كثافة مياه البحار والمحيطات وتأثرها بكل من درجة الحرارة والملوحة

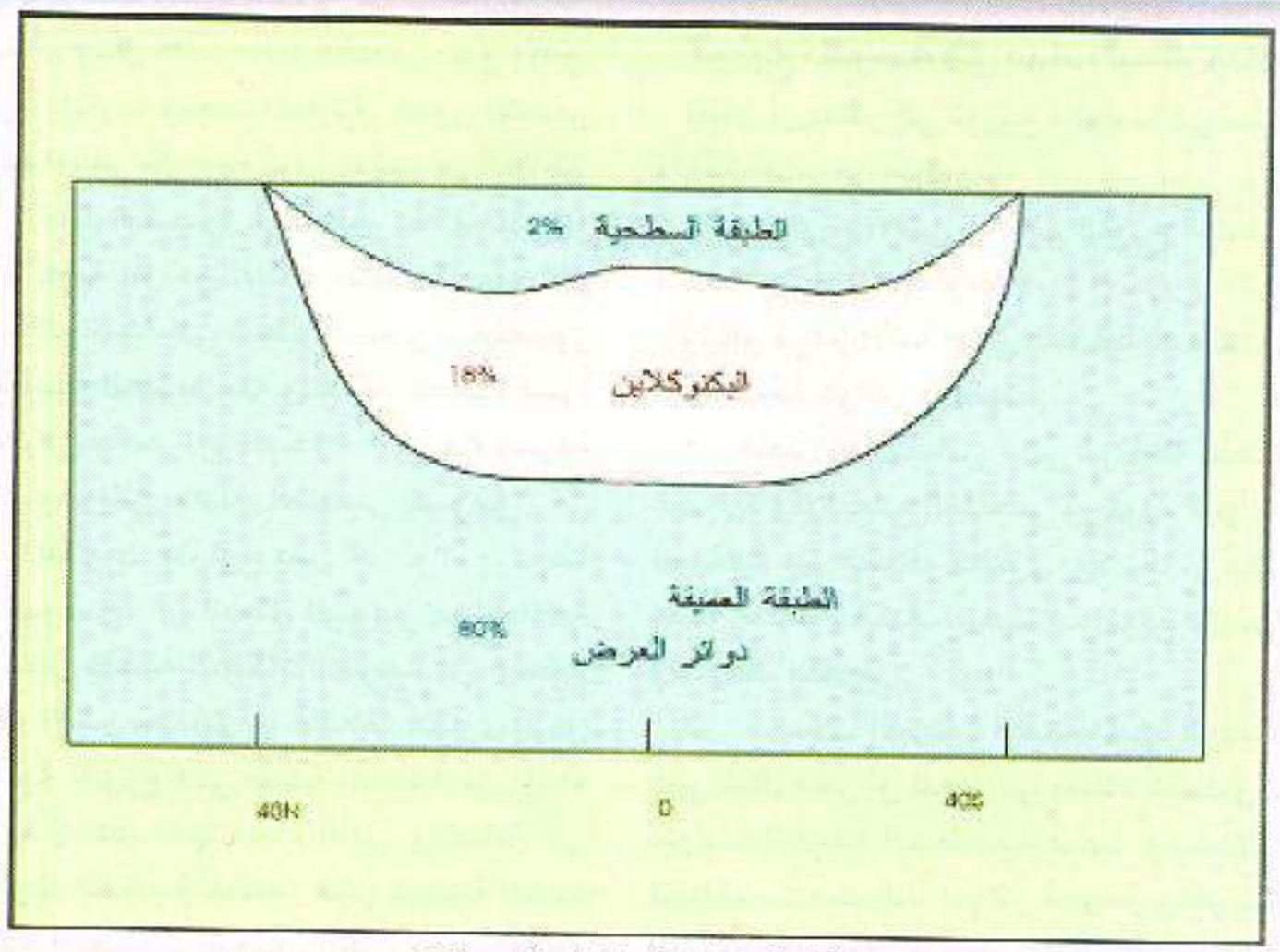
تتأثر كثافة الماء بدرجة حرارته، وبالضغط. ولكن نظرا لوجود الأملاح فى مياه البحار والمحيطات أدى إلى تأثر الكثافة بثلاثة عوامل هى: درجة الحرارة، والضغط، والملوحة، فتزداد الكثافة مع انخفاض درجات الحرارة، وازدياد الضغط والملوحة.

وكثافة مياه البحار والمحيطات أكثر تأثرا بدرجات الحرارة، منها بالملوحة والضغط وخاصة فى العروض الدنيا حيث ترتفع معدلات درجات الحرارة كما يقل تأثير درجات الحرارة على الكثافة فى العروض الباردة.

إن الكثافة والملوحة ودرجة الحرارة تعد من الخواص المحافظة فى الكتل المائية حيث تستخدم فى تمييز تلك الكتل بعضها من بعض، وخاصة فى الأعماق حيث أن هذه الخواص لا تتغير إلا عند الانتشار أو الاختلاط بعضها ببعض. ويعتبر القدر الأكبر من التغير فى حرارة المياه وتبادل الطاقة يحدث فى طبقة المياه السطحية و هذا يعنى أن التغيرات الرأسية فى الكثافة مع العمق أكبر من التغيرات الافقية فى الكثافة فى الطبقة السطحية. وتتأثر كثافة المياه أفقيا بالتغير فى درجات الحرارة، وخاصة فى المحيط المفتوح، بعيدا عن تأثير التدفق النهرى فى الملوحة. ولكن فى محيطات العروض العليا، حيث درجات الحرارة المنخفضة معظم السنة فتتأثر كثافة المياه بتغيرات الملوحة تأثرا أكبر.

تمتد تحت الطبقة السطحية، التى لا تشغل سوى ٢٪ من مياه البحار، طبقة متوسطة، فى أعماق تتراوح بين ١٠٠ و١٥٠٠ متر. هذه الطبقة تزداد فيها كثافة الماء، مع ازدياد العمق ازدياداً كبيراً. ويطلق على هذه الطبقة طبقة البيكنوكلاين وتحوى قرابة ١٨٪ من المياه المحيطية. ولأن كثافة الكتل المائية، تحدد الأعماق، التى تتحرك فيها تلك الكتل، فإن التغير السريع فى الكثافة، مع العمق، فى هذه الطبقة، يجعلها طبقة مستقرة. فلا يوجد فيها، فى الغالب، تقلُّب للمياه، ولا تحرك رأسى للكتل المائية. وتفصل هذه الطبقة المياه السطحية المنخفضة الكثافة عن مياه الأعماق العالية الكثافة، وتحول دون اختلاط إحداهما بالأخرى.و تختفى طبقة البيكنوكلاين فى العروض العليا، حيث تتصل المياه العميقة بالمياه السطحية، وتقلّ الفوارق بين كثافتيهما.

إعداد
أميرة سامى محمد إبراهيم
أخصائى أرصاد جوية - مركز التحاليل الرئيسى



التوزيع الطبقى لمياه المحيطات

وفى تلك العروض، تتشكل الكتل المائية، وتكتسب خصائصها، وتغوص إلى أعماق المحيطات، حيث تبقى سابحة فى قيعانها، عشرات السنين.

أثر الملوحة فى تغير كثافة الماء مع تغير درجات الحرارة

تزداد كثافة الماء مع انخفاض درجة الحرارة إلى درجة حرارة ٣,٩٨° مئوية ثم تأخذ فى التناقص بعد ذلك وتسمى الدرجة ٣,٩٨° درجة حرارة الكثافة القصوى للماء ولكن مع وجود الأملاح فى مياه البحار والمحيطات تتغير كثير من الخواص الفيزيائية لهذه المياه ومن هذه الخواص درجة حرارة الكثافة القصوى التى تنخفض كلما ازدادت الملوحة.

ولا يقتصر ازدياد الملوحة على التأثير فى درجة حرارة الكثافة القصوى، بل يتخطاها إلى خاصية أخرى، مرتبطة بها، وهى درجة حرارة التجمد الأولى فالماء النقى، يتجمد تماما، عند درجة الصفر المئوى؛ ولكن ماء البحر، ليس له درجة تجمد محددة، لتغيير معدلات الملوحة. وذلك ناتج من أنه كلما تجمدت كمية من مياه البحر، طردت الأملاح، التى كانت ذائبة فيها، فأصبحت المياه المحيطية بها أكثر ملوحة؛ مما يجعلها تتطلب درجات حرارة أدنى، لكى تتجمد؛ إذ دائماً يبقى محلول ملحى، لا يمكن أن يتجمد، إلا إذا تعرض لدرجات حرارة شديدة الانخفاض ولذلك فإن العمليات، التى تخفض درجة حرارة التجمد الأولى تخفض كذلك درجة حرارة الكثافة القصوى للماء، التى تهبط كلما ازدادت الملوحة. وعند نسبة ملوحة ٢٤,٧ فى الألف، تتساوى الدرجتان عند -١,٣٣° مئوية. وعند ملوحة أكثر من ٢٤,٧ فى الألف، ليس للماء درجة حرارة كثافة قصوى؛ إذ تزداد كثافته، باستمرار، مع انخفاض درجات الحرارة. لذلك، فمياه البحار والمحيطات، بمتوسط ملوحتها، الذى يصل إلى ٣٥ فى الألف، تقريباً، ليس لها درجة حرارة كثافة قصوى؛ وإنما يطّرد ازدياد كثافتها، كلما انخفضت درجات الحرارة.

درجة الحرارة: السخونة والبرودة

لا تسخن مياه البحار السطحية إلا أثناء النهار، ولا سيما بعد الظهيرة. وكمية الطاقة الشمسية الممتصة، تعتمد على غطاء السحب المحلى، وزاوية سقوط أشعة الشمس والتى تعتمد، بدورها، على دائرة العرض، والوقت من السنة؛ فتزداد الطاقة، عندما تكون الشمس

عالية فى السماء، وتقل كلما مالت الشمس نحو الأفق. وفى العروض، المدارية وتحت المدارية، تكون الشمس عالية فى السماء، فى كل الفصول؛ بينما فى المناطق القطبية، لا ترتفع كثيراً عن الأفق، لذا فالمناطق القطبية تصلها كمية أقل من الطاقة الشمسية ولو كان معدل الطاقة الواصلة إلى سطح البحر محصور التاثير فى الطبقة العلوية منه والبالغ عمقها متراً واحداً لارتفعت درجة حرارة البحر٣٠٥ درجة مئوية تقريباً فى اليوم ولكن معدل التغير اليومى، فى حرارة المحيط المفتوح، يتراوح بين ٠,٢ و٠,٣ درجة مئوية. وهذا يوضح، أن الدخل اليومى من الطاقة الشمسية، تمتص بعضه الطبقات القريبة من السطح بسرعة وبعضه الآخر يستاثر به الغلاف الغازى. ولأن الطاقة المكتسبة تتوزع على طبقة سميكة من المياه السطحية فإنها لا تفقد كلها أثناء الليل. وإضافة إلى السعة الحرارية العالية للماء، فإن عملية الخلط السطحى، تمنع التغيرات اليومية الكبيرة، فى درجة حرارة المياه السطحية. ولكن على اليابس، حيث لا يوجد خلط تبقى الحرارة على السطح فى النهار فتفقد ليلاً بسهولة. ولذلك، فإن المدى الحرارى اليومى، على اليابس أكبر منه فى المحيط.

لذا لو احتفظ المحيط بكل الطاقة التى يمتصها لوصلت مياه المحيط، فى نحو ٣٠٠ سنة إلى درجة الغليان. ومن الواضح أن هذا لا يحدث إذ تُظهر بقايا الكائنات البحرية القديمة المحفوظة فى الصخور أن درجة حرارة المحيطات السطحية لم تتغير إلا قليلاً خلال البليونى سنة الماضية لأن المحيطات لا تفقد من الطاقة إلا ما تمتصه من الإشعاع الشمسى الواصل إلى سطح الماء فهى إذاً فى حالة توازن حرارى.

الملوحة: التبخر والتساقط

تغير الملوحة، فى المحيط المفتوح أقل حدة من تغير درجة الحرارة. وتغيرات الملوحة، سببها الرئيسى، هو التبخر، والأمطار، والتدفق النهرى قرب القطبين حيث تسهم الثلوج البحرية فى تجمد الماء العذب وبقاء الأملاح. هذه العمليات، تعمل على سطح الماء كما تعمل عمليات التسخين والتبريد. وتؤثر تغيرات الملوحة فى كثافة الماء فتغيرها ١٪ يؤدى الى تغيرات أكبر فى الكثافة من تغير درجة الحرارة ١ درجة مئوية.

توزيع الملوحة فى مياه البحار والمحيطات

يمكن أن ينظر إلى توزيع الملوحة فى مياه البحار والمحيطات، من منظورين

الأول التوزُّع الأفقى والثانى التوزُّع الرأسى مع العمق

أ- التوزُّع الأفقى لملوحة مياه البحار والمحيطات:

يتأثر تركُّز الأملاح فى الطبقة السطحية من مياه البحر بعدة عوامل وأهمها:

١- معدلات التبخر: وهى مرتبطة بمعدلات درجات الحرارة والإشعاع الشمسى ورطوبة الهواء فى الطبقة السفلية من الغلاف الغازى. ولا شك أن معدلات تبخر مياه البحر تختلف باختلاف الموقع من دوائر العرض واختلاف الفصول.

٢- معدلات الأمطار: فكمية المياه العذبة المتساقطة على شكل مطر أو ثلج على مياه البحر ستؤثر فى ملوحة الطبقة السطحية منها. ومعدلات التساقط تختلف بلا شك تبعاً لدوائر العرض والقرب أو البعد من السواحل القارية.

٣- التدفق النهرى: فكميات المياه التى تلقى بها الأنهار من اليابس على الهامش القارى فى مياه البحر تؤثر فى ملوحتها تاثيراً واضحاً.

٤- التيارات البحرية وما ينجم عنها من نقل وخلط للمياه البحرية السطحية من عروض مختلفة.

تنخفض الملوحة بالاتجاه نحو القطبين فى نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى نتيجة لاعتدال درجات الحرارة وانخفاض معدلات التبخر وازدياد كمية الأمطار عنها فى العروض المدارية. ولكن هذا النمط العام لتركُّز الملوحة فى مياه البحار والمحيطات الذى يوافق دوائر العرض يتعرض للكثير من التغيرات المحلية التى تؤثر فيه.

ويظهر أثر تدفق المياه النهرية فى انخفاض الملوحة فى مياه البحار والمحيطات قرب مصباتها. فالملوحة فى شمال خليج البنغال مثلاً تنخفض نتيجة لتدفق مياه نهرى الكنج وبراهمابترا. وتنخفض الملوحة فى المحيط الأطلسى أمام مصبى كل من نهر الكنغو ونهر الأمازون إذ تتدنى مستويات الملوحة أمام مصب الأمازون. وأيضا يكون تاثير مياه الأنهار فى الملوحة أكثر وضوحاً فى البحار والخلجان شبه المغلقة. ففى بحرالبلطيق مثلاً تنخفض الملوحة إلى درجات متدنية جداً وخاصة فى

غربه أمام سواحل السويد وتتناقص الملوحة فيه بالاتجاه نحو الشمال والغرب. وتبلغ ملوحة بحر البلطيق أدنى مستوى لها، في خليج بوثنيا وذلك ناتج من تضافر عدد من العوامل

أهمها: أن كثيراً من الأنهار تصب فيه وأن اتصاله ببحر الشمال محدود وأنه يمتد في عروض معتدلة وباردة تنخفض فيها معدلات التبخر. وترتفع معدلات الملوحة كثيراً في البحار المدارية وخاصة تلك التي تتصل بالمحيطات اتصالاً محدوداً ويكون نصيبها من مياه الأنهار قليلاً كالبحر الأبيض المتوسط، والبحر الأحمر والخليج العربي. وهذه المسطحات المائية كلها تمتد في عروض مدارية حارة ترتفع فيها معدلات درجات الحرارة فترتفع معدلات التبخر ارتفاعاً كبيراً. كما أن نصيبها من التدفق النهري محدود جداً. وتنخفض كميات الأمطار التي تتساقط عليها.

ب ـ التوزُّع الرأسي لملوحة مياه البحار والمحيطات، مع العمق:

إن ما يحكم التوزُّع الرأسي لمياه المحيطات هو الكثافة والمياه الأعلى كثافة هي الأثقل لذا تجاور القاع. وتنخفض كثافتها بالارتفاع من القاع إلى أعلى لذا يؤثر توزُّع الكثافة في مياه البحر في دورتها 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 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 عن ازدياد الأمطار المتساقطة وانخفاض معدلات التبخر. أما في العروض المدارية فيكون المدى في نسب الملوحة كبيراًفي الطبقة السطحية وطبقة المياه العميقة.

وفي المياه السطحية تتأثر كثافة مياه البحر بدرجة حرارتها تأثراً أكبر وتمتاز مياه الطبقة السطحية sur-face water Lager بالتجانس والتمازج نتيجة لأثر الأمواج المستمرة الناجمة عن الرياح في خلط المياه. ونتيجة لنشاط الرياح السطحية يزداد سمك الطبقة السطحية ويقل سمكها في منطقة الرهو الاستوائي حيث تنخفض سرعة الرياح السطحية انخفاضاً كبيراً، ويتراوح سمك الطبقة السطحية بين ١٠٠ متر و١٥٠ متراً؛ وفي هذه الطبقة قرابة ٢٪ من المياه المحيطية. ونتيجة لتجانس المياه، في هذه الطبقة، وتخالطها جيداً، تتحرك جزيئات الماء، رأسياً، بحرية تامة. وتتعرض هذه الطبقة للتغيرات الفصلية، في درجات الحرارة، ومعدلات التبخر، وكميات الأمطار كما أن هذه الطبقة، تتبادل الغازات، مع الغلاف الغازي. الطبقة المتوسطة تسمى طبقة «هالوكلاين» وتعني انحدار الملوحة. يصل عمقها في العادة إلى ١٥٠٠ متر تحت سطح البحر. ويقتصر وجودها في مياه المحيطات في العروض الدنيا والمتوسطة ولا توجد في العليا منها. وتشير التقديرات إلى أن في هذه الطبقة ١٨٪ من مياه المحيطات نتيجة للتغير الرأسي السريع في الملوحة مع العمق والتغير الرأسي في هذه الطبقة في كثافة المياه فيها فإنها تعد من أكثر طبقات مياه المحيطات استقراراً إذ يندر وجود تيارات رأسية صاعدة أو هابطة خلالها. ولذلك فهي طبقة من المياه تفصل الطبقة السطحية عن أعماق المحيطات وتحول دون تخالطهما مانعة بذلك وصول غازات الغلاف الغازي إلى الطبقات العميقة.

طبقة المياه العميقة

تمتد طبقة المياه العميقة Deep Water Zone تحت طبقة الهالوكلاين من عمق ١٥٠٠ متر حتى قاع المحيط. وفي هذه الطبقة ٨٠٪ من المياه المحيطية التي تتحرك كتلها فوق قاع المحيط. تلك الكتل المائية تتكون في العروض العليا، حيث تتصل طبقة المياه العميقة بالسطح، وتتبادل الغازات والطاقة مع الغلاف الغازي. ولا تلبث تلك الكتل أن تغوص في الأعماق وتظل هذه المياه محتفظة بخصائصها من حيث الحرارة، والملوحة، والكثافة، والغازات المذابة. إذ لا مجال للاختلاط بالمياه السطحية التي تفصلها عنها طبقة الهالوكلاين.