منافع علوم البحار الطبيعية

وكما تتحكم الظواهر الطبيعية فى الحياة على اليابس ، لها حكمها أيضاً على الحياة فى الماء . والحقيقة أن التوازن الموجود بين كتل اليابس والماء على سطح الكرة الأرضية عبارة عن تحكم محصلة عدة قوى طبيعية مختلفة .

وتبحث علوم البحار الطبيعية فى دراسة هذه القوى المختلفة وكيف أنها تتحكم مجتمعة فى البيئة المائية وما يجرى داخل المحيطات .

وسنحاول فى الصفحات التالية أن نشرح بإيجاز بعض منافع هذه الظواهر الطبيعية ، التى يمكن أن تستغل فى حياتنا العملية .

(أ) المد والجزر :

بناء على نظرية نيوتن التى على أساسها بنى قانون الجذب العام فإن قوة الجذب بين جسمين كتلتاهما ك١ ، ك٢ والمسافة بينهما ف . تتناسب تناسباً طرديًّا مع حاصل ضرب

كتلتيهما . وتناسباً عكسيًّا مع مربع المسافة بينهما ويمكن وضعه على الصورة .

$$\text{ق (قوة الجذب)} = \text{ثابت} \times \frac{\text{ك}_1 \, \text{ك}_2}{\text{ف}^2}$$

فإذا تصورنا أن الأرض محاطة كلها بغلاف مائى كتلته ك$_1$

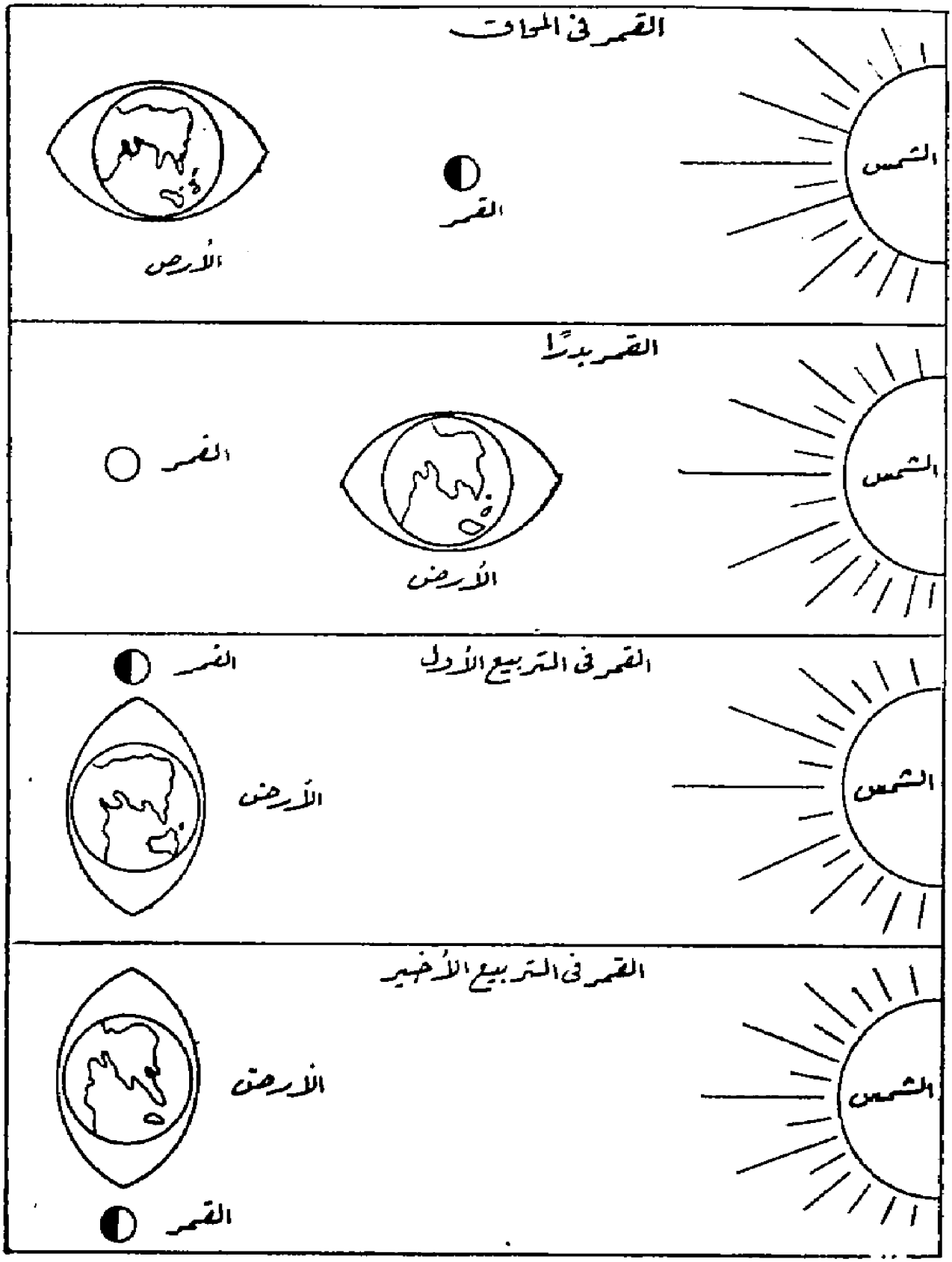
وأن كتلة القمر ك$_2$ والمسافة بين الأرض والقمر ف .

فإن قوة الجذب بينهما تتناسب مع $\frac{\text{ك}_1 \, \text{ك}_2}{\text{ف}^2}$

ومع هذا القانون يتضح أنه إذا زاد البعد بين الجسمين قلت قوة الجذب بينهما وكلما اقتربنا زادت قوة الجذب .

وعلى هذا الأساس فإن حركة ارتفاع وانخفاض مستوى سطح الماء الناتج من قوى الجاذبية الناتجة من الشمس والقمر تسمى بظاهرة المد والجزر ويظهر هذا واضحاً فى الجهات الساحلية والبحار الضحلة . ويحدث المد والجزر مرتين فى اليوم كل ٢٥ دقيقة و ١٢ ساعة تقريباً ويسمى بالمد والجزر نصف اليومى . من هذا يتضح أن المد والجزر يتأخر كل يوم بحوالى ٥٠ دقيقة عن موعده فى اليوم السابق له . وفى بعض الأحيان يحدث أن أعلى مستوى لسطح البحر يحدث مرة واحده كل

يوم تقريباً وهو عبارة عن ٥٠ دقيقةو ٢٤ ساعة تقريباً وتسمى الظاهرة بالمد والجزر اليومى . وكما ذكرت سلفاً أن المد والجزر يحدث نتيجة للقوى الجاذبية الناتجة من القمر على الأرض أكثر من القوى الجاذبة الناتجة من الشمس على الأرض . وذلك لقرب القمر من الأرض . إذ أن المسافة بين الأرض والشمس أكبر بحوالى ٤٠٠ مرة من المسافة بين الأرض والقمر وأن قوة المد والجزر الناتجة من القمر حوالى ٢ ١/٢ مرة من القوة الناتجة من الشمس . وتكون قوة المد والجزر الناتجة من الشمس والقمر أكبر ما يمكن عندما تكون الشمس والقمر والأرض فى مستوى واحد . أى عندما يكون القمر بدراً أو فى المحاق وفى هذه الحالة يكون مدى المد والجزر أكبر ما يمكن ونحصل على أعلى وأقل مستوى لسطح الماء على التبادل . ويحدث هذا كل حوالى أسبوعين تقريباً ويسمى بالمد والجزر الربيعى . وعندما يكون القمر عمودياً على الخط الواصل بين الشمس والأرض تكون القوة الناتجة للمد والجزر أقل ما يمكن . وهذا يحدث عند ما يكون القمر فى التربيع الأول أو التربيع الأخير (الشكل ٢) . وفى هذه الحالة يكون مدى المد والجزر أى الفرق بين مستوى المياه العالية ومستوى المياه الواطئة أقل ما يمكن وتسمى هذه


القمر فى المحاق
الشمس
القمر
الأرض
القمر بدرًا
الشمس
القمر
الأرض
القمر فى التربيع الأول
الشمس
القمر
الأرض
القمر فى التربيع الأخير
الشمس
الأرض
القمر

شكل رقم (٢)

الظاهرة بالمد والجزر الصغير . ومن الطبيعى أنه إذا كانت الكرة الأرضية محاطة بطبقة متجانسة ومتساوية السمك من الماء فإنه من السهل تعيين القوى المنتجة للمد والجزر . ولكن فى الحقيقة أن الأرض تفصلها كتل القارات إلى محيطات وبحار مختلفة فى الاتساع والشكل والعمق والحجم بالإضافة إلى أن مستويات حركة الشمس والقمر تميل بزاوية على خط الاستواء. الشىء الذى يجعل حساب المد والجزر فى الأماكن المختلفة من المحيطات والبحار أكثر تعقيداً . وللمد والجزر أهميته الكبرى فى الملاحة البحرية . ففى المناطق التى يكون فيها مدى المد والجزر كبيراً ، فإنه يجب على قادة السفن معرفة وقت تغير مدى المد والجزر حتى لا تجنح السفن على الشطوط الرملية أو الأماكن الضحلة من البحار . ولهذا السبب بدأ العلماء فى تجهيز جداول للتنبؤ بالمد والجزر وتحديد مواعيد المناسيب المختلفة للمياه فى كل يوم من أيام السنة بل فى كل ساعة من ساعات النهار أو الليل فى الموانى المختلفة . وبالنسبة لشواطئنا فإن ظاهرة المد والجزر لا يمكن مشاهدتها بوضوح وذلك لأن مستوى ارتفاع الماء وانخفاضه ضئيل جداً ، ولا يتعدى ٣٠ سم . بعكس هذا فإنه يمكن مشاهدة هذه الظاهرة

بوضوح في بعض الجهات مثل خليج فندای حيث يبلغ مدى المد والجزر حوالى ٥٠ قدماً .

ومن المد والجزر يمكن توليد الكهرباء من الطاقة التى تنشأ من فرق المدى . ومن المعلوم أن الطاقة الكهربائية تعتمد على فرق المدى للمد والجزر أى أنها تتناسب تناسباً طردياً مع كمية الماء المحصورة بين مستوى الماء العلوى ومستوى الماء السفلى. وقد وجد أن الطاقة الكهربائية التى يمكن أن تنتج نتيجة لتأثير المد والجزر فى العالم تساوى تقريباً ٢ × ١٠^{١٣} قوة حصان ساعة سنوياً . وهذا ما يعادل احتياجات العالم من الكهرباء فى عام ١٩٥٧ . بفرض الاستفادة من كل المناطق التى يكون فيها المد والجزر كبيراً . ومن الطبيعى أنه فى أيامنا هذه تغيرت هذه النسبة نظراً للتطور الذى حدث فى التقدم العلمى والاجتماعى وازدياد نسبة السكان مما أدى إلى زيادة استخدامات الكهرباء فأصبحت تدخل فى تسهيل عمليات كثيرة كإدارة المصانع والأجهزة العملية والأدوات المنزلية .

وتتلخص فكرة توليد الكهرباء من تأثير المد والجزر فيما يأتى :

ينشأ سد عند فتحة مصب النهر المتصل بالبحر مجهز

ببوابات للتحكم فى حصر الماء أو سيبانها . فعند وصول أعلى مستوى لسطح الماء تقفل البوابات ثم يستخدم الماء المحصور بين أعلى مستوى لسطح الماء وأقل مستوى له لإدارة التربينات حتى يصل مستوى الماء إلى أقل مداه فتبدأ عملية البوابات لاستخدام الماء المحصور وراء السد فى إدا ة التربينات حتى وصول أعلى مستوى لسطح الماء مرة أخرى ثم تتكرر العملية . وقد فكر العلماء فى مشروعين مختلفين فى كيفية توليد الطاقة الكهربائية الناتجة من تأثير المد والجزر على النحو الآتى :

١ — مشروع الحوض الواحد — وهو مشروع بدائى جداً . وهو عبارة عن إنشاء سد عند فتحة للمضيق المتصل بفتحة مصب النهر أمامه حوض مجهز بوساطة بوابات . فبينما مستوى سطح الماء يرتفع تبدأ عملية البوابات . وعند وصول مستوى الماء إلى أعلى منسوب تقفل البوابات حاجرة وراءها الماء . ومن هنا تبدأ عملية دوران التربينات بوساطة كمية الماء المحصورة بين أسفل وأعلى مستوى لسطح الماء ، وعندما يصل منسوب الماء إلى أسفل ما يمكن تبدأ عملية فتح البوابات لانسياب الماء منها لمواصلة دوران التربينات . وتستمر هذه العملية حتى بدء وصول أعلى مستوى للماء فتقفل البوابات مرة أخرى

وتستمر العملية هكذا . وعيب هذه الطريقة هو أن الطاقة الكهربائية الناتجة غير ثابتة وذلك نتيجة لتغير أعلى متسوى لمنسوب الماء كل دورة جزرية .

٢ — مشروع الحوضين — وهو عبارة عن حوضين يفصلهما سد مجهز ببوابات ولكل حوض فتحة متصلة بالبحر — ويستعمل أحد الأحواض لأعلى مستوى لسطح الماء أما الحوض الآخر فيستعمل لأدنى منسوب لسطح الماء وتوضع التربينات بين الحوضين حيث إن حوض أعلى منسوب يؤثر أولا فى إدارة التربينات وفى نفس الوقت ينقل الماء إلى الحوض المختص بأسفل منسوب سطح الماء . وتستمر هذه العملية حتى وصول مستوى الماء أقل ما يمكن فيبدأ حوض أسفل منسوب فى تحريك التربينات وهكذا . ويمكن بوساطة الحوضين الحصول على تيار مستمر ثابت بقوة ثابتة مهما تغير منسوب أعلى وأقل مستوى لسطح الماء . وتوجد أماكن قليلة فى العالم يظهر فيها تأثير المد والجزر واضحاً ويمكن استخدامه فى توليد الكهرباء . وقد وجد أن أنجح مشروع يحتاج إلى مدى للمد والجزر على الأقل ٢٠ قدماً بحيث يكون الشاطئ ذا تكوين جيولوجى قوى يمكن أن يتحمل إنشاء خزان لتخزين المياه . ومن المناطق التى

يمكن توليد الكهرباء منها هو بحر سيفرن (Severn) بإنجلترا . وبحر لاراس ومونت سانت ميشيل بفرنسا . وبحر سان جرمى وديسيدو (Diseado) بالأرجنتين .. ومصبات أنهار بتيكودياك (Petit Codiac) ميمرامكوك (Memramcook) فى خليج فندای بكندا وقد وجد فى خليج فندای حيث يبلغ مدى المد والجزر حوالى ٤٠ قدماً يمكن توليد كهرباء بقوة قدرها ٣ × ١٠٬٤ قوة حصان فى القدم المربع فى ١٢,٥٠ ساعة . بينما فى بحر لارانس بفرنسا فإن الطاقة الكهربائية المنتجة تقدر بحوالى ٥٦٥ مليون كيلوات فى الساعة سنوياً .

وفى الجمهورية العربية المتحدة لا يمكن الاستفادة من المد والجزر نظراً لصغر المدى ولكن أمكن فعلا من الاستفادة من انحدار ماء نهر النيل عند سد أسوان فقد أمكن إنشاء محطة لتوليد الكهرباء عام ١٩٦١ وتبلغ قدرتها نحو ٢٠٠٠ مليون كيلووات/ساعة سنوياً . وتستغل هذه الطاقة فى تشغيل مصانع السماد ومصانع كيما بأسوان . وفى إدارة طلمبات رفع الماء للأراضى الزراعية بمحافظتى قنا وأسوان وهذا ما يزيد من بقعة الأرض الزراعية التى ستعود بالنفع الكبير على أهالى هذه المناطق .

ومن فوائد مشروع السد العالى على اقتصادنا القومى نذكر ما يأتى :

١ ــ التوسع الزراعى بتوفير الرى لمليون فدان جديدة وتحويل ٧٠٠ ألف فدان بالوجه القبلى من رى الحياض إلى المستديم وبهذا تزيد المساحة المنزرعة الحالية بحوالى ٢٥٪ .

٢ ــ الوقاية الكاملة من أخطار الفيضانات العالية دون الحاجة إلى تعلية جسور النيل الحالية أو تقويتها التى تكبد مصلحة الرى أموالا طائلة كل عام .

٣ ــ توليد طاقة كهربائية تقدر بنحو ١٠ مليار كيلووات/ساعة سنوياً أو ما يعادل حوالى خمسة أمثال الطاقة الكهربائية المولدة من محطة توليد الكهرباء بخزان أسوان الحالى مما يساعد على خلق صناعات جديدة وازدهار الصناعات الحالية .

وبالإضافة إلى هذا فإن السد العالى سيؤثر تأثيراً كبيراً فى اقتصاد الجمهورية السودانية حيث إنه ستصل المساحة المنزرعة إلى حوالى ثلاثة أمثالها . بينما سيرتفع الدخل القومى من الزراعة إلى حوالى ٣٠٠٪ .

(ب) الأمواج :

ومن المصادر الأخرى لتوليد الكهرباء هى الأمواج وتنقسم الأمواج إلى أنواع مختلفة من حيث طولها وزمن مرورها

واتجاهها وطبيعة الوسط التى تسير فيه والقوة المؤثرة عليها بالإضافة إلى عوامل أخرى .

فمن حيث الزمن التى تستغرقه الموجة فإنها تنقسم إلى :

الموجات الشعرية (Capilary) ومدتها أقل من ١,٠ من الثانية

موجات فوق الجاذبية (Ultra Gravity) ومدتها من ١, إلى ١ ثانية .

موجات الجاذبية (Gravity) ومدتها من ١ ثانية إلى ٣٠ ثانية .

موجات تحت الجاذبية (Infra Gravity) ومدتها من ٣٠ ثانية إلى ٥ دقائق .

موجات ذات الزمن الطويل (Long Period) ومدتها من ٥ دقائق إلى ١٢ ساعة .

موجات المد والجزر (Tidal) ومدتها من ١٢ ساعة إلى ٢٤ ساعة .

موجات ما وراء المد والجزر (Trans-Tidal) ومدتها أكبر من ٢٤ ساعة .

ومن حيث اتجاه مسارها فى مجال الحركة فإنها تنقسم إلى:

١ــ موجات مستعرضة وتكون شدة المجال أو الوسط إن وجد يتذبذب فى اتجاه عمودى على اتجاه مسار الموجة كالموجات

الكهرومغناطيسية .

٢ ــ موجات طولية وفيها تتحرك جزيئات الوسط فى نفس الاتجاه أو موازى لمسار الموجة كالموجات الصوتية .

بالإضافة إلى هذا فإنه يوجد نوع آخر من الأمواج وهى الأمواج الثابتة (Standing) والأمواج الساكنة (Stationary) وتكون على شكل موجتين إحداهما تتحرك فى عكس اتجاه الأخرى والفرق بينهما أنه فى حالة الأمواج الساكنه تكون الموجتان تسيران فى عكس الاتجاه متساويتين فى القوة وفى الذبذبة بحيث تلاشى كل منهما الأخرى أما فى حالة الأمواج الثابتة فإنه يوجد فرق بين قوتى الموجتين المتضادتين الذى يعطى فى النهاية محصلة فى اتجاه بعيد عن مصدر الموجات .

ومن حيث العمق فإنها تنقسم إلى :

(ا) موجات مائية عميقة وفيها تكون خارج قسمة عمق الماء على طول الموجة كبيرة جدا ، أى عندما تكون النسبة أكبر من النصف .

(ب) موجات مائية ضحلة وفيها يكون خارج قسمة عمق الماء على طول الموجة صغير نسبياً أى عندما تكون النسبة أقل من $\frac{1}{2}$.

بالإضافة إلى أنواع الأمواج المختلفة التى ذكرت سالفاً فإنه توجد أنواع أخرى تعتمد على عوامل كثيرة ومتعددة . فمثلا يوجد نوع من الأمواج ينشأ بين وسطين بينهما فرق فى الكثافة كالأمواج التى تنشأ بين الطبقة السطحية للبحر وطبقة الجو الملاصقة لها وكذلك فى داخل البحر نفسه بين طبقتين مختلفتى الكثافة . هذا النوع من الأمواج يسمى بالأمواج الداخلية .

والأمواج البحرية هى النتيجة المباشرة لتأثير الرياح على البحار والمحيطات وفى هذه الحالة تكون سرعة وحجم الموجة يتناسب تناسباً طردياً مع سرعة الرياح .

وقد وجد أن العوامل التى تحدد نوع الموجة هى :

١ ــ عمق الماء التى تسير بها الموجة .

٢ ــ قوة الرياح .

٣ ــ المدة التى تستغرقها هبوب الرياح .

٤ ــ المسافة التى تغطيها الرياح عند هبوبها على سطح الماء .

٥ ــ الحالة العامة للبحر .

وإذا بحثنا فى المراحل المختلفة التى تمر على تكوين الأمواج المختلفة فإننا نجد أنه فى أول مراحل هبوب الرياح على سطح

البحر تبدأ الأمواج فى التكوين مكونة منطقة تعرف باسم البحر (Sea) وبازدياد شدة الرياح يبدأ ظهور الموج المتلاطم (Swell) وتستمر هذه الموجات مؤثرة لمسافات طويلة تتخللها بعض الأمواج القصيرة غير المنتظمة حتى تصل هذه الأمواج إلى منطقة ضحلة من الماء فتنكسر وتنتشر على هيئة أمواج ذى قمم بيضاء تعرف بأمواج الشاطئ (Surf) حيث تتعدى خط الساحل متجهة نحو الشاطئ .

والجدير بالذكر أن الأمواج البحرية ليست كلها نتيجة لتأثير هبوب الرياح وإنما ترجع إلى عوامل أخرى . فقد تكون نتيجة حدوث بركان أو زلزال فى منطقة ما فى قاع البحر الشىء الذى ينشأ عنه خسائر فادحة نتيجة لتكوين الأمواج الطويلة التى تعرف باسم أمواج المد والجزر مع أنها ليست لها أى علاقة بظاهرة المد والجزر .

(هذا بخلاف الأمواج التى تحدث نتيجة لقوى الجذب بين الشمس والقمر مع الغلاف المائى المتكون حول الكرة علاقة الأرضية) .

وهذه الأمواج تسمى باسم التسونامى (Tsunami) وهى تسير بسرعة هائلة حوالى ٦٠٠ قدم / ثانية فى الطبقات العميقة من

المحيطات ومن النادر أن ترى فى البحار . وبالإضافة إلى أنها تحدث نتيجة الزلازل والبراكين إلا أنه فى بعض الأحيان تكون نتيجة الانفجارات الذرية . وهذه الأمواج مع أنها قليلة الحدوث إلا أنها خطيرة جداً لأنه لا يمكن التنبؤ بها . وهى عادة توجد فى المناطق التى تكثر بها الزلازل كساحل المحيط الهادى وعلى الأخص الساحل اليابانى . ومنطقة البحر الأبيض المتوسط وفى بعض الأحيان على سواحل المحيط الأطلنطى .

ومن المشاهدات المختلفة لأمواج البحر فإنه فى أغلب الأحيان نشاهد الأمواج المتوسطة الارتفاع حيث يصل ارتفاعها من ٣ أقدام إلى ١٥ قدماً .

وفى بعض الأحيان تصل من ٢٠ إلى ٢٥ قدماً . هذا فى حالة هبوب رياح شديدة .

ومع هذا من النادر أن تصل ارتفاع الموجة إلى أعلى من ذلك إلا أنه فى عام ١٩٣٣ فى السادس من فبراير وسط الجزء الجنوبى من المحيط الهادى أن سجلت (U.S.S. Ramapo ارتفاعاً) لموجة وصلت إلى ١١٢ قدماً أى ما يقرب من ٣٥ متراً .

والعجيب أننا إذا تصورنا هذا الارتفاع التى تحدثه الموجة وحسبنا القوة الهائلة الناتجة من هذا الارتفاع لوجدنا أنفسنا أننا

قد سرحنا فى عالم آخر من ضخامة هذه القوة . فهل تعلم أن الأمواج التى تبلغ ارتفاعها ٦ أقدم تؤثر بقوة قدرها ٣٠٠٠ رطل فى القدم المربع .

ومع أن ارتفاع الموجة قد يهدد فى بعض الأحيان إلا أن انحدار الموجة هو الشىء الأهم فى بعض الأحيان الذى يحدث التلف بالسفن وما تحمل من بشر وثروات والبحارة أنفسهم . وقد دلت الدراسات النظرية على أن الموجة لا يمكن أن تصل انحدارها إلى أكثر من $\frac{1}{7}$ ، وقد حدث فى أواخر عام ١٩٤٤ أن هبت رياح الأعاصير على جزر الفلبين كان من نتيجتها أن دمرت الأسطول الثالث بقيادة الأدميرال وليام هالسى (Admiral William Halsey) وفى نفس العام قرب ساحل فلوريدا غرقت الباخرة (U.S.S.Waringto n) وفقد طاقم بحارتها الذى يبلغ ٢٥١ بحاراً. وهنا يجب أن نذكر أن الموجات العالية من النادر أن تحدث فى منطقة العواصف الاستوائية وذلك لأن الرياح الشديدة تهب فى اتجاهات مختلفة على مساحات ضيقة الشىء الذى يجعلها غير كافية لوقوع الحوادث بالبواخر . والأمواج لها تطبيقاتها المختلفة فى جميع الحالات . فمن فكرة الأمواج اخترعت الأجهزة لقياس الأعماق وتحديد المواقع والمدى بالإضافة إلى

ذلك فإن دراسة الأمواج تطبق فى الطائرات فوق الصوتية والآفاق الخاصة بدراسة الرياح وأنابيب الصدمات وذبذبات احتراق الصواريخ وانفجارات القنابل الذرية وعمليات الصهر فى البلازما والطرق فوق الصوتية فى عمليات الكشف عن العيوب المختلفة فى المعادن والسبائك .

ومن المعلوم أن الأمواج فى السوائل يمكن أن تنكسر وتحيد ويمكن تجميعها لتنتج طاقة قوية مركزة . فمثلا فى أنابيب الصدمات يمكن تجميع كل الطاقات التى تحملها الأمواج وكذلك الموجات فوق الصوتية يمكن تجميعها وتوجيهها إلى خزانات الزئبق لاستخدامها فى العقل الإلكترونى .

كذلك تستخدم الأمواج فى الكشف عن البترول وفى الدراسات المختلفة للأرصاد والتنبؤات الجوية بالاضافة إلى هذا فإنها عامل مهم فى الحرب للكشف عن مكان الغواصات وفى توليد الكهرباء وفى عملية تآكل الشواطى .

والأمواج كأى ظاهرة من الظواهر الطبيعية يمكن قياسها وتقديرها كميًّا ونوعيًّا .

ويمكن قياس الأمواج بطريقتين أساسيتين : الأولى بقياس ميل مستوى سطح البحر . والثانية بقياس التغيرات

الطارئة على الضغط الجوى عند الأعماق المختلفة الناتجة من حدوث الأمواج .

أما بالنسبة للأجهزة التى تستعمل لقياس ميل مستوى سطح البحر فإنها تشمل :

١ ــ جسم يطفو على سطح الماء يتصل ميكانيكياً بجهاز التسجيل .

٢ ــ أجهزة لتسجيل قوى الدفع المؤثرة على أسطوانة عمودية مثبتة .

٣ ــ أجهزة تستخدم بواسطة معجل عمودى (Accelerometer) مثبت بواسطة عوامات سطحية .

٤ ــ أجهزة لتسجيل ارتفاع سطح البحر المطلق يستخدم من طائرات فى المنطقة التى يراد دراسة ميل المستوى فيها .

٥ ــ (Stereophotographs) أشكال أو صور مجسدة .

٦ ــ عناصر لها خواص كهربائية بحيث إن مقاومتها أو سعتها دالة لميل مستوى سطح البحر . أما بالنسبة للأجهزة المستخدمة لقياس تغيير الضغط الجوى تحت سطح الماء فإنها تعتمد اعتماداً كلياً على الطريقة الهيدرو ديناميكية لحساب ارتفاع الموجة بالإضافة إلى هذا فإنه يمكن تحويل إشارات الضغط

عند الأعماق المختلفة إلى إشارات كهربائية بواسطة (Transducer).

والتنبؤ بالأمواج ودراسة الحالة العامة للبحر تعتمد على الأرصاد الجوية من ضغط ورياح وخلافه والمعادلات النظرية التى تربط الرياح والأمواج .

وحيث إنه فى بعض الأحيان تكون الأمواج المكونة لحالة البحر عبارة عن أمواج محلية نشأت من الظروف المحيطة بالمنطقة مضافاً إليها الأمواج المتلاطمة القادمة من مسافات طويلة نتيجة حدوث أعاصير . لذلك اتجه الباحثون إلى تقسيم طرق التنبؤ بالأمواج إلى طريقتين مختلفتين معتمدتين كل منهما على خرائط الأرصاد الجوية للبحار والمحيطات .

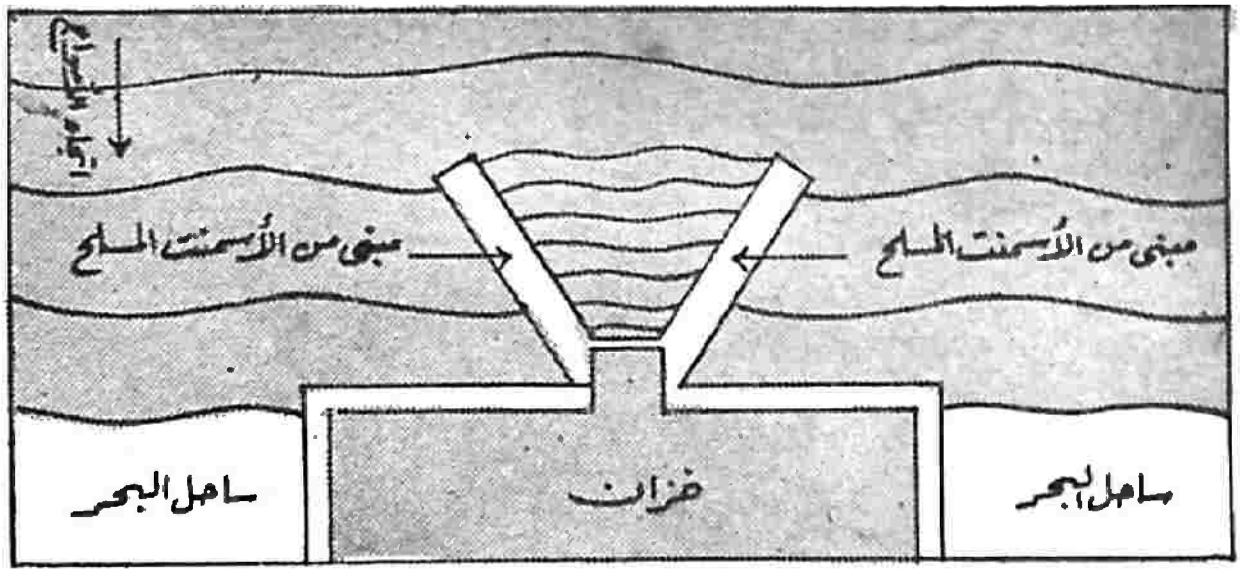
والطريقة الأولى هى إيجاد العلاقة بين تغير مقدار الطاقة التى تولدها الرياح مع الأمواج على امتداد مسافات طويلة والأزمنة المقارنة . أما الطريقة الثانية فهى تعتمد على دراسة تغير ارتفاع الموجة بتغير شدة الرياح .

وكما ذكرت سلفاً أن الأمواج من المصادر المتعددة لتوليد الكهرباء . فقد وجد أن الأمواج المائية التى تنشأ فى شمال المحيط الأطلنطى التى قد يبلغ ارتفاعها حوالى ١٥ قدماً ، يمكن أن تنتج طاقة كهربائية قوتها ٣ × ١٠^{٢} قوة حصان فى القدم

المربع . ومن أهم المشاريع التى تنجح فيها توليد الطاقة الكهربائية من تأثير الأمواج هو مشروع الساحل الجزائرى . وتولد الكهرباء من تأثير الأمواج بإقامة بنيان من الأسمنت المسلح على شكل رقم ٧ (شكل٣) على الساحل أمام اتجاه الأمواج فحينما تقترب الأمواج من هذا البنيان فى نهايةالشكل ٧ وتبدأ المياه فى التجمع عند الجزء المسحوب ويبدأ منسوب المياه فى الارتفاع حتى يصبح عالياً لدرجة انسيابه من فوق السد إلى خزان لحصر الماء . ومن هذا الخزان يمكن مرور تيار من الماء لإدارة التربينات لتوليد الطاقة الكهربائية . وواضح أن هذا المشروع يحتاج إلى تدفق أمواج مائية باستمرار على مدار السنة الشىء الذى يجعل تطبيقه فى الحياة العملية صعباً .

بعد هذا العرض السريع عن الأمواج ونشأتها وطبيعتها والعوامل التى تؤثر على نشأتها . أنتقل إلى موضوع آخر لا يقل أهمية عن الأمواج بل هو إحدى نتائج تأثيرها وهو النحر أو تآكل الشواطئ .

والنحر هو النتيجة المباشرة لتأثير العوامل الطبيعية والكيميائية على طبقة الكرة الأرضية سواء كانت ملاصقة لقاع البحر أو مجاورة لمجرى الأنهار والبحار .



شكل رقم (٣) توليد الطاقة الكهربائية من الأمواج

والعوامل المؤثرة على النحر كثيرة ومتعددة مثال ذلك تحات الصخور بتأثير (Weathering) التقلبات الجوية والنحر تحت تأثير سريان المياه فى مجرى الأنهار وتجمد الطبقات المختلفة من المياه فى البحار والرياح والأمواج والمياه الجوفية بالإضافة إلى عوامل أخرى .

والجدير بالذكر أن عملية الترسيب تلاحق النحر فى كل مكان فنجد أنه عندما يحدث نحر فى منطقة ينشأ عنه انتقال المخلفات المتباينة من صخور ورمال وخلافه إلى منطقة أخرى حسب اتجاه التيارات والتأثيرات المختلفة فى هذه المنطقة .

وسأبدأ بشرح الطرق المؤثرة على النحر بطريقة موجزة :

النحر تحت تأثير التقلبات الجوية (Weathering) :

وهذه الظاهرة فى الحقيقة تنقسم إلى عاملين : عامل ينسب إلى الطرق الكيماوية ، والعامل الآخر ينسب إلى الطرق الميكانيكية وكلا العاملين مهمتهما الأساسية هى التأثير على الصخور بحيث تصبح جزئياتها متحالة سهلة للانتقال من مكان إلى آخر إذا مر عليها تيار مائى أو سلسلة من الأمواج :

ومن المعلوم أن بعض المعادن فى الصخور النارية والصخور

المتحولة تكون معرضة للتجوية الكيماوية حيث إنها تكونت تحت تأثير عوامل مختلفة عن العوامل الموجودة على سطح الأرض . فمعادن الحديد والمغنسيوم يمكن أكسدتها بأكسوجين الجو يساعده فى ذلك حامض الكربونيك (الناتج من ذوبان ثانى أكسيد الكربون فى الماء) .

والأحماض العضوية الناتجة من النباتات المتحللة . ونجد أن الحديد يتحول إلى حديدوز ثم إلى أيدرات الحديديك الذى يعرف بلونه الأحمر أو البنى اللون الذى تشتهر به الصخور الغنية بالحديد . وإذا نظرنا إلى الحجر الجيرى نجد أنه من أشهر الصخور الرسوبية المعرضة للتأثير الكيميائى أكثر من أى نوع آخر من الصخور نظراً لذوبان الكالسيت (كربونات الكالسيوم) فى حامض الكربونيك .

بالإضافة إلى هذا فإن الكوارتز والميكا البيضاء تقاوم عوامل التجوية الكيميائية . فتبقى على هيئة حبيبات متفرقة بعد انحلال المكونات الأخرى فى الصخور .

أما الصخور المتكونة من السلكيا مثل حجر الصوان وبعض أنواع حجر الكوارتز فهى لا تتأثر بهذه العوامل .

النحر بتأثير مجارى الأنهار :

وهذا العامل يعتبر من أهم العوامل المؤثرة فى النحر فى حيث إن مرور المياه فى مجرى النهر تحدث نحراً فى الجوانب والقاع بالإضافة إلى حمل المخلفات الذى يحملها التيار أثناء مروره . وكمية النحر تعتمد على عاملين مهمين هما انحدار مجرى المياه وسرعة وحجم تيار المياه . ومن المعلوم أن نوع الرواسب التى يحملها التيار من رمال أو زلط وخلافه تعتمدأيضاً على هذين العاملين بالإضافة إلى أنهما يؤثران فى كمية النحر الناتجة فى الصخور المختلفة الصلابة المكونة لطبقات الوادى . ومن الطبيعى أنه إذا هبت عاصفة على الجهات المجاورة لمجرى النهر وكانت هذه العاصفة مصحوبة بأمطار غزيرة فإن هذا يساعد على زيادة النحر والترسيب فى المجرى .

وإذا تتبعنا نشأة مجرى النهر عندما يشق طريقه إلى الوادى نجد أنه فى دور تكوينه تبدأ عملية نحر الجانبين والقاع حتى يصل شكل المقطع للمجرى حرف ٧ . وتستمر هذه العملية فيتزايد تآكل الجانبين بينما يقف تقريباً تآكل القاع . ويتحول شكل قاع المجرى على هيئة نصف قطع ناقص . ومن هنا نجد أن تكوين شكل المقطع لمجرى يختلف باختلاف طبيعة الجو

والأرض فى المنطقة التى ينشأ فيها المجرى معتمداً على كمية الأمطار الساقطة . فمثلا عندما يكون الجو جافًّا فإن مجرى النهر يخترق طريقه وسط الوادى فى منحنى متعرج بطريقة ملتوية بينما فى حالة جو ممطر فإن مستوى سطح الماء فى المجرى يرتفع فوق قناته الرئيسية ويطفح على الجانبين . ولهذا السبب نجد أن مجرى النهر يتحول من شكل ٧ إلى مستوى بانحناء بسيط (ضحل) فى حالة نزول أمطار غزيرة .

بعد تكوين مجرى النهر تبدأ عملية تكوين فروع مجرى النهر بطريقة مماثلة تقريباً مع اختلاف الفارق فى كمية الماء وسرعتها والطاقة المستخدمة فى شق طريقها والجدير بالذكر أن الدلتا نشأت نتيجة مرور المياه القادمة من الروافد إلى مجرى نهر النيل وتراكم الطمى على جانبى أفرع نهر النيل . وتفسير هذا أن عملية النحر تصحبها عملية ترسيب فبينما كان نهر النيل يشق طريقه كان يحدث عملية نحر فى الجانبين والقاع وعملية ترسيب المخلفات من طمى وخلافه على الجانبين حيث تهبط سرعة التيار وتصبح غير قابلة على حمل هذه المخلفات ولهذا السبب تكونت الدلتا على مر السنين من ترسيب الطمى الصالح للزراعة القادم مع الفيضان كل عام .

النحر بواسطة الرياح والأمواج والتيارات :

والنحر بواسطة الرياح مقصور على الجهات التى يكثر بها الأتربة وغير محمية بالنباتات كالشواطئ المعرضة للرياح والأراضى القاحلة كالصحراء والرياح فى حد ذاتها تحمل الأتربة الصغيرة جداً ولا تستطيع أن تحمل قطع الحجر الكبيرة .

ولذلك نجد أنه عند هبوب الرياح على منطقة ما فإنها تحمل الأتربة معها إلى طبقات الجو العليا وتسير بها إلى مسافات طويلة حيث تجد منطقة محمية تتراكم فيها الأتربة مكونة ما يسمى بالكثبان الترابية وكثيراً ما تستعمل الرياح فى تنقية المخلفات من زلط ورمل وخلافه من التراب الذى يحتويه . بالإضافة إلى هذا فإن الرياح عامل مهم فى تآكل جوانب الجبال المعرضة لها . وكذلك فإن الرياح من العوامل المهمة فى توليد الأمواج والتيارات البحرية نتيجة الاحتكاك بينها وبين طبقات المياه المختلفة . فنجد أنه عندما تتكسر الأمواج على الشواطئ تعطى نوعين من التيارات البحرية أحدهما يعرف باسم التيار الفاتق (Rip Current) متجهاً ناحية البحر على

هيئة أشرطة ضيقة من المياه وسط أمواج الشاطئ الصخرى surf والنوع الآخر يعرف باسم التيارات الشاطئية الطولية حيث تتجه موازية للشاطئ وهى ناشئة من الأمواج التى تتقدم نحو الشاطئ فى اتجاه عمودى . والأمواج لها تأثيرها المباشر على نحر جوانب البحيرات التى تعلو مستوى سطح الماء فيها بينما يكون نحر الشواطىء فى المحيطات ناتجاً من قوة أمواج المد والجزر مكوناً ما يعرف بالميل أو الرصيف القارى. نضيف إلى ذلك أن تأثير الأمواج على خطوط السواحل المختلفة هو تأثير موسمى يتبع نظام هبوب الرياح حيث إنها العامل المهم فى توليد الأمواج . والتيارات البحرية عامل مهم أيضاً فى النحر والترسيب حيث إنها تحمل المخلفات الناتجة من تأثير الأمواج ومرور المياه فى مجرى الأنهار القادمة من الأماكن المختلفة إلى المحيطات فترسبها حيث تهبط سرعة التيار ويصبح غير قادر على حملها .

النحر بواسطة المياه الجوفية :

والمياه الجوفية بمعناها العلمى هى المياه الناتجة من تسرب مياه الأمطار إلى باطن الأرض وتجميعها حتى تصبح التربة

مشبعة فتبدأ فى الانتقال إلى الوادى حيث تغذى مجرى النهر. وحركة المياه الجوفية تختلف باختلاف طبيعة التربة فإذا كانت التربة متكونة من الرمال والزلط سهل انتقال هذه المياه بينما إذا كانت التربة متكونة من طبقات مختلفة من الطفل فهذا يبطئ سرعة سريان المياه . ولو أن تحركات المياه الباطنية بطيئة إلا أن عمليات النحر التى تحدثها لا يمكن تجاهلها . حيث إنها يمكن أن تحدث عمليات تعرية ميكانيكية . فوجودها بين حبيبات التربة والصخور يساعدها على تذويب كمية من المواد القابلة للذوبان التى تكون فيها ثم ينتقل جزء منها إلى مجارى الأنهار المجاورة أو قد تترسب مرة أخرى فى أماكن أخرى التى أصابتها عمليات التجوية . وعملية التذويب تمتد إلى أعماق بعيدة تحت باطن الأرض حسب نوع الصخور الموجودة حيث إنه على وجه العموم كل أنواع الصخور يوجد بها بعض الشقوق والثقوب التى تسمح لكمية من الماء أن تتحرك داخلها (ولو أن الصخور النارية والمتحولة لا يوجد بها كمية مياه إلا قليلة جداً) وفى أعماق هذه الصخور تقل كمية الماء الموجودة فيها . ولهذا فى المناجم العميقة يوجد مياه كثيرة فى أجزائها العليا وتقل كلما اتجهنا إلى الأجزاء السفلى من المنجم .

وعمليات الترسيب من المياه الجوفية هى عمليات كيميائية بحته (أى ترسيب من المحلول) وهذا الترسيب قد يحدث نتيجة للتبخر من الماء أو لاختلاط مياه باطنية من جهات مختلفة أو لانخفاض درجة الحرارة أو لهروب غاز عند انخفاض الضغط المحيط به .

بعد هذا العرض السريع للعوامل المختلفة المؤثرة على النحر نجد أن ميكانيكية عملية النحر والترسيب على الشواطئ لها صلة وثيقة بالفرق بين سرعة كمية الماء فى الموج الداخل والخارج على الشاطئ .

لذلك نرى أن الموج الداخل على شاطئ منفذ للماء يقلل كمية الماء التى يحملها الموج الخارج من الشاطىء . وعلى هذا يكون هذا سبباً فى تراكم الماء الآتى مع الموج الداخل ويزيد من هذه العملية إذا كان الشاطئ جافاً ، ومن المعلوم أن الرمل أو الحبيبات الكبيرة أكثر نفاذا للماء وبالتالى أكثر تأثيراً للترسيب وعمل الشاطئ المنحدر . بينما فى حالة الشاطئ المشبع يكون الموج الخارج بسرعة أكبر وهذا يساعد على النحر . من هذا كله يتضح لنا أن انحدار الشاطئ يزداد مع زيادة حجم حبيبات المواد المترسبة وانخفاض ارتفاع الموجة وقوتها .

طرق حماية الشواطئ :

توجَد طرق كثيرة لحماية الشواطئ تعتمد جميعها فى تصميمها على ما يأتى :

١ ــ قيمة الأرض والإصلاحات المطلوب حمايتها .

٢ ــ قيمة واتجاه ما يجرفه التيار الساحلى .

٣ ــ قوة دفع الأمواج .

٤ ــ التتبع التاريخى الجيولوجى لمنطقة البحر .

وسأعرض ثلاث طرق مختلفة مستخدمة فى حماية الشواطئ من التآكل الذى يحدث نتيجة العوامل المختلفة ووقف الترسيب الناتج فيها .

١ ــ الحائط أو الحاجز البحرى :

وهو عبارة عن حاجز من الأسمنت المسلح أو من الطوب أو الحجر ينشأ أمام الساحل الذى يراد حمايته بما فيه من مبانى ومصانع وخلافه . ويراعى فى تأسيس هذا الحاجز أنه يتحمل تأثير الأمواج المختلفة الارتفاع والقوة بالإضافة إلى الدفع الذى تحدثه الأمواج عند قدومها إليه . وفى بعض الأحيان تردم

المساحة التى أمام الحاجز بالرمال لتكسير الأمواج قبل وصولها إلى الحائط .

٢ — الرءوس الصناعية Croynes (Croins) :

وهو عبارة عن حاجز قصير فى الطول متوسط الارتفاع ينشأ عمودياً على خط الساحل لصد ما يجرفه التيار الساحلى . فيجمع أمامه المخلفات والرواسب المختلفة لتوسيع الساحل أو إصلاحه . وفى حالة وضع المقاسات المختلفة لهذا الحائط فإنه يجرى بعض التجارب المبدئية عن الظروف المحيطة بالمنطقة . وقد وجد أنه فى بعض الأحيان أن تأثير الأمواج القادمة على هذه الحواجز قد يحدث بها الشقوة لذلك اتجه المهندسون المدنيون لإيجاد الحلول العملية المناسبة ووصلوا للحل الناجح وهو جعل هذا الحاجز متصلا بحاجز آخر موازياً لخط الشاطئ .

٣ — رصيف للميناء (Jettics) :

وهو عبارة عن بناء ضخم يمتد إلى عشرات الأمتار من البحر. ووظيفته وقف كل ما يجرفه التيار الساحلى من رمال وخلافه محدثاً ترسيب مقابل اتجاه الريح ونحر فى اتجاه الريح نفسها .

بالإضافة إلى هذا فقد وجد فى بعض الأحيان لضخامة تكاليف إنشاء حاجز أو حائط بحرى فإنه اتجهت بعض الآراء إلى ردم المساحة من البحر أمام الشاطئ الذى يحدث فيها النحر بالرمال أو بالحجارة . وفى هذه الحالة تكون فائدة هذا الشاطئ الاصطناعى تكسير الأمواج قبل وصولها إلى الشاطئ الحقيقى وحفظ الأراضى والمساكن وراء الشاطىء .

وكل هذه المحاولات والمشاريع الخاصة بحماية الشواطئ تعتمد كلية على البيانات والأرصاد التى تجمع من واقع المكان الذى يوجد فيه نحر أو ترسيب حتى تكون الحلول المقترحة قريبة من الواقع الصحيح .

مشكلة تآكل شواطئ الجمهورية العربية المتحدة :

من المعلوم أن الدلتا نشأت نتيجة لعمليات النحر والترسيب المختلفة الناتجة من مرور تيار الماء فى مجرى نهر النيل القادم من روافده المختلفة محملا بالطمى .

وإذا نظرنا إلى فروع مجرى نهر النيل حسب أهميتها فإننا نجد أن الفرعين المهمين فى دراستنا هما فرعا دمياط ورشيد لما لهما من تأثير فى عملية النحر بواسطة التيار المائى والترسيب

بواسطة الطمى . وإذا بحثنا فى العوامل التى تؤثر فى تآكل شواطئنا فإنها كثيرة ومتعددة أهمها التيارات البحرية والرياح التى من أجلها تكونت الأمواج سواء كانت ناشئة على خط الساحل أو قادمة من جهات بعيدة . والنحر والترسيب هما محصلة القوى المؤثرة على الساحل المصرى الممثلة فى تيارات المد والجزر والتيارات القادمة من فرعى مجرى نهر النيل ثم إننا إذا تتبعنا نشأة البحيرات فإنها ترجع إلى عدم تكامل الإرساب النهرى فى بعض القاع فتبقى هذه منخفضة على شكل بحيرات أو مستنقعات ويساعد على انعزالها عن البحر تكون الشطوط الرملية والغرينية بينها وبينه فيتم انفصالها إلى حركة الهبوط التى انتابت ساحل البحر الأبيض المتوسط فى معظم أجزائه فى العصر الجيولوجى الحديث . والجدير بالذكر أن الوضع الحالى بالنسبة للتيارات البحرية قد تغير عما من قبل نتيجة إنشاء السد العالى وذلك لأنخفاض مرور تيار المياه فى فرعى دمياط ورشيد .

أما من جهة الأمواج فإنه بالنظر فى تقارير الأرصاد الجوية نجد أن الرياح التى لها تأثير على عملية النحر والترسيب هى التى تهب على سواحلنا هى الشمالية والشمالية الغربية .

وأهمية المشكلة التى تواجه الجمهورية العربية المتحدة لها

أثرها المباشر فى تعرض المنشآت والقرى الساحلية لخطر الغرق بالإضافة إلى أطماء بواغيز البحيرات الشىء الذى يؤثر على الثروة السمكية .

والمعروف أن البحيرات يفصلها عن البحر الأبيض المتوسط أرصفة ضيقة الشىء الذى ربما إذا تركت لعمليات النحر والترسيب فإنها ستؤثر على هذه الأرصفة مما يسبب انهيارها واتصال البحيرات بالبحر الأبيض المتوسط وتحويلها إلى خلجان بحرية مما سينتج عنه بعد ذلك تعرض سواحل البحيرات الداخلية للأمواج والتيارات البحرية . وإذا نظرنا إلى أهمية المناطق المختلفة على الساحل المصرى المعرضة للنحر فإنه يمكن ترتيبها على النحو الآتى :

١ ــ منطقة شاطئ مصيف رأس البر وميناء دمياط .

٢ ــ منطقة شاطئ البرلس (شرق وغرب البحيرة) وتعرض البحيرة للاتصال بالبحر .

٣ ــ بحيرة أدكو والسبب فى إغلاق فتحتها

٤ ــ بحيرة المنزلة وتحرك الفتحة الطبيعية لها وأثرها على إنشاء الطريق البرى .

٥ ــ الشاطئ عند رشيد .

٦ – منطقة جمصة .

٧ – بحيرة البردويل وتآكل المنطقة المحيطة بها .

وقد شكلت لجنة من جميع المهتمين والمتصلين بهذه المجالات التى تتعلق بحماية الشواطئ من خبراء الهندسة المدنية والبحرية والموانى والمنائر والأرصاد الجوية والجهات المختلفة المهتمة بعلوم البحار لدراسة هذه المشكلة ووضع الحلول المناسبة لها .

ونحن نرى أن حل مشكلة نحر الشواطئ ينقسم إلى شطرين : الشطر الأول يتعلق بجمع البيانات اللازمة على امتداد الساحل المصرى من أرصاد جيولوجية وجيومورفولوجية والأرصاد الجوية من رياح وضغط وخلافه وقياس التيارات والأمواج البحرية على مدار سنة كاملة حتى يمكن الحصول على صورة كاملة للتغيرات الطارئة على الساحل المصرى خلال هذا العام بالإضافة إلى التغيرات التى تحدث على فتحات البحيرات بالبحر الأبيض المتوسط .

يضاف إلى هذه الدراسات دراسة العوامل البيولوجية التى تؤدى إلى تغيرات القاع ..

من كل هذه الدراسات ونتائجها يمكن وضع الحلول

المناسبة لوقف عملية النحر والترسيب الذى يحدث حالياً على الساحل .

والشطر الثانى يتعلق بالموارد المالية للصرف على هذا المشروع لأن هذه الدراسات تحتاج إلى أموال باهظة بالإضافة إلى أن الحلول المناسبة لها تتطلب الكثير من المال .

(ج) البخر :

والبخر عامل آخر من العوامل الطبيعية فى توليد الكهرباء . وهناك مشروعان يعتبران من أهم المشاريع فى الهندسة المدنية الحديثة لتوليد الكهرباء نتيجة لتأثير البخر . والمشروع الأول هو مشروع البحر الأحمر . فقد تمكن بعض العلماء المصريين وهو الدكتور السيد محمد حسن من تطبيق هذه الظاهرة عند باب المندب بالبحر الأحمر بالقرب من عدن ويتلخص المشروع فيما يأتى :

بما أن كمية البخر على البحر الأحمر أكبر من المطر المتساقط بمقدار ١,٥ × ١٠^{٦} أقدام مكعبة فى الثانية وهذه الكمية تعوضها المياه القادمة من المحيط الهندى للتوازن بين مستوى سطح البحر فى المحيط الهندى والبحر الأحمر . فإذا أنشئ

سد عند باب المندب فهذا يمنع قدوم هذه المياه من المحيط الهندى ومن هذا ينشأ فرق مستوى سطح الماء بمقدار ١٢ قدماً سنوياً . وقد وجد أن هذا المشروع سوف يزيد الدخل العام للدولة بمعدل ٩ ملايين دولار فى السنة وأن -كيلو الكهرباء سيصل ثمنه إلى نصف ثمن الكيلووات الناتج من استخدام الطاقة الذرية .

والمشروع الآخر هو مشروع البحر المتوسط . فقد بحث عالم ألمانى فى مضيق جبل طارق فوجد أن حوالى ٣ ١/٢ ملايين طن من الماء ناتجة من الأمطار والمصادر الأخرى تأتى سنوياً من المحيط الأطلنطى خلال مضيق جبل طارق إلى البحر المتوسط . وقد وجد أن معظم هذه الكمية تفقد نتيجة للبخر العالى فى البحر المتوسط . وبإنشاء سدين عند كل من مضيق جبل طارق ومضيق الدردنيل يمكن خفض كمية المياه القادمة من المحيط الأطلنطى إلى حوالى ٦٥٪ ، وبذلك ينخفض مستوى سطح الماء فى البحر المتوسط . وقد حسب سور جل معدل تغير مستوى سطح البحر فوجد أن المستوى سينخفض بمعدل خمسة أقدام كل سنة ولكن الإحصائيات الأخيرة دلت على أن هذا الرقم مبالغ فيه وأن معدل الانخفاض لا يزيد على

٢.٥ قدماً ستوياً . وعلى هذا الأساس وجد أنه لكى ينخفض مستوى سطح البحر إلى الحد الذى افترضه سورجل لكى يكون ملائماً لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة بالإضافة إلى الحصول على أراض شاسعة للزراعة (وهو ٣٣٠ قدماً (يجب أن تستمر هذه العملية مده ١٠٠ عام تقريباً .

والواقع أن هذين المشروعين لم يخرجا من نطاق الدراسات النظرية نظراً للتكاليف الباهظة والمشاكل الدولية المتعددة المتعلقة بهذه المشاريع . ولكن هذا لا يفقد من قيمة هذه النظرية كما لا يمنع من تطبيقها فى بحار أخرى من أنحاء العالم .

(د) فرق درجات الحرارة :

ومن الطاقة الحرارية التى تحتويها البحار والمحيطات يمكن توليد الطاقة الكهربائية وهى ناشئة عن فرق درجة الحرارة بين الطبقات العليا والطبقات العميقة للماء وواضح أن من الخواص الطبيعية للماء أن البحار والمحيطات يمكنها أن تختزن الحرارة وتحتفظ بها لمدة دون تسربها إلى الطبقات العميقة . ومن هذا ينشأ فرق فى درجات الحرارة يصل فى بعض الأحيان إلى ٤٠ درجة فهرنهيتية بين الطبقات السطحية والعميقة . وتعتمد عملية

انتقال الحرارة بين الطبقات المختلفة للجو على أن الجو يسخن من أسفل نتيجة لسقوط أشعة الشمس على الأرض فتمتصها ثم تشعها مرة أخرى إلى الجو مما يرفع درجة حرارة الطبقة السفلى فتصبح أخف من الطبقة التى تعلوها فترتفع لتحل محلها طبقة أخرى من الهواء . أما فى حالة البحار والمحيطات بطريقة انتقال الحرارة فى الطبقات المختلفة للماء عكسية تماماً بالنسبة لانتقال الحرارة فى الجو . فى البحار تمتص الطبقة العليا من الماء أشعة الشمس وتختزنها . وكما ذكرت سالفاً أن من خواص الماء أنها تحتفظ بحرارتها دون تشتتها ومن هذا ينتج أن الماء يصبح بارداً كلما اتجهنا إلى قاع البحر الشىء الذى ينشأ عنه فرق فى درجات الحرارة الناشئة من فرق درجات الحرارة بين طبقات المياه إلى طاقة كهربائية تعتمد على الا ٥ مئوية هى الفرق فى درجة الحرارة بين السطح والقاع لمياه المناطق الاستوائية بعد وضعها تحت ضغط منخفض .

وجدير بالذكر أن مياه البحار تغلى عند درجة حرارة حوالى ١٠٠ درجة مئوية (ضغط جوى عادى) فإذا استعملنا نفس هذه المياه تحت ضغط منخفض فإنها تغلى عند درجة حرارة أقل بكثير من درجة غليانها . وهذا ما يحدث فى قمم

الجبال العالية حيث تكون المياه قد وصلت إلى درجة غليانها وغير كافية لطهو البيض مثلا . من هذه النظرية بنيت فكرة التربينات البخارية التى بواسطتها تدار المحركات لتوليد الطاقة الكهربائية .

وتتلخص فكرة التربينات البخارية فى أن البخار يمكن توليده فى غلايات حيث يكون الضغط فيها أعلى من الضغط الجوى . وبإمرار هذا البخار إلى مكثفات تنخفض درجة حرارة البخار فينشأ عنه انخفاض فى ضغط البخار من الغلاية إلى المكثف فيندفع البخار الذى فى طريقه لإدارة عجلات التربين . وتستمر هذه العملية هكذا . وفى المناطق الاستوائية يحول ماء سطح البحر الدافئ إلى ماء يغلى حيث يمر فى مسخنات تحت ضغط منخفض ثم يمر البخار إلى المكثفات التى تبرد بوساطة المياه العميقة عند أعماق حوالى ٥٠٠ قامة (حوالى ١٠٠٠ متر) أو أكثر حيث يكون فرق درجات الحرارة بين الطبقات السطحية والعميقة حوالى ٤٠ درجة فهرنهيتية (حوالى ٥ درجات مئوية) . وبالرغم من سهولة هذه الطريقة إلا أنه توجد عقبات كثيرة تحول دون تنفيذها ، منها إنشاء تربينات تحت ضغط منخفض .

وقد بدأ هذه الفكرة الدكتورج . كلاود (G. Claude) وعملت محاولات جدية فى عامى ١٩٢٦ ، ١٩٣٤ لتطبيق هذه الفكرة ولكن دون جدوى . ومنذ عام ١٩٤٢ بدأت الحكومة الفرنسية فى التفكير فى الاستفادة من هذه الطريقة وبعد مضى ست سنوات من الدراسة قررت إنشاء محطة لتوليد الكهرباء عند أبيجان بساحل العاج بغرب أفريقيا . وجدير بالذكر أن هذه المحطة ستنتج حوالى ٧٠٠٠ كيلو وات / ساعة سنويًا .

(هـ) التيارات البحرية :

ومن العوامل الطبيعية الأخرى التى لها دور كبير فى الملاحة هى التيارات البحرية وإذا عرفنا التيار المائى بأنه عبارة عن حركة كتلة من الماء فى اتجاه معين فينشأ عن ذلك وجود أنواع كثيرة من التيارات البحرية موجودة فى البحر نتيجة وجود العوامل المتعددة المؤثرة على حركة المياه . فالرياح والأمواج والمد والجزر وتغير الكثافة فى الطبقات المختلفة للبحار والمحيطات والضغط الجوى والقوى الداخلية بين جزيئات المياه كلها عوامل تؤثر فى حركة المياه . وبصفة عامة يمكن تقسيم أنواع التيارات البحرية إلى :

١ ــ تيارات الرياح الجارفة ذات المدة القصيرة .

٢ ــ التيارات الناتجة من الأمواج السطحية .

٣ ــ تيارات المد والجزر .

٤ ــ تيارات المحيط التى تعتبر جزءاً من دورات المياه فى المحيط التى تنشأ نتيجة اختلاف العوامل الطبيعية كالحرارة والملوحة فى الطبقات المختلفة للمياه .

بالإضافة إلى هذا فإنه يوجد أنواع أخرى من التيارات كالتيارات التى تنشأ نتيجة قدوم المياه من الأنهار إلى البحار ومن البحار إلى المحيطات .

والأنواع المختلفة للتيارات البحرية بصورتها الواسعة هى أحد عشر نوعاً وهى كالآتى :

١ ــ التيارات الناشئة من تأثير الأمواج .

٢ ــ التيارات الناشئة من المد والجزر .

٣ ــ التيارات الناشئة من الأمواج الكبيرة فى المضايق البحرية .

٤ ــ التيارات الناشئة نتيجة للرياح على الطبقة السطحية للبحار والمحيطات .

٥ ــ التيارات الناشئة نتيجة لحركة الكواكب .

٦ ــ التيارات الناشئة نتيجة لتغير الضغط الجوى .

٧ ــ تيارات الحمل .

٨ ــ التيارات الناشئة نتيجة لتغير الملوحة فى الطبقات المختلفة للبحار والمحيطات .

٩ ــ التيارات الناشئة من سريان المياه من الأنهار إلى البحار ومن البحار إلى المحيطات .

١٠ ــ التيارات التى تنشأ نتيجة للاحتكاك الذى يحدث بين الطبقات المختلفة ذات السرعات المختلفة .

١١ ــ التيارات الناشئة من الدوامات التى لها قطر كبير بحيث تحدث تيارات محسوسة .

ومن جهة أخرى فإن التيارات البحرية تنقسم إلى تيارات أفقية (سواء كانت تسير على السطح أو تحته فى مستوى أفقى) وتيارات رأسية (سواء كانت صاعدة أو هابطة) ومن حيث درجة الحرارة فإن التيارات تنقسم إلى تيارات دافئة وأخرى باردة .

وتلعب التيارات البحرية دوراً هاماً فى تلطيف المناخ وتوزيع الحرارة عند الأعماق المختلفة . ويعزى هذا إلى كبر الحرارة النوعية للماء . فالمحيطات تمتص كميات كبيرة من الطاقة

الحرارية من أشعه الشمس دون أن ترتفع درجة حرارتها ارتفاعاً كبيراً . وتقوم التيارات البحرية بتوزيع هذه الحرارة ويتاثر بها الهواء الملامس لها بسرعة فيتلطف مناخ الأرض التى يهب عليها .

وللتيارات البحرية تأثير كبير فى خصوبة بعض المناطق أو فقرها فى الأسماك ولذلك فإن الأسماك تتكاثر فى المناطق التى توجد فيها التيارات الصاعدة أو المنبثقة .

وتنشأ هذه التيارات عندما يصطدم تيار بارد عميق بجبل أو جرف قائم يعترض مساره على قاع البحر . أو نتيجة لهبوب الرياح على الساحل فى اتجاه معين . وعادة تكون هذه التيارات غنية بأملاح الفوسفات والنترات . وتوجد أمام سواحل بيرو شرق أفريقيا الاستوائية . ودراسة الأمواج والتيارات البحرية ذات صلة قوية بهندسية وقاية الشواطئ من النحر . وبالنواحى العسكرية للدفاع والهجوم البحرى وقد كان للتنبؤات التى أجراها علماء الأوقيانوغرافيا أثناء الحرب العالمية الأخيرة أثر كبير فى تحديد ميعاد هجوم الحلفاء فى شمال أفريقيا من البحر . كما وجد أن مناطق التقاء تيار بحرى بارد مع تيار دافئ تصلح

لتكون أوكارا للغواصات . لأن مثل هذه المناطق تكون فى العادة حاجبة لموجات الكشف بالردار .

(و) سرعة الصوت فى ماء البحر :

ينتقل الصوت فى مياه البحر بسرعة تساوى أربعة أو خمسة أمثال سرعته فى الهواء أى ما يوازى ١٥٠٠ متر / ثانية — وعندما ينتشر الصوت فى ماء البحر فإن شدته تتناقص عكسياً مع مربع المسافة بين المصدر ومكان الانتشار (هذا فى عدم وجود امتصاص أو انعكاس أو أنكسار أو تشتت محسوس لأشعة الصوت) .. وبالرغم من أن الصوت يفقد جزءاً من طاقته فى مياه البحر أقل منها بكثير عندما ينتقل فى الهواء .

إلا أن الزيادة فى الامتصاص مع زيادة الذبذبات الصوتية يحد من المجال المؤثر للموجات فوق الصوتية . وهذه الظاهرة عامل مهم جداً فى الكشف عن الغواصات البحرية فى البحار والمحيطات . ومن هنا نجد أن تطبيقات الصوت كثيرة ومتعددة ممثلة فى الأجهزة البحرية المستعملة فى الغواصات والمراكب المجهزة بأحدث الأجهزة الإلكترونية فى قياس الأعماق حيث تستخدم على نطاق واسع فى جميع الدول سواء كانت دولة

متقدمة أو نامية .

وتتغير سرعة الصوت فى مياه البحر مع تغير درجة الحرارة والملوحة والضغط الجوى . وعلى هذا الأساس فإن أى شعاع من الأمواج فوق الصوتية حين ينتقل فى أى اتجاه فإنه قد ينكسر وينعكس مرة أو أكثر من فوق سطح الماء أو من قاع المحيط أو من أى طبقة من طبقات المياه حسب ترتيب كتل المياه . وبهذه الطريقة قد نستقبل عدداً من الأشعة المختلفة على فترات مختلفة من منبع واحد . والإرسال المباشر محدود لمسافات معينة تعتمد على عمق القاع ، وسرعة الصوت يمكن حسابها نظرياً إذا عرفت درجة الحرارة والملوحة وفى حالة المسافات الكبيرة تكون السرعة الأفقية الظاهرية أقل من مثيلتها المحسوبة نظرياً .

وهذا يرجع إلى عوامل كثيرة منها المسافة بين المرسل والمستقبل والعمق وشكل القاع وطبيعته والصفات الطبيعية لماء البحر . بالإضافة إلى هذا فإن سرعة الصوت العمودية تعتمد على العمق (أى الضغط) واختلاف درجات الحرارة والملوحة عند الأعماق المختلفة . وهى بصفة عامة تقل من السطح إلى الأعماق المتوسطة (بين ٥٠٠ إلى ١٥٠٠ متر ، فيما عدا الأماكن

القطبية) . وهذا النقص فى سرعة الصوت العمودية يرجع إلى انخفاض درجة الحرارة كلما زاد العمق . ونجد آن سرعة الصوت تتناقص من السطح إلى عمق معين ثم تبدأ السرعة فى الازدياد مرة أخرى . وتحت هذا العمق يكون الضغط الجوى هو العامل المؤثر فى تغير سرعة الصوت حيث يكون تغير درجة الحرارة والملوحة غير محسوبة ويمكن إهمالها .