أشكال تضاريس الأرض الساحلية

تغطي البحار والمحيطات نحو ٣٥٨ مليون كم^{٢}، أي نحو ٧١% من سطح الكرة الأرضية.

تتشكل السواحل نتيجة للتطورات المترافقة مح حركات تقدم البحر أو تراجعه عن اليابسة المجاورة له. تقسم المنطقة الساحلية إلى عدة أجزاء ويمكن تعريفها على النحو التالي:

الساحل Coast: تدل كلمة الساحل على نطاق اتصال اليابس بالبحر، وقد تظهر السواحل على هيئة نطاقات، يؤدي البحر دوراً كبيراً في تطوير السواحل فبعضها يتراجع بسبب عمليات النحت، وبعضها الآخر يتقدم على حساب البحر بفعل عمليات الترسيب.

يؤدي شكل الساحل الطبوغرافي دوراً في تغير مستوى البحر أي عندما يكون الساحل سهلياً نجد أن خط الشاطئ متنقل ويكون تغير مستوى الماء أفقياً. أما إذا كان الساحل صخرياً شديد الانحدار فإن تغير مستوى مياه البحر يكون شاقولياً فلا يطرأ تبدل كبير على تغير خط الشاطئ.

وخط الساحل Coastline يمكن تعيينه إما بخط الجرف البحري أو الخط الذي تصل إليه أعلى أمواج العواصف في حال غياب الجروف.

الشاطئ Shore: هو المساحة المحصورة بين أعلى مستوى لسطح البحر وأدنى مستوى له، والمتأثرة بشكل مباشر بعمل البحر الجيولوجي والجيومورفولوجي. ويستعمل تعبير خط الشاطئ Shoreline هو الخط الممتد على طول نقاط التقاء مياه البحر باليابسة. ويطلق على الجزء المكون من رواسب الرمال والحصى فوق الشاطئ اسم البلاج Beach.

ويقسم الشاطئ إلى نطاقين هما:

الشاطئ الأمامي Fore-Shore: هو المنطقة من الساحل التي تغطيها مياه البحر على الدوام، أي يمتد من أدنى منسوب لمياه الجزر إلى أعلى منسوب تصله موجة المد.

الشاطئ الخلفي Back-Shore: هو جزء من المنطقة الساحلية لا يتغطى بمياه البحر إلا في حالة المد العالي، يمتد من أعلى منسوب تصله موجة المد إلى خط الساحل.

تتميز التعرية البحرية عن غيرها من أنماط التعرية من خصائص يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

١- يتركز فعل البحر في نطاقات معلومة محدودة ذلك أن امتداد خط الساحل يقرر المساحة التي تطولها الأمواج وتؤثر فيها؛ ومن ثم فكلما ازداد تسنن الساحل زاد طوله وبالتالي ازداد فعل الأمواج.

٢- الأشكال التي تنشئها التعرية البحرية سريعة التغير نسبياً فمعظم البلاجات والشواطئ لا تبقى على حالها إلا مدة قصيرة؛ ذلك أن تذبذب حركة المد والجزر والرياح والأمواج التي تنشئها وتشكلها ما تلبث أن تهدمها أو تعدل في شكلها، كذلك الجروف يصيبها التساقط والانزلاق وبالتالي التغير الشديد خصوصاً إذا كانت مكونة من صخور هشة مفككة.

٣- يتلقى نطاق الساحل نتاج التعرية البحرية من الرواسب كما ترد إليه رواسب عوامل التعرية الأخرى كالرواسب النهرية والجليدية والريحية.

٤- عمليات التعرية البحرية نشطة تقوم بعملها بسرعة تتناسب إمكانيات الدراس الذي يرغب في ملاحظتها وقياسها.

تختلف السواحل عن بعضها بسبب اختلاف العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة عليها والتي تتأثر بعدة عوامل هي:

١- تأثر السواحل بحركات مياه البحر (الأمواج، حركة المد والجزر، التيارات البحرية)، وتعد هذه الحركات من أهم عوامل الحت والنقل والترسيب في المناطق الساحلية.

٢- بنية الصخر ونوعه ومدى تجانسه وقساوة صخوره وهندسة طبقاته أي تركيبه الجيولوجي إذا كان مؤلفاً من صخور رسوبية ذو تطبق أفقي أو مائل باتجاه البحر أو عكسه، ودرجة مقاومته لعوامل الحت والتجوية والتعرية.

٣- الوضع الطبوغرافي للمنطقة الساحلية أي مدى انحدار الساحل ومدى ارتفاعه على شكل جدار وجرف.

٤- تأثر المنطقة الساحلية بارتفاع وانخفاض مستوى سطح البحر بسبب إما نهوض اليابسة أو خفسها، أو ارتفاع وانخفاض مستوى الأساس.

٥- تدخل النشاط البشري في تعديلات وتغيرات المناطق الساحلية، والتي بدورها تغير من النشاط الجيومورفولوجي مثال سواحل البحر الأحمر.

٦- أثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه البحار والمحيطات، ومن هذه الخصائص:

- تتراوح قيمة PH بين ٨.٤-٨.٧
- درجة حرارة الماء
- كثافة مياه البحر: حيث تزداد الكثافة بازدياد الملوحة وانخفاض درجة الحرارة.

- اللون: حيث يتأثر لون مياه البحر بلون السماء، ولكن اللون الأصلي لهذه المياه هو الأزرق يظهر بوضوح عند خط الاستواء يعزى إلى وجود البلانكتون، وتزداد لون مياه البحر اخضراراً باتجاه القطبين بسبب وجود المشطورات الشفافة التي تتأثر بالعمق.
- المحتوى: تحتوي مياه البحر على عدد كبير من الأملاح (كملح الطعام، كلور المغنزيوم، كبريتات الكالسيوم، والكربونات...الخ)

تنتشر عند السواحل البحرية جملة من أشكال الأرض المميزة التي تعكس فعل خصائص المياه الطبيعية والكيماوية، ومنها دور حركاتها المختلفة التي تتم على شكل أمواج أو مد وجزر أو تيارات بحرية؛ إضافة لفعل المتغيرات البيئية وبخاصة المناخ ونوعية الصخور.

حركات مياه البحر:

تؤدي حركة مياه البحر دوراً مهماً في تطور أشكال تضاريس السواحل، التي قد تكون بشكل عمودي على السواحل (حركة الأمواج)، أو بشكل موازي أو مائل بالنسبة للسواحل (التيارات البحرية). لذلك لا بد من التعرف على هذه الحركات والعوامل المؤثرة في تشكيلها.

١- الأمواج Waves:

تعد الأمواج من أهم وأكثر العوامل أثراً في ديناميكية السواحل نظراً لطاقتها الكبيرة، وهي حركات شاقولية اهتزازية تنشأ عن هبوب الرياح والعواصف واختلاف الضغوط الجوية على سطح البحار. وتستمر الموجة في تحركها من مكان نشأتها في أعالي البحار حتى تصل إلى الشاطئ، وهنا تقوم الموجة بعملها الجيومورفولوجي.

عناصر الموجة:

- قمة الموجة Wave Crest: أعلى نقطة على سطح الموجة
- قاع الموجة Wave Trough: أدنى نقطة
- ارتفاع الموجة Wave Height: المسافة المقاسة بين قاع الموجة وقمتها
- طول الموجة Wave Length: المسافة المقاسة بين قمتين متتاليتين
- مدة الموجة Wave Period: المدة الزمنية بين قمتين متتاليتين في نقطة واحدة
- سرعة الموجة Wave Velocity: المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية معينة

طبيعة عمل الأمواج:

أ- **أمواج عرض البحر:** حيث أن جزيئات الماء في الأعماق الكبيرة أكثر من ٥٠م لا تحرك الأمواج باتجاه السواحل أو باتجاه الرياح؛ بل إن جزيئات الماء في الموجة تدور في أماكنها تقريباً في مدار دائري أو إهليلجي يتعامد مع اتجاه الموجة. لذا نرى سطح الماء يتذبذب ارتفاعاً وانخفاضاً، وتسمى بأمواج الاهتزاز Oscillatory Waves واتجاه هذه الحركة نحو الأمام في القمة ونحو الخلف في قاع الموجة، ويتوقف تأثير هذه الحركة عند عمق يعادل نصف طول الموجة وهذا ما يعرف بقاعدة الموج. وهذه الأمواج ليس لها أهمية جيومورفولوجية تذكر.

ب- **الأمواج الساحلية:** عندما تصل الأمواج إلى المناطق الضحلة فإن الحركة الدورانية لجزيئات الماء تنعدم نظراً لاصطدامها بالقاع، حيث تصبح الأعماق أقل من نصف طول الموجة فتتكسر الأمواج، وتصبح حركة جزيئات الماء موازية للقاع، ويترتب على هذه الحركة الأفقية نشاط جيومورفولوجي في غاية الأهمية. حيث أن اصطدام هذه الحركة بعوائق طبيعية يؤدي إلى ارتداد المياه وتبعثر الطاقة، وهذه الطاقة المرتدة تزداد أهميتها وشدتها تبعاً لقرب العائق من الشكل القائم. كما أن هذه الحركة الأفقية تسبب حركة الرمال والحصى ولكن يجب أن لا ننسى دور عامل الاحتكاك والجاذبية والثقالة والرياح عندما تهب من اليابسة تضعف من تقدم الموجة.

تتباين العوامل التي أدت إلى تكسر الأمواج (كانحدار الشاطئ، عمق المياه، درجة انحدار الموجة، سرعة واتجاه الرياح) ويمكن تقسيم أمواج المياه الضحلة تبعاً لذلك إلى ثلاثة أنواع:

١- **الموجة المنحدرة:** هي موجة محيطية طويلة تكسرت على شاطئ شديد الانحدار، تعد هذه الأمواج من الأمواج المدمرة.

٢- **الموجة المتدفقة المنسكبة:** هي عادة من الأمواج البنائية التي تعمل على الترسيب؛ حيث تتقدم إلى الأمام باتجاه شاطئ ضعيف الانحدار.

٣- **الأمواج المندفعة:** هي أمواج غير متكسرة تتقدم على شاطئ شديد الانحدار؛ تتميز السواحل أمامها بعمقها الكبير.

ومن الأمواج العاتية ما يعرف بأمواج تسونامي Tsunamis التي تنشأ نتيجة للهزات الزلزالية التي تصيب عادة الأخاديد والأحواض في القاع المحيطي العميق، وقد تعرضت سواحل كثيرة للدمار نتيجة هذه الأمواج عبر التاريخ.

تدعى هذه الأمواج بأمواج المد العارمة وهي تتولد بانضغاط الماء نتيجة التغييرات المفاجئة في قاع البحر أو المحيط، بسرعة تعادل حوالي ٧٠٠كم/سا، ولأن المحيط عميق لا تكون أمواج تسونامي واضحة للعيان رغم أنها تبلغ بضعة أمتار بالارتفاع مع طول موجة حوالي ٦٠٠ ضعف الارتفاع، ومع الاقتراب من اليابسة تتباطأ السرعة إلى حوالي ١٠٠ كم/سا، وتنمو في الارتفاع بمعامل يقدر بحوالي عشرة أضعاف، وتندفع فوق اليابسة إما على شكل فيضان شبه مدي أو على شكل حائط مرتفع من الماء.

٢- **المد والجزر High-Tide and Low-Tide:**

تتمثل تيارات المد بارتفاع مستوى مياه البحار والمحيطات واندفاعها بحركة تقدمية باتجاه المناطق الشاطئية مغطية جزءاً من اليابسة، في حين أن تيارات الجزر هي حالة عكسية تتمثل بانخفاض مستوى المياه في البحار والمحيطات مما يؤدي إلى تحرك المياه بحركة تراجعية باتجاه عرض البحار والمحيطات.

يرتبط ظهور تيارات المد والجزر بتأثير جاذبية القمر والشمس على الأرض، ونظراً لقرب القمر من الأرض فإن دوره أكبر بكثير من دور الشمس؛ ويقدر بأن نسبة تأثير القمر تبلغ ٧٠% ونسبة تأثير الشمس ٣٠%. لذا فهناك علاقة وثيقة بين حركة المد والجزر وأوجه القمر، ويمكن تمييز الأنواع التالية للتيارات المدية:

١- **المد العالي:** يحدث مرتين شهرياً عندما يكون القمر هلالاً وبدراً، حينما يقع القمر والشمس والأرض على استقامة واحدة فإن قوة المد والجزر تبلغ ذروتها. إذ قد يصل علو سطح الماء أحياناً إلى ٣٠ م كما في خليج فندي في كندا.

٢- **المد المنخفض:** إذا وقع كل من الشمس والقمر بالنسبة للأرض على ضلعي زاوية قائمة رأسها مركز الأرض؛ فإن جذب القمر أقل منه في حالة المد العالي، يحدث ذلك في بداية الاسبوع الثاني والرابع من الشهر العربي فتخف حدة ارتفاع منسوب المد بسبب تشتت القوى ويطلق عليه المد المعتدل.

٣- **المد اليومي:** يحدث خلال اليوم القمري الواحد وله عدة أنواع:

١- المد اليومي: يحدث فيه مد واحد وجزر واحد خلال ٢٤ ساعة

٢- المد النصف يومي: يحدث فيه مدان وجزران في نفس المدة السابقة

٣- المد المختلط بين النوعين السابقين، وهو أكثر الأنواع تعقيداً

تمارس تيارات المد والجزر تأثيراً حتياً قوياً، فهي تؤدي دوراً مهماً في تكوين سطوح تعرية قليلة الانحدار فوق قاع الرفوف القارية، وحين تحشد مياه المد في الخلجان الضحلة الضيقة فإنها ترتطم بصخور سواحله وتمارس فعلها كعامل حت ونقل وترسيب.

٣- التيارات البحرية:

هي نطاقات طولية من المياه المتحركة، حيث تتحرك الكتل المائية لمسافات بعيدة على شكل يشبه أنهاراً مائية ضخمة في مناطق معينة من البحار والمحيطات أفقياً ورأسياً وفي اتجاهات ثابتة تقريباً بشكل منتظم. والتيارات البحرية قد تكون دافئة أو باردة وتؤثر بشكل كبير على الناحية المناخية، لكنها تقوم بدور محدود بتشكل السواحل.

تنشأ التيارات البحرية نتيجة عدة عوامل منها:

- قوة الرياح التي تدفع المياه السطحية في اتجاه هبوبها محدثة تيارات سطحية تتفق في اتجاهها العام مع الدورة العامة للرياح.
- نتيجة اختلاف كثافة المياه: حيث تختلف الكثافة حسب درجة الحرارة والملوحة والضغط الجوي. فالمياه المالحة أعلى كثافة من المياه العذبة، والمياه الباردة أعلى كثافة من المياه الدافئة. وبناءً على هذه الفروق تهبط الكتل المائية عالية الكثافة من السطح باتجاه القاع، وتصعد الكتل المائية قليلة الكثافة من الأسفل إلى الأعلى مكونة ما يسمى بالتيارات الصاعدة. كما يؤدي اختلاف كثافة المياه إلى إحداث تيارات سطحية؛ كتبادل الكتل المائية بين البحر المتوسط (مياه مالحة ذات كثافة عالية) والمحيط الأطلسي (كثافة المياه فيه أقل) عبر مضيق جبل طارق؛ مما يؤدي إلى انبعاث تيار سطحي من المحيط إلى البحر ومن البحر إلى المحيط يتجه تياراً آخر عميق.
- وقد تنشأ التيارات بسبب اختلاف منسوب ماء البحار المتجاورة مما يؤدي إلى تحرك المياه السطحية على شكل تيارات بحرية، نتيجة لزيادة التساقط وكثرة المياه التي تصب في بعض البحار من مياه الأنهار والثلوج مثل بحر البلطيق، على عكس التبخر الشديد الذي يؤدي إلى انخفاض مستوى المحيط؛ فتندفع المياه من جميع الجهات باتجاه هذه المنطقة.
- وما يهمنا كجيومورفولوجين هو التيارات القريبة من الساحل حيث يمكن التمييز بين نوعين هما:

التيارات الموازية للساحل: الناشئة من اصطدام الأمواج مع الساحل بزاوية أقل من ١٠°. وهي قادرة على جرف ونقل الأنقاض والذرات الناعمة من الرواسب إلى مسافات كبيرة وتقوم بترسيبها في منطقة شاطئية أخرى حسب الظروف الطبوغرفية للساحل والقاع.

وتيارات الارتداد القوية: التي تقوم بحت الرؤوس الصخرية البارزة وتكشف أسفل الجروف التي تتعرض من جديد لعمل الأمواج؛ إلا أن أثر هذه التيارات على الصخور الصلبة ضعيف لكنها تؤدي دوراً كبيراً في نقل الرسوبات من الشاطئ إلى داخل البحر.

أشكال تضاريس الأرض المرتبطة بفعل مياه البحر

يعد التركيب الصخري العامل الأساسي في تحديد تطور السواحل والأشكال المرتبطة بها؛ فالسواحل الصخرية تمتاز بسيطرة الأشكال الحتية فإذا ما كانت الصخور صلبة تتشكل الرؤوس الأرضية التي تبرز في البحر، أما الصخور الهشة حتها يتم بسهولة فتتكون بذلك الخلجان البحرية ويرتبط بها العديد من الأشكال الترسيبية.

١- الحت الساحلي:

تتباين أنشطة الهدم التي تقوم بها مياه البحر المتحركة بمعدلات متفاوتة حسب تباين خصائص الحركات المائية (السرعة، الارتفاع، الطاقة، كمية الرواسب المنقولة)، وكذلك تحدد خصائص الصخور الساحلية معدلات الحت الساحلي مثل صلابتها وقوامها وبناءها الجيولوجي وانحدار التكوينات الصخرية وامتدادها أو ابتعادها عن خط الساحل، ويفسر تباين النشاط الحتي لمياه البحر عدم انتظام السواحل وتطور أشكال الأرض البارزة كالرؤوس أو الخلجان.

ويقسم الحت إلى:

أ- **الحت الآلي:**

يتم من خلال التآكل الميكانيكي الذي تقوم به الرواسب الصخرية التي تنقلها مياه البحار والمحيطات مثل الرمال والحصى، وتعتبر اليابسة المصدر الرئيسي لهذه الرواسب التي توضعها الأنهار عند بيئات مصباتها، وتقوم الأمواج والتيارات البحرية بنقلها على طول الشواطئ المحيطة بسرعات متباينة مما يوفر لها طاقة آلية مرتفعة تولد ضغوطاً عالية تمارس على الصخور الساحلية.

ب- الحت الكيماوي:

يتم من خلال تحلل أو ذوبان المواد الصخرية والمعدنية بفعل مياه البحر، وتقوم مياه البحر بالحت الكيماوي نظراً للتركيب الكيماوي والمعدني لمياه البحر إذ تقدر كمية المعادن المذابة في مياه المحيطات بنحو ٥٠% من الكدريليون[١] طن متري وبنسبة ملوحة يبلغ متوسطها ٣٥ جزء بالألف. ولا شك أن ذلك يمهد لحدوث نشاط كيماوي ما بين الماء من جهة والفتات الصخري من جهة أخرى.

كما أن درجة حرارة الماء تختلف عموماً عن درجة حرارة اليابس غير أن حركة مياه البحر وخاصة التيارات البحرية يمكن أن تغير من درجة حرارة الأوساط المائية، ولاشك أن ارتفاع درجة حرارة المياه يزيد من فعاليتها الكيماوية.

تتنوع الأشكال الجيومورفولوجية الساحلية تبعاً لتنوع طبيعة السواحل واختلاف نشأتها وأشكالها وتركيبها الصخري وتبعاً لعوامل التعرية المختلفة.

فإذا كانت الجروف تتركب من طبقات مختلفة القساوة فقد يساعد هذا التركيب الجيولوجي بتراجع الجروف البحرية. أما إذا ازداد معدل انحدار الجروف البحرية فإنها تتعرض لفعل الحت انطلاقاً من نقاط الضعف كالشقوق والفوالق، ويجب ألا ننسى تأثير التحلل الذي يقوم به رذاذ البحر على الجدار الساحلي خاصة إذا كان الصخر كلسياً مما يسهم في إضعاف الصخر.

ومع مرور الزمن تعمل الأمواج بما تحمله من مواد حطامية ومن خلال حركتها التقدمية والتراجعية على توليد ضغوط في شقوق ومسامات الصخور تؤدي إلى اتساع هذه الشقوق وتكون فجوات داخلية في الصخر، فتتآكل الصخور اللينة والسفلى وتظهر الكهوف وتبدو الصخور العليا على شكل جدار صخري، وتتعرض هذه الطبقات للسقوط ويتراجع الجدار الساحلي باستمرار ويقل انحداره، وتتراوح سرعة التآكل والتراجع من عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار في العام. ويتشكل أيضاً نتيجة تطور الجدار الساحلي الأقواس البحرية والمسلات التي تتعرض لضربات الأمواج من جديد لتقدم رواسب قارية.

[١] الكدريليون = ١٥ صفر إلى يمين الرقم واحد

٢- الترسيب البحري:

تنقل مياه المد والجزر والتيارات البحرية الرواسب من مواقعها لتعيد توزيعها وترسيبها في مناطق أخرى بعد أن تخضعها لعملية الفرز الرسوبي. ويترافق ذلك مع نمو الرصيف الرسوبي مما ينقص من عمق المياه ويحد من قوة الأمواج، لينتهي الأمر بتشكل بلاج واسع يغطي الرصيف الحتي. ويتم بذلك الانتقال من حالة السواحل الجرفية وسيطرة الأشكال الحتية إلى حالة السواحل المنخفضة وسيطرة الأشكال الترسيبية.

الأشكال الساحلية الناتجة عن الحت البحري

١- الجروف البحرية Sea Cliffs:

يقصد بها الجدر الصخرية التي ترتفع بصورة شديدة الانحدار عمودية على البحر أو الأرصفة الشاطئية. يقدر بأن حوالي ٨٠% من سواحل العالم المحيطية محاطة بالجروف.

تمارس الأمواج البحرية ضغوطاً متكررة على الصخور الساحلية وتعمل بما تحمله من رواسب على تراجعها ولكن بمعدلات متفاوتة تحددها خصائص كل من الأمواج والصخور، وفي الغالب تبدأ عملية تطور الجروف الساحلية بتقويض من أسفل تؤدي إلى تكوين فجوات Notches تدعى أيضاً Nips عندما تكون غير عميقة، وهي عبارة عن فتحات ممتدة عرضياً عند قواعد الجروف، تشير إلى تآكل الجروف. وفي حالة تشقق الصخور الساحلية أو تصدعها باتجاهات متعامدة مع خط الساحل فإنها تشكل مناطق ضعف صخري بحيث يزداد فعل حت الأمواج عندها فيعمل على تعميقها وتوسيعها مما يحولها في النهاية إلى ممرات مائية ضيقة متفاوتة الامتداد يتفاوت معدل التراجع حسب نوعية الصخور. ففي حالة وجود صخور ضعيفة كالصخور الجيرية أو الطباشيرية فإن الأمواج العاتية تعمل على تراجعها بمعدلات عالية بينما يتباطأ تراجعها عند تعرض الصخور الصلبة كالبازلت والجرانيت إلى نشاط موجي ضعيف.

<u>ويمكن التمييز بين نوعين من الجروف:</u>

- **الجروف النشطة:** وهي التي تخضع لفعل الأمواج عند حضيضها وتتراجع بشكل ملحوظ نحو اليابسة بتأثير عمليات التعرية المختلفة.

- **الجروف الساكنة:** هي التي تنعزل عن البحر وفعل الأمواج نتيجة تراكم كميات كبيرة من الفتات الصخري أو الرمال والرواسب عند أسافلها، أو نتيجة امتداد الأرصفة البحرية الصخرية بشكل واسع أمامها مما يحول دون وصول تأثير الأمواج إليها.

٢- الكهوف البحرية Sea Cave:

عبارة عن فجوات طولية في واجهات الجروف، تقدم فيها الحت لددرجة أصبح عمقها داخل الصخور أكبر من قطر فتحتها نحو الخارج.

٣- الأرصفة الشاطئية Shore Platform:

هي جزء من الساحل تمتد أمام الجروف، وتكون ذات انحدار قليل باتجاه البحر، ويمكن أن تشكل عدة مصاطب يعود تشكلها إلى تراجع الجروف بفعل الحت والتجوية. علماً أن هناك أرصفة تكونت نتيجة الترسيب تعرف بالأرصفة التي بنتها الأمواج.

٤- الرؤوس والخلجان والشروم:

تتفاوت السواحل البحرية في مدى استقامتها أو تعرجها ويرتبط ذلك إما بعوامل نشأة هذه السواحل وأنواع صخورها أو وجود تفاوت في معدلات الحت البحري أو تقطع خط الساحل ببيئات مصبات الأودية والأنهار وتغير منسوب البحر. مثال الساحل الشرقي للبحر الأحمر تعكس استقامته صلابة الصخور الغرانيتية المحاذية، بينما تمتاز سواحل المحيط الأطلسي الأمريكية بوفرة تعرجاتها وكذلك سواحل شمال غرب أوروبا.

- تمتد **الرؤوس البحرية** Headlands على شكل أقواس أو نتوءات بحرية داخل البحر وتمثل التكوينات الصخرية الصلبة التي قاومت عمليات الحت البحري.
- تتميز **الخلجان Bays** بامتدادها الطولي وتدرج أعماقها باتجاه وبانحدار جوانبها الصخرية.
- أما **الشروم** Coves: فتمثل في الغالب خلجاناً صغيرة وضيقة تمتد على شكل فجوة في جرف أو حائط صخري ساحلي.

٥- الأقواس Sea Arches والمسلات البحرية Sea Sack:

تشبه في شكلها الجسور القوسية التي تربط في الغالب ما بين الجزر القارية أو المسلات البحرية والساحل، وتمثل هذه الأقواس الأجزاء الصخرية الصلبة العليا التي قاومت فعل الأمواج بينما تآكلت كلياً التكوينات الصخرية الضعيفة السفلى عند سطح الماء.

تتشكل نتيجة وصول الحت في السواحل الصخرية والرؤوس البحرية إلى مرحلة متقدمة، تتمكن معها الأمواج من مهاجمة بروزات الصخور ضمن البحر من كلا الجانبين مشكلة فجوات على طول نقاط الضعف الجيولوجي. وفي حال تشكلت فجوتان متجاورتان في اتجاهين متضادين، يؤدي تقدم الحت إلى التحامهما ببعضهما مشكلاً قوساً بحرياً وعنما تتساقط صخور سقف القوس تبقى كتلة من صخور القوس منتصبة في البحر على شكل أعمدة دون اتصال باليابسة تدعى بالمسلة البحرية. متفاوتة الأحجام مثل مسلة الروشة على سواحل مدينة بيروت والتي يبلغ طولها ٣٠م. تقع بالقرب من الجرف الساحلي المتراجع وانفصلت عنه بسبب صلابة صخورها المقاومة للحت.

٦- الحفر الوعائية Marine Potholes وبرك الإذابة Solution Pools:

أشكال حتية تتطور غالباً على سطوح الأرصفة الشاطئية، وتكون نتيجة لتضافر التأثير الكيميائي والميكانيكي لمياه البحر على هذه الصخور. الذي يؤدي إلى تطور الحفر الوعائية البحرية وهي منخفضات اسطوانية تنتج عن الحركة الدوامية للرمال والحصى المترافقة مع حركة مياه الأمواج. كما تتطور برك الاذابة وهي عبارة عن قدور صخرية مستوية القاع لاتزيد أقطارها عن عدة ملليمترات إلى بضعة سنتيمترات.

٧- الخوانق Gorges أو المداخل Inlets:

عبارة عن شقوق طويلة ضيقة ذات جوانب حادة جداً، تمتد ضمن صخور الشاطئ باتجاه اليابسة. يعود تشكلها إلى تطور فعل الحت على طول سطوح الفوالق والفواصل العمودية في الصخور القليلة الميل، أو نتيجة استمرار فعل الأمواج في الكهوف مسببة انهيار سقوفها.

٨- الجزر البحرية Islands:

هي عبارة عن كتل صخرية متفاوتة الأحجام والأبعاد، تمثل تلك الأجزاء الصخرية من الساحل التي قاومت فعل الأمواج بسبب صلابتها.

٩- مصبات الأودية والأنهار البحرية:

تختلف الأودية والأنهار التي تصب في البحار والمحيطات من حيث النشاط الجيومورفولوجي. فهي إما أن ترسب كميات ضخمة من الرواسب وتعمل على تكوين دالات نهرية كما هو الحال لدلتا نهر النيل أو أنهار تلتقي بمياه البحر والمحيط بحمولة رسوبية محدودة تخضع لنقل الأمواج والتيارات البحرية.

١٠- المصاطب الساحلية Coastal Terraces:

تعزل السواحل عن فعل مياه البحر في حالات ارتفاعها التكتوني عن منسوب البحر أو حدوث تراجع مستمر وثابت في منسوب البحر إما بسبب التغيرات المناخية وبخاصة خلال الفترات البلايستوسينية الجافة أو تعرض قيعان البحار لهبوط تكتوني وفي هذه الحالة يصبح الساحل الأعلى مهجوراً، بينما يبدأ بالتكون نطاق ساحلي جديد. وتنتشر على طول هذه السواحل مدرجات أرضية تمتد على طول خط الساحل وتمتاز بقصر وارتفاع واجهاتها البحرية. ويعكس عدد المصاطب البحرية المراحل الرئيسية لانحسار البحر. أما مورفولوجيتها فقد تتأثر بعوامل التجوية والحت والانهيارات الأرضية ويمكن تتبع الآثار البحرية المتخلفة في هذه المصاطب من خلال تمييز الرواسب البحرية أو الأصداف البحرية.

الترسيب البحري

تترسب المواد الصلبة والأنقاض التي تآكلت عن طريق الأمواج من هوامش اليابس، عندما تعجز مياه البحر عن نقل وتحريك هذه الأنقاض وتناقص طاقة الماء لدرجة تقترب فيها من الصفر. بالإضافة إلى الرواسب التي تحملها مياه الأنهار عند مصباتها إلى البحر. فتتراكم مكونة أشكال ساحلية ترسيبية تختلف من مكان إلى آخر؛ فمنها ما هو مستقيم ومنها ما هو مقعر باتجاه البحر أو محدب.

وبمرور الزمن فإن نقل وترسيب الأنقاض يهدف في النهاية إلى تقويم الساحل أي إزالة الفروق التضريسية بحت الرؤوس والترسيب في الخلجان؛ مما يقلل من فروق تعاريج خط الشاطئ شيئاً فشيئاً حتى يصبح مستقيماً كساحل فلسطين.

وهذا يتوقف على كمية وحجم المواد الترسيبية وانحدار العتبة البحرية وقدرة الأمواج والتيارات على تحطيم وتفتيت المواد وتناقص حجمها إلى حبيبات صغيرة جداً ثم جرف وكنس هذه الأنقاض بعيداً.

<u>وتتم حركة الأنقاض على نوعين:</u>

١- حركة عمودية بالمقارنة مع اتجاه الساحل تسببها الأمواج

٢- حركة موازية للساحل تسببها التيارات البحرية

ويصنف البحر حمولته عند الترسيب كما تفعل الرياح والأنهار، فعندما نتجه من خط الساحل على الشاطئ نحو البحر نصادف تتابعاً في تصنيف الرواسب يبدأ بالجلاميد فالحصى ثم الرمال والسليت فالغضار.

تقوم عوامل الحت البحري بنقل الرواسب وتجميعها في أجزاء مختلفة على طول الشاطئ أو في الأعماق المائية القريبة منه، وتتخذ الأشكال الإرسابية أنماطاً مختلفة الامتداد والمساحة والقوام. فمنها ما يتجمع على طول الشاطئ نفسه أو أن يزيد إلى حجمه (سمكاً وامتداداً طولياً وعرضياً) كالحواجز الشاطئية الطولية أو أن تمتد باتجاه البحر على شكل أزرع إرسابية كالألسنة البحرية أو أن تضيف إلى نطاق الساحل أشكالاً أرضية محلية مثل المسطحات الطينية والمستنقعات الملحية. وفيما يلي وصف لنشأة وخصائص أهم هذه الأشكال الارسابية.

الأشكال الساحلية الناتجة عن الترسيب البحري

١- الشاطئ Beach

يمتد الشاطئ على طول كثير من الحدود القارية- البحرية، فيما بين أدنى حد يصله الجزر وأعلى حد تبلغه الأمواج، وبعرض يتفاوت ما بين بضعة ومئات الأمتار، وينعدم وجود البلاج في السواحل المرتفعة. يتطور بشكل ملحوظ في مناطق الخلجان؛ حيث تقوم الأمواج بحت صخور البروزات التي تحد هذه الخلجان وترسيب نواتج الحت داخل الخلجان.

تتكون الشواطئ عادة من رواسب غير متماسكة من الطين والحصى والرمل التي تستعمل كأساس لتصنيف الشواطئ المختلفة (شواطئ طينية، رملية، حصوية) وتؤدي كذلك إلى تباين خصائصها الانحدارية التي تزداد مع تزايد خشونة رواسبه، وعموماً يتراوح انحدار الشاطئ ما بين النصف درجة إلى ١١ درجة، وقد يصل في بعض الحالات إلى ٢٦ درجة.

وتعتبر الرواسب الفيضية التي ترسبها الأنهار عند مصباتها الدلتاوية وتعيد توزيعها حركة مياه البحر المختلفة على طول السواحل المصدر الرئيسي للرواسب الشاطئية.

٢- الحواجز الساحلية Barriers

عبارة عن أشرطة من الرواسب الرملية أو الحصوية تتكون في المياه الشاطئية الضحلة، نتيجة لحركة المياه الموازية لخط الشاطئ، وكثيراً ما تكون مطمورة تحت الماء ولكنها قد تظهر على السطح خاصة أثناء حدوث الجزر.

وبسبب وجود بعض العقبات التضريسية (رأس أو جزيرة) أمام هذه المياه الجارفة للأنقاض؛ فإن قدرة المياه وطاقتها تضعف فتتخلى عن حمولتها تدريجياً مما يؤدي إلى تشكل خط متطاول من الرمال يتزايد طوله وارتفاعه باتجاه حركة الماء، وقد تتصل هذه الحواجز بالشاطئ من أحد أطرافها فتحصر بينها وبين الساحل مناطق بحيرية مقفلة تتكون منها بحيرات شاطئية Lagoon.

وقد تتكون هذه الحواجز بشكل شريط غير متصل متعلق بطبوغرافية القاع؛ تخترق مياه البحر هذا الحاجز لتدخل إلى البحيرات وذلك عن طريق ممرات صغيرة تعرف باسم مداخل.

وقد تشاهد الحواجز منفصلة عن اليابسة مكونة جزراً شريطية طولانية على امتداد السواحل، دون أن يرتبط أي طرف من أطرافها بالبر.

<u>ويمكن تمييز التجمعات الرسوبية الحاجزية التالية:</u>

١- **الألسنة البحرية Splits:** هي ظاهرة ترسيبية تنمو وتتطور على طول خطوط الشواطئ التي تكون فيها عمليات الترسيب قوية، والألسنة عبارة عن حواف رملية أو حصوية ضيقة منخفضة السطح، تتصل باليابس في أحد أطرافها وينتهي طرفها الآخر في المياه العميقة، وذلك حسب اتجاه التيارات البحرية نفسها. ومنذ تكون جزء من اللسان يبدأ تيار الدفع في نقل الرواسب على طوله ومن ثم يؤدي إلى ازدياد نموه باستمرار تجاه البحر إلى أن يصل إلى مياه عميقة فيتوقف نموه بسبب وجود الأمواج الهدامة. يتكون نمطان من الألسنة:

١- يتكون لسان من اليابسة باتجاه البحر مشكلاً مع امتداد الساحل زاوية كبيرة يطلق عليها الأسهم البحرية.

٢- يمتد موازياً للساحل يشمل هذا النمط من الألسنة التي تمتد عبر المصبات النهرية والألسنة التي تمتد موازية للخلجان البحرية.

٢- **اللاجونات Lagoons:** عبارة عن شروم بحرية متعمقة في اليابس بشكل محدود، وعزلتها عن بيئتها البحرية إما بشكل كلي أو شبه كلي الألسنة البحرية في حالة نشأتها وامتدادها على طول مداخلها.

٣- **الخطاف Sandy Hook:** عبارة عن لسان بحري تعرض أحد طرفيه إلى الانحراف باتجاه اليابس وذلك في الخلجان المتسعة فإن اندفاع الأمواج نحو داخل الخليج وحركة التيارات البحرية أمام اللسان تسببا في تقوسه نحو الداخل، ويطلق عليه اسم اللسان المقوس.

فقد يوجد منفرداً أو على شكل خطافات متجمعة.

٤- الحواجز المسننة Cuspate Bars:

هي عبارة عن ألسنة بحرية تمتد وتنتهي عند اليابس بعد أن يكون طرفها البحري قد تعرض للتطور باتجاه اليابس.

٥- التمبولو Tombolo:

تعني السهم وهي عبارة عن حبال أو أسهم وحواجز رملية ترسيبية تربط بين القارة وجزيرة واقعة أمام الساحل. مما يجعل الجزيرة جزءاً من القارة. وتتشكل هذه الأسهم نتيجة لتغير وتبدل في طبيعة وطاقة الأمواج لاقترابها من القارة واصطدامها بالجزيرة قبل وصولها إلى اليابسة، وكذلك نتيجة للتيارات البحرية المحملة بالرواسب.

تكون أشكال التومبولو بسيطة مؤلفة من حبل واحد أو مركبة مؤلفة من حبلين أو ثلاثة، وهذا ما يؤدي إلى ظهور بحيرة ساحلية بين الحبال تعرف بـ Lagoon. وقد تتمكن التوضعات القارية المنشأ من ردم هذه البحيرة لتتقلب تدريجياً إلى مستنقع، ثم إلى أرض مرتفعة عن سطح البحر مشكلة رؤوس متقدمة باتجاه البحر.

٦- جزر الحواجز Barrier islands:

تنشأ بالقرب من الشواطئ نتيجة للترسيب البحري؛ *وقد ربطت نشأة هذه الحواجز بالتفسيرات المحتملة التالية:*

١- فعل أمواج العواصف بحيث يؤدي إلى تقطيع أوصال الألسنة البحرية أو تشكيل ثغرات بحرية فيما بينها، بحيث يتحول كل لسان بحري إلى سلسلة من الجزر المتجاورة.

٢- فعل ارتفاع منسوب البحر إثر تراجع الجليد وما يؤدي إليه من تراكم رسوبي متفاوت الأحجام قرب الشواطئ.

٣- غمر الكثبان الرملية الساحلية بمياه البحر حيث تبقى قمتها فوق منسوب الماء مشكلة سلسلة من جزر الحواجز.

٤- تداخل العمليات الجيومورفولوجية الساحلية بشكل ديناميكي بحيث يؤدي ذلك إلى تفاوت معدلات الترسيب البحري في المسطحات البحرية المحاذية لخط الساحل.

٣- الدالات Marine Deltas

هي مظهر رسوبي خاص ناجم عن توضع حمولة ورواسب الأنهار في مياه البحار الضحلة. وقد يصل تقدم بعض الدالات على حساب البحر إلى مسافات تتتراوح بين ١٠-٥٠م/سنوياً.

شريطة أن يكون تأثير الأمواج والتيارات البحرية والمد والجزر ضعيفاً؛ وأن لا يكون قاع الساحل ومصب الأنهار معرضين لأعمال خفس بنائي أسرع من أعمال الترسيب. وفي ظل هذه الظروف تتجمع الرسوبيات وتتراكم على جانبي الجزء الأدنى من النهر عند مصبه، وتتقدم اليابسة على حساب البحر تدريجياً.

أما إذا كانت حركة الأمواج والتيارات شديدة فإنها تجرف وتكنس ما توضعه الأنهار من رواسب وبالتالي لا تتشكل الدالات، وقد يزداد منسوب وارتفاع اللحقيات والرسوبات أحياناً لدرجة تجبر النهر معها على حفر وتعميق مجراه ضمن التوضعات نفسها مما يؤدي إلى نشوء ما يعرف بالمخارج النهرية.

<u>ويمكن تمييز الدالات حسب نشاطها إلى:</u>

١- الدلتا الناشطة: تتقدم الرواسب النهرية باتجاه البحر برأس بارز باستمرار أو بعدة رؤوس ممتدة في البحر، مثال دلتا نهر التيرك على بحر قزوين.

٢- الدلتا المعطلة: تصب مياه النهر المحملة بالرواسب في البحر، إلا أنها معرضة لتيار يحمل ما توضعه الأنهار كدلتا نهر النيل.

٣- يمكن أن نجد على نطاق الدلتا الواحد أذرع ناشطة تتقدم ضمن البحر وأخرى ثابتة أو معطلة أو تتعرض للتراجع لسيطرة العمل الحتي البحري وسيادته على قدرة الترسيب.

<u>تصنف الدالات حسب شكلها إلى:</u>

١- الدالات المروحية المثلثية الشكل: تكون قاعدة المثلث باتجاه البحر ورأسه باتجاه مجرى النهر الذي يشكل الدلتا. وإن ازدياد المخارج النهرية أدى إلى إعطاء الدلتا شكلاً مروحياً كدلتا النيل.

٢- الدالات الأصبعية الشكل: تظهر عندما تتطور وتتعمق المخارج النهرية المحفورة في جسم الدلتا لدرجة تأخذ معها شكل أصابع اليد أو قدم الطائر. حاجزة فيما بينها أشرطة رسوبية مؤلفة من توضعات دقيقة ومتماسكة مثل دلتا نهر المسيسبي.

٤- المسطحات الطينية Mudflats والمستنقعات الملحية Salt Marshes

ترتبطان بصورة رئيسية بحركة المد اليومية. إذ تلقي مياه المد حمولتها الإرسابية بسبب تناقص سرعتها عند غمرها أراضي شاطئية قليلة الانحدار، وعلى الرغم من استواء السطح فإن أطرافها باتجاه البحر تكون أكثر انحداراً ورواسبها أكثر خشونة بالمقارنة مع أجزائها باتجاه اليابس.

أما المستنقعات الملحية فتمثل أيضاً مسطحات طينية غير أنها مكسوة بنباتات متنوعة، كما أنها تنشأ فوق المنسوب المتوسط للمد البحري أو أعلى المناسيب كالتي تحدث في فصل الربيع.

تعتبر تيارات المد المسؤولة عن تشكل أسطح المستنقعات أضعف من نظيرتها التي تشكل المسطحات الطينية بسبب تعرضها لتناقص أكبر في سرعة التدفق لتعمقها إلى مسافات أبعد وأعماق مائية أقل. مما يعمل على احتجاز نسبة من مياه المد وماتحمله من رواسب والتي تساهم النباتات بزيادة تراكمها.

أنواع السواحل

تتنوع السواحل تبعاً لعوامل تشكلها الجيولوجي والطبوغرافي أو تطورها الجيومورفولوجي أو التبدلات المناخية التي أدت إلى تذبذبات مستوى سطح البحر. ولقد سعى الاختصاصيون إلى وضع تصنيفات لأنواع السواحل ونماذجها لتسهيل التعرف عليها ودراستها. ويعد تقسيم جونسون Johnson ١٩١٩ أكثر التقسيمات شيوعاً؛ حيث قسم السواحل حسب اختلاف نشأتها إلى:

١- السواحل المغرقة أو الغاطسة Submergence Coasts

٢- السواحل العائمة أو البارزة Emergence Coasts

٣- السواحل المحايدة Neutral Coasts

٤- السواحل المركبة Compound Coasts

١- السواحل المغرقة أو الغاطسة Submergence Coasts:

وهي السواحل التي غمرت بمياه البحر إما لانخفاض سطح اليابسة أو ارتفاع مستوى الماء، ويمكن أن نميز عدة أشكال للسواحل تتمثل في:

١- سواحل الريا Ria Coasts: هي خلجان متجاورة لأودية نهرية سابقة قبل تغريقها، لها مقطع عرضي، غرقتها مياه البحر إثر ذوبان الجليد في فترة الفورم (الحقب الجيولوجي الرابع)، مثال: سواحل غربي إيرلندة.

٢- سواحل الفيوردات Fiord Coasts: هي خلجان متوغلة في اليابسة، ذات جوانب شديدة الانحدار، عميقة، كانت سابقاً أودية جليدية محفورة في الصخر تحتلها الألسنة الجليدية، غرقت الفيوردات نتيجة لخفس بنائي في نهاية الحقب الرابع. تكثر نماذج الفيوردات على سواحل النرويج وشيلي.

٣- السواحل الدالماسية والبروتانية: هي سواحل صخرية عالية تعود نشأتها إلى حركات بنائية التوائية. السواحل الدالماسية تتفق محاور الالتواءات فيها مع خط الساحل، كسواحل بحر الأدرياتيك في يوغسلافيا.

أما السواحل البروتانية تتعاقد محاور التواءاتها مع خط الساحل كشبه جزيرة بروتانية في فرنسة.

في كلا النموذجين تعرضت الالتواءات الساحلية للتغريق، مما حصر الماء على شكل أقنية طولانية وخلجان في المقعرات.

٢- **السواحل العائمة أو البارزة Emergence Coasts**: هي السواحل التي تشكلت إما لانخفاض مستوى البحر أو لارتفاع اليابسة مثل: السواحل القريبة لفلندا.

٣- **السواحل المحايدة Neutral Coasts**: هي سواحل لا ترجع نشأتها إلى فعل انخفاض منسوب مستوى مياه البحر أو نهوض اليابسة. ولكنها في الغالب ناجمة عن عمليات بناء مواد اليابسة. وتشمل السواحل المحايدة:

- سواحل الدالات
- سواحل السهول المروحية
- سواحل السهول الرسوبية
- سواحل البراكين
- السواحل الصدعية
- سواحل الحواجز المرجانية

٤- **السواحل المركبة Compound Coasts**:

هي السواحل التي يعود تشكيلها إلى أكثر من عامل واحد من العوامل المذكورة سابقاً.