



الهيئة العامة للتعليم التطبيقي والتدريب
كلية التربية الأساسية
قسم العلوم-الجيولوجيا

الجيولوجيا الاقتصادية

د. الهام النقاوي

الجزء الثاني
المياه السطحية

المياه السطحية

Surface Water

الغلاف المائي Hydrosphere

يطلق اسم الغلاف المائي على جميع المياه الطبيعية التي تغطي سطح الكرة الأرضية وهي تتميز بحركة مستمرة غير منتهية. مجموع المياه على سطح الأرض يعتبر هائل جدا ويقدر بحوالي 1.36 بليون كيلومتر مكعب، وهو يغطي حوالي 71% من الكرة الأرضية. النسبة العظمى من المياه التي يشمل عليها الغلاف المائي والتي تقدر بحوالي 97.2% (Earth) إلى حوالي 97.5% (Geology today) توجد على هيئة بحار ومحيطات، أما النسبة الباقية منها والتي تساوي 2.8% أو 2.5% فتتواجد على هيئة بحيرات مالحة وعذبة وأنهار وكتل جليدية قارية وماء جوفي وبخار ماء عالق بالترربة أو بالغلاف الجوي. مع العلم بأن هذه النسب قليلة جدا خاصة للمياه الأرضية لكنها تحتوي على كميات هائلة من المياه. وهي تعتبر على درجة عالية من الأهمية خاصة لأنها بالإضافة إلى إمداد الكائنات الحية بالمياه العذبة اللازمة للحياة فإنها المسؤؤل الأول عن عملية نحت وتشكيل التضاريس السطحية المختلفة لكوكب الأرض.

معظم بخار الماء العالق بالجو والذي يشكل لنا بالنهاية السحب والأمطار مصدره الرئيسي هو البحار والمحيطات الشاسعة التي تغطي كوكب الأرض. لذلك فإن البحار والمحيطات على درجة عالية من الأهمية خاصة بتحفيز دورة الماء في الطبيعة. بالإضافة إلى أنها تحتوي على 3.5% من وزنها على الأملاح الأساسية الذائبة ويشكل كلوريد الصوديوم 77.7% من مجموع الأملاح الذائبة. وأيضا إن الحركة الدائمة المستمرة للبحار والمحيطات تساهم في خلق مظاهر الطقس المختلفة حول العالم وأيضا تمد الإنسان بالغذاء ومصادر اقتصادية كثيرة. وتعود الحركة المستمرة للمحيطات والبحار أولا لاختلاف درجة حرارة الشمس على الكرة الأرضية مما يؤدي إلى اختلاف درجة حرارة الكتل الهوائية الملامسة لمياه البحار والمحيطات، وثانيا لجاذبية القمر والشمس التي تؤدي إلى حصول ظاهرة المد والجزر، وأخيرا بسبب دوران الأرض حول نفسها.

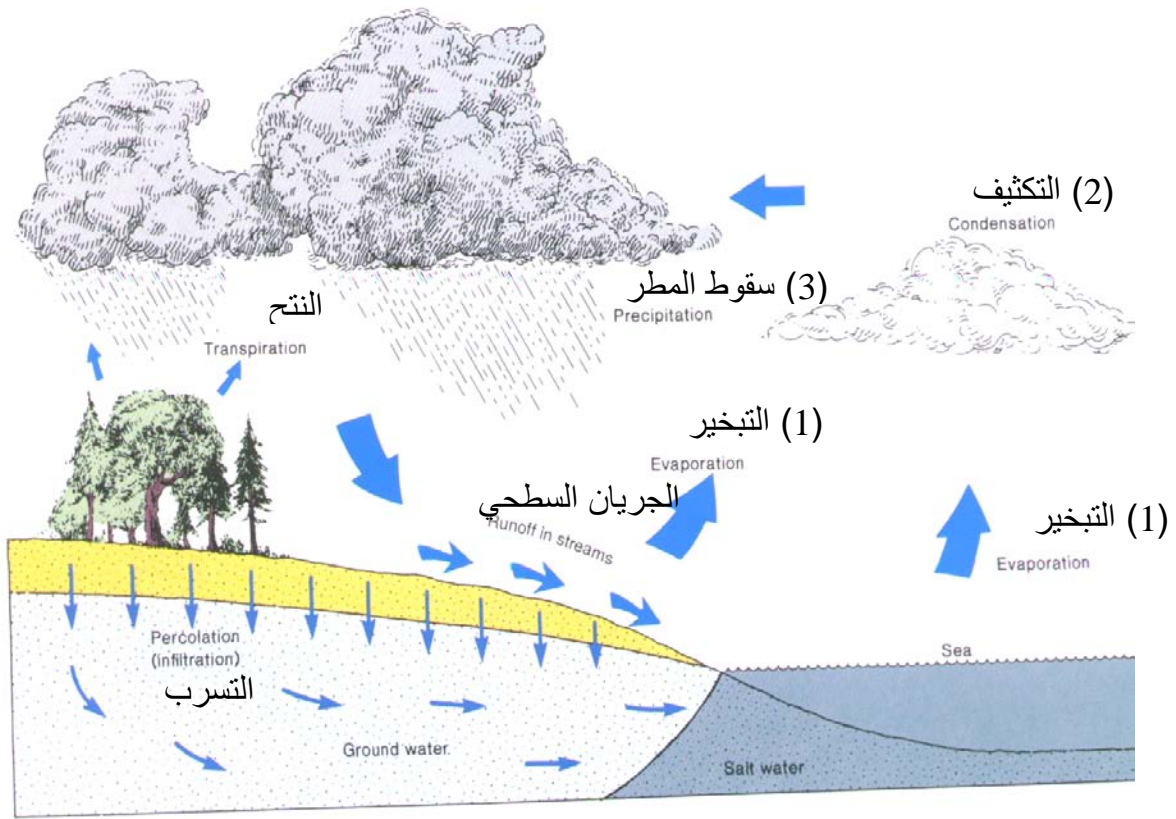


Figure 10.1 The hydrologic cycle. Water vapor evaporates from the land and sea, condenses to form clouds, and falls as precipitation (rain and snow). Water falling on land runs off over the surface as streams, or percolates into the ground to become ground water. It returns to the atmosphere again by evaporation and transpiration (the loss of water to the air by plants).

دورة الماء في الطبيعة

عملية التسرب والجريان السطحي تعتمد على ما يلي:-

1. كمية الأمطار والمدة التي هطلت بها الأمطار.
2. حالة التربة قبل سقوط المطر (جافة أو رطبة).
3. نسيج التربة هل هو مسامي أو مضغوط.
4. درجة ميل السطح.

دورة الماء في الطبيعة Hydrologic Cycle

كما ذكرنا بان الغلاف المائي يعتبر في حركة دائمة مستمرة على سطح الأرض وهو ما يسمى بدورة الماء بالطبيعة (Hydrologic Cycle). ودورة الماء في الطبيعة ما هي إلا دورة متصلة مغلقة وغير منتهية لحركة المياه التي تعتمد بصورة أساسية على الطاقة الشمسية، وحيث يكون الغلاف الجوي هو حلقة الوصل المهمة بين المحيطات و القارات. وتندرج ضمن دورة الماء في الطبيعة عدة عمليات تساعد على تلك الحركة المستمرة وتؤدي إلى رجوع الماء مرة أخرى إلى مصدره الأساسي الذي ابتداء منه ألا وهو البحار والمحيطات.

العمليات المصاحبة لدورة الماء في الطبيعة:-

1. التبخر Evaporation .

تبدأ دورة الماء بعملية تبخر الماء الموجود ضمن البحار والمحيطات (المصدر الأساسي للمياه) والماء الموجود على القارات بشكل بحيرات، وأنهار، ومياه مصاحبة للتربة، وغيرها من المصادر الطبيعية وغير الطبيعية بواسطة الحرارة القادمة من الشمس. وهنا يتحول الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. ثم يحمل الهواء ذلك البخار المتشكل إلى مسافات شاسعة حتى تبدأ العملية المعقدة التي تشكل السحب، وهي تعتمد على درجة الحرارة والضغط الجوي والرطوبة الجوية للجو.

2. التكثيف Condensation .

بعد انتقال بخار الماء إلى طبقات جوية باردة يبدأ هذا البخار بالتكثف أي التحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة أو الصلبة لتشكيل السحب المختلفة. ثم تنتقل هذه السحب إلى مناطق مختلفة اعتمادا على درجات الحرارة، اتجاه الرياح، ودرجات الضغط الجوي.

3. سقوط المطر Precipitation .

تنتقل السحب إلى مناطق أخرى خلال مسافات شاسعة وعندما تصل إلى مرحلة التشبع تهطل مكونات السحب على هيئة مطر أو جليد أو بَرَد. عند هطول المطر على البحار والمحيطات تنتهي دورة هذا الماء، وعند تبخيره مرة أخرى تبدأ الدورة من جديد. أما عندما يسقط المطر على المناطق القارية فيسلك عدة مسالك حتى يصل بالنهاية إلى المحيطات والبحار. ويعتمد مسلك الماء على عدة عوامل منها: الطقس، التضاريس، وجود الغطاء النباتي، وطبيعة الصخور المكونة للقشرة الأرضية. لذلك فإن المطر بعد سقوطه يسلك المسالك التالية:-

أ. التسرب (Infiltration).

د. الهام اللقايوي

تتغلغل مياه الأمطار إلى داخل الأرض من خلال المسامات والشقوق أولاً بحركة رأسية إلى الأسفل، ومن ثم بحركة جانبية حتى تصل إلى المياه الجوفية ومن ثم إلى البحار والبحيرات والمحيطات. ويعتمد معدل التسرب (معدل امتصاص التربة للماء Infiltration Capacity) على كمية الأمطار والمدة التي هطلت فيها الأمطار، و حالة الجفاف والرطوبة للتربة قبل سقوط المطر، ونسيج التربة هل هو مسامي أو مضغوط، ودرجة ميل السطح، ودرجة كثافة الغطاء النباتي. فعندما تكون التربة رطبة قبل سقوط المطر، أي تحتوي التربة على نسبة من الماء محصور بين حبيباتها، هنا يقل معدل التسرب بوقت أقل من التربة التي تكون بصورة جافة قبل سقوط المطر. أما كلما كانت التربة مسامية كانت درجة التسرب عالية والعكس صحيح للتربة المضغوطة. أما درجة ميل السطح وكثافة الغطاء النباتي فتتناسب عكسياً مع درجة التسرب. عندما يكون معدل الميل منخفضاً يزداد معه معدل التسرب للماء، وعندما يكون معدل الميل شديداً فهو يؤدي إلى تقليل درجة التسرب للماء.

كثافة الغطاء النباتي تقلل الفرصة أمام الماء للتسرب إلى مستوى الماء الجوفي لأن النباتات بإمكانها حجز الماء على السطح، والكمية التي تتسرب تمتصها جذور النباتات للاستفادة منها في عملية البناء الضوئي. ويزداد تسرب الماء كلما كان المطر شديداً والمدة التي هطل بها تكون على فترات زمنية طويلة، لكن في هذه الحالة لا يجب أن نغفل عن دور معدل امتصاص التربة للماء وعلاقته مع درجة التسرب. فالتسرب ينتهي أو يقف عندما تصل التربة لدرجة التشبع التي تعتمد على درجة مسامية التربة، وهنا يأتي دور المسلك الثاني وهو الجريان السطحي.

ب. الجريان السطحي (Surface Runoff).

عندما يكون معدل سقوط المطر أعلى من معدل الامتصاص للتربة بالتالي يجري الماء على السطح حتى يصل إلى المحيطات و البحار بدلاً من التغلغل أو التسرب إلى داخل الأرض. وأيضاً يعتمد معدل الجريان السطحي على العوامل السابقة وهي: كمية الأمطار والمدة التي هطلت فيها الأمطار، و حالة الجفاف والرطوبة للتربة قبل سقوط المطر، ونسيج التربة هل هو مسامي أو مضغوط، ودرجة ميل السطح، وكثافة الغطاء النباتي.

لذلك يقل معدل الجريان السطحي في حالة سقوط المطر على أرض منبسطة أو قليلة الانحدار، ونسيج التربة مسامي أو مضغوط، لأن ماء المطر إما سوف يتسرب إلى باطن الأرض في حالة التربة المسامية أو سوف يتجمع على السطح في حالة التربة المضغوطة. وأيضاً ضمن الإطار نفسه يقل معدل الجريان السطحي للماء سواء كان الغطاء النباتي معدوماً، أو قليل الكثافة، أو كثيفاً.

لكن يزداد معدل الجريان السطحي للماء كلما زاد ميل السطح الخارجي للأرض في كل الحالات سواء التربة مسامية أو مضغوطة. وأيضاً يزداد معدل الجريان السطحي للماء كلما كان المطر شديداً والمدة التي

هطل بها تكون على فترات زمنية طويلة خاصة عندما يكون ميل السطح عالي والغطاء النباتي معدوم إلى قليل الكثافة.

جريان الماء على سطح الأرض يؤدي بالنهاية إلى وجود التجمعات المائية في المناطق المنخفضة من الأرض مثل الأحواض، وأيضا جريان الماء المؤقت في مجاري السيول خاصة في المناطق الجافة أو الشبه جافة. كما يحدث أيضا في هذه المناطق الجافة أو الشبه جافة انجراف للتربة السطحية بسبب قلة أو عدم وجود الغطاء النباتي، وتجمع هذه الرواسب على قاع المنخفضات أو قيعان السيول أو على شكل مراوح ترسيبية على جوانب المناطق الجبلية بعد انقطاع المطر. أما في المناطق المعتدلة فجريان الماء يؤدي إلى ارتفاع منسوب الأنهار والبحيرات الدائمة لأنه مصدر تغذيتها.

ومعظم الماء المتسرب إلى داخل الأرض أو الجاري على سطح الأرض يعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على هيئة بخار ماء بواسطة عملية التبخر، وبعضه الآخر يصل إلى البحار والمحيطات على هيئة مياه بواسطة المياه الجوفية أو الأنهار والسيول. لكن نسبة بسيطة تعود مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على هيئة بخار ماء لكن عن طريق النبات.

ج. النتح (Transpiration).

تقوم النباتات بامتصاص الماء المتسرب إلى داخل التربة للاستفادة منه بعملية البناء الضوئي، ومن ثم تحريره على هيئة بخار ماء. فمعدل النتح يعتمد على درجة كثافة الغطاء النباتي، فكلما زادت كثافة الغطاء النباتي زاد معدل امتصاص الماء المتسرب إلى طبقات التربة مما يؤدي إلى زيادة معدل النتح. ومعدل النتح أيضا يعتمد على كمية الضوء أي عدد ساعات النهار واختلافها بين فصول السنة.

ويعتمد النتح أيضا على نوع الغطاء النباتي، مثلا كل سنة يستطيع حقل من المحاصيل الزراعية أن ينتج طبقة من الماء بعمق 60 سنتيمتر تقريبا تغطي الحقل بأجمعه بواسطة عملية النتح، لكن الغابات تنتج ضعف هذه الكمية من الماء خلال السنة الواحدة.

أولاً: المياه السطحية (الجارية) Running Water

هي المياه التي تجري على سطح الأرض على هيئة أنهار متخذة طريقها مع انحدار الأرض حتى تصل إلى البحيرات والبحار والمحيطات. ويعتمد الإنسان على الأنهار لأنها مصدر مهم للطاقة، والترحال، والزراعة. والأنهار عبارة عن جريان الماء على سطح الأرض داخل قنوات محددة ذات أحجام مختلفة من حيث العمق والعرض والطول. وتختلف الأشكال النهرية اعتمادا على طبيعة التضاريس الأرضية وتوجد أشكال كثيرة أهمها الشكل الشجري والشكل الشعاعي والشكل المستطيل والشكل الشعري. بالإضافة إلى ذلك تختلف التضاريس الأرضية والطبيعة جريان النهر والمميزات الفيزيائية للأنهار وعمليات النحت والترسيب على المرحلة التي وصل إليها النهر في التطور. في المراحل الأولى لتشكل النهر عادة يعرف بها بأنها مرحلة الشباب، ثم تليها مراحل النضوج البدائية والأخيرة، ثم بالنهاية مرحلة الكهولة.

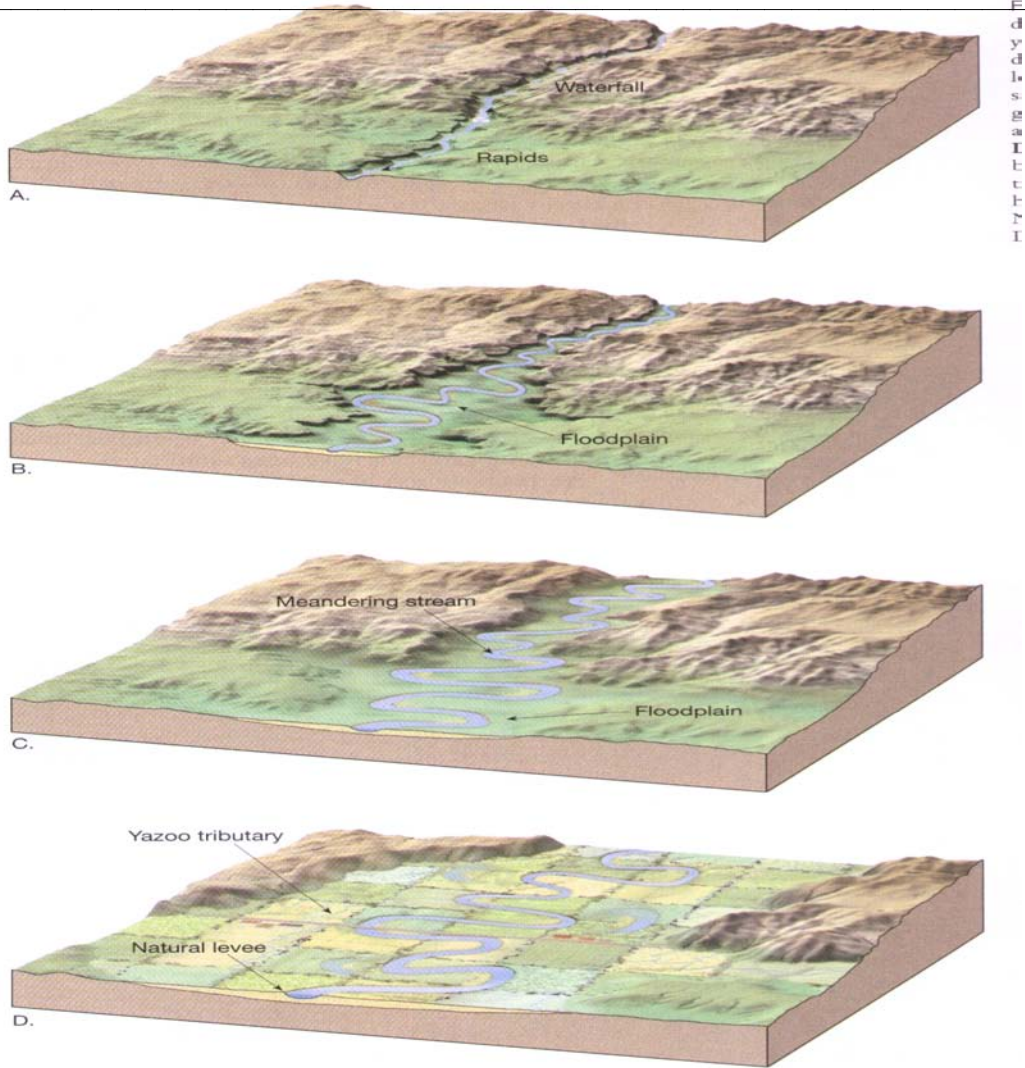
أنواع التدفق المائي ضمن الأنهار الجارية:-

1. التدفق الصفحي Laminar Flow .

عبارة عن جريان ذرات الماء بشكل خطوط مستقيمة ثابتة في اتجاه مجرى النهر من دون أن يحصل لها مزج أو خلط. ويحدث هذا النوع من التدفق عندما تكون سرعة جريان الماء قليلة جدا خلال مجرى مائي أملس.

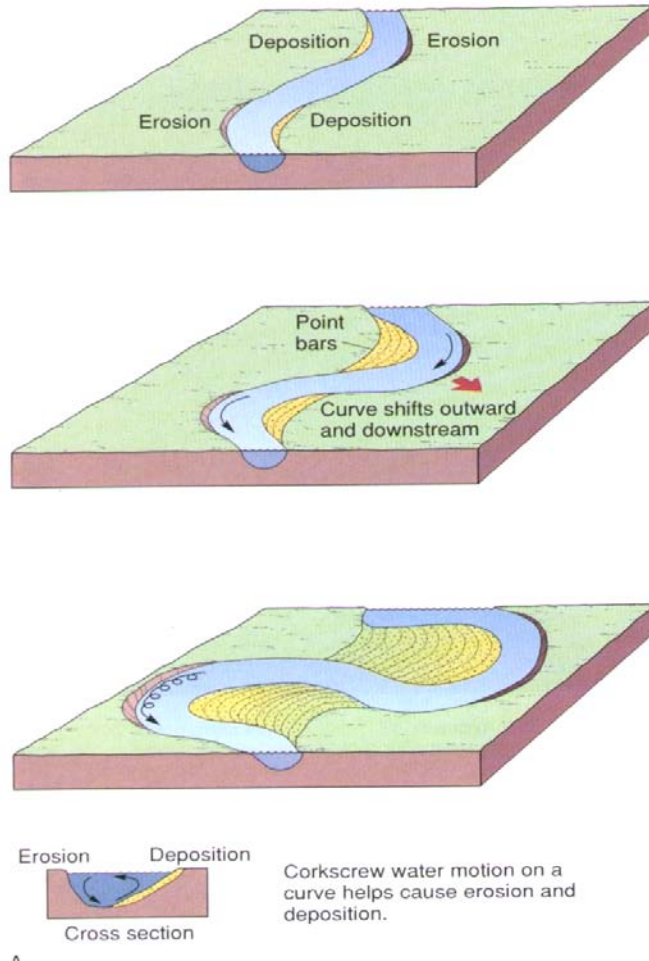
2. التدفق المضطرب (الدوامي) Turbulant Flow .

عبارة عن جريان ذرات الماء بشكل مضطرب متغير متعاكس الاتجاه ملتفا بشكل دوامة. ويحدث التدفق المضطرب عندما تزداد سرعة الماء أو عندما يصبح المجرى النهري خشن. وهذا النوع من التدفق يعتبر العامل الأساسي لنحت المجاري المائية، وأيضا في حمل الفتات الصخري المتعدد الحجم إلى أماكن أخرى باتجاه مجرى النهر.



مراحل تطور الأنهار:-

- (1) مرحلة الشباب (Youth Stage): تتميز بوجود الشلالات الطبيعية (waterfalls) والدوامات المائية (Rapids)، وإن وادي النهر يكون بشكل حرف (V)، وسرعة جريان الماء عالية وفي معظم الأحيان يكون النهر مضطرب الجريان.
- (2) مرحلة النضج البدائية (Primary Maturity): بداية تشكل الضفاف النهرية التي تتعرض للفيضانات في بعض الأحيان، ويبدأ النهر بالتعرج ويكون مجرى النهر على شكل حرف (U)، وجريان الماء صفحي لكن في أوقات ذوبان الجليد والأمطار الشديدة يكون مضطربا.
- (3) مرحلة النضج الأخيرة (Final Maturity): التعرجات النهرية أكثر وضوحا، وتوسعة في الضفاف النهرية، ويكون مجرى النهر على شكل حرف (U)، جريان النهر صفحي لكن في أوقات ذوبان الجليد والأمطار الشديدة يكون مضطربا.
- (4) مرحلة الكهولة (Old Age Stage): التعرجات النهرية أكثر وضوحا وتوسعة كبيرة في الضفاف النهرية التي تتعرض للفيضانات عندما يرتفع منسوب الماء، ويكون مجرى النهر على شكل (U)، وتتشكل تفرعات نهريّة وبحيرات هلالية على الضفاف الواسعة، ويكون جريان الماء صفحي دائما.



مراحل التعرية والترسيب للأنهار

تحور النهر من مرحلة النضج إلى مرحلة الكهولة بواسطة التعرية والترسيب مع مرور الوقت والتي تؤدي إلى تشكل تعرجات نهريّة كبيرة جدا وتغير في جيومورفولوجية السطح

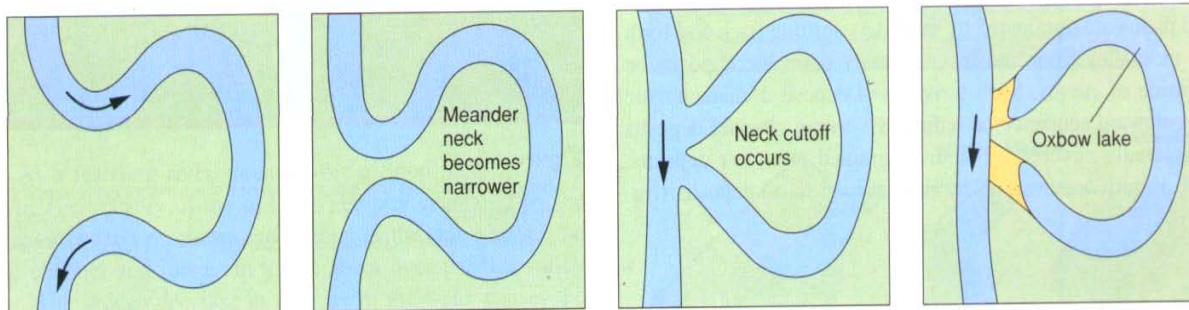


Figure 10.31 Creation of an oxbow lake by a meander neck cutoff. Old channel is separated from river by sediment deposition.

مراحل تشكل البحيرات الهلالية

أنواع الحمولة النهرية:-

تنقل الأنهار حمولتها من المواد المنحوتة (الفتات الصخري) على الأشكال التالية:-

1. الحمولة الذائبة Dissolved Load .

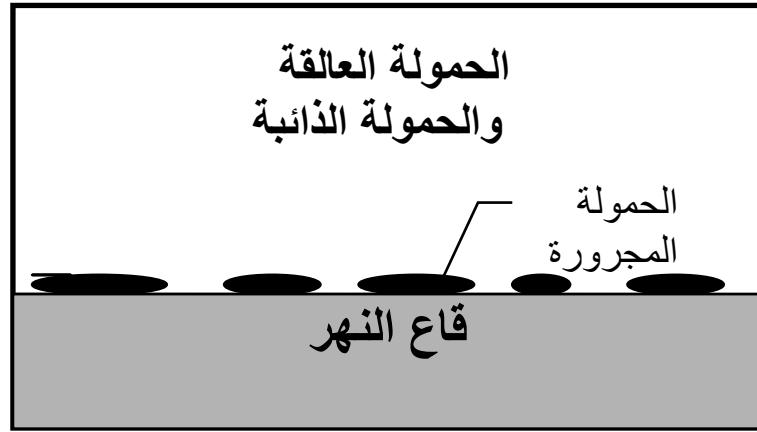
وهي تشمل جميع المعادن الذائبة التي نتجت بسبب التجوية الكيميائية للصخور المكشوفة على سطح الأرض. وهي تتضمن كربونات الكالسيوم وأكسيد السيليكون وكربونات البوتاسيوم والمائية وكبريتات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم وكلوريد المغنيسيوم وأملاح مذابة أخرى. وهذه الحمولة لا ترى بالعين لكن تحدد كمياتها بواسطة التجارب الجيوكيميائية. تترسب هذه الحمولة ضمن البحار بعد وصول مياه الأنهار واختلاطها مع البحار، وتكون طريقة الترسيب إما كيميائية أو كيميائية عضوية. والبعض منها يترسب ضمن الأنهار بطرق كيميائية عضوية عن طريق تكوين لؤلؤ المياه العذبة وأيضا امتصاصها من قبل الكائنات لبناء هيكلها الداخلية والخارجية.

2. الحمولة العالقة Suspended Load .

وهي الفتات الصخري المحمول بالماء فوق قاع النهر. ويشمل جميع الحبيبات المحهرية التي تساوي الحجم الطيني والغريني (أقل من أو يساوي 0.063 mm). فهي تشمل المعادن الطينية وأكاسيد الحديد المختلفة وحتى حبيبات الكوارتز ذات الحجم الغريني وبلورات المايكا والمعادن الثمينة مثل الذهب والفضة الدقيق الحجم. وتترسب هذه الحمولة عادة على الضفاف النهرية أو ضمن الدالات الترسيبية وأيضا ضمن البحار.

3. الحمولة المجرورة Traction or Bed Load .

وهي الفتات الصخري المحمول على قاع النهر وللذي يزيد حجمه عن (0.063 mm)، فهي تشمل جميع الحبيبات ذات الأحجام الرملية والجلاميدية مثل حبيبات الكوارتز والفتات الصخري وحتى حصية من الأحجار الكريمة. وتترسب الحمولة المجرورة ضمن المجاري النهرية عندما تقل سرعة النهر أو على الضفاف بعد الفيضانات النهرية خاصة الرملية والحصوية منها. وتعتمد طريقة انتقال هذه الحبيبات على الحجم والشكل الخارجي. فالحمول الرملية ينتقل على طريقة القفز، أما الأحجام الجللاميدية فتنتقل على طريقة الدرجة أو الانزلاق على قاع النهر.



كيفية ترسيب الحمولة النهرية:-

تبدأ الأنهار بترسيب حمولتها من الفتات الصخري المتدرج الحجم في أجزاء مختلفة من المجرى عندما تنخفض مقدرة الأنهار على حمل هذا الفتات بسبب عوامل كثيرة متداخلة.

العوامل التي تؤدي إلى الترسيب:-

1. انخفاض سرعة المياه المتدفقة.

التي تحدث نتيجة للعوامل التالية: انخفاض درجة ميل مجرى النهر، أو الاتساع الفجائي لوادي النهر، أو وجود العوائق، أو دخول مياه النهر في مجرى مائي هادئ كبحيرة أو بحر.

2. قلة حجم المياه المتدفقة.

التي تحدث نتيجة للعوامل التالية: مرور مياه النهر على مساحات واسعة من صخور مسامية، أو ندرة الأمطار، أو ارتفاع درجات الحرارة.

تتشكل تضاريس كثيرة بسبب ترسيب الحمولة النهرية لعل من أهم هذه المعالم التي هو ما يعرف بالدالات أو الدلتا (Delta) والمراوح الترسيبية (Alluvial Fans)، وجميعها تكون متشابهة بالشكل و تحدث نتيجة لانخفاض مقدرة الماء على حمل الفتات الصخري.

1. المراوح الترسيبية.

د. الهام اللقاوي

يحدث الترسيب عندما يتدفق الماء من فتحة ضيقة لمجرى مائي على ارتفاع عال في المناطق الجبلية بشكل مفاجئ إلى مناطق واسعة و منبسطة مثل الأودية. فالتغير المفاجئ بسرعة الماء يؤدي إلى ترسيب الفتات الصخري على شكل قمع أو مروحة بحيث يترسب الفتات الخشن الكبير الحجم عند العنق والفتات الدقيق عند قاعدة المروحة. ويحدث هذا النوع من الترسيب في المناطق الجافة نتيجة لتعرض المناطق الجبلية لسيول مفاجأة وسريعة.

2. الدالات الترسيبية.

يحدث الترسيب عندما يلتقي ويدخل ماء النهر مسطح مائي هادئ نسبيا مثل بحيرة أو بحر. ويعتمد شكل الدالات الترسيبية على نوعية وكمية الحمولة النهرية، وطبيعة الشواطئ، وسرعة التيارات البحرية. وتتشكل إما على هيئة مثلث قاعدته المفتوحة باتجاه البحر وتعرف بالدلتا المثلثة أو دلتا النيل، أو على هيئة منشعبة إلى ثلاثة شعب تشبه أرجل الطيور وتعرف بدلتا رجل الطائر أو دلتا الميسيسيبي.

ثانياً: البحار و المحيطات

تشكل البحار والمحيطات 98% من المياه الموجودة على سطح الأرض. وتحتوي مياه البحار والمحيطات على نسبة من الأملاح الذائبة تقدر بحوالي 3% من حجم الماء المكون لها . ويسمى المستوى الذي تستقر عليه سطح المياه في البحار **بمنسوب البحر (Sea Level)** ويرمز له عادة بالرقم صفر في الخرائط الجيولوجية.

مصادر مياه البحار و المحيطات:-

1. مياه الأمطار.
2. مياه السيول والأنهار.
3. المياه المتدفقة من باطن الأرض.
- أ. مصاحبة للحمم البركانية.
- ب. مياه جوفية.

طبيعة الرواسب البحرية:-

الرواسب البحرية هي تلك الرواسب التي تتراكم على قاع البحر بين المنطقة الواقعة عند نهاية أعلى نقطة يمكن لماء البحر أن تصلها ، وأعماق البحار. وهذه الرواسب تتدرج في الحجم من الخشن إلى الدقيق كلما ابتعدنا عن شاطئ البحر وكلما ازداد عمق المسطح المائي كالتالي:-

1. المناطق الضحلة الواقعة بين أعلى مد وأدنى جزر.
تتميز بتراكم الرواسب الخشنة المتمثلة بالحجور الجلاميدية والرملية الخشنة إلى المتوسطة الخشونة. لذلك فالصخور المتكونة في هذا النطاق معظمها من صخور الكونجلوميرات، والصخور الرملية.
2. المناطق الواقعة بين أدنى جزر وحافة الرصيف القاري.
تتميز بتراكم الرواسب الرملية الدقيقة، التي تؤدي إلى تكون الصخور الرملية الدقيقة التحبب.
3. المناطق الواقعة ضمن المياه العميقة.
تتميز بوجود الرواسب المتمثلة بالحجور الغرينية والطينية، وهي تؤدي إلى تكون الصخور الطينية و الغرينية.

د. الهام اللقاوي

العوامل التي تؤثر على نوع وطبيعة الرواسب البحرية المترامية:-

1. قرب أو بعد منطقة المصدر الصخري للرواسب.
2. عمق المسطح المائي.
3. نوع وكمية المحملة النهرية.
4. درجة حرارة المياه.
5. درجة الملوحة.
6. درجة صفاء المياه.

بعض الأمثلة على نوع الرواسب:-**أولاً: الشواطئ القريبة من منطقة المصدر الصخري الجبلية:-**

هذه الشواطئ تتميز بتراكم الرواسب الفتاتية الميكانيكية التي تؤدي إلى تكون صخور الكونجلوميرات تليها الصخور الرملية ثم الصخور الطينية. المناطق البعيدة جداً عن الشواطئ والعميقة تتميز بوجود الصخور الجيرية الطينية.

ثانياً: الشواطئ البعيدة عن منطقة المصدر الصخري:-

تتميز بوجود رواسب كيميائية ورواسب كيميائية/عضوية، بسبب صفاء المياه، الحرارة المرتفعة للماء، درجة التبخر العالية، والملوحة المرتفعة. وتشمل الصخور الجيرية العضوية (المرجانية)، والصخور الجيرية الكيميائية (البطروخية والجيرية الطينية)، صخور الدولومايت، والجبس، والملح.