انتشار الموجات الصوتية تحت الماء

الجـــزء الأخير

د/ أحمد عبد العال محمد عبدالله
رئيس الإدارة المركزية
لبحوث الأرصاد والمناخ

عزيزى القارئ هذا هو الجزء الأخير من هذه السلسلة من المقالات والتى أرجو أن تكون قد نالت إعجابكم حيث تكلمنا فيها عن انتشـار الموجات الصوتية تحت المـاء وما تعرضنا له من دراسـة عمود الماء وفى هذا العدد سـوف ننهى هذه السلسـة بالحديـث عن أعماق البحار وما بهـا من مرتفعات وتأثير الكتل المائية والتيارات البحرية والظواهر الأخرى على انتشار الموجات الصوتية تحت الماء.

تدرج الأعماق

طبوغرافية القاع
Botton Tpopography

ينقسـم قـاع البحـر إلى أربع أقسام رئيسية:-

- الرصيف القاري
Continental Shelf
- الميل والارتفاع القاري
Continental Slope and Rise
- قاع البحر
Ocean Basin
- مرتفعات وسط البحر
Mid - Ocean Ridge

بالإضـافة إلى الظواهـر الاخـرى مثـل (المرتفعـات Ridge - الفجـوات والخنادق Trenches الجبـال البحرية، الفجوات المرجانيـة Guyots Seamounts والتـى تتواجد فى المناطق البحرية، يتضمن شكل (١) على المسميات المستخدمة لتوضـيح الظواهر الجيولوجية تحت الماء.

مسـميات الظواهر الجيولوجية تحت الماءShelf Break وهى الزيادة المفاجئة فى زاوية قاع البحر والتـى تعمل على تغير القاع.

الرصيف القارى
Continental Shelf

تعرف مناطق الرصـيف القارى بأنهـا المناطـق ذات الميـل المتـدرج والممتـد فـى اتجاه البحر مـن عمـق ١١٠ م (٦٠ قامة) حتـى عمق ١٨٣ م (١٠٠ قامة)، وتسـمى نهاية الرصيف القارى فى اتجاه البحر بانحدار الرصيف المستوى تقريبا والذى أقـل مـن ٧,١م / كـم (١,٠ درجـة) إلى الأكثر ميل (٣-٦ْ) لا حيث يبدأ اسفلها الميل القارى Continental Shelf، وعلى الرغم من اسـتواء الرصـيف القارى تقريباً وتدرج ميله البسيط إلا أنه ممكـن أن يتواجد به التلال

والمرتفعات والمنخفضات المتغيرة تحت سطح الماء.

الميل القاري
Continental Slope

هى الحافة الواقعة فى اتجاه البحر بعد الرصيف القارى والتى تبدأ عندها زيادة سريعة فى تدرج العمق من المياه الضحلة لمناطق الرصيف القارى ذات الأعماق أقل من ١٨٣ م (١٠٠ قامة) حتى عمق ٢٧٤٥ م (١٥٠٠ قامة) ويصاحب الميل القارى تدرج فى الأعماق بنسبة ١:٥ قامة (زاوية ميل تساوى ١١,٥٠ درجة) وحتى ١:٢٥ (٢,٣ درجة) وبعيدا عن السواحل الجبلية (مثل شمال الولايات المتحدة المطل على المحيط الهادى) وأقصى ميل مثل الميل المصاحب للجزر البركانية أو مرتفعات وسط المحيط) يجوز أن ينحدر بزاوية (درجه) أى بنسبة ١:٢ ويحدث أكبر ترديد للشعاع الصوتى مع الميل الأكبر من ١:١٠ (أى زاوية ميل ٥,٧ ميل)

الارتفاع القارى
Continental Rise

تقل زاوية الميل تدريجياً بالقرب من قاعدة الميل القارى Continental Rise نتيجة تجميع الرسوبيات فى الارتفاع القارى Continental Rise فى نهاية الميل، يمثل الارتفاع القارى تدرج فى الميل بنسبة ١:٤٠ (١,٤ درجة) إلى ١:١٠٠٠ (٠,٦ درجة) ويصل عمق الميل والارتفاع القارى Continental Slope; Rise إلى اكبر من ٩١٥ م (٥٠٠ قامة)، وبسبب قله زاوية الميل فإن الارتفاع القارى يظهر خصائص القاع، يتم تحديد الارتفاع القارى فى اتجاه البحر بالتدرج فى الانحدار الذى يؤدى إلى مستوى أعماق البحر Abyssal Plain الذى يمثل قاع البحر Ocean Basins.

ويعرف الارتفاع القارى Continental Rise بأنه النقطة التى يتدرج عندها الميل فى اتجاه البحر بنسبة ١:٤٠ (اى بزاوية ميل أقل من أو تساوى ١,٤ درجة).

تكوين القاع
Botton Continental

يتأثر انعكاس الأشعة الصوتية المرتدة من قاع البحر بالتكوين الجيولوجى للقاع حيث يتسبب نوع القاع فى حدوث انعكاس أو امتصاص أو تشتت أو اضمحلال أو ترديد للشعاع الصوتي، يتأثر انتشار الموجات الصوتية بالأنواع المختلفة للرسوبيات القاعية حيث تتسبب العناصر الآتيه فى زيادة الانعكاسات الصوتية:

أ- زيادة محتويات كربونات الكالسيوم فى الرسوبيات.

ب- قلة الرسوبيات المسامية.

ت- زيادة قطر جزيئات الرسوبيات.

ث- زيادة صلاحية الرسوبيات.

ج- زيادة درجة حرارة الرسوبيات من مكان إلى آخر.

يعتمد فقد الطاقة الصوتية أساساً على نوع القاع وتكوينه الجيولوجى وتردد إرسال الصوت وزاوية ميل الشعاع الصوتى من قاع البحر. إن خرائط فقد القاع المساحية التى تنتج باستخدام المساحة الجيوفيزيائية البحرية Marine Geophysical Survery MGS والتى تنتجها البحرية الأمريكية NAVOCEANO حيث تصف كل خريطة مقاطع صوتية طبقاً لقوه فقد القاع من قوى أخذ رقم (//١) إلى ضعيف جداً يأخذ رقم (//٩).

يتم إدخال البيانات المساحية

لخرائط المساحة الجيوفيزيائية البحرية (GSM) من نتائج الخدمات البيئية لأجهزة السونار الإيجابية والسلبية، إن وصف مناطق التنبؤات للعمليات الحربية ضد الغواصات ASW تم طبعها فى خرائط قاعدة بيانات التخطيط للعمليات الحربية البحرية

Naval Warfare Planning Chart Base (NWPCB)

حيث يحتوى الجزء التاسع على فقد القاع، ويحتوى كتاب Navoceancominst رقم C3140.22 على أنواع فقد القاع للأنواع المختلفة من قاع البحر.

صممت قاعدة البيانات الثابتة لفقد القاع للترددات المنخفضة

Low - Frequency Bottom Loss (LFBL)

لتدعيم قدرات التنبؤات للترددات المنخفضة لأجهزة السونار ذات التردد أقل من ١٠٠٠ هرتز (Hz<١٠٠٠)، توجد عدد ٩ منحنيات فقط مصاحبة للمقاطع الجغرافية تم إنشائها من قاعدة بيانات فقد القاع للترددات المنخفضة للبحرية الأمريكية

low-frequency Bottom Loss (Lfbl)

إن تطبيقات فقد القاع للرسوبيات القاعية والاضمحلال والكثافة وسمك طبقة الرسوبيات التى تؤدى إلى فقد القاع تم إدخالها فى برامج التنبؤات للحصول على تنبؤات دقيقة، إن استخدام خصائص الصوتيات كقاعدة بيانات وأيضا برامج الحصول على فقد القاع يؤكد أهمية تطوير هذه البرامج لمواجهة عمليات الأسطول.

عمق القاع المصحح
Corrected Botton Depth

يتم معايرة أجهزة محدد العمر الخاص بالبحرية الأمريكية لسرعة الصوت الرئيسية المتوسطة فى عمود الماء (من القمة إلى القاع) بسرعة الصوت تساوى ١٤٨٣ م /ث (٤٨٠٠ قدم)، إن بيانات التدرج فى القاع متوافقة مع قراءات محددة العمر ولأن كل من معايرة العمق وخرائط الأعماق البحرية المبنية على قيم نظرية مفترضة لسرعة الصوت فى الماء فإن الأخطاء فى كليهما متساوية نتيجة لتساوى سرعة الصوت فى الماء عند انتقال الشعاع الصوتى لكل من السونار السلبى أو الإيجابى فى أى عمق محدد ولكن بسرعة ١٤٨٣ م/ ث (٤٨٠٠ قدم /ث) فيتم تطبيق نفس الاعتبارات عند حل مناطق التقارب على سبيل المثال فإن الخطأ فى مدى الشعاع الصوتى المرتد من القاع لعمق ٧٣٢ م (٨٠٠ ياردة) يمكن حدوثه عند استخدام عمق غير مصحح لعمق ٤٥٧٢ م(٥٠٠٠ ياردة) وعند وجود الهدف على مسافة ١٨٢٠ م (٢٠٠٠ ياردة) ويفترض أنه لا يوجد انعكاس لهذا الخطأ (الانعكاس فى المياه العميقة ينتج فى المدى الطويل وعند وجود عمق مستوى.

إن جداول التصحيح مثل جداول (Matthews (Matthews 1939 ومنحنيات التصحيح الموضحة متاحة للحصول على العمق الحقيقى لمختلف المقاطع فى المحيطات.

المستشعرات الإيجابية
Active Sensors

يتم الاكتشاف الإيجابى فى العمق المحدد إذا كان عمق قاع البحر أقل من ١٠٠٠ قامة وفى هذه الحالة فإن التردد القاعى سيسود الخلفية باستمرار ويتم

الحصـــول علـــى عمـــق أقل من العمق الفعلى بحوالى النصـــف فى حالة القاع الصلب أو الغير منتظم والشذوذ عن هذه القاعدة هو انتشار الصـــوت فى المياه الضـــحلة والتى يصـــل أقصى مدى فيهـــا إلى ٩١٤٤م (١٠٠٠٠ ياردة) ففى حالة القاع الأخرى فإن التردد القيعى ينتج إشارة على مدى يتعدى ٤٥٧٢م (٥٠٠٠ ياردة).

مناطق التقارب
Convergence Zones

إن اكتشـــاف تحديـــد مناطـــق التقارب بعيداً عن الاحتمال فى المياه الدافئة والمعتدلة الحرارة من عمق أقل من ٢١٩٦ م (١٢٠٠ قامة) ما عـــدا فى منطقة البحر المتوسط.

إن الجـــذور والجبـــال البحرية والظواهر القاعية الأخرى سوف تتسبب فى عدم انسياب مناطق التقـــارب وتتســـبب فى حدوث مناطق ظل كبيرة.

الفقد القاعي
Botton Bounce

عندمـــا يكون انحـــدار القاع أكبر مـــن ١٠:١ (٥,٧ درجة) فإن الارتـــداد الناتج من عدم استـــواء القاع والميل ســـوف يزيـــد ويصـــبح أكـــثر تعقيداً وبالتـــالى فإن الفقـــد القاعى يصـــبح عـــديم التأثـــير وغير مســـتخدم، أمـــا الميـــل الذى يتعـــدى ٢٠:١ (٢,٩ درجـــة) فلابد أن تتجنبه الســـفن التى تستخدم الســـونار الإيجابى مع نظام الفقد القاعي.

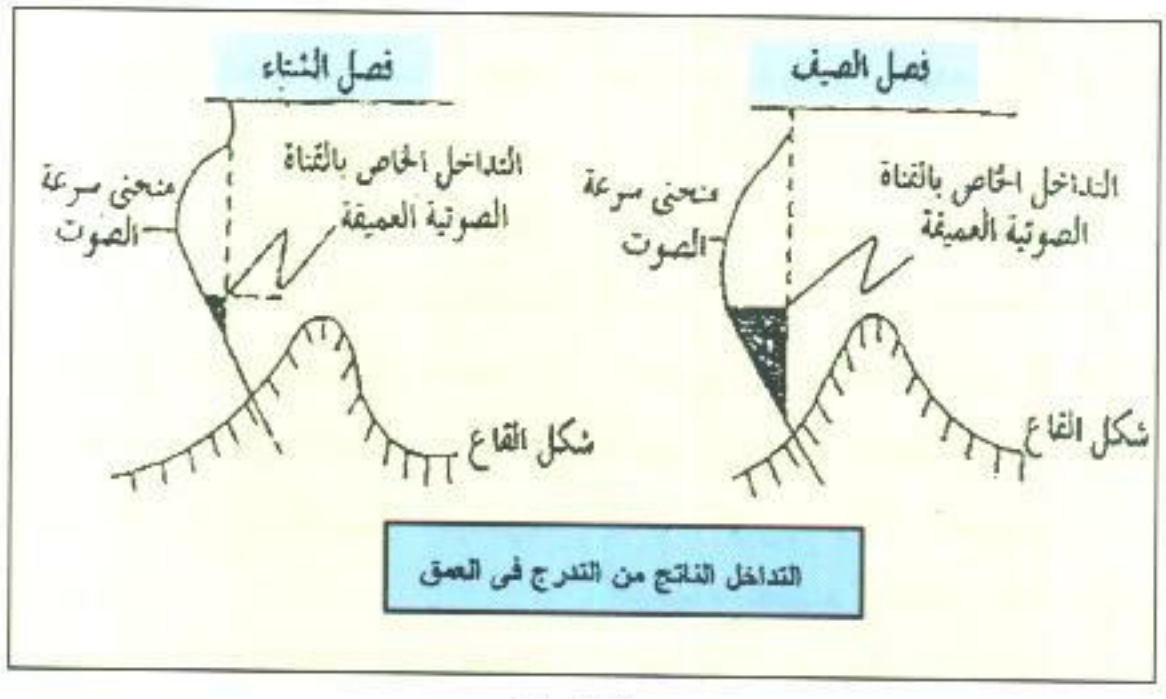
التداخل الناتج من التدرج فى العمق
Bathymetric Interference

يوضـــع فى الاعتبـــار التداخل النـاتج من التـــدرج فى العمق مـــن القناه الصـــوتية العميقة DSC الصوت شكل (١) وعلى الرغم من تطبيق نفس القاعدة فى كل موســـم إلا أنه يتضـــح تأثيرهـــا فى فصـــل الصـــيف عندمـــا يزيـــد عمـــق القنـــاه الصـــوتيةDSC

تأثير الكتل المائية والتيارات البحرية والظواهر الأخرى على انتشار الموجات الصوتية

عام General

تعتبر الظواهر الطبيعية البحرية مثـــل الكتل المانيـــة والجبهات المحيطية والحـــركات الدوامية الســـاخنة والبـــاردة، الموجات الداخلية والتيارات البحرية لها تأثير هام وتعتبر تحاليل علوم البحـــار Oceanographic analyses علـــى ســـبيل المثـــال درجـــة حرارة ســـطح البحر« SST »
sea surface temperature
وعمق طبقة الخلط
NIXED LIYER DEPTH (MLD)
من أهم البيانات التى توضـــع فى الاعتبار عند تحليل البيانات



شكل ١

وسوف تناقش فى الظواهر الطبيعية البحرية التى لها تأثير على التطبيقات البحرية لانتشار الموجات الصوتية.

خرائط درجة حرارة سطح البحر
Sea Surface temperature Sst.

أ- تعتبر خرائط درجة حرارة سطح البحر أكثر بيانات علوم البحار دقة حيث توضح الخرائط اليومية التغيرات الفعلية فى القيم المطلقة من يوم إلى يوم وليس من الضرورى أن تظل درجة حرارة سطح البحر بدون تغيير أكثر من ٥ أيام ويرجع التغيير لدرجة حرارة ماء البحر إلى الوقت من العام (تأثير دوران الأرض حول الشمس) وأيضا طبقاً للتغيرات التى تحدث فى الطقس مثل فترات العواصف أو الفترات الطويلة للطقس الغير عادي.

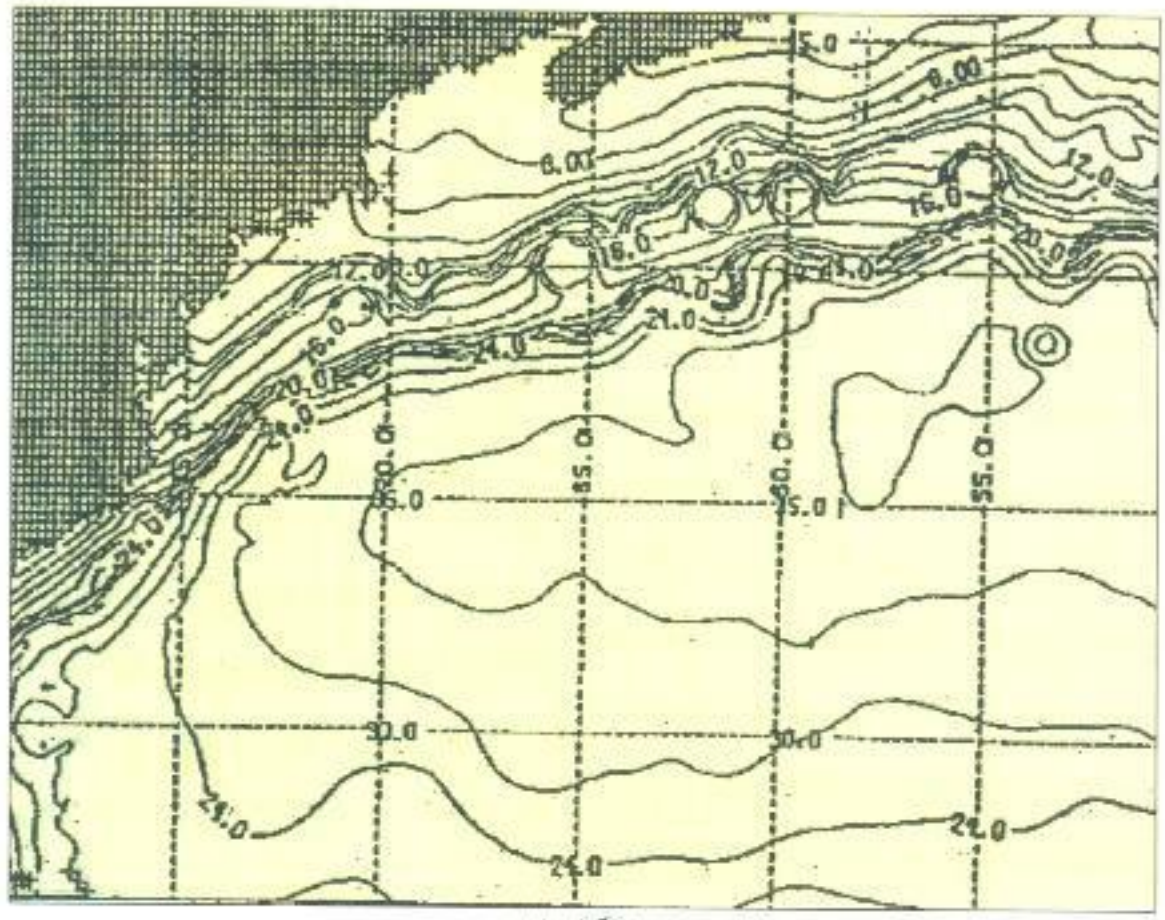
ب- وتتأثر توزيعات درجة حرارة ماء البحر بثلاث عوامل اساسية هي:

١- التيارات البحرية

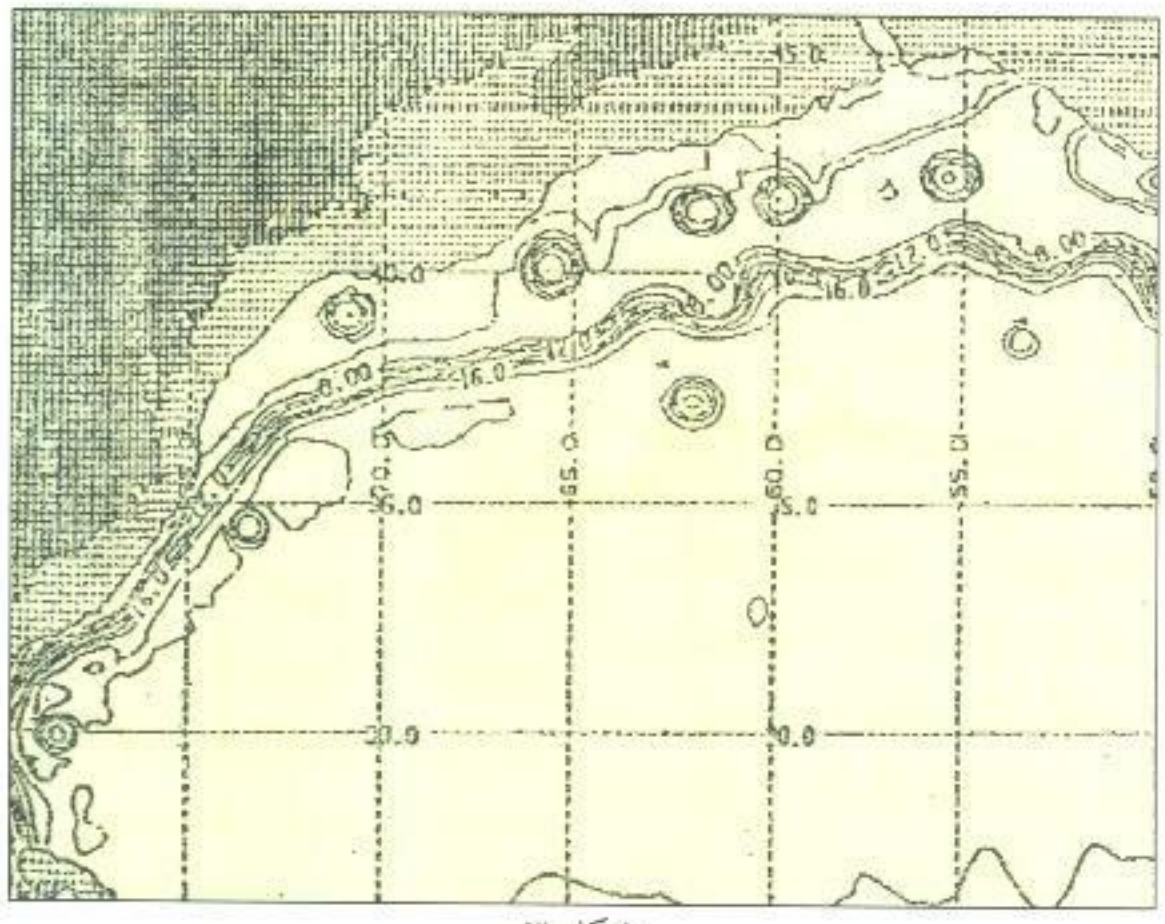
٢- التأثيرات الموسمية

٣- خط العرض

وتتأثر درجة حرارة ماء البحر فى المناطق القريبة من مناطق التيارات البحرية الأساسية فى البحار بالتيارات البحرية



شكل ٢



شكل ٣

أكثر من التغيرات الموسمية وخط العرض، تتأثر عناصر خط العرض والتأثير الموسمى بالحمل الحرارى الناتج من الخلط الميكانيكى وتسخين خط البحر والهطول والبخر وتوزيع ثلج البحر، توضح الأشكال (٢)، (٣) تحاليل درجة حرارة سطح البحر والتى تم حسابها عن طريق الحاسب الآلي.

الكتل المائية
Water Masses

تعتمد الكتل المائية فى مناطق تكونها على خصائص درجة الحرارة و الملوحة وعند تحرك الكتل المائية إلى مناطق أخرى جديدة فإنها تحمل خصائصها الأساسية التى تم اكتسابها من منابعها الأساسية ولكنها تتأثر وتتغير طبقاً لتغير المواسم، خط العرض، التغيرات المائية، الحرارة والبرودة (المصاحبة للخلط الرأسي) والبخر وبالتالى يتم خلطها مع الكتل المائية الأخري، يستطيع عالم علوم البحار أن يحلل الكتل المائية ليحدد خصائص الكتل المائية فى المناطق الجديدة والبعيدة عن مصدرها الأصلى ويرجع أهمية تلك التحاليل لتحديد الحركة الدورانية والتيارات البحرية الرئيسية فى البحار على المقياس الكبير، إن خصائص التدرج الحرارى تصبح متوافقة فى الكتل المائية بالإضافة إلى وجود تدرج ضعيف فى معظم الكتل المائية.

بالنسبة للتطبيقات البحرية فسوف يختلف تعريف الكتل المائية عن تعريفها المعتاد حيث سوف ينسب إلى خصائص الموجات الصوتية، يعتمد تعريف الكتل المائية الكلاسيكى أساساً على العلاقة بين الحرارة والملوحة (T-S) أما التطبيقات البحرية والصوتيات فإنها تعتمد على خصائص درجة حرارة ماء البحر فى الكتلة المائية وخصوصاً فى الماء العميق. وتوجد منطقة تحويلية حادة بين كتلتين من الماء تسمى الجبهة، يوضح شكل (٤) الكتل المائية الكلاسيكية كما توضح الأشكال (٥-١٢) والجدول (١) التطبيقات البحرية حيث توضح الجبهة المحيطية وتوزيعات الكتل المائية المصاحبة لتلك الجبهات على سبيل المثال فى الشكل ٦ والجدول ١ تقع كتلة مائية تدعى سارجاسو

Sargasso Water Mass

بين الجبهه ٠٣ التى تقع جنوب تيار الخليج **Gulf Stream** والجبهه ٠٦ الواقعة بالقرب من التقارب الشبه استوائية

Subtropical Convergence

يقع منحدر مائى بين الجبهات ٠٢ (شمال الجبهه ٠٢ (شمال تيار الخليج) و ١١ (جبهة المنحدر أو الميل

Shelf Lope Front

فى حالة تيارات الحدود الغربية الرئيسية مثل تيار الخليج فإن الماء الواقع بين الجبهات الشمالية والجنوبية (الجبهة ٠٢ والجبهة ٠٣) تمثل المركز الدافئ حيث يصل قطرها حوالى ١٥٠-٢٠٠ متر شكل ٢

الجبهات
Oceanic Fronts

هو الحد الفاصل بين كتلتين مائيتين مختلفتين فى الخصائص الطبيعية حيث يوجد بها تدرج أفقى قوى فى الحرارة والملوحة واختلاف فى الكثافة ويتضح من الأشكال (٧-١٢) وجود بداية ونهاية للجبهات، وتحدث الجبهات نتيجة الخلط بين الكتل المائية على كل ناحية من الجبهة ولا يوجد تعريف محدد لبداية ونهاية الجبهة على طول محورها من بداية التدفق حتى نهايته ويحدث تدرج أفقى تدريجى للجبهات حيث يقل التدرج بزيادة الخلط عبر الجبهة.

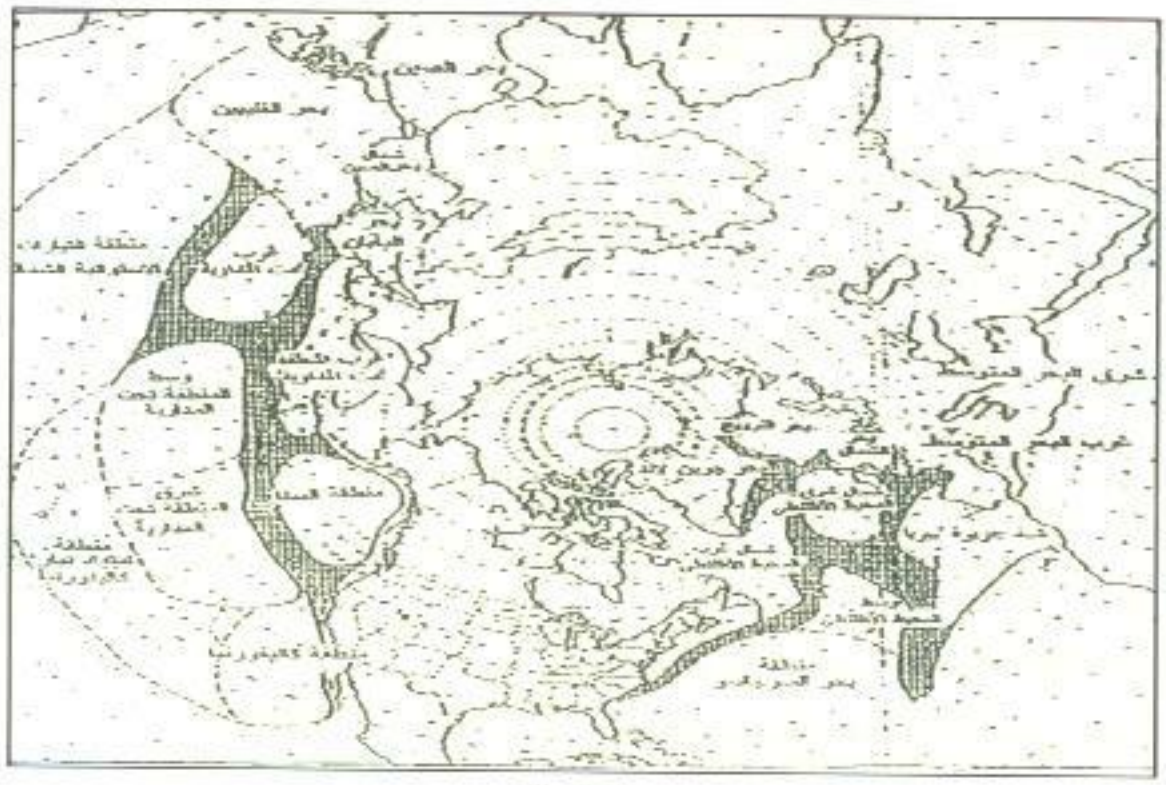
فى فصل الصيف، يتسبب التدرج الحرارى الموسمى فى تقليل الفرق فى درجة الحرارة عبر الجبهات فى الطبقة القريبة من سطح البحر. ومن الصعب الحصول على المواقع الرئيسية

للجبهات من صور الأقمار الصناعية الملتقطة بالأشعة تحت الحمراء Satellite IR Imagery وفى الخلجان الدافئة مثل خليج المكسيك، ولكن يمكن تحديد التدرج السطحى فقط. وتعتبر أهم الجبهات فى شمال غرب المحيط الأطلنطى هى الواقعة بين الحافة الشمالية لتيار الخليج وجبهة الميل أو الرصيف القارى بطول ساحل الولايات المتحدة شمال كاب ها تراس Cap Hatteras.

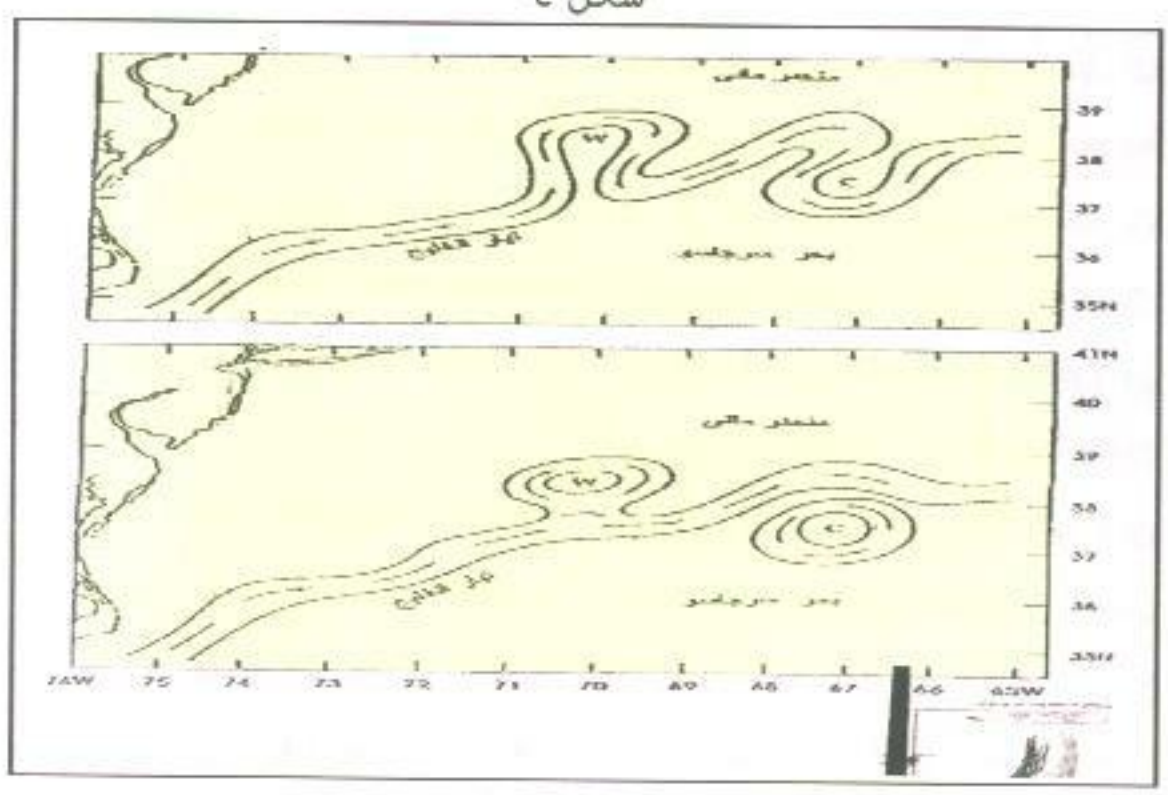
فى شمال غرب المحيط الهادى فإن أكثر الجبهات تتواجد بطول الجانب الشمالى كيروشو Kuroshio وبطول الجانب الجنوبى لتيار أواشيو Oyasshio، إن درجة حرارة وملوحة الماء عنصرين هامين لتكوين مواقع تلك الجبهات. وبالتالى فمن المهم أيضا معرفة اختلاف وتدرج حرارة الماء لأهميتها فى التطبيقات الصوتية للقوات البحرية. حيث يتراوح التدرج الأفقى لدرجة حرارة ماء البحر عبر تيار الخليج من ١-١,٧ درجة مئوية من (٢-٣ درجة فهر نهيت) لكل ميل بحرى كما بشكل (٣).

الحركة الدوامية
Eddies

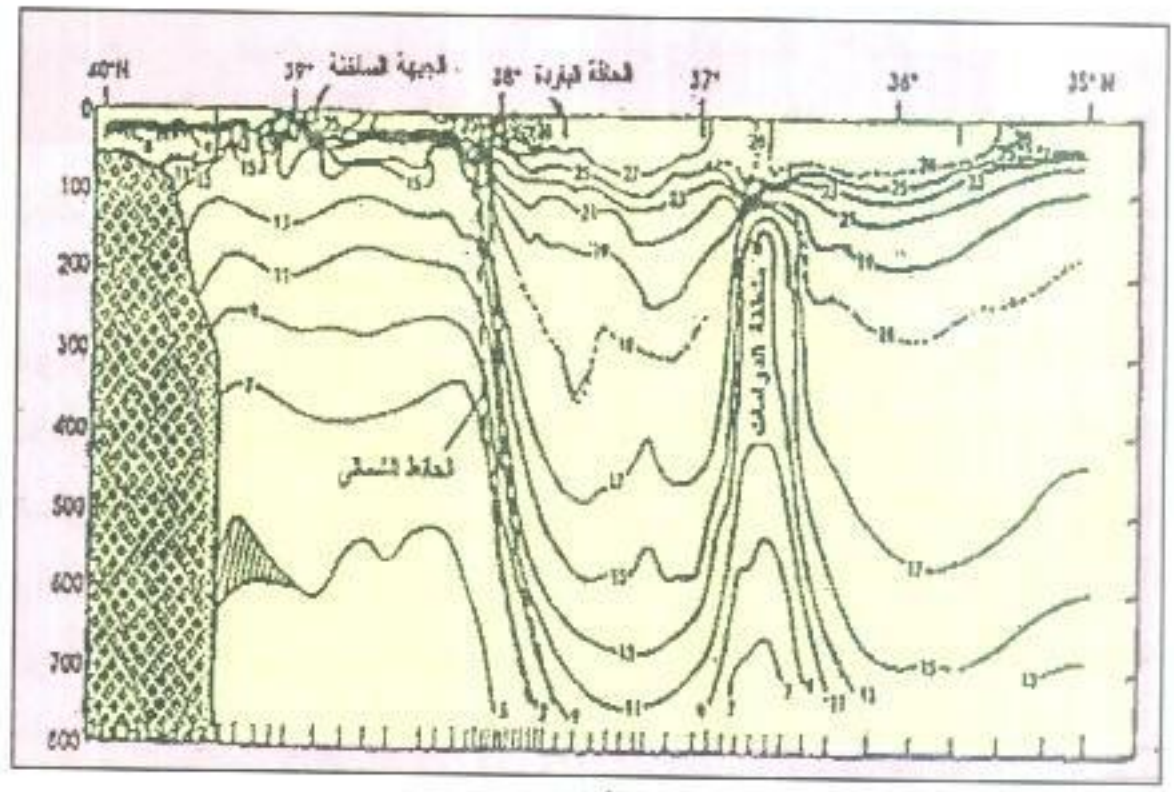
تمثل الحركة الدوامية فى البحار كتله مائية كبيرة دوارة باردة أو ساخنة دائرية يصل نصف قطرها من ٦٠ إلى ٢٠٠ ميل بحرى وتصل إلى عمق ٢٠٠٠ قدم أو أكثر وتتواجد الحركات الدوامية الكبيرة على جوانب الجبهات الرئيسية وخصوصاً التى حول التيارات المحيطة الرئيسية من تيار الخليج فى المحيط الأطلنطى وتيار كيروشو فى المحيط الهادى وتحدث هذه الحركات الدوامية نتيجة توقف التموجات



شكل ٤



شكل ٥



شكل ٦

الأساسية المصاحبة للتيارات البحرية فجأة كما هو موضح فى شكل (٥) اما الشكل ٦ يمثل مقطع راسى فى حركة دوامية باردة وأيضا تيار الخليج ومن الملاحظ أن الماء داخل الحركات الدوامية الباردة يتم احتجازه نتيجة الكتلة المائية المنحدرة الباردة نسبياً أثناء حركة تيار الخليج وهى محاطة بالمياه الدافئة المصاحبة بماء سارجاسو Sargasso Water.

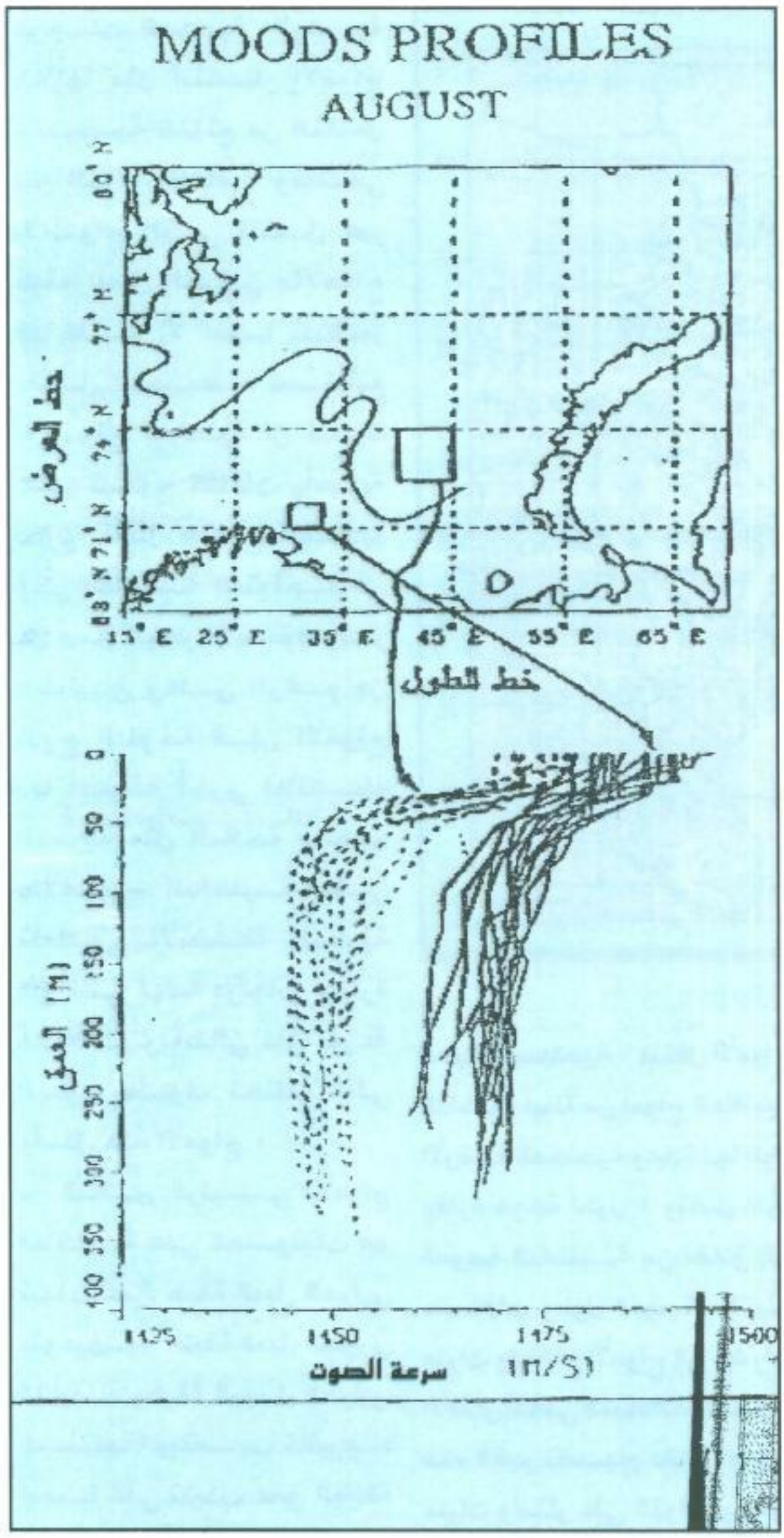
أما الحركات الدوامية الدافئة المتواجدة شمال تيار الخليج شكل ٥ تحتوى على ماء سارجاسو ومحاط بماء المنحدر Slope Water.

الحركة الدوامية والجبهات فى المياه الضحلة
Fronts and Eddies in shallow water

أ- عند حدوث الجبهات فى المياه الضحلة فإن تأثير تدرج العمق يلعب دوراً كبيراً فى الخصائص الجبهية، ففى هذه المناطق تميل الجبهات إلى الاتجاه ناحية القاع ومسارات الأشعة السطحية المرصودة أكثر اتساعاً من مسارات الأشعة القاعية وعلى سبيل المثال، فإن قاع جبهه فيروس أيسلاند تتقاطع مع قمة امتداد المرتفع البحرى القاعى بين ايسلاند وجزيرة فيروس (عمق الماء يقترب من ٤٠٠-٦٠٠م وأن الميل الأعلى فى اتجاه الشمال الشرقي، وتتقاطع جبهة المنحدر القريب من الساحل الشرقى للولايات المتحدة مع القاع أصغر من تموج الجبهات الكلاسيكية مثل تيار الخليج، وأن الحركة الدوامية المتكونة نتيجة جبهات المياه الضحلة أصغر من الحركات الدوامية فى المياه العميقة وتبقى عادة أمام الجبهة بدلاً من توقفها.

ب- تتأثر الجبهات بتدرج العمق، حيث يتطابق مسار تيار الخليج جنوب كاب هاتراس مع الانحدار القاري، وعادة لا يحدث التواء أو تموج للمسار وتحدث حركات دوامية صغيرة أثناء التقدم بعيداً عن الشاطئ وتستمر فى حركتها الالتوائية فى الجانب الجنوبى للجبهة، وتختلف دوامات الجبهة ديناميكياً عن الدوامات الثابتة شمال كاب هاتراس حيث يوجد تيار بارد جنوب الجبهة.

ت- تعمل كحاجز عميق بين كتلتين مائيتين فى بعض الحالات تفصل الميول الجبهات نسبياً نتيجة لتأثير التبريد والماء المجاور الأقل ملوحة والملوحة التى فى الماء البعيد عن الوحل حيث يتسبب ذلك فى انقلاب حراري، تقع مياه الرصيف القارى الأكثر برودة على الجانب البعيد عن الساحل

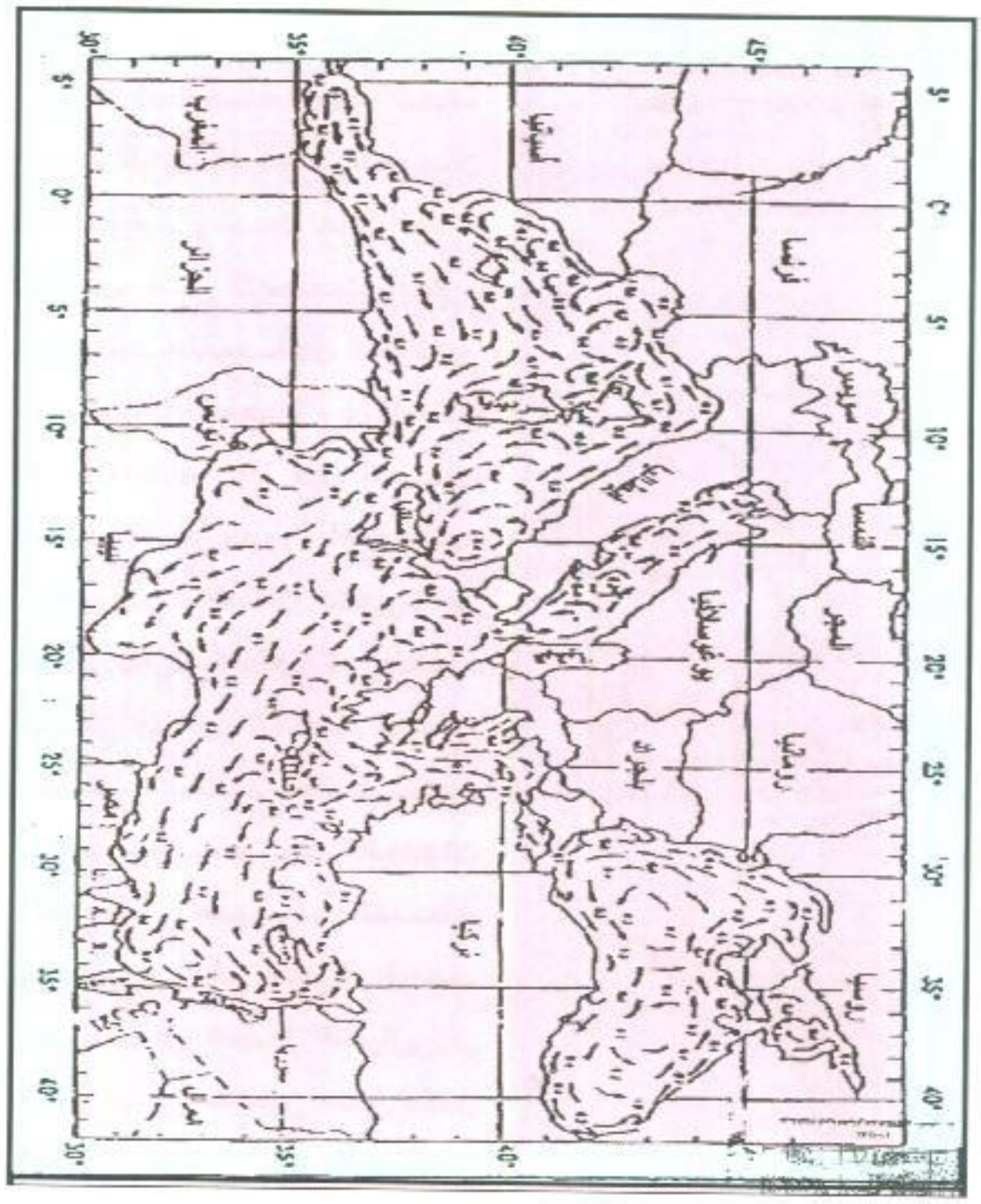


شكل ٧

الأكثر دفئاً والتى تتعادل كثافتها نتيجة الملوحة، وهذه الحالة تحدث انحناء لأعلى للموجات الصوتية وتحدث هذه الحالة بالقرب من الانحدار القارى المواجهه للساحل الشرقى للولايات المتحدة ٠ ونظرا لأن تدرج الكثافة عبر هذه الجبهات صغيرة فإنه يحدث فراغ يشبه الأصابع كطبقات متغيرة من الماء البارد والدافئ فى العمود الرأسى ويعتبر التكوين الجبهى صعب ومعقد لعمل برامج للتنبؤ ويعتبر لمس الجبهات للقاع أقوى منها على السطح وخصوصا فى فصل الصيف عندما يميل الميل الحرارى أن يعلق بين طبقتين من الكتل المائية ويوضح شكل (٧) منحنى سرعة الصوت (الذى تم حسابه من منحنى الحرارة والملوحة) على كلا جانبى الجبهة القطبية فى بحر بارنتس خلال شهر اغسطس ٠

ث- الامواج الداخلية

ج- يعتبر الميل الحرارى هو الالتقاء بين الماء البارد والأكثر كثافة والمتواجد أسفل الماء الدافئ والأقل كثافة أعلى الماء البارد ٠ تتسبب عملية تداخل الكثافة بين الكتل المائية فى انتشار



شكل ٨

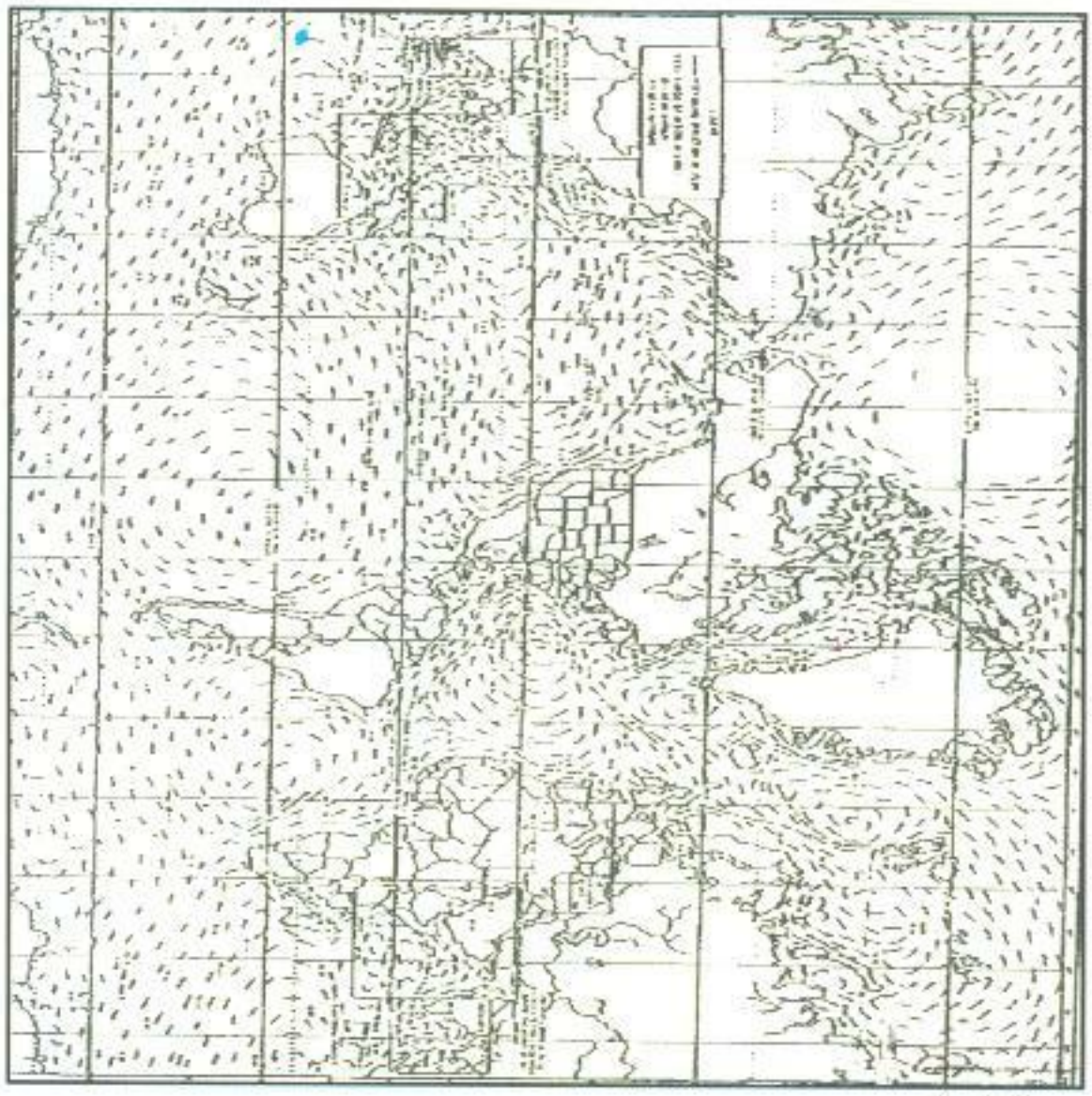
موجات الجاذبية الأرضية خلالها مثل انتشار الأمواج السطحية الناتج من التفاعل بين الهواء والماء ٠ وتسمى الأمواج التى تنتقل عبر طبقة الميل الحرارى بالأمواج الداخلية إلا أنها تنتشر داخل المحيط ٠ تستطيع الأمواج الداخلية أن تتحرك عبر تدرج كثافات رأسية أخرى مثل التدرج الشديد فى الملوحة المتواجد فى كل من البحر الأسود وبحر البلطيق وعلى الرغم من تدرج الملوحة فإن الأمواج لها أهمية أخرى للأنشطة البحرية مثل الملاحة والصيد والأمواج الداخلية التى تتعلق بالأنشطة البحرية هى التى لها درجات حرارة مختلفة وبالتالى فإن سرعة الصوت سوف تختلف أعلى وأسفل هذه الأمواج ٠

د- التأثير الرئيسى للأمواج الداخلية على الصوتيات هو تذبذب عمق طبقة الميل الحرارى بنوعيها ٠ (طبقة الميل الحرارى الثابتة وطبقة الميل الحرارى المسمية) ويتسبب تأثيرها أيضا على تذبذب عمق الطبقة الصوتية وينتج تغيرات فى التردد ويتسبب فى فقد الانتشار فى الطبقة السطحية ٠ تنتقل الأمواج الداخلية أبطأ من أمواج الجاذبية الأرضية السطحية وعادة لها طول وفترة موجة أطول ٠ وتصل فترة الموجة الداخلية من دقائق إلى ساعات وطول الموجة بالكيلو مترات وارتفاع الأمواج إلى عشرات الأمتار، أما فى المياه الضحلة فإن هذه القيم تصبح دقائق وكيلو مترات وأمتار على التوالى ويجوز أن تتسبب الأمواج الداخلية فى توليد تيارات بحرية ٠ تحتوى جميع الخلجان فى المحيطات على أمواج داخلية تتسبب فى موجات من المد والجذر يسمى بالمد والجذر الداخلى

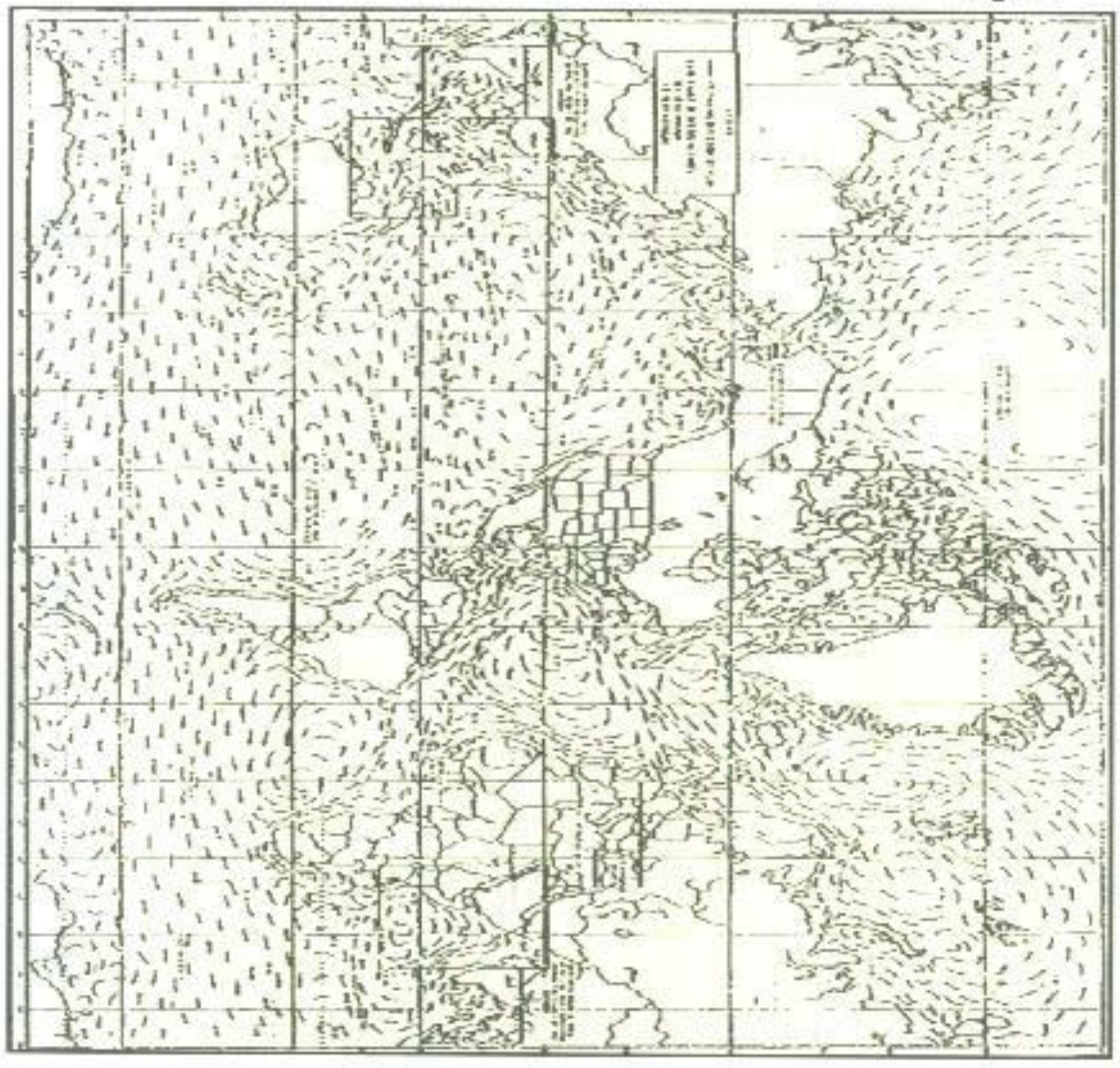
التيارات البحرية
Current

إن التيارات البحرية الرئيسية فى خلجان المحيطات الكبرى يتم

تولدها نتيجة هبوب الرياح من البحار بالإضافة إلى اختلاف الكثافة الأفقية بين الكتل المائية (التيارات البحرية الناتجة من التدرج الحراري) ويتم تعديلها نتيجة قوى Coriolis والتدرج فى الأعماق. وكوصف بسيط للتيارات البحرية يمكن الاستدلال عنها من خطوط تساوى درجة الحرارة من خرائط درجة حرارة وملوحة سطح البحر. يدل التدرج الحرارى (المسافة بين خطوط تساوى درجة حرارة الماء) على قوة التيارات البحرية. يتزامن أقصى تدرج مع أكبر تدرج أفقى لدرجة حرارة سطح الماء. إن الصور اللحظية لشكل التيارات البحرية على سطح المحيط هى اتحاد مركب ومعقد لظواهر الجبهة والحركات الدوامية على المستوى الصغير والكبير. وتوضح الأشكال (١٠،١١،١٢) التيارات المحيطية العامة، إن أنواع التيارات المذكورة فى الأشكال لا تمثل التوزيع الأفقى والرأسى للتيارات

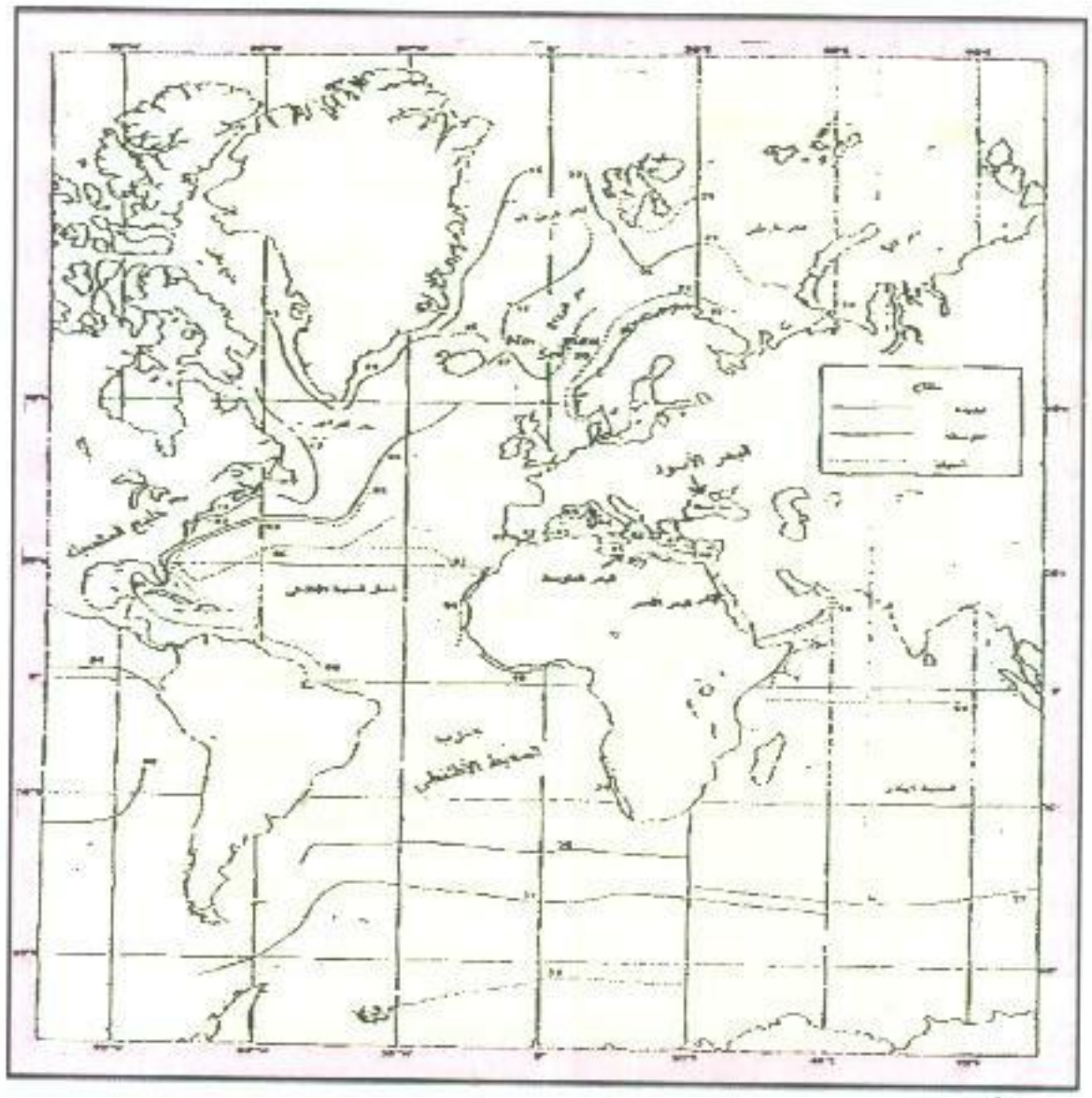


شكل ٩

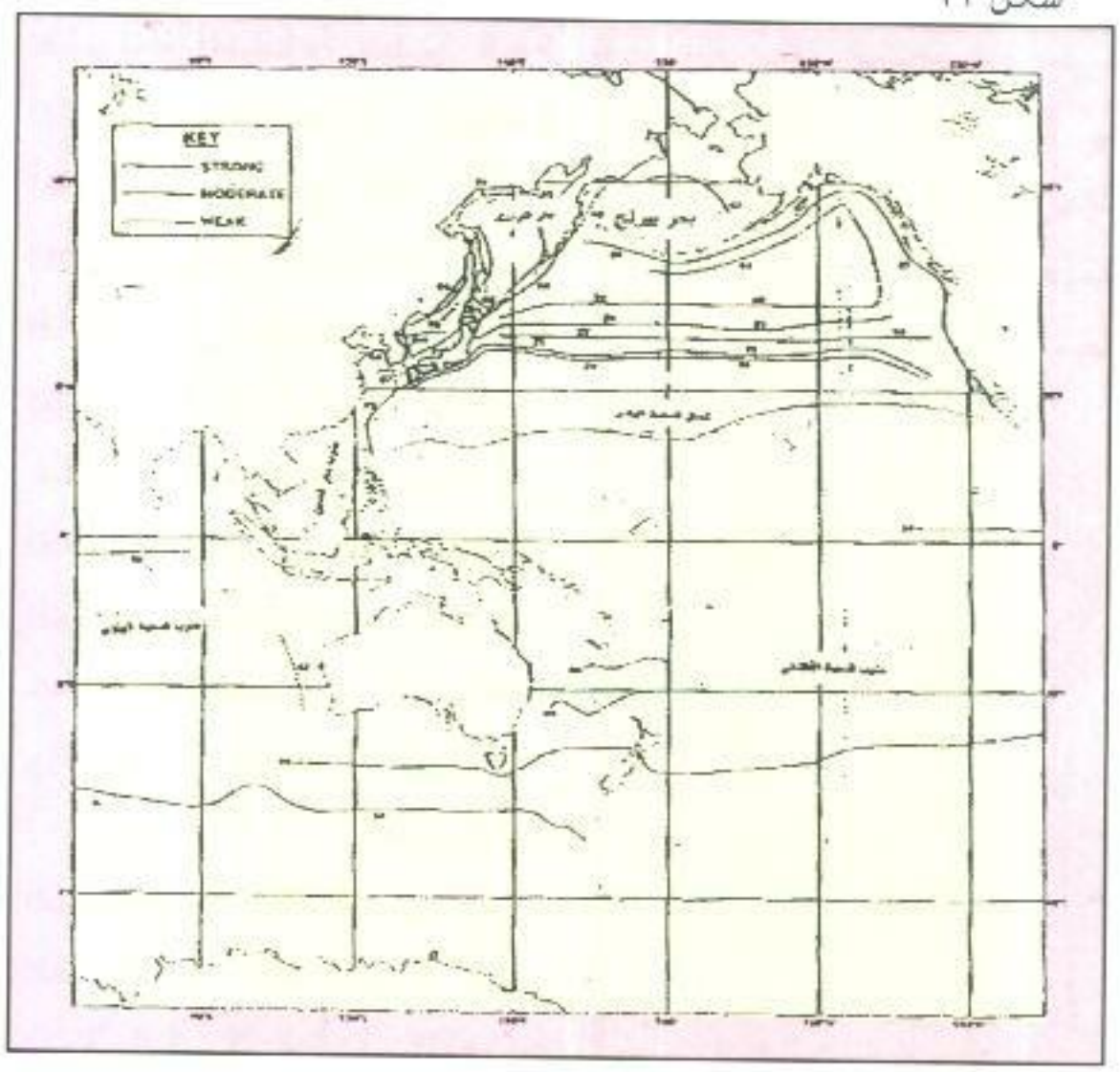


شكل ١٠

السطحية. أما اندفاع التيارات البحرية فى المياه الضحلة أو القنوات المحدودة فتتم بتأثير الرياح واختلاف الكثافة والمد والجذر واختلاف الضغط الجوى ويتم تعديل التيارات البحرية نتيجة تأثير قوى دوران الأرض والتدرج فى الأعماق. ويتم توجيه التيارات البحرية فى هذه المناطق محلياً. على سبيل المثال فإن التيار فى منطقة الرصيف القارى يتم توجيهه محلياً بواسطة الرياح ويجوز فى بعض الحالات التنبؤ بقيم التيار من الرياح المحلية. إن التيارات البحرية هامة لعملية مكافحة الغواصات التى تتضمن التخطيط لإنشاء حقل الشمندورات الصوتية Sonobouy (شمندورات يمكنها اكتشاف الأصوات تحت الماء وإعادة إرسالها بالراديو، وإزاحة الشمندورات الصوتية وإزاحه الألغام والغواصات وأيضاً لعمليات الإنقاذ تحت الماء)، وتعتبر التيارات البحرية هامة للغاية فى عمليات الألغام المختلفة.



شكل ١١



شكل ١٢

جدول ١

الجبهات فى المحيط الأطلنطي والبحر المتوسط والمحيط الهندى			
الرقم	الجبهة	الرقم	الجبهة
١	تيار خليج المكسيك (Loop)	٢٧	جبهة غرب سبتزبيرجين.
٢	الحائط الشمالى لتيار الخليج.	٢٨	جبهة شرق سبتزبيرجين.
٣	الحائط الجنوبى لتيار الخليج.	٢٩	تيار بانجويلا.
٤	الحائط الشمالى لتيار ش الاطلانطى	٣٠	جبهة ج الاطلانطى تحت مدارية.
٥	الحائط الجنوبى لتيار ش الاطلانطى	٣١	جبهة القطب الجنوبى (انتاركتيك).
٦	جبهة بحر سارجاسو.	٣٢	تيار كانرى.
٧	جبهة الازور.	٣٣	التيار الشمالى الاستوائى.
٨	تيار جيانا.	٣٤	امتداد تيار الخليج.
٩	جبهة شمال غرب أفريقيا.		
١٠	جبهة خليج جيانا.	٤١	جبهة هيلفا.
١١	جبهة الميل/ الرصيف القارى.	٤٢	جبهة بحر البوران.
١٢	جبهة لابرادور.	٤٣	جبهة الماريا أوران.
١٣	جبهة غرب جرين لاند.	٤٤	جبهة البحر التيراني.
١٤	جبهة مضيق الدانمارك.	٤٥	جبهة مالطا.
١٥	جبهة شرق جرين لاند.	٤٦	جبهة البحر الايونى.
١٦	جبهة شرق ايسلاند.	٤٧	جبهة بحر ايجا.
١٧	جبهة فايرو- ايسلاند.	٤٨	جبهة خليج لافانتين.
١٨	جبهة جان مايين.	٤٩	جبهة بحر البليار.
١٩	جبهة بحر النرويج و جرين لاند.	٥٠	تيار شمال أفريقيا.
٢٠	جبهة النرويج الساحلية.	٥١	جبهة مضيق صقلية.
٢١	تيار شمال كاب.	٥٢	جبهة بحر الجزائر.
٢٢	تيار ميرمان الساحلى.		
٢٣	(يستخدم مستقبلاً).	٥٣	جبهة البحر العربى.
٢٤	تيار بيتشورا.	٥٤	جبهة بحر الصومال.
٢٥	تيار بيرساى.	٥٥	جبهة التيار الأستوائى.
٢٦	جبهة بير ايسلاند.	٥٧	جبهة شمال استراليا.