصبح هذه الشقوق فريسة سهلة أمام هجمات الأمواج ، فيسهل إزالتها وتداخل أذرع من المياه داخل اليابس .

ج- المداخل البحرية النهرية Fluvial marine inlets : يرتبط هذا النوع من المداخل البحرية مع مصبات الأنهار سواء أكانت دائمة الجريان أو موسمية أو حتى شبه جافة ، مثل المداخل المنتشرة غربى مرسى مطروح لأودية عجيبة والحشايفى ، وأودية الجبل الأخضر بليبيا وساحل الصومال . وقد يطلق على هذه الظاهرة تعبير المصبات النهرية الخليجية Eustuaries تصنف المداخل للأنماط الآتية تبعا لإختلاف نشأتها:

أ- المداخل البحرية الإنكسارية Faulted marine inlets :تنشأ عن الإنكسارات وخاصة إذا كان خط الإنكسار عمودى على إتجاه خط الساحل ، ويكون المدخل البحرى أكثر عمقا فى حالة الأغوار الصدعية.

ب- المداخل البحرية الإلتوائية Folded marine inlets :

تتكون المداخل البحرية الإلتوائية نتيجة للضغط الناتج عن شد الطبقات الصخرية الملتوية مما يعمل ظهور بعض الشقوق الطولية المرتبطة بمحور الإلتواء ، فتصبح هذه الشقوق فريسة سهلة أمام هجمات الأمواج ، فيسهل إزالتها وتداخل أذرع من المياه داخل اليابس.

ج- المداخل البحرية النهرية :

Fluvial marine inletsيرتبط هذا النوع من المداخل البحرية مع مصبات الأنهار سواء أكانت دائمة الجريان أو موسمية أو حتى شبه جافة ، مثل المداخل المنتشرة غربى مرسى مطروح لأودية عجيبة والحشايفى ، وأودية الجبل الأخضر بليبيا وساحل الصومال . وقد يطلق على هذه الظاهرة تعبير المصبات النهرية الخليجية. Eustuaries

٥- المسلات البحرية Marine stacks – sea needles :

وهى عبارة عن أعمدة من الصخور الناتئة كجزر فى البحر ومتاخمة للجروف البحرية ، وتنشأ عن تراجع هذه الجروف ، وتساقط أسقف الأقواس والجسور البحرية أمام هجمات الأمواج . ومصير هذه المسلات أيضا هو النحت والتآكل تماما ، على الرغم من مقاومتها لفعل النحت البحرى فترات زمنية طويلة ، إلا أنها هى الأخرى تتعرض للإنقسام والتآكل والتفتيت ، وخاصة عند مواطن الضعف الجيولوجى فى اسفلها فتعمل على نحتها بالتدريج . وقد يطلق تعبير الأعمدة البحرية Marine pillars أو المداخن البحرية Marine chimny على المسلات الطويلة المحدودة القطر .

فتحاتها المواجهة لفعل الأمواج وتضيق كلما اتجهنا للداخل . ومع استمرار نشاط عمليات النحت البحرى يزداد عمق الكهف فى الحافة الجرفية مما يؤدى إلى انهياره ويتحول بالتالى إلى مدخل بحرى Marine inlet .

٣- الجسور الطبيعية والأقواس والأنفاق البحرية :

الأقواس أو الكبارى البحرية هى فجوات متقابلة محفورة Natural bridges, marine arches فى الجروف البحرية بصورة متقابلة ، بحيث تعمل على إلتقائها معا ، ليشكلا فجوة ممتدة فى الصخر ، وترتبط هذه الفجوة عادة بمناطق الضعف فى الصخر أما لكون هذا الصخر ذو مقاومة ضعيفة لعوامل النحت وإما لضعف فى بنية طبقات الصخور نفسها كوجود الفواصل والشقوق . ويطلق تعبير نفق بحرى حينما تكون الكبارى الطبيعية ممتدة مسافة كبيرة داخل الكتلة الصخرية .

شكل (٧٣)الاقواس والجسور البحرية

٤- المداخل البحرية Marine inlet :

يعبر هذا المصطلح على ممر مائى ضيق يتداخل فى اليابس وكثيرا ما يتأثر بتيارات المد والجزر ، وقد ينشأ المدخل البحرى عن انهيار أسقف الكهوف البحرية أمام هجمات الأمواج ، كما ترتبط المداخل البحرية أيضا بمصبات الأنهار والأودية الجليدية . وعلى ذلك تصنف المداخل للأنماط الآتية تبعا لإختلاف نشأتها :

أ- المداخل البحرية الإنكسارية Faulted marine inlets : تنشأ عن الإنكسارات وخاصة إذا كان خط الإنكسار عمودى على إتجاه خط الساحل ، ويكون المدخل البحرى أكثر عمقا فى حالة الأغوار الصدعية .

ب- المداخل البحرية الإلتوائية Folded marine inlets : تتكون المداخل البحرية الإلتوائية نتيجة للضغط الناتج عن شد الطبقات الصخرية الملتوية مما يعمل ظهور بعض الشقوق الطولية

٣- الجروف الرأسية في الصخور المتجانسة ، ويصحبها منحدر ركامي يتسم بالصغر يقع اسفل هذه الجروف وهو ينشا منسقوط الصخور ، ويرتبط بها رصيف بحري تحاتي بشكل ملازم . وتتمكن التعرية والتجوية أحيانا من تكوين كهوف ومسلات من خلال عملها في الفراغات التي تنشا بين الصخور.

٤- جروف مدرجة ، وتنشأ في التراكيب الصخرية الأفقية التي تتألف من طبقات متعاقبة من الصخور المقاومة والصخور الضعيفة غير المقاومة للتعرية.

٥ -جروف ناشئة في صخور أفقية رملية أو جيرية ، أو بازلتية أو جرانيتية تتصف بوجود أسطح انفصال طبقي كاذبة واضحة . وتكون هذه الجروف رأسية أو مدرجة حسبما يكتنفها من فواصل و أسطح انفصال طبقي ، ويصحبها أحيانا تكوين المسلات والأعمدة الصخرية وتتصف هذه الجروف عادة بالتعقيد والتنسيق وعدم الانتظام ، فتكثر بها المداخل والخلجان الصغيرة التي تنشأ على امتداد الفواصل والعيوب . وأمثال هذه الجروف كثير في جزر أوركنيز Orkneys حيث الصخور الرملية الحمراء القديمة ، وفي صخور بازلت جيانتس كوسوي. Giant's CauseWay

٦- جروف مقشوطة Bevelledcliffs ، وتتألف من منحدرات مكسوة بالنبات ، محدبة أو مقعرة ، وتنتهي عند أسافلها بجروف حديثة رأسية نتيجة لفعل الأمواج على منسوب البحر الحالي . وهى في العادة جروف ساكنة ميته أصلا ثم بعثت وتجدد نشاطها . ولقد تتألف أمثال هذه الجروف من أربع واجهات متتابعة تتراوح زوايا انحدارها ما بين ٥-٥٠ درجة ، نشأت أثناء أربعة أدوار متعاقبة من النحت البحري ، فصلت بينها فترات تعرية قارية . ولهذا فهي "متعددة الدورة "

٧- جروف تتألف من طبقات صخرية تميل بشدة صوب البحر وفيها يكون قطاع المنحدر محكوما بسطح طبقي واحد معلوم . وفي بعض الأحيان يكون انحدار الجرف أقل من زاوية الميل الطبقي ومن ثم يتخذ القطاع مظهر سن المنشار

٨- الجروف الوعرة :وتتكون من الصخور الهشة غير المتماسكة التي يصيبها التمدد الشديد بفعل الماء الجاري في قنوات و نهيرات وتكتنفها عند أسافلها مراوح رسوبية.

٢- الكهوف البحرية Marine Caves :

يرجع تكون الكهوف البحرية إلى تراجع الجروف البحرية ، إذ تتشكل هذه الكهوف على طول مناطق الضعف فى الطبقات عند قواعد الجرف ، وتنشأ عن اصطدام الأمواج بها فتتآكل الصخور القابلة للنحت مكونة نتوءات وفجوات دائرية صغيرة الحجم ، ما تلبث أن تتسع تدريجيا حتى تتحول إلى حجرات وكهوف غائرة فى حافة الجرف ، وتتميز هذه الكهوف بإتساع

ويترتب على ذلك انخفاض عالمي في منسوب البحار تراوح في مختلف الجليدية بين ١٠٠-١٥٠م وبعد انقضاء العصر الجليدي وتحسن أحوال المناخ ذاب جليد الغطاءات الجليدية وانصرفت مياهه إلى البحار فارتفع مستواها ويعتقد أن الغطاءات الجليدية المتبقية فوق يابس العالم ما تزال تختزن مياها كافية لرفع منسوب البحار العالمية بنحو ٧٠م . ويقدر معدل الارتفاع الايوستاتي في مختلف بحار العالم في وقتنا الحاضر بما يتراوح بين ١٠و ٢ملم في السنة هذا وتحدث كثير من الذبذبات المحلية التي يقتصر تأثيرها على جهات معينة يصيبها تقوس أو ميل موضعي أو هبوط انكساري أو انخفاض أو ارتفاع أيزوستاتي

ظاهرات النحت البحرى :

١- الجروف البحري Sea cliffs :

عندما تتكون صخور الشاطىء من طبقات متباينة فى الصلابة فإن مياه البحر سواء أكانت أمواج أو تيارات بحرية أو تيار حركتى المد والجزر تقوم بنحت الطبقات اللينة بمعدل أسرع من الصلبة ، فتبقى هذه على شكل حائط مرتفع مشرف على مياه البحر ومواز لخط الساحل مكونة الجرف البحرى . وقد ترجع نشأة بعض الجروف لإنخفاض مستوى سطح البحر مثلا أو لإرتفاع منطقة الشاطىء التى تآكلت فيه طبقاته السفلى اللينة ، وظلت طبقاته العليا الأكثر صلابة مرتفعة قائمة الزوايا . ويزداد تآكل الطبقات اللينه من الجرف فى الشتاء عنه فى الصيف وأثناء هبوب العواصف ، وتبدأ الفوالق والشقوق فى الظهور فى صخوره ثم تنتهى بالكهوف البحرية التى تتوغل عميقا فى الصخر إلى أن تبدو الصخور الصلبة معلقة فيختل توازنها وتنهار ساقطة . ليبدأ الموج قصة جديدة لتكوين جرف جديد .. وهكذا تتراجع الجروف نحو اليابس ويتقدم البحر على حساب اليابس ويكون له سهلا تحاتيا بحريا أو رصيفا بحريا . وتتوقف سرعة تراجع الجروف على أساس بنية الصخر ودرجة مساميته ودرجة انحدارة وقوة الأمواج والرياح والأمطار وطول الفترة التى يتعرض فيها للنحت البحرى . ويمكن تقسيم الجروف كما يلي :-

١- جروف الصلصال المتماسك ذات الأوجه الرأسية أو شبه الرأسية.

٢- الجروف المتأثرة بالإنزلاقات الأرضية .وتكثر في التراكيب الصخرية التي تمتلك طبقات صخرية مسامية عليا مسامية منفذه ، وطبقات سفلى صماء غير منفذه للماء . ويتألف هذا النوع من الجروف من ثلاثة اقسام-:

أ)- علوي نشط ينشأ عن تساقط الصخر.

ب)- وسفلي مغطي بالرواسب.

ج)- ثم الجزء الثالث الذي ينشأ من قطع الأمواج لأطراف الجزء السفلي.

والشمس للمياه .وتأثير القمر فى إحداث المد أقوى من تأثير الشمس ، نظرا لبعد الشمس عن الأرض بالمقارنة بالقمر. وتيارات المد والجزر - شأنها فى ذلك شأن حركة الأمواج - ذات تاثير هدمى وبنائى ، بمعنى أنها ذات تأثير تحاتى إذ تكون سطوح تعرية بفعل عملية إرتطام الموج بالسواحل . أما التأثير البنائى فيتلخص فى عملية الإرساب لدى حركة المد.

ج - التيارات البحرية: تتحرك المياه السطحية فى البحار والمحيطات على هيئة تيارات بحرية تعزى نشأتها إلى سببين رئيسيين:

١- الرياح الدائمة:

ويتناول تأثيرها مساحات واسعة من المسطحات المائية ، وخاصة الرياح التجارية الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية التى تهب صوب خط الإستواء من الشمال ومن الجنوب . فهى تقوم بالدور الرئيسى فى دفع المياه الإستوائية نحو أمريكا الوسطى حيث يخرج تيار الخليج الدافىء الذى يعبر المحيط الأطلسى إلى غرب أوربا وشمالها الغربى.

٢= إختلاف التيارات البحرية

وتعرف بالقوى الأرشميدية : وتنشأ من تغيرات داخلية تحدث فى كتل المياه ، ونسبب التفاوت فى درجة كثافتها . وترجع هذه التغيرات إلى عاملى التمدد والانكماش فى المياه نتيجة لتعرضها للحرارة والبرودة . وقد ترجع أيضا إلى ازدياد فى ملوحة المياه نتيجة للتبخير الشديد فى المياه السطحية مثل ما يحدث فى الجهات المدارية ، أو قد تعزى إلى نقص فى درجة الملوحة نتيجة لتدفق كميات من المياه العذبة الناشئة عن ذوبان الجليد أو هطول الأمطار الغزيرة .ولا شك فى تأثيرات هذه القوى خاصة فى إحداث التيارين والتغير الأفقى والرأسى فى الأحواض المحيطية الكبيرة.

ثالثاً : التغيرات في مستوى البحر

منسوب البحر هو المستوى العام لسطح الماء فيه بمعزل عن حركة المد والجزر أو الأمواج . اذ قد يكون التذبذب في منسوب البحر اثر كبير بالنسبة شكل الساحل ، وذلك لان أي ارتفاع أو هبوط في مستوى المياه حتى و لو بمقدار عدة مليمترات بالنسبة لساحل منخفض يمكن أن تودي الى تغيرات هائلة في شكله اما اذا كان تغير المنسوب كبيرا فان ذلك يدل على وجود حركة فعلية في مستوى سطح البحرنفسه ،واذا كانت الاثار الناتجة تؤثر في كل السواحل البحرية عندها تسمى مثل هكذا التغيرات بالذبذبات الايوستاتية. eustatic وترتبط أعظم الذبذبات الايوستاتية أهمية بالتغيرات المناخية التي حدثت أثناء العصر الجليدي وبعده . ففي أثنائه انتزعت كميات هائلة من مياه البحار والمحيطات لتتراكم على اليابس في هيئة غطاءات جليدية ضخمة .

٦-عمق المياه أمام خط الساحل فالمياه الضحلة تعمل على تكسير الأمواج ، وإضعاف طاقتها قبل وصولها إلى الشاطىء ، بينما تساعد المياه العميقة على وصول الأمواج بكامل طاقتها مما يعظم تأثيرها التحاتى.

٧- نوع الصخور على القاع أمام خط الساحلودرجة مقاومتها لعمليات النحت البحرى ، ومدى توافر المواد الرسوبية التى يمكن نقلها وترسيبها بالأمواج على الساحل

ثانيا : طبيعة حركة المياه :

يتلخص تأثير حركة المياه البحرية فى ثلاثة أنواع .. هى على النحو التالى :

أ- حركة الأمواج من حيث شدتها وارتفاعها واتجاهها بالنسبة لخط الساحل: وتنشأ الأمواج عادة من هبوب الرياح والعواصف إذ أن معظم الأمواج ناتجة من تأثير احتكاك الرياح بسطح المياه .غير أن هناك أمواجا تنشأ بفعل حركة المد والجزر ، كما أن بعضها أيضا ينشأ من تأثير الزلازل والنشاط البركانى فى قاع المحيط. وتدفع الرياح الأمواج نحو الشاطىء ويتوقف مدى ارتفاعها وطاقتها على قوة الرياح التى تدفعها . لذا فإن موقع خط الساحل بالنسبة لإتجاه الريح ولعرض البحر يعتبر من أهم العوامل التى تؤثر فى تشكيله . ولأمواج العواصف أهمية خاصة ، وهى التى تحركها رياح فى قوة الإعصارأو العاصفة تهب فوق مسطح مائى عظيم . فتأثير يوم واحد من مثل هذه الأمواج العاتية فى تشكيل السواحل ، قد يفوق تأثير الأمواج العادية على مدى عدة أسابيع . وتتسابق هذه الأمواج وتتلاحق بسرعة وبمعدل يتراوح بين ١٢ -١٤ موجة فى الدقيقة الواحدة ، ونظرا لتزاحمها ترتفع قممها وتتساقط كتل المياه من فوقها على طول جبهتها الزاحفة وتغوص فجأة فتزداد شدة السحب وارتداد المياه التى تنحت أرض الشاطىء فتجرف معها مواده نحو البحر . لهذا فهى تعرف بأمواج الهدم والنحت (Destructive) أما الأمواج المتوسطة التى تتهادى نحو الساحل بمعدل يتراوح بين ٦-٨ موجة كل دقيقة ، فإنها تتسم بقوة دافعة فعالة نحو الساحل تفوق قوة السحب وارتداد المياه التى يعرقلها احتكاكها بالقاع وامتصاص رواسب الشاطىء لجزء من تلك المياه المرتدة . ولهذا فإن مقدار ما تدفعه من الحصى نحو الساحل يزيد على مقدار ما تحرفه معها نحو البحر ، ولذا تسمى بأمواج البناء (الإرساب) .Constuctive

ب - تيارات المد والجزر : من المعروف أن سطح البحر يتحرك بين ارتفاع وانخفاض مرة كل نصف يوم تقريبا . وهذه الحركة تبدو واضحة بجوار السواحل . ويعرف أقصى إرتفاع يبلغه سطح البحر بالمد ، وأدنى انخفاض بالجزر . وتنشأ ظاهرة المد والجزر عن قوى جذب القمر

ت- سواحل تشكلت بالنشاط البركاني :

مثل سواحل الارساب البركاني ، والسواحل التي تكونت بواسطة الانفجارات البركانية .

ث- سواحل تشكالت نتيجة للحركات الأرضية

مثل عمليات التصدع وعمليات الالتواء

٢- السواحل الثانوية (الناضجة) مثل السواحل التي تشكلت بفعل مليات النحت البحري . وسواحل الجروف التي أصبحت أكثر انتظاماً او أقل انتظاماً بعل عمليات النحت البحري .

العوامل الموثرة في تشكيل السواحل

ويمكن تقسيم هذه العوامل الموثرة في تشكيل السواحل إلى قسمين : قسم يختص بطبيعة الساحل نفسه وقسم آخر يختص بطبيعة حركة المياه المؤثرة على الساحل . . وفيما يلى أهم هذه العوامل :

أولا : العوامل المؤثرة فى طبيعة الساحل-:

١- شكل خط الساحل ومدى تعرجه وتوجيهه بالنسبة للأمواج السائدة ، فخطوط السواحل المتعرجة تشتد تعرية رؤوسها المتوغلة فى البحر ، فى حين يزداد الترسيب داخل الخلجان . كما تتأثر المناطق الساحلية المواجهة للأمواج السائدة ، فيشتد تراجعها أمام الأمواج.

٢- درجة إنحدار المنطقة الساحلية ، وخاصة الجروف البحرية الأكثر تعرضا لفعل الأمواج ، وكذلك إرتفاع هذه الجروف .إذ كلما انخفضت هذه الجروف زادت فرصة تآكلها بالأمواج.

٣- صلابة الصخور ودرجة مقاومتها للعوامل الميكانيكية (تأثير اصطدام الأمواج) ، والكيميائية (الناتجة عن تفاعل الصخور مع مياه البحر).

٤- البنية الجيولوجية للمنطقة الساحلية ،ومدى تأثرها بالإنكسارات والإلتواءات ، وأنظمة الفواصل. إذ يتم نحر الحافات ذات الفواصل المتقاربة . وكذلك العلاقة بين زاوية ميل الطبقات وتوجيه خط الساحل . فحينما تميل الطبقات نحو خط الساحل يسهل نحتها بالأمواج ، أما الطبقات المائلة نحو اليابس فيصعب نحتها ، وتظل باقية فترات زمنية أطول نسبيا . ، بمعنى أنه عندما تميل الطبقات نحو البحر ، فإن الكتل الصخرية تتكسر عند أسطح الفواصل بزوايا قائمة على مستويات الإنفصال الطبقى ، مكونة ما يعرف بالجروف المعلقة . بينما إذا كانت الطبقات تميل فى الإتجاه العكسى ، أى نحو اليابس فإن الكتل الصخرية لا تستطيع التكسر عند سطوح الفواصل ، وبالتالى فإن الجروف تميل إلى الوقوف فى وضع قائم تقريبا .

٥- الغطاء النباتى للمنطقة الساحليةمن حيث نوعه (غابات ، شجيرات ، حشائش) ومدى كثافته ، حيث يساعد الكساء النباتى الكثيف على حماية السواحل بدرجة ما من تأثير الأمواج .

مكونة بعض الحواجز البحرية ، فتسهم فى إنفصال هذه المستنقعات عن خط الساحل ، فتجف بعض شهور السنة ، وتتحول بالتالى إلى نطاقات سبخية موسمية.

ب) السبخات الملحية Salt Marshs

تنشأ السبخات الملحية فى النطاقات الساحلية السهلية ، التى عادة ما تتمثل فى البحيرات الساحلية التى تتعرض لارتفاع قيعانها بتراكم الرواسب ، سواء القارية الناتجة عن هبوب الريح أو المصبات النهرية،أو بالأرساب البحرى بتيارات المد والجزر والأمواج. ويتشابه المظهر المورفولوجى العام للسبخات الملحية البحرية النشأة المجاورة لخطوط السواحل مع تلك القارية الأصل التى تتكون فى المسطحات المنخفضة المتاخمة لأنظمة التصريف المائى الحوضى بالصحارى ، إلا أنهما يختلفان فى أسلوب نشأتهما ومصادر المياه بكل منهما.

)جـ) البحيرات الساحلية Lagoons

البحيرات الساحلية عبارة عن مسطحات مائية طولية الشكل فى أغلبها، تمتد موازنة لخط الساحل ، ويفصلها عنه نطاق من الحواجز الرملية ، وتستمد البحيرات الساحلية مائيتها من البحر سواء سطحيا بالإنغمار وطغيان الأمواج ، أو تحت سطحيا بالتسرب وتتميز البحيرات الساحلية بضحالتها بالمقارنة بالمصبات الخليجية ، كما تمتد بصورة موازية لخط الساحل ، بينما تتعامد المصبات الخليجية عليه وتصنف البحيرات الساحلية إلى ثلاثة أنواع حسب أسلوب اتصالها بالبحر:

١- البحيرات الساحلية المغلقة Cloosed Lagoons

٢- البحيرات الساحلية الموسمية Seasonal Lagoons

٣- البحيرات الساحلية المفتوحة Open Lagoons

تصنيف شبيرد للسواحل البحرية .

صنف شيبرد السواحل إلي ما يلي :-

١- السواحل الأولية (الشابة) وتتمثل فيما يلي :-

أ- سواحل تشكلت بفعل عمليات تحت هوائية ثم غمرت مع ارتفاع سطح البحر أثناء الهولوسين أو بسبب هبوطها . ومن أمثلتها مصبات الأودية النهرية الغارقة ومصبات الأودية الجليدية الغارقة .

ب- سواحل تشكلت بالارساب :

مثل سواحل الارساب النهري ، وسواحل الارساب الهوائي ، وسواحل الارساب الجليدي ، وسواحل المنجروف .

الظاهرة الرئسية التي يتميز بها هذا النمط من السواحل هي الشاطئ أو الرصيف المرتفع أو خط الجرف الذي يوجد الان فوق منسوب فعل الامواج ويرتبط تكوين هذه الارصفة البحرية وخطوط الشاطئ القديمة بالذبذبات في منسوب مياة البحار العالمية إبان عصري البلايوستوسين و الهولوسين.

ب)السواحل الظاهرة المنخفضة

يظهر الساحل المنخفض فوق منسوب مياة البحر نتيجة لرفع جزء مجاور من الرف القاري المتاخم لليابس وخير مثال لهذا النمط من السواحل ساحل جنوب شرقي الولايات المتحدة الذي يحدد هامشة تجاة اليابس الامريكي خط المساقط الذي عنده تهبط المجاري المائية من المرتفعات أبلاش الى السهل عبر سلسلة من الشلالات ويعوض هذا السهل الساحلي في مياة المحيط دون تغير في انحدارة الهين الى الرف القاري الذي كان السهل قسما منه فيما مضى وتتألف مواد الصخور هذا السهل الساحلي من الرمال وحصى وراسب طينية وجيرية

السواحل المرجانيةCoralcoasts

يطلق تعبير السواحل المرجانية على السواحل التي تنمو على امتدادها الشعاب المرجانية وتتكون الشعاب المرجانية متى توفرت شروط حياة ونمو الحيوان المرجاني حول هوامش القارات استراليا وحول شواطئ الجزر مثل غينيا الجديد وكاليدونياالجديدة وشواطئ الجبال البركانية التي تصعد بمنحدرات شديدة من القيعان المحيطية مكونة لعدد عديد من الجزر المنبعثرة في المحيط الهادي مثل جزر فيجي وساموا.وتنشئ المراجين ايضا جزرا مرجانية محلية ترتفع من اعماق المحيط مثل جزر جيلبيرت وإليش ومارشال وأكثر ما تنتشر المراجين في غرب المحيط الهادي وفي وسطه وتوجد في المحيط الهندي في محيط لاكاديف ومالديف غرب سيريلانكا وحول جزر أندمان وسيشيل وموريشيوس ويتحدد وجودها في المحيط الاطلسي في أرخبيل جزر الهند الغربية جزر الكاريبي

رابعا : سواحل المستنقعات الملحية:

مسطحات متاخمة لخطوط السواحل ذات البيئات الرسوبية الهادئة ، عادة ما تنتشر فى نطاقات نشاط المد والجزر والشواطئ الرملية الطفلية عند مصبات الأودية الخليجية Estuaries على وجه الخصوص.

أ (المستنقعات Swampsسطوح رملية موازية لخط الساحل ومغمورة بمياه البحر ، وتنمو بها مجموعات متفرقة من النباتات والطحالب والحشائش البحرية . ويتأثر مستوى المياه فى هذه المستنقعات بتيارات المد والجزر وهجمات الأمواج أثناء العواصف ، وكثيرا ما تتراكم الرمال

١-سواحل الارساب الجليدي
٢-سواحل الغابات الغارقة
٣-سواحل الفييردات
٤-الساحل الالماني

سواحل الإرساب الجليديتبدو هذه الظواهر واضحة جلية في بعض شواطئ شمالي أيرلندا حيث الساحل المنخفض الذي يحمل أشكال إرساب الجليد سابق كأشكال الدرملين التي تبدو بعد التغريق في هيئة جزر تلالي مستديرة منخفضة ومثال أخر لهذا النمط من السواحل يتواجد في المنطقة مرفأ وسطون بشمال شرقي الولايات الأمريكية حيث يطغى البحر مساحة نزركشها تلال الدرملين المستديرة الهامات .

سواحل الغابات الغارقة

تتميز بعض السواحل بوجود طبقات من النباتات المتفحمة تمتد بطولها وفيها قد انطمرت جذور الاشجار وسيقانها وهي توجد فيما بين منسوبي المد والجزر او قد تختفي احينا أسفل مستوى مياة الجزرمثل احواض باري وسواحل لانكشير.

سواحل الفييردات

تنفرد بعض السواحل المنخفضة بظواهر تعرج خاصة يطلق عليها اسم الفييردات وهو اسم تعرف به على الخصوص سواحل جنوب السويد المنخفضة الكثير التعاريج ولبرما كان اللفظ تحويرا للفظ فيورد النريجي. وهنالك ظواهر مشابه للساحل الفييردي في جهات أخرى مثل ما في سواحل جزر شيتلاند وعلى امتداد سواحل نوفا سكوشيا

الساحل الألماني

ترجع الخصائص الحالية لسواحل الالمانيا بقسميها الشرقي والغربي للتغريق الذي حدث فيما بعد الجليد لسهل ساحلي ينحدارا سهلا هينا لكن بغير انتظام ويتألف من الصخور حديثة النشأة تغطيها رواسب تراكمت بفعل الجليد.

ثانيا : السواحل الظاهرة (Emerged Coasts)

وهي السواحل التي انحسرت عنها مياة البحر ويمكن تقسيمها الى قسمين رئسين هما:

(أ)-سواحل ظاهرة مرتفعة Emerged Upland Coasts

(ب)-سواحل ظاهرة منخفضة. Emerged Lowland Coasts

أ)سواحل ظاهرة المرتفعة

أولا :السواحل الغارقة

يمكن تقسيم السواحل الغارقة إلى مجموعتين ((السواحل ألمرتفعه التي أصابها الإغراق – والسواحل المنخفضة التي أصابها التغرق))

أ- السواحل المرتفعة التي أصابها الإغراق: وهي حينما يطغى البحر على هامش أرض مرتفعه مضرسة غير منتظمة ومن أهم أنواع السواحل التي تدخل ضمن هذة المجموعة ما يلي:

ساحل الرياسRias

ينشأ ساحل الرياس حينما يصيب التغريق مساحة من اليابس مرتفعة مطلة على البحر او المحيط حيث تلتقي التلال ومصبات او أداني الأودية النهريه مع خط الساحل بزاويا قائمة والريا تبدو بشكل خلجان أو مداخل بحرية ذات شكل قمعي وهي تتناقص في الاتساع والعمق كلما توغلت في اليابس.

سواحل الفيورداتFjord

يوجد هذا النمط من السواحل في جهات متعددة من السواحل الكتل القارية ويشتهر بالسواحل الفيوردية غرب اسكتلندا وغرب وجنوب النرويج وجزيرة جرينلندا ولبرادور وولاية كولومبيا البريطانية في غررب كندا وشبه الجزيرة الاسكا في شمال غرب أمريكا الشمالية وجنوب شيلي ونيوزيلندا ولقد كانت الفيوردات في الاصل أودية جليدية عميقة أصابها التغريق بعد انتهاء الجليد البلايوستوسيني .

السواحل الدالماشية أو الطولية Dalmatian or Longitudinal

و هي تمتد الجبال بموازاة الساحل الذي يصيبة الهبوط والإغراق وتبعا الامتداد المرتفعات فإن الساحل يميل الى الاستقامة والانتظام ما لم يكن الهبوط كبير وحينئذ تصبح السلاسل الجبلية الخارجة عبارة عن الصفوف طولية من الجزر ويفصلها عن السلاسل الداخلية ممر مائية طويل كان في الاصل وقبل الهبوط والتغريق واديا منخفضا يفصل بين السلاسل الجبلية الداخلية والخارجية .ومن أمثلتها ساحل يوغوسلافيا.

ب- السواحل المنخفضة التي اصابها التغريق:

وهذا يحدث الطغيان البحري لنطاق ساحلي منخفض فأن نتائجه تمتد لتشمل رقعه من اليابس ضخمة رحبة نظرا لان أي انخفاض طفيف في النطاق الساحلي أو أي ارتفاع ضئيل في منسوب مياه البحر يسمح لمياه البحر بالطغيان على مساحة كبيرة بسبب أن منحدرات النطاق الساحلي تكون سهلة هينة. ومن أهم أنواع السواحل التي تدخل ضمن هذة المجموعة ما يلي:

السواحل البحرية

يعرف الساحل coast بانه خط التقاء ماء البحر باليابس القاري ويطلق على المنطقة الفاصلة بين اسفل الجروف البحرية وبين ادنى مستوى تصله مياه الجزر اسم الشاطيء shore ويتكون الشاطيء عادة من قسمين امامي ويمتد من ادنى مستوى للجزر الى اعلى مستوى مد ويسمى الشاطيء الامامي Fore-shore وجزء يعرف بالشاطيء الخلفي Back-shore ويمتد من اعلى نقطة مد الى خط الساحل Coastline وتتشكل سهول ساحلية مختلفة على امتداد اغلب الشواطيء البحرية ويمكن تصنيف السهول الشاطئية حسب حجم المواد المترسبة إلى نوعين هما:

أ) سهول الشواطئ الرملية Sand Beaches

ب) سهول الشواطئ الحصوية Shingle Beaches

تصنيف السواحل

تتأثر أنواع السواحل الناشئة من تغيرات منسوب البحر بعاملين رئيسيين هما:: طبيعة الحركة التي تسبب إلا غريق Submergence أو ألارتفاع والظهورmergence E ؛ ثم طبيعة الساحل ألأصليه فيما إذا كان في السابق أرضا مرتفعة أو يابسا منخفضا. والسواحل ألناشئه عن إلا غريق بسبب الطغيان والغمر المحيطي Oceanic Transgression هي السواحل ألأكثر انتشارا في وقتنا الحاضر ،وذالك بسبب ألارتفاع العام الذي أصاب منسوب البحار العالمية في فترة ما بعد الجليد حتى وقتنا الحالي..وهناك من السواحل ما عانى من عمليات ألارتفاع والانخفاض سواء من جانب اليابس أو من الجانب البحر عدة مرات ،وانطبعت فيها ظواهر متعددة،بحيث لا يستبين فيها نموذج واضح لأي من النمطين السالفي الذكر)الغائصة والساحل الظاهر)،ومثلها يعرف بالسواحل المركبة أو Coasts Compoundفحينما انصهر جليد الغطاءات الجليدية البلايوستوسينية ،وأخذت مياهه طريقتها إلى البحر ،تغير منسوب بالارتفاع؛لكن قد نتج عن إلانصهارانزياح ثقل وضغط عظيمين عن اليابس ،فأخذ بالإرتفاع أيزوستاتيا .وبسبب تداخل عمليات التغير هذه أيزوستاتيا وإيزوستاتيا،تعقدت النتائج الخاصة بتشكيل السواحل وأنماطها.ويبقى بعد ذلك نمط السواحل المحايدة التي لا تتصل نشأتها بفعل الذبذبات الايستاتية ، وإنما نشأت عند الهوامش أرض جديدة ظهرت بفعل الإرساب ومن أمثلتها : سواحل الدالات النهرية وسواحل مسطحات الطين والمستنقعات والسواحل البركانية حيث يتمثل خط الساحل في الهامش تدفقات الافا ثم السواحل

الفصل السابع

السواحل البحرية ،والشواطيء والجزر البحرية

جغرافية البحار والمحيطات

د. عماد مطير الشمري

وبمساهمة م.م.ضحى لعيبي السدخان

بفصلي النقل البحري والبحار والمحيطات في ظل القانون الدولي

٢٠١٢

١ – تراكم الرواسب البحرية مثل بناء الحواجز والجسور والألسنة البحرية .

٣ – تراكم الرواسب القارية أمام الساحل مثل رواسب الأنهار والدلتاوات والثلاجات .

ثانياً - السواحل التي تتراجع في الوقت الحاضر Coasts which are retreating

ا – سواحل غاطسة أو تنغمر بمياه البحر في الوقت الحاضر ومنها :

١ – سواحل تغطس بفعل أثر الجليد وتظهر على شكل سواحل الفيوردات .

٢ – سواحل غاطسة تبعاً لهبوط بعض أجزاء من الدلتاوات والأجزاء الدنيا من الأودية النهرية .

ب – سواحل تتراجع تبعاً لتراجع الجروف البحرية خلفياً نحو اليابس بحيث تعمل الأمواج على استمرار نقل المفتتات الصخرية بعيداً عن أقدام الجروف البحرية .

تتأثر كذلك بتذبذب منسوب سطح البحر وتشتمل : —

ا — سواحل تشكلت حديثاً بأثر فعل انغمار البحر «مهما كان سبب هذا الانغمار» .

ب — سواحل تشكلت حديثاً بتعرضها لحركات تكتونية فجائية أدت إلى ارتفاع اليابس نفسه .

جـ — سواحل تتشكل بفعل حركات التصدع .

د — سواحل أخرى متنوعة — مثل سواحل البراكين وسواحل الفيوردات .

يتضح من هذا العرض أن تقسيم كوتون يشابه تقسيم جونسون من حيث اعتماده عل أساس مدى اختلاف العوامل التي أدت إلى تشكيل الظواهر الساحلية.

رابعاً - تقسيم فالنتين H. Valentin

اعتمد الأستاذ فالنتين في تصنيفه الذي رجحه عام ١٩٥٢ (١) للسواحل على مدى تقدمها أو تراجعها عن البحر المجاور . وتبعاً لتنوع العوامل التي تؤدي إلى تقدم الساحل أو تراجعه ميز فالنتين عدة مجموعات أخرى ثانوية من السواحل وتتمثل فيما يلي :

أولاً - السواحل التي تتقدم في الوقت الحاضر Coasts which are advancing

ومنها : —

ا — سواحل ارتفعت حديثاً .

ب — سواحل تبنى حديثاً بفعل أي أو كل من : —

١ — تجمع بعض الكائنات الحية مثل سواحل المانجروف وسواحل الحواجز المرجانية .

1 - Valentin, H., «Die Kûste der Erde», Petermanns Geog. Mitt. Ergânzsungheft, (1952), 246.

ب – سواحل في مناطق غير مستقرة جيولوجياً .

وقد اعتمد في معظم الأدلة التي حقق فيها آراءه على مشاهداته الحقلية لأجزاء سواحل نيوزيلند المختلفة حيث تتميز بعض هذه السواحل بعدم استقرارها جيولوجياً بعد ، بينما لاينتاب بعضها الآخر في الوقت الحاضر أي حركات جيولوجية . وأهم ما يميز هذه المجموعة من السواحل هو أن السواحل في المناطق المستقرة جيولوجياً تتأثر بتذبذب مستوى سطح البحر (خاصة منذ عصر البلايوستوسين حيث ارتفع منسوب سطح البحر نحو ٣٠٠ قدماً حتى الوقت الحاضر تبعاً لذوبان الجليد) ، بينما تتشكل الأخرى تبعاً لحركات رفع اليابس أو هبوطه عن البحر المجاور . وقد أكد كوتون كذلك أنه ليس من الضروري أن تكون السواحل في المناطق المستقرة جيولوجيا سواحلاً غاطسة ، كما وأنه ليست كل السواحل في المناطق غير المستقرة جيولوجياً سواحلاً بارزة . وقد ميز عدة مجموعات أخرى ثانوية تدخل في نطاق كل من هاتين المجموعتين كما يتضح فيما يلي :

أولاً – سواحل المناطق المستقرة جيولوجيا Coasts of stable regions

وقد تأثرت أجزاء كبيرة من هذه السواحل بارتفاع منسوب سطح البحر منذ نهاية عصر البلايوستوسين حتى الوقت الحاضر تبعاً لذوبان الجليد وتشمل :

ا – سواحل تتشكل بظاهرات جيومورفولوجية تدل على أثر انغمارها بمياه البحر حديثاً .

ب – سواحل تتشكل بظاهرات جيومورفولوجية تدل على أثر انغمارها بمياه البحر في فترات جيولوجية سابقة .

ج – سواحل أخرى متنوعة مثل سواحل البراكين وسواحل الفيوردات .

ثانياً – سواحل المناطق غير المستقرة جيولوجيا Coasts of mobile regions

وهي عبارة عن سواحل مركبة تتأثر بحركات تكتونية فجائية كما قد

المجموعة الثانية :

سواحل تشكلت بواسطة عوامل تحاتية بحرية ، وتشمل : —

(١) – سواحل ترجع نشأتها إلى اثر عوامل التعرية البحرية

مثل تلك التي تتكون تحت أقدام الجروف البحرية ، تبعاً لإستمرار تراجعها الخلفي .

(٢) – سواحل ترجع نشأتها إلى اثر فعل عوامل الإرساب البحري ، ومنها :

ا – سواحل تتميز ببعض الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية التي تتمثل في الجسور والألسنة البحرية تبعاً لتراكم الرواسب .

ب – سواحل تتألف من المستعمرات المرجانية والحواجز المرجانية .

وقد فضلت الأستاذة كاكلين كينج C. A. M. King في كتابها عام ١٩٦١(١) تصنيف شبرد عن غيره من التصنيفات الأخرى ، ذلك لأنها اعتبرته تقسيما جامعاً لمعظم الأنواع المختلفة من سواحل العالم المعروفة .

ثالثا – تقسيم كوتون C. A. Cotton

رجح الأستاذ كوتون تقسيمه في بداية عام ١٩١٨ (٢) ، ثم عدل فيه بعض الشيء عام ١٩٥٢ (٣) وتبعاً لاختلاف حركة السواحل ومدى ثباتها أو استقرارها جيولوجياً ، ميز مجموعتين رئيسيتين من السواحل هما :

ا – سواحل في مناطق مستقرة جيولوجياً .

---

1 - King, C. A. M., «Beaches and Coasts,» London, (1961), p. 238..

2 - Cotton, C. A., «The outline of New Zealand...» Geog. Rev., vol, 9 (1918), 320 - 340.

3 - Cotton, C. A., «Criteria for the classification of coasts», 17 th Int. Geog. Cong., Abs. of Papers. (1952), p. 15.

المجموعة الأولى

(سواحل تشكلت بواسطة عوامل تحاتية قارية أو غير بحرية الأصل) .

وتشمل : —

١ – **سواحل ترجع نشأتها إلى عوامل التعرية الهوائية والإنفجار، ومنها :**

ا – سواحل الرياس على طول ساحل دالماشيا وسواحل جنوب غرب أيرلند .

ب – سواحل غاطسة بفعل التعرية الجليدية .

٢ – **سواحل ترجع نشأتها إلى فعل الإرساب القاري ، ومنها :**

ا – سواحل تكونت بمساعدة الإرسابات النهرية والرواسب الفيضية المروحية .

ب – سواحل تكونت بمساعدة الإرسابات الجليدية .

ج – سواحل تكونت بمساعدة الرياح .

د – سواحل تكونت تبعاً لتجمع النباتات الطبيعية مثل سواحل غابات المانجروف .

٣ – **سواحل ترجع نشأتها إلى فعل الثورانات البركانية ، ومنها :**

ا – سواحل تكونت تبعاً لحدوث الإنفجارات البركانية .

ب – سواحل تكونت تبعاً لتجمع اللافا والمصهورات البركانية .

٤ – **سواحل ترجع نشأتها إلى حدوث بعض الحركات التكتونية الفجائية ومنها :**

ا – سواحل تكونت تبعاً لحدوث حركات التصدع .

ب – سواحل تكونت تبعاً لحدوث حركات الرفع التكتونية .

المركبة . فعلى الرغم أنه يمكن تمييز بعض مجموعات من السواحل التي قد توضع ضمن أي من مجموعتي السواحل الغاطسة أو البارزة إلا أن معظم أجزاء هذه السواحل قد تشكلت بدورها خلال عمرها الجيولوجي الطويل بعوامل مختلفة ، مما يجعلها أقرب إلى مجموعة السواحل المركبة . وقد أكد جونسون كذلك أن أهم ما يميز السواحل المرتفعة التي أشار إليها هو استواء سطحها وانحدارها التدريجي البسيط صوب البحر المجاور ، إلا أن بوتنام Putnam عام ١٩٣٧ (١) قد ميز هو الآخر بعض مجموعات من السواحل المرتفعة التي تتألف من سهول بحرية ذات انحدار شديد صوب البحر المجاور .

ثانياً – تقسيم شبرد E. P. Shepard

رجح شبرد هذا التقسيم عام ١٩٣٧ (٢) ، ثم عدل فيه بعض الشيء في كتابه ١٩٤٨ (٣). وقد اعتمد شبرد في تقسيمه على أساس اختلاف أشكال السواحل تبعاً لتأثرها بعوامل التعرية المختلفة وعلى ذلك ميز بين كل من السواحل التي تكونت بفعل عوامل تحاتية قارية Terrestrial Agencies وأخرى تشكلت بواسطة عوامل تحاتية بحرية Marine Processes . وبالتالي يمكن إعتبار هذا التقسيم ضمن تلك المجموعة التي صنفت على أساس اختلاف عوامل التعرية التي تساهم في تكوين السواحل . وقد ميز شبرد عدة مجموعات ثانوية أخرى من السواحل على أساس اختلاف نشأتها. وعلى الرغم من أن هذا التقسيم قد يتصف بالتعقد تبعاً لكثرة عدد المجموعات المختلفة من السواحل التي أشار اليها ، إلا أنه يعد كذلك أكثر تفصيلاً عن معظم التقسيمات الأخرى التي رجحت من قبل . ويمكن أن نلخص هذا التقسيم فيما يلي :

1 - Putnam, W. C., «The marine cycle of erosion for a steeply sloping shoreline of emergence» Jour. Geol., vol. 45 (1937). 844 - 850.

2 - Shepard, P. F. «Revised classification of marine shorelines» Jour Geol., vol. 45 (1937), 602 - 624.

3 - Shepard, F. P., «Submarine geology», New York, 1948, (1963).

ا – سواحل الرياس Ria Coasts ، وهي عبارة عن خلجان عميقة متجاورة ، ومن أحسن أمثلتها سواحل غرب أيرلند .

ب – سواحل الفيوردات Fjord Coasts ، ومنها سواحل غرب النرويج والساحل الجنوبي الغربي لشيلي .

٢ – **السواحل الظاهرة أو البارزة** Emergence Coasts

وهي تلك التي تتكون تبعاً لانخفاض منسوب سطح البحر وتراجعه خلفيا عن اليابس المجاور من ناحية ، أو تبعاً لارتفاع اليابس نفسه من ناحية أخرى .

٣ – **السواحل المحايدة** Neutral Coasts

وهي عبارة عن مجموعة محايدة من السواحل لا ترجع نشأتها إلى أثر فعل انخفاض منسوب سطح البحر أو ارتفاعه بل قد تتمثل فيما يلي :

ا – سواحل الدلتاوات . Delta Coasts

ب – سواحل السهول المروحية Alluvial Plain Coasts

ج – سواحل السهول التي تشكلت بالفرشات الإرسابية Outwash Plain Coasts

د – سواحل البراكين . Volcano Coasts

ه – سواحل الحواجز المرجانية . Coral-reef coasts

و – السواحل الصدعية . Fault Coasts

٤ – **السواحل المركبة** Compound Coasts

ويقصد بها تلك المجموعة من السواحل التي ترجع نشأتها إلى أكثر من عامل واحد من تلك العوامل التي سبق ذكرها .

يتضح من هذا العرض ، أن تقسيم جونسون قد بني على أساس اختلاف نشأة السواحل ، ولكن إذا طبقت أسسه بكل دقة لتبين أن نحو ٦٥٪ من سواحل البحار والمحيطات تتبع المجموعة الأخيرة وحدها ، وهي السواحل

وفي عام ١٩٣٤ أهتم دالي R.A.Daly (١) بدراسة مراحل تذبذب مستوى سطح البحر منذ بداية عصر البلايوستوسين وأثر ذلك في طبيعة نمو الحواجز والجزر المرجانية وامتدادها من ناحية وتكوين السواحل الظاهرة والغاطسة من ناحية أخرى. أما الأستاذ ديمارتون E. de Martonne فقد بنى تصنيفه للسواحل البحرية عام ١/٩٠٩ على أساس اختلاف عوامل التعرية البحرية التي أثرت في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي العام لهذه السواحل . وقد لاحظ ديمارتون كذلك أن هناك بعض أجزاء من السواحل تتميز بتشكيلها بعوامل تحاتية بحرية متشابهة إلا أنها تتألف من ظاهرات جيومورفولوجية متباينة ، وعلى ذلك فقد رجح دورة تحاتية تمر بها معظم سواحل العالم خلال عمرها الجيولوجي الطويل (٢) .

ويمكن أن نلخص أهم التصنيفات الأكثر شيوعاً في هذا الصدد فيما يلي :

أولا – تقسيم جونسون D. W. Johnson

يعتبر هذا التقسيم الأساس الأول الذي كان يستخدم عند الحديث عن مجموعات السواحل منذ ظهوره عام ٩١٩ وما زال يستخدم كذلك حتى الوقت الحاضر . وترجع أهمية هذا التقسيم إلى جمعه عديداً من السواحل المختلفة وأنه يقوم على أساس اختلاف نشأة السواحل (٣) . وقد قسم جونسون سواحل البحار والمحيطات إلى ما يلي :

١ - السواحل الغاطسة أو المنغمرة Submergence Coasts

وهي تلك التي غطيت بمياه البحر تبعاً لإرتفاع منسوبه من ناحية أو إنخفاض سطح الأرض من ناحية أخرى . وقد ينجم عن ذلك عدة أشكال ثانوية من السواحل تتمثل فيما يلي :

1 – Daly, R. A., «The changing world of the Ice Age», Yale Univ. Press (1934).
2 - de Martonne, E., «Traité de geographie physique», Paris (1909).
3 - King, C. A. M., «Beaches and coasts» London, (1961), p. 235

أ - **سواحل المجموعة الأطلسية** : Atlantic Type

وهي تلك التي تأثرت بحدوث حركات تكتونية نجم عنها تكوين محاور ثنيات محدبة وأخرى مقعرة تمتد عمودية على خط الساحل .

ب - **سواحل المجموعة الباسيفيكية**: Pacific Type

وهذه تتميز بأن كلا من محاور الثنيات الصخرية المحدبة والمقعرة تمتد موازية لخط الساحل نفسه . وقد اعتمد الجيولوجيون عند تصنيفهم للسواحل البحرية خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر على أساس توالي اختلاف مستوى سطح البحر والعلاقة المتبادلة بين السواحل واليابس المجاور . وقد شملت معظم تصنيفاتهم مجموعتين رئيسيتين من السواحل هما :

أ - السواحل الظاهرة أو البارزة Emergence

ب - السواحل الغاطسة أو المغمورة Submergence

ومن أقدم كتابات هؤلاء الجيولوجيين هي أبحاث الأستاذ دانا Dana, J.D(١) الذي رجح عام ١٨٤٩ أن نشأة ساحل خليج تاهيتي المتسع ترجع إلى حدوث إرتفاع مستوى البحر والذي نجم عنه انغمار الأراضي المجاورة وتكوين خليج تاهيتي . وقد اهتم بعض كتاب القرن التاسع عشر خاصة ريشتوفن Richthofen عام ١٨٨٦ (٢) ، ووليم موريس دافيز W. M. Davis. عام ١٨٩٨ (٣) . وجيلفر Gulliver عام ١٨٩٩ (٤) ، بدراسة كل من السواحل البارزة وتلك الغاطسة وتحديد أهم الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية التي تميز كلا منهما وذكر أمثلة تطبيقية لها في بعض أجزاء سواحل العالم المختلفة .

---

1 - Dana, J. D., «Geology, U. S. exploring expedition —» Philaphia, (1849).

2 - Richthofen, F. von, «Fûhrer fûr Forshungsreisende — Janecke,» Hanover, 1886.

3 - Davis, W. M., «Physical geography» Boston, 1898.

4 - Gulliver, F. P., «Shoreline topography» Proc. Amer. Acad. Arts and Sci., 34 (1899), 151 - 258.

تصنيف السواحل البحرية

تبعاً لتنوع أشكال السواحل البحرية وتعدد العوامل التي أثرت في مظهرها الجيومورفولوجي العام يمكن القول أنه لم يرجح حتى الآن تقسيم جامع مانع يرمز إلى كل أنواع السواحل البحرية والتمييز بين مجموعاتها المختلفة . ويمكن جمع التصنيفات المختلفة التي رجحت في هذا الصدد في مجموعتين رئيسيتين هما :

ا ـ تصنيفات وصفية Descriptive Classification تختص بدراسة الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية ، وتقسيم مجموعات السواحل تبعاً لتنوع أشكال هذه الظاهرات .

ب ـ تصنيفات وضعت على أساس اختلاف نشأة السواحل Genetic Classification وقد عني معظم الباحثين عند دراستهم للسواحل ، ووضعهم أي تقسيم لها بالنقاط الهامة الآتية :

ا ـ الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية التي تشكل الساحل والشاطئ المجاور له .

ب ـ تذبذب مستوى سطح البحر ، والعلاقة بين إرتفاع مستوى سطح البحر وإنخفاضه ، باليابس المجاور .

ج ـ العوامل البحرية المختلفة التي تعمل على تشكيل الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية خاصة ، والمظهر العام للساحل عامة .

وقد اعتمد الأستاذ سوس (Suess, 1888) (١) عند تصنيفه لسواحل البحار في كتابه « سطح الأرض » على أساس اختلاف الظاهرات الجيومورفولوجية الساحلية ومن ثم ميز نوعين رئيسيين من السواحل هما :

I - Suess, E., «The face of the Earth», vol (II), 1888. (English translation, 1960).

الأمواج الشديدة ، ومن ثم اختل توازنها وسقطت فوق أرضية البحر .

أما إذا كانت صخور الجروف البحرية تتميز بصلابتها وعدم مساميتها ، وأن المادة اللاحمة لجزيئات هذه الصخور شديدة التماسك ، يقل بالتالي أثر فعل الأمواج في تعرية صخور الساحل . ولكن مع هذا يستمر فعل التعرية بل ويظهر واضحاً على طول مناطق الضعف الجيولوجي التي تتمثل عادة في فتحات الشقوق وأسطح الصدوع . وبمرور الزمن تتسع هذه الفتحات بفعل التعرية البحرية وتكون فجوات داخلية عميقة في جوف الصخر .

من هذا العرض ، يتضح أن البحر يقوم بعدة عمليات مختلفة يشكل فيها الظاهرات الساحلية من جهة ، وأرضية قاعه من جهة أخرى . بل تبعاً لاختلاف مستوى سطح البحر وتذبذبه خلال العصور الجيولوجية المختلفة ، أدى ذلك إلى إختلاف أشكال البحار وطبيعة امتدادها واستمرار عمليات الصراع والنزاع بين اليابس والماء في تشكيل سطح هذا الكوكب . وتقوم المياه نفسها وكذلك الأمواج والتيارات البحرية التي تحدث فيها بفعل الهدم أو النحت وينجم عن ذلك ميلاد ظاهرات جيومورفولوجية متنوعة تشكل المظهر العام لساحل البحر . وتعمل الأمواج كذلك على نقل مفتتات صخور الشاطىء إلى أعماق المحيط حتى يرسب معظمها فوق أرضية كل من الرفرف والمنحدر القاري . وينجم عن حركة المياه الدائمة توزيع الإرسابات وإنتشارها في الأعماق المختلفة تبعاً لحجم حبيبات هذه الرواسب من جهة والمصدر الذي تحللت أو تفتت منه من جهة أخرى . وفي الأعماق البعيدة يتشكل قاع المحيط برواسب الأوز الدقيقة الحجم . ويحسن قبل الحديث عن الرواسب المختلفة التي تشكل أرضية البحار أن نشير إلى التصنيفات المختلفة التي رجحت لتميز أنواع السواحل البحرية .

وخاصة مسلة النيدل The Needles. والمسلات البحرية التي تتكون في صخور الحجر الرملي الأحمر القديم Old Red Sandstone، على سواحل أوركني Orkneys بشمال إنجلترا ، وعند رأس دنكاسبي ، بإقليم كيثينيس Caithness بإنجلترا . (لوحة ٢٠) .

(لوحة ٢٠) مسلة بحرية إنفصلت عن الجروف البحرية المجاورة والتي تتألف من الحجر الرملي الأحمر القديم – رأس دنكاسبي – إقليم كيثينس – إنجلترا .

كما تتمثل المسلات البحرية أمام ساحل مدينة بيروت (لبنان) بأشكال مختلفة ، وأكبرها حجماً تلك المعروفة باسم « الروشة » . وتظهر المسلات البحرية كذلك على طول بعض أجزاء من السواحل الشمالية الغربية لجمهورية مصر العربيـــة ، وأشهرها المسلات البحرية أمام ساحل مرسي مطروح وفي شتاء عام ١٩٦٤ ، تعرضت قاعدة إحدى هذه المسلات الأخيرة لفعل

الإنزلاق الأرضي Landslides والتي تساعد بدورها على تراجع الجروف البحرية ، واستمرار تآكلها بفعل التعرية البحرية . وتتمثل هذه الحالة في بعض أجزاء من سواحل إقليم كيشينيس بإنجلترا وكذلك في بعض أجزاء من ساحل منطقة سيتون Seaton في دفون شير Devonshire بجنوب غرب إنجلترا .

ونتيجة لتعدد العوامل التي تؤثر في تشكيل المظهر الجيومورفولوجي للسواحل ، ومدى تراجع الجروف والحوائط البحرية تنوعت الظاهرات الجيومورفولوجية على طول سواحل القارات ، واختلف مظهرها العام من جزء إلى آخر تبعا للظروف المحلية الخاصة بكل ساحل . وعندما يعظم فعل تراجع الجروف Cliff Recession خلفياً ، تترك أمامها سهولاً أو مدرجات بحرية مستوية السطح (لوحة رقم ١٩) ، كما هو الحال بالنسبة للمدرجات البحرية في منطقة لاجولا ، بساحل كاليفورنيا .

وإذا كانت الجروف البحرية تتركب من طبقات صخرية صلبة متراكبة فوق صخور لينة ، سرعان ما تعمل الأمواج على نحت الصخور السفلى اللينة ، ومن ثم تكتشف مناطق الضعف الجيولوجي فيها ، وبمرور الزمن تتسع هذه الفتحات وتتكون ظواهر خاصة مثل الفجوات البحرية والكهوف البحرية . (١)

وقد تعمل الأمواج على إستمرار تآكل الصخور اللينة ، ومن ثم يختل توازن الصخور العليا الصلبة وتتعرض لعمليات السقوط والإنزلاق . وإذا تصادف أن تكونت فجوتان متجاورتان في اتجاهين متضادين ، فقد تعمل الأمواج على إلتحامهما ببعضهما ، وتتكون ظاهرة القوس البحري Arch or Sea Bridge أما إذا اختل توازن أسقف القوس البحري ، وإنهارت صخوره ، تنفصل ألسنة الجروف الصخرية ، وتتكون المسلات البحرية Sea Stacks .

ومن أجمل أشكال المسلات البحرية ، تلك التي تتكون في الطبقات الطباشيرية على طول بعض أجزاء من السواحل الغربية لجزيرة وايت Isle of Wight بإنجلترا ،

1 - a - Steers, J. A., «The sea coast», London, 1953.

ب ـ حسن أبو العينين : أصول الجيومورفولوجيا ـ دار النهضة العربية ـ بيروت ـ الطبعة الخامسة (١٩٧٩) .

بسرعة بفعل تكسر الأمواج وتلاطمها ، وسرعان ما تنزلق الكتل الصخرية أو تنهار وتتساقط من أعالي الجروف البحرية لتقدم إلى البحر رواسب قارية جديدة تتجمع فوق أرضية قاعه . ويعظم فعل التعرية وتتآكل الجروف البحرية بسرعة إذا كانت المادة اللاحمة لصخور هذه الجروف ضعيفة التماسك ، كما هو الحال في معظم أجزاء سواحل كل من شرق إنجلترا ، وسسكس Sussex ، وهامبشير Hampshire . فعندما تتعرض جروف هذه السواحل لفعل التعرية البحرية تنهار صخورها بسرعة ذلك لأنها تتألف من صخور بلايوسينية وبلايوستوسينية لينة غير متماسكة .

ولكي ندرك مدى سرعة التعرية البحرية على طول السواحل الشرقية لأنجلترا فقد أوضح الأستاذ ستيرز Steers, 1953 (١) بأن مقدار التراجع الخلفي لساحل إقليم هولدرنس Holderness في شرق إنجلترا ، بلغ نحو ٢١٥ قدماً في نحو ٣٧ عاماً ، أو بما يعادل تراجع خط الساحل نحو ٦ أقدام سنويا . كما وتتراجع السواحل خلفياً بسرعة ملحوظة ، إذا كانت تتألف صخورها من الغبار والرماد البركاني الرخو الضعيف التماسك Soft Volcanic Ash ، كما هو الحال بالنسبة لسواحل جزيرة كراكاتوا Krakatoa (فيما بين سومطره وجاوه) . وقدر الأستاذ أمجروف Umbgrove عام ١٩٥٤ أن هذا الساحل يتراجع في بعض أجزائه بمعدل ١٠٠ قدماً سنوياً خاصة في أجزاء الساحل التي تتألف من الرماد البركاني الضعيف التماسك . وإذا استمر فعل الأمواج في تفتيت صخور الساحل فلا بد وأن تنقل هذه المفتتات بعيداً عن أقدام الجروف البحرية . أما إذا لم تستطع الأمواج وحركة التيارات البحرية على حمل هذه المفتتات ، بالتالي تكوّن الأخيرة حاجزاً حصوياً يعرقل فعل نحت الأمواج وتخفيف مدى هدمها لصخور الساحل .

وإذا كانت الجروف البحرية تتركب من طبقات صخرية لينة تقع أسفل طبقات صخرية صلبة ، فقد يساعد هذا التركيب الجيولوجي حدوث عمليات

I – Steers, J. A., «The sea coast», London, 1953.

السواحل البحرية والمحيطية . وعلى سبيل المثال تعرض منسوب مياه بحيرة كيفو Kivu للإرتفاع التدريجي في عصر جيولوجي سابق نتيجة لتراكم كميات عظمى من اللافا والمصهورات البركانية في قاع البحيرة ، ومن ثم غطت الأراضي المجاورة لشواطىء البحيرة ، وتشكلت سواحل بحيرة كيفو ببعض الظاهرات الجيومورفولوجية التي تتكون عادة على طول السواحل البحرية المنخفضة . أما إذا تعرض سطح البحيرة للإنخفاض التدريجي كما يحدث ذلك في بحيرة سولت ليك Great Salt Lake في ولاية يوتاه بالولايات المتحدة الأمريكية تبعاً لزيادة كمية المياه المفقودة بالتسرب والتبخر عن تلك المكتسبة من التساقط أو من المياه التي تصبها الأنهار ، فتساعد هذه العملية على تكوين شواطىء بحيرية مرتفعة ، تظهر على شكل مدرجات بحيرية وتغطي بعض أجزائها بالرواسب البحيرية . وتتمثل هذه الحالة في المدرجات البحيرية بإقليم الفيوم التي نتجت تبعاً لإنخفاض مستوى سطح مياه بحيرة قارون ، وإنكماشها التدريجي .

وإلى جانب العوامل المختلفة التي أدت إلى نشأة السواحل البحرية ، فيلاحظ أن الظواهر الجيومورفولوجية الساحلية ، تتنوع من حيث الشكل والحجم والتوزيع الجغرافي تبعاً لما يلي : —

ا — تأثير فعل كل من المد والجزر والتيارات البحرية والأمواج (راجع الباب الرابع) .

ب — طبيعة الساحل وتركيبه الصخري .

ويعتبر عامل اختلاف التركيب الصخري Lithological Variation من أهم العوامل التي تشكل المظهر الجيومورفولوجي العام لخط الساحل . فإذا كانت الجروف البحرية التي تشرف على خط الساحل تتألف من طبقات صخرية صلبة متراكبة فوق طبقات صخرية لينة ، وأنها تمزقت وتشققت بفعل الشقوق الكثيفة Heavily Cracked and Jointed فتتآكل الصخور اللينة

المختلفة أشباه الجزر الأرضية . وعلى طول السواحل السهلية الإنخفاضية Coasts of Submergence قد تنشأ كذلك خلجان واسعة عظيمة الأمتداد مثل خليج أستراليا الكبير في جنوب أستراليا وخليج هدسن في شمال قارة أمريكا الشمالية . أما إذا انخفض منسوب سطح البحر أو ارتفع سطح اليابس والرفارف القارية Continental Shelves المجاورة أو كليهما معاً، فينجم عن هذه العملية تقهقر أو تراجع البحر خلفياً ، وتظهر بالتالي أراضي جديدة تضاف إلى اليابس كانت تمثل من قبل أجزاءاً من قاع البحر . وكثيراً ما تغطي هذه الأراضي الجديدة (خاصة إذا كانت حديثة العمر الجيولوجي) بكميات هائلة من الرواسب البحرية ، ويطلق عليها تعبير السواحل البحرية المرتفعة Coasts of Emergence والمدرجات البحرية Marine Terraces. (لوحة ١٩) .

(لوحة ١٩) مدرج بحري قطعته الأمواج – منطقة لاجولا – كاليفورنيا

ويجدر أن نشير كذلك إلى أن منسوب سطح البحيرات الكبرى على اليابس قد يتذبذب كذلك من وقت إلى آخر ، وقد ينجم عن ذلك تشكيل سواحل هذه البحيرات بظاهرات جيومورفولوجية تشابه تلك التي تتكون على طول

الفصل الرابع عشر

السواحل البحرية ، وكيفية تصنيفها جيومورفولوجيا إلى مجموعات مختلفة

كل « شواطىء » (١) البحر وسواحله الحالية ما هي إلا نتاج التطور الذي حدث وما زال يحدث نتيجة لتقدم البحر او تقهقره عن الأرض المجاوره له . فيؤدي إرتفاع مستوى سطح البحر أو إنخفاض الأرض إلى انغمار أجزاء كبيرة من ظاهرات سطح الأرض والتي قد تكون نشأت أصلاً بفعل عوامل التعرية الهوائية الأخرى . وانغمار الأرض تحت مياه البحر بهذا الشكل قد يساعد على تكوين « سواحل » (٢) بحرية أهم ما يميز مظهرها الجيومورفولوجي العام هو تشكيلها بواسطة الخلجان Bays ، والمضايق البحرية Estuaries والفيوردات Fjords والمعابر الأرضية Straits . وقد يفصل بين هذه الظاهرات

---

١ – يقصد بتعبير « شاطىء البحر Coast » ، تلك الأراضي التي تمتد وراء الحروف البحرية Marine Cliffs التي تشرف على الساحل ، ويعتبر منسوبها في معظم الأحيان أعلى من مستوى خط الساحل المجاور .

٢ – يقصد بتعبير « سواحل البحر Shores » ، مناطق ألتقاء مياه البحر بأراضي اليابس . أما تلك المناطق التي تتشكل باختلاف ارتفاع مستوى سطح البحر تبعاً لتأثير فعل المد والجزر تعرف باسم السواحل الأمامية « Fore shores » بينما تلك التي تمتد فيما وراء هذه المناطق السابقة وتنحصر بينها من جهة وبين الجروف البحرية من جهة أخرى فيطلق عليها تعبير السواحل الخلفية « Back shores » .

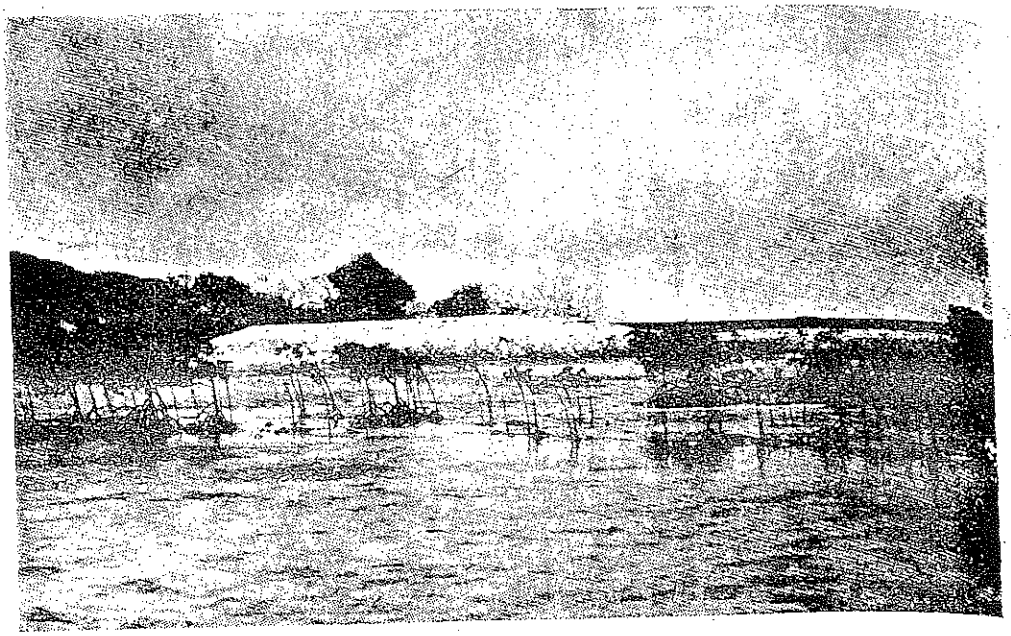
الباب السادس

الفصل الرابع عشر :

السواحل البحرية ، وكيفية تصنيفها جيومورفولوجيا الى مجموعات مختلفة .

الفصل الخامس عشر :

الرواسب فوق قاع البحار والمحيطات .

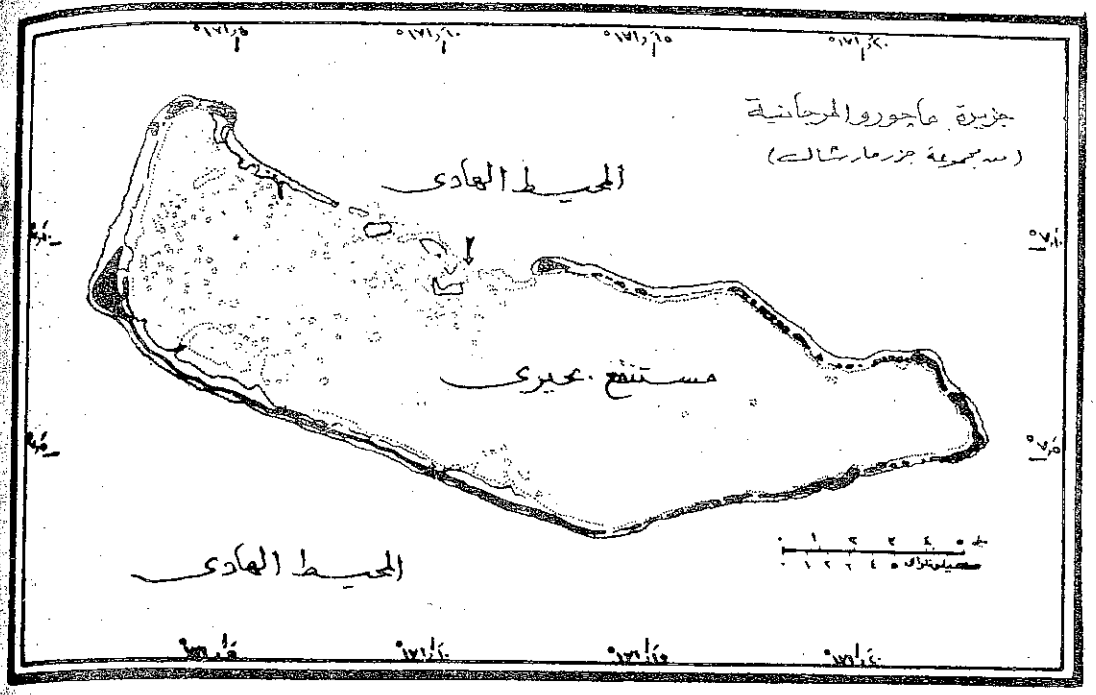


(لوحة ١٧) جزيرة هوب – حاجز أستراليا العظيم – لاحظ بعض غابات المانجروف التي تحيط أشجارها بالرواسب الحصوية .

مرجانية حلقية مرتفعة Raised atoll islands ، وهنا تصبح أمكانية العثور على المياه الجوفية العذبة أمراً أقل صعوبة عما هو الحال فوق الجزر المرجانية المنخفضة المحدودة المساحة . ومن أمثلة الجزر المرجانية الحلقية المرتفعة ، جزر ماكاتيا Makatea ، ونوارو Nauru ، وجونستون Johnston ، وبيكر Baker ، وهاولاند Howland ومرقص Marcus ، بالمحيط الهادي .

وقد تحتوي أعالي بعض الجزر البركانية العالية على تكوينات من الصخور الجيرية المرجانية وإن دل ذلك على شيء فإنما يدل على أن هذه الجزر البركانية كانت في بداية نشأتها قريبة من مستوى سطح البحر وتكوّن فوقها بعض المستعمرات المرجانية ، ثم تعرضت بعد ذلك لعمليات الرفع التدريجي . ومن أمثلة هذه المجموعة من الجزر ، جزيرة جوام Guam .

وقد أطلق بعض الكتاب تعبير « الجزر المركبة Complex Islands» على تلك الجزر البركانية التي تعرضت لعمليات الرفع التكتونية داخل نطاق المستنقع



(شكل ٥٨) جزيرة ماجورو المرجانية الحلقية (مجموعة جزر مارشال) .

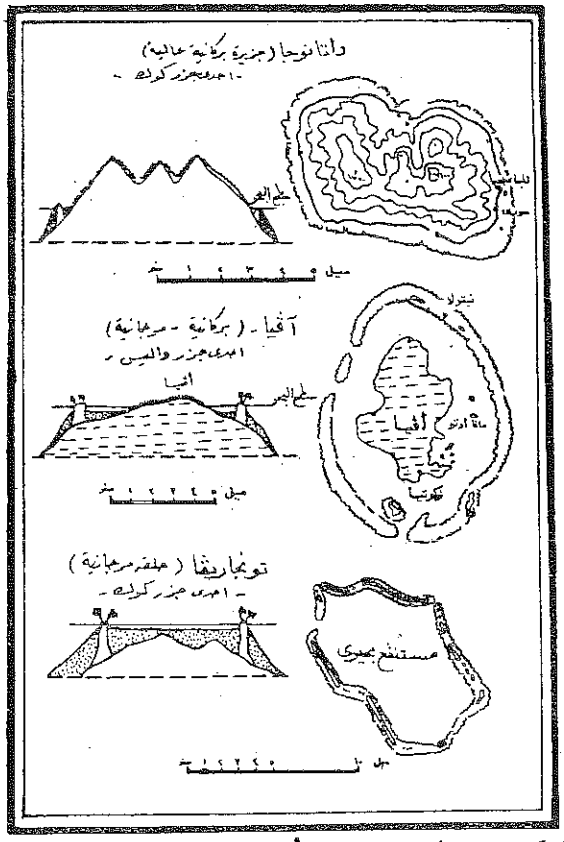
وتبعاً لإنخفاض منسوب سطح الجزر المرجانية الحلقية عن مستوى سطح البحر المجاور، فمن أهم مشاكل الحياة فوق هذه الجزر هو كيفية الحصول على المياه العذبة اللازمة للسكان . فمن الطبيعي أن أي مياه جوفية بهذه الجزر تكون شديدة الملوحة تبعاً للتركيب الصخري للجزر . ونادراً ما تتمثل أنهار دائمة فوق الجزر المرجانية أو مستنقعات تحتوي على بعض المياه العذبة ذلك لأن الجزر تتعرض دائماً لموجات البحر العالية (تبعاً لإنخفاض منسوبها) كما أن المياه سرعان ما تتسرب من الصخور الجيرية العظمية المسامية .

ولكن قد تتمثل بعض أشجار المانجروف على الحواف الحدية لبعض الجزر المرجانية خاصة إذا ما اختلطت الصخور الجيرية برواسب طينية أو رملية أو مواد عضوية أخرى تقذفها الأمواج أو الرياح أو تتركها الطيور البحرية كما هو الحال بالنسبة لأشجار المانجروف التي تحيط بجزيرة هوب المرجانية — جاجز أستراليا العظيم)— (لوحة ١٧) .

وقد تتعرض البحيرة الداخلية لعمليات الرفع التدريجي ومن ثم تتكون جزر

(المرجان الفردي polyps — المرجان الرخو ومن عائلاته ميلابورا Millepora وهليبورا Heliopora والمرجان المتشعب الأفرع Bryozoans)

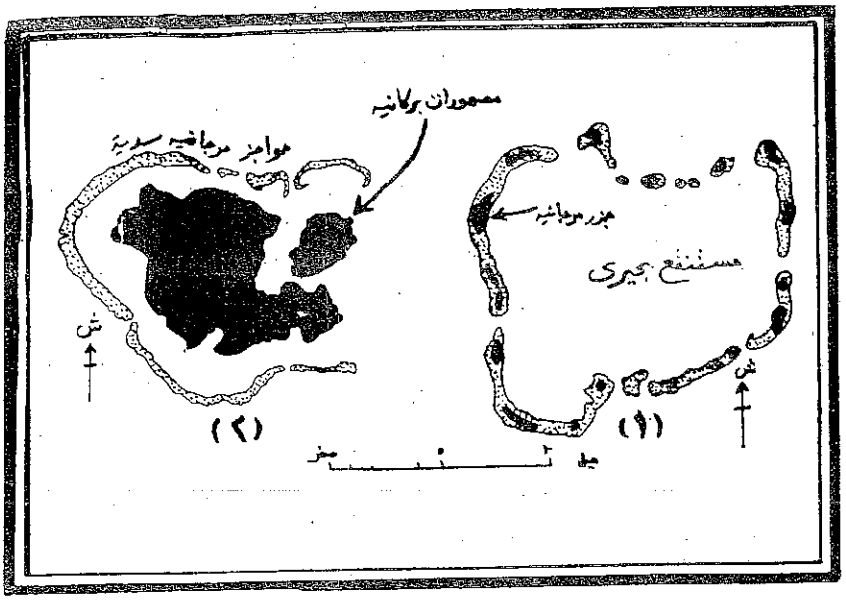
وتختلف الجزر المرجانية الحلقية فيما بينها من حيث الحجم ، إلا أنها تتشابه جميعاً في خاصية آساسية وهي إنخفاض منسوبها بالنسبة لمستوى سطح البحر ، كما أنها تبدو على شكل أشرطة قوسية من الأراضي المستوية السطح تكون مع بعضها حلقة متسعة تحصر بينها بحيرة مستنقعية ضحلة Lagoon ويوضح شكل ٥٧ ، نماذج متنوعة للجزر المرجانية الحلقية بالمحيط الهادي . (جزيرتا راتانوجا ، وتونجاريفا)من مجموعة جزر كوك (وجزيرةآفيا—إحدىجزر واليس)



(شكل٥٧) نماذج لبعض أنواع الجزر بالمحيط الهادي

ولا تؤلف الجزر المرجانية الحلقية دائرة هندسية دقيقة الشكل ، بل غالباً ما يبدو أحد أقطارها أعظم طولاً من بقية الأقطار الأخرى . ومن أمثلة ذلك جزيرة ماجورو (من مجموعة مارشال) . وجزيرة كانتون Canton —(إحدى مجموعة جزر فيونكسPhoenix) . وتنفصل أشرطة الجزر المرجانية الحلقية عن بعضها بواسطة مداخل بحرية ضيقة ضحلة (تعرف باسم موتس Motus)، وقد يرتفع فيها منسوب المياه إذا ما تعرضت هذه المضايق لعمليات الهبوط التدريجي . وتبعاً لضيق عرض الجزر المرجانية فإن مساحة أراضي هذه الجزر الحلقية المرجانية تعد بسيطة جداً إذا ما قورنت بمساحة البحيرة الداخلية التي تنحصر بين أشرطة هذه الجزر (شكل ٥٨) .

شكل حلقة دائرية تحصر بينها مستنقع بحري كما هو الحال مثلاً بالنسبة لجزيرة فانيكورو (مجموعة جزر كارولين بالمحيط الهادي) أو قد يتوسطها مصهورات بركانية عظمى كما هو الحال بالنسبة لجزية كوهاس بالمحيط الهادي . (شكل ٥٦) .



(شكل ٥٦) الجزر المرجانية الحلقية ١ – جزيرة فانيكورو – من مجموعة جزر كارولين .
٢ – جزيرة مرجانية سدية ، جزيرة كوهاس .

وقد تبين أن كل الجزر المرجانية بالمحيط الهادي تقع فوق صخور نارية بركانية إلا أن هذه المصهورات الأخيرة لا يزد منسوبها عن ١٥ قدم فوق مستوى سطح البحر وعلى ذلك هيئت في نفس الوقت للمستعمرات المرجانية بيئة صالحة لنموها وتكاثرها ، (خاصة الجزر الواقعة في المياه المدارية وتتعرض لفعل تلاطم الأمواج) . وتبعاً لإنخفاض منسوب مثل هذه الجزر عن مستوى سطح البحر ، فيطلق عليها البحارة اسم الجزر المنخفضة (Low Islands) لكي تتميز عن الجزر البركانية المرتفعة .

وعلى ذلك تتألف الجزر المرجانية من الصخور الجيرية التي من أصل عضوي، وتتكون هذه الصخور خلال مدة طويلة من الزمن تبعاً لإندثار الكائنات البحرية التي تستخلص الجير من مياه البحر خاصة حيوانات المرجان .

المرجانية على طول السواحل الغربية للمحيط الأطلسي عنها إذا ما قورن بتوزيعها على السواحل الشرقية للمحيط ، حيث تتعرض السواحل الأولى لفعل التيارات البحرية الدفيئة .

ويلزم أن تكون المسطحات المائية التي ينمو فيها المرجان صافية ونسبة الأملاح بها كبيرة . وعلى ذلك لا ينمو المرجان عند مصبات الأنهار حيث تصب الأنهار في مياه البحر كميات هائلة من الطمى والطين تعرقل نمو المرجان . ويعظم نمو المرجان عادة على الشواطىء البحرية التي تتعرض لتلاطم الأمواج وتأثير المد ، والتيارات البحرية الدفيئة . وقد أثبتت الدراسات البيولوجية أن التيارات البحرية تمد المرجان الحي بكميات كبيرة من الأكسجين والغذاء اللازم لنموه . ولا يستطع المرجان البقاء طويلاً فوق سطح الماء وأن يتعرض للهواء الخارجي ، وعلى ذلك لا يظهر المرجان عادة فوق مستوى سطح الجزر أو المد المنخفض . ويحتاج المرجان كذلك إلى ضوء الشمس ولذا لا ينمو عادة على أعماق تبعد عن ٢٥ قامة من سطح الماء .

وعلى طول الساحل الغربي للبحر الأحمر بالجمهورية العربية المتحدة تنتشر المستعمرات المرجانية فيما عدا المسطحات المائية التي تقع عند مصبات الأودية . ومن أشهر الحواجز المرجانية تلك التي تتمثل عند شط فرسان ، وقد أثبتت الدراسات البيولوجية تنوع العائلات السمكية المختلفة الألوان والأشكال بالشعاب المرجانية وبالمتحف البيولوجي الأقيانوغرافي بالغردقة مجموعات نادرة من هذه العائلات السمكية .

الجزر المرجانية الحلقية

يطلق تعبير « الجزر المرجانية الحلقية » على مجموعات الجزر التي ترجع نشأتها إلى تراكم حيوانات المرجان ومستعمراته بحيث تكون الشكل العام لهذه الجزر. ويعظم إنتشار هذه الجزر في المحيط الهادي ، ويلاحظ أنها تظهر على

ب – الحواجز الحدية : Fringing Reefs

وهذه تتألف من حواجز مرجانية تظهر فوق سطح الماء في أوقات الجزر. وتتمثل هذه الحواجز على طول خط الساحل نفسه أو تقع بجواره ، ويتراوح متوسط عرضها (من خط الساحل إلى داخل البحر) نحو ميل واحد ، وتتميز هذه الحواجز بأن لها إنحدار بسيط متجه صوب البحر .

جـ – الحواجز السدودية : Barrier Reefs

وهي تشبه الحواجز السابقة من حيث تكوينها وشكلها العام إلا أنها تختلف عنها من حيث الموقع ذلك لأنها تقع غالباً على بعد عدة أميال من خط الساحل ، بل وقد تنفصل عن الساحل بواسطة البحيرات المستنقعية الضحلة . ومن أشهرها الحاجز المرجاني العظيم في شمال شرق أستراليا .

ويعيش المرجان عادة في جماعات ويكون مستعمرات عظمى تتألف من مجموعات متعددة من حيوانات المرجان الفردي polyps أو تلك المركبة . وينمو المرجان بمياه البحر أفقياً أو رأسياً ، ويلاحظ أن الفرق بين المرجان الميت والآخر الحي ، هو أن النوع الأول يكون غالباً متحجر أو مسمنت Cemented ومختلط به تجمعات هائلة من الطحالب الجيرية والكلسيةمنها تلك المعروفة باسم Nullipores .

ويتوقف سرعة بناء الحواجز المرجانية على مدى نمو حيوان المرجانوتكاثره والذي يستمد غذاؤه من بعض الكائنات البحرية مثل الطحالب . ويحتاج المرجان إلى بيئة بحرية خاصة بحيث لا تقل درجة حرارة المياه عن ٦٨° ف وعلى ذلك فإن نمو الجزر الحلقية والحواجز المرجانية مقصوراً بين دائرتي عرض ٣٠° شمالاً وجنوباً ، اللهم إلا في بعض الحـــالات الخاصة حيث قد يتأثر نمو المرجان بمرور التيارات البحرية الدفيئة . ومن المستعمرات المرجانية التي تتبع المجموعة الأخيرة ، هي تلك التي تتمثل حول جزيرة برميوداBermudas حيث تأثرت بمياه تيار الخليج الدفيء . ولذا يغلب تكوين الجزر والحواجز

هي عبارة عن براكين محيطية قديمة حدثت فوق قاع المحيط خلال أزمنة جيولوجية مختلفة وظهرت تراكماتها في مواقع متباعدة عن بعضها .

وأكدت الدراسات الأقيانوغرافية الحديثة أن المخروطات البركانية على اليابس تختلف تماماً عن نتائج ثورانات البراكين المحيطية . حيث إن الأخيرة أعظم حجماً بمئات إن لم يكن بالآف أمثال حجمها . هذا بالإضافة إلى أن سطح هذه الجبال يبدو مستوياً وليس لهذه الجبال قمم مخروطية كبراكين اليابس، وقد رجح بعض الباحثين إلى أن هذه التلال المحيطية تعرضت لحركات رفع أثناء فترة نموها ، نجم عنها ظهورها فوق مستوى سطح البحر ، وتعرضها للتعرية البحرية التي نجحت في تشكيل أعاليها بسهول تحاتية بحرية . ثم تعرضت هذه التلال بعد ذلك في أواخر مراحل نموها إلى حركات هبوط ، وأصبحت بالتالي تحت مستوى سطح البحر كما تبدو عليه في الوقت الحاضر .

(ثالثاً) الجزر الحلقية والحواجز المرجانية

Atolls and Coral Reefs

تنمو الجزر الحلقية والحواجز المرجانية في بعض مياه البحار الإستوائية والمدارية. ويعتبر الأستاذ داروين Darwin أول من تعرض لدراستها دراسة علمية وذلك منذ عام ١٨٤٢ م . (١) وقد صنف داروين الظواهر التي تبدو عليها أشكال المستعمرات المرجانية فيما يلي : —

ا - الجزر الحلقية المرجانية : Atolls

وهي عبارة عن جزر تتألف من حيوان المرجان، ذات إرتفاع محدود فوق سطح مياه البحر ، وتحصر بينها بحيرة مستنقعية واسعة ضحلة ، وقد تتصل هذه البحيرة بمياه البحر بواسطة فتحات ضيقة ضحلة تفصل بين هذه الجزر المرجانية .

1 - C. Darwin, «Voyage of the Beagle», (London) 1842.

(ثانياً) الجبال البحرية

Sea-mounts and Guyots.

تتشكل بعض أجزاء من قاع المحيط بمجموعات عديدة من الجبال والتلال ذات قمم مستوية السطح ، ويعظم إنتشارها خاصة فوق أرضية المحيط الهادي . ويطلق على هذه الجبال إذا تميزت بحواف جانبية حائطية الشكل (عظيمة الإرتفاع وشديدة الإنحدار) اسم « التلال المحيطية » Sea-Mounts ، أما إذا تميزت قمة الجبل والسفوح العليا له ، بكونها مستوية السطح وعظيمة الإمتداد كذلك (أي تشبه في هذه الحالة ظاهرة الموائد الصخرية Mesa فوق اليابس) ، ففي هذه الحالة يطلق عليها تعبير « التلال المصطبية المحيطية » Guyots

ولقد قدر الباحثون أن قاع المحيط الهادي يشغله مجموعات هائلة من هذه التلال ، يبلغ عددها نحو ١٠,٠٠٠ تلاً وجبلاً . ويبلغ متوسط إرتفاعها نحو ٩٠٠٠ قدم فوق أرضية المحيط . وقد أوضح منارد Menard عام ١٩٥٩ (١) ، أن نشأة الجبال البحرية قد يكون لها علاقة بتكوين الجزر والحواجز المرجانية (أنظر ص ٣٣٠) ، حيث لاحظ أن معظم الجزر والحواجز المرجانية تتكون أساساً فوق تلال بحرية بركانية النشأ غالباً ، وتتمثل في الجزء الجنوبي الغربي من المحيط الهادي، بينما تنتشر التلال البحرية التي نحن بصدد الحديث عنها في أواسط المحيط الهادي وعلى الحواف الغربية والشمالية الشرقية له . وعلى ذلك يتضح أن كلا من الحواجز والجزر المرجانية والجبال والتلال البحرية تنتشر في إتجاهات مختلفة وتحتل مناطق متباينة . وقد أعتقد منارد أن السبب في ذلك قد يعزي إلى تأثر بعض أجزاء من أراضي المحيط الهادي بالثورانات البركانية في فترات جيولوجية متعاقبة وفي أماكن مختلفة من قاع المحيط . أو بمعنى آخر أن كلا من الجبال والتلال البحرية

1 - Menard, H. W., «Geology of the Pacific Sea-floor», Experientia, 15, (1959), 205 - 213.

ومن أنصار هذا الرأي كذلك كل من كينينKuenen (١) (١٩٥٠) ، وهيزن Heezen (١٩٥٦) (٢) ، وشبرد Shepard(١٩٦٣) (٣) .

وفي الحقيقة لم تسترع نظرية « دالي » الإنتباه إلا بعد أن حققها عملياً الأستاذ كينين Kuenen عام ١٩٥٠ . فقد أوضح هذا الباحث الأخير أن الرمال الممتزجة بالطين لها القدرة على أن تكوّن شبه مجار في مياهالبحر ، تسير لمسافات بعيدة وتتجه إلى أسفل نحو قاع المحيط ، ولها القدرة كذلك على نحت صخور القاع بل وشقه إذا ما إندفعت بسرعة نحو القاع .

وعلى الرغم منأن شبرد Shepard قد شاهد عام١٩٠١ كميات عظمى من الرمالتنزلق منأعالي أحد الأخاديدالمحيطية وتندفع بسرعة نحو باطنالأخدود إلا أنهلم يسجل حتى الآن رؤية مثلهذه التيارات الدوامية العكرة بصورة قاطعة في مياه المحيط . ولكن الباحث هيزن Heezen (عام١٩٥٢) (٤) أكد وجود مثل هذه التيارات الدوامية من دراسة مظاهرها المختلفة . فعلى سبيل المثال أوضح هيزن أن تكسر الكابلات التلغرافية في مياه الجراند بانك لا تعزي إلى سبب حدوث زلزال عام ١٩٢٩ نفسه ، بل إلى أثر فعل التيارات الدوامية العكرة التي نجمت بعد حدوث الزلزال . ومن دراسته لقاع الأخاديد المحيطية تبين له أن نحو ٩٠٪ من الرواسب التي تغطي قاعها تتألف من الطين والرواسب الناعمة الحبيبات جداً . وعلى ذلك استنتج أن هذه الرواسب هي نتيجة لحدوث عمليات إنزلاق الطين مع التيارات الدوامية العكرة .

---

1 - Kuenen, H., «Marine geology», N. Y., (1950).

2 - Heezen, B. C., «Corrientes de turbidez del Rio Magdalena», Bol. Soc. Geograf. Colombia, Bogota, No. 52 (1956), 135 - 142.

3 - Shepard, F. P., «Submarine geology», N. Y., (1963).

4 - Heezen, B. C., «Turbidity Currents...» Amer. Jour. Sci. vol. 250 (1952), 849 - 884.

منطقة الرفارف القارية (الأجزاء الدنيا للأنهار) بينما ظلت المناطق المجاورة لها على اليابس الحالي لم تعمق بنفس العوامل .

جـ — هناك كثير من الأخاديد المحيطية العظمى تشغل مناطق لا يقع بجوارها على اليابس أي أنهار حديثة أو حتى آثار لمجار نهرية بلايوستوسينية قديمة .

(٢) تكوين الأخاديد المحيطية بفعل التيارات الدوامية العكرة :

Turbidity Currents.

تعتبر أوفق النظريات التي رجحت حتى الآن هي تلك التي قدمها الأستاذ دالي Daly عام ١٩٣٦ (١) . وتتلخص هذه النظرية في أن الأخاديد المحيطة قد تكونت في مواقعها الحالية تحت سطح البحر بواسطة فعل التيارات الدوامية العكرة والتي يعظم نشاطها فوق أرضية الرفارف القارية . وتتلخص آراؤه في أن منسوب سطح البحر خلال العصر الجليدي كان نحو ٣٠٠ قدماً تحت منسوبه في الوقت الحاضر . وعلى ذلك ساهمت عوامل التعرية الهوائية والجليدية في نقل كميات عظمى من الطين وإرسابها فوق الرفارف القارية . وقد نجم عن عظم تراكم هذه الرواسب الهائلة تكوين مياه طمية يكثر فيها حدوث الدوامات وحركة التيارات المائية . ومن المعروف أن المياه المحملة بالطمى أكبر كثافة من المياه الصافية ، لذا تترسب المياه الطمية أسفل المياه الصافية وقد تتخذ لنفسها مجرى مغلق Suspension Current ، تختلف طبيعته وسرعته حسب إختلاف كثافة المواد المعلقة ودرجة إنحدار قاع البحر . وبتوالى تكرار هذه العملية أمكن لبعض التيارات المعلقة فوق منطقة الرفارف القارية حفر أودية لها . وقد تتميز هذه الأودية في بداية نشأتها بكونها ضحلة ، إلا أنها تزيد عمقاً بمرور الزمن حتى تظهر على شكل أخاديد عميقة كتلك التي نراها اليوم .

1 - Daly, R. A., «The origin of Submarine Canyon», Amer. Jour. Sci, vol. 31 (1936), 401 - 420.