جامعة البعث
كلية العلوم
75
15
مركز العلوم للخدمات الجامعية
محاضرات - مخبريات - قرطاسية
ت ـ ٠٩٦٦٢٧٨٧٥٧ ـ ٠٩٣١٨٧٩٧٩٧

قسم الجيولوجيا

السنة الأولى

سنوي

مقرر

العلوم

الجيولوجيا الفيزيائية (2)

الفصل

الثاني

نظري

المحاضرة السادسة

للعام

الدراسي

2017

2018

د. سعيد ابراهيم

مركز العلوم للخدمات الجامعية
محاضرات - مخبريات - قرطاسية
ت ـ ٠٩٦٦٢٧٨٧٥٧ ـ ٠٩٣١٨٧٩٧٩٧

مركز العلوم للخدمات الجامعية
محاضرات - مخبريات - قرطاسية
ت ـ ٠٩٦٦٢٧٨٧٥٧ ـ ٠٩٣١٨٧٩٧٩٧

الفعل الجيولوجي للمياه الجارية السطحية

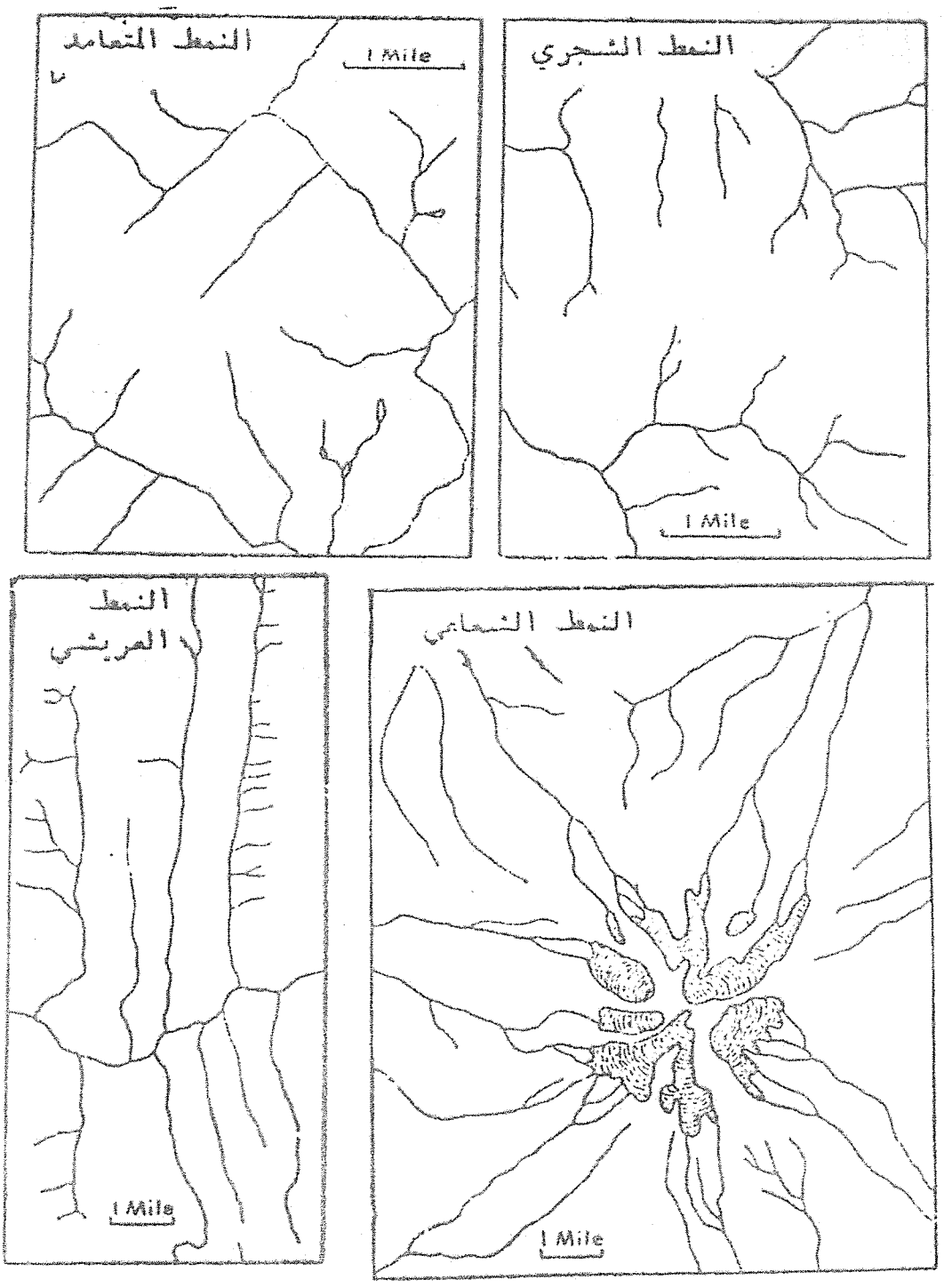
تشمل المياه الجارية السطحية كل المياه التي تسقط على الأرض وتسيل على سطحها في هيئة أنهار وجداول متخذة طريقها مع الانحدار العام لسطح المنطقة لتصب في النهاية في البحار أو المحيطات أو أية منطقة منخفضة.

وتعتبر دراسة الفعل الجيولوجي للأنهار من الأمور الأساسية والمهمة جداً لفهم التطورات التي يتعرض لها سطح اليابسة. حيث يقدر بأن حوالي 85 - 90 % من مجموع المواد الرسوبية الحالية المنقولة إلى البحار والمحيطات تم نقلها بواسطة الأنهار والسيول. وأن حوالي 7 % منها فقط ينقل بواسطة الجليديات. ومما يؤكد الأرقام السابقة كميات المواد الصلبة الكبيرة التي تنقلها الأنهار الكبرى في العالم والتي تسمى أحياناً الجريان الصلب. فمثلاً تقدر الكميات التي ينقلها نهر الفولغا من المواد الصلبة سنوياً بحوالي 14 مليون طن. ونهر النيل بحوالي 125 مليون طن. والمسيسبي 400 مليون طن. كما تقدم التقديرات الحالية صورة عامة عن معدل الحت والتعرية لسطح اليابسة من خلال الكميات المجروفة مع مياه الأنهار إلى البحار، والتي تدل على أن سطح اليابسة ينخفض بمقدار 1 سم كل 300 سنة. وهذا يعني أن تضاريس اليابسة الحالية يمكن أن تزول خلال فترة زمنية قدرها حوالي 25 مليون سنة، إذا بقيت جميع الظروف والشروط القائمة حالياً ثابتة دون تبدل أو تغير بالنسبة لأنظمة الأنهار والكرة الأرضية.

الحوض النهري (الحوض الصباب): هو جميع الأراضي التي ينحدر سطحها نحو النهر أو أحد روافده. وتتشكل نتيجة التقاء النهر مع روافده على امتداد الحوض النهري شبكة هيدروغرافية تتجمع من خلالها المياه لتصب في مجرى النهر الرئيسي. وتكون منطقة الحوض النهري مفصولة عن الأحواض المجاورة بفواصل مائية تمثل خطوط تقسيم المياه على طول المناطق المرتفعة المحيطة بالحوض.

أنماط الشبكات النهرية: تتعلق أشكال الوديان النهرية بالبنية الجيولوجية والطبيعة الصخرية للأراضي التي تجري فوقها هذه الأنهار من جهة. وعلى تاريخ التطور الجيولوجي لهذه الأودية من جهة أخرى. ويمكن تعريف **نمط الشبكة النهرية** بأنه أسلوب ترتيب وتوزع المجاري المائية في حوض التصريف. وبما أن نمط الشبكة المائية يتعلق بشكل كبير بنوع الصخور وتاريخ تطور المنطقة، يمكن القول أنه عندما يكون هناك تشابه في الخواص العامة للشبكات المائية، كالكثافة والتفرع واتجاه الروافد والجريان، فان ذلك يدل على وجود تشابه في المواد السطحية ونوع الصخور والبنية التكتونية. هذا ويمكن تمييز وجود أربع أنماط رئيسية من الشبكات النهرية وهي (شكل):

- النمط الشجري: يمتاز هذا النمط بالتفرعات النهرية غير المنتظمة في اتجاهات مختلفة. ويصادف هذا النمط في المناطق التي تتألف من صخور متجانسة مثل الصخور النارية غير المشققة (سطح الصبات البازلتية) والطبقات الرسوبية الأفقية والحطام الصخري المتجانس. وفي هذه الحالات فان الاختلاف في مقاومة الصخور قليل جداً بحيث لا يؤثر بشكل واضح على تحديد اتجاهات الأنهار حيث تلتقي الروافد النهرية مع بعضها عادة بزوايا حادة. ويعتبر هذا النمط من أكثر أنماط الشبكات النهرية انتشاراً.



شكل رقم 29: يوضح أنماط مختلفة من الشبكات النهرية.

- النمط العريشي: ويتشكل هذا النمط في مناطق وجود طبقات مائلة مؤلفة من تعاقب طبقات قاسية مع طبقات لينة. وهو عبارة عن نمط مستطيل الشكل تكون فيه الروافد شبه متوازية ومتعامدة مع المجاري الرئيسية. وينتشر هذا النمط في مناطق وجود البنيات المتجانسة الميل حيث تمتد الروافد بشكل موازي لامتداد الطبقات (أي بين الطبقات المتعاقبة).

- النمط المتعامد: وهو نظام تصريف يتصف بتقاطع المجاري المائية بزوايا شبه متعامدة. وينتشر هذا النمط في المناطق المؤلفة من صخور نارية مشققة باتجاهات شبه متعامدة، حيث تتبع فروع الشبكة النهرية هذه التشققات التي تتصف بتأثرها بشكل سريع بعمليات الحت. ويتواجد هذا النمط في مناطق انتشار صخور الغرانيت والحجر الرملي الكتلي والصخور الكلسية المتبلورة.
- النمط الشعاعي: ينتشر هذا النمط في مناطق التراكيب الصخرية المخروطية والقبابية الشكل، وهو يتألف من عدد من المجاري المائية التي تنحدر من مناطق مركزية عالية وبشكل متباعد في جميع الاتجاهات نحوا المناطق المنخفضة المجاورة.

تصنيف الأودية النهرية

- الوادي التابع: تتبع الأنهار أثناء جريانها في هذه الوديان انحدار السطح الطبوغرافي والذي يتوافق عادة مع الانحدار الإقليمي أو مع ميل الطبقات (لذلك سميت بالأودية التابعة). وتقع هذه الأودية عموماً في مناطق الصخور المتماسكة. ولها عادة نمط تصريف شجري وذلك بسبب عدم وجود اختلاف في طبيعة الصخور التي يجري النهر وروافده فوقها.
- الأودية التالية أو الموافقة: هي أودية انتقلت مجاريها من الأودية التابعة إلى مناطق أكثر استجابة للتعرية، فهي تمثل مجاري أنهار تكيفت مع البنية. وتشغل هذه الأودية عادة مناطق الصخور الضعيفة وهي تجري عموماً بين الطبقات الصخرية القاسية وعلى امتدادها لذلك تسمى أحياناً الأودية الطولية. وتكون الشبكة المائية عادة في هذه الأودية من النمط العريشي.
- الأودية العكسية: هي الأودية التي تنصرف مياهها في اتجاه معاكس لاتجاه الأودية التابعة الأصلية وتمتد بعكس اتجاه ميل الطبقات.
- الأودية القحوم: وهي أودية الأنهار التي يمتد مجراها فوق أحد المناطق التي تتعرض لعملية نهوض تكتوني. ولقد أتت هذه التسمية من كون النهر قد اقتحم الارتفاع الجديد الذي حدث في طريقه وأن وجود المجرى النهري في المنطقة كان قد سبق حادثة النهوض التكتوني.
- الأودية المنطبعة أو القسرية: وهي أودية الأنهار التي تجري في البداية فوق تكوينات صخرية وتشكل على سطحها شبكة نهرية يتوافق نمطها مع طبيعة هذه الصخور. ومع استمرار عملية الحت سوف تشق هذه المجاري المائية مجراها نحو الأسفل في تكوينات أخرى أقدم منها تقع تحتها، فتنطبع هذه الأودية والشبكة المائية بكل تفاصيلها على التكوينات القديمة في الأسفل، والتي تختلف عن التكوينات الصخرية الأولى في البنية والتركيب.

ويتجلى الفعل الجيولوجي للأنهار بحدوث بثلاث عمليات متلازمة مع بعضها، وهي الحت والنقل والترسيب.

الحت النهري: يبدأ العمل الحتي للأنهار منذ اللحظات الأولى لتشكلها. فالنهر الجديد المتشكل يحاول أن يبعد بواسطة تياره المائي كل أنواع العوائق التي تعترض مسيره كالمرتفعات والنتوءات الصخرية البارزة أو الجروف الصخرية. ويستمر على طول مجراه بحت وجرف الصخور المحيطة بهذا المجرى. ويعتبر عامل قوة تدفق

المياه في المجاري النهرية من أهم العوامل التي يتعلق بها الحت النهري. مما يؤكد أهمية السرعة في الحت النهري. ويتجلى العمل الحتي للأنهار بثلاث أساليب وهي الحت الرأسي، والحت الجانبي، والحت التراجعي.

- الحت الرأسي (التعميق): وهو أسلوب الحت الذي تحز فيه المياه والمواد الصلبة الوادي النهري رأسياً أو عموديا مما يزيد من عمق الوادي. وتتعلق سرعة حدوث هذا النوع من الحت بدرجة كبيرة مع درجة تماسك وقساوة الصخور في قاع المجرى النهري. فكلما كانت الصخور طرية يتم الحت الشاقولي بشكل أسرع. كما تتعلق سرعة حدوث هذا الحت أيضاً بدرجة كبيرة مع كتلة المياه ونموذج جريانها، وسرعة تدفقها في المجرى النهري والتي تتعلق بدورها بشدة الانحدار.
- الحت الجانبي: يقوم الحت الجانبي بحت جوانب الأنهار وتوسيعها عرضياً. ويتم ذلك بشكل خاص في القطاعات الوسطى والدنيا من المجاري النهرية. فمع انخفاض سرعة الجريان من جراء ضعف الانحدار في المقطع الطولاني للنهر يتراجع الحت الرأسي ويتزايد عرض سرير النهر، ومع تزايد العرض يقل العمق وتتوزع المياه على مقطع أوسع عرضانياً. وبالنتيجة تنشأ ظروف جديدة في حركة الماء تؤدي لصرف طاقة هامة لضرب وحت الجوانب التي تأخذ بالتراجع وتوسيع النهر. وبسيطرة هذا التوسع ينقلب المقطع العرضاني للنهر من الشكل المثلثي (V) إلى الشكل العرضي المنبسط القاع (U). وهكذا ينشط الحت الجانبي وتتآكل ضفاف النهر وتتراجع بشكل متناظر على الجانبين إذا كان المجرى مستقيماً والمقطع العرضاني متناظراً. ولكن غالباً ما يكون النهر متعرجاً والمقطع العرضاني غير منتظم، وهو ما يؤدي إلى أن تتحرك المياه وتضغط على الجانب الشديد الانحدار والعميق مما يؤدي لتآكله وانهياره. وتكون النتيجة غالباً تكون ضفة مقعرة شديدة الانحدار مقابل ضفة لطيفة الانحدار ينحسر عنها الماء مخلفاً عليها ترسبات. وبالتالي يكتسب الحت الجانبي أهمية خاصة في تكوين وتطوير الأكواع النهرية.
- الحت التراجعي (الحت الصاعد): وهو أسلوب الحت النهري على امتداد المقطع الطولاني. وهو يعمل على خفض مستوى قاع النهر والوصول به إلى مرحلة التوازن بين الطاقة الحركية للمياه وحمولتها. ويعمل هذا الحت عادة على إزالة فروق الارتفاع والانقطاعات والركب والشلالات التي تعترض سير المياه على طول المجرى النهري وذلك بدأ من منطقة المصب وصعوداً باتجاه المنبع. وباستمرار الحت التراجعي على طول المجاري النهرية تزال العقبات وتندمج قطاعات النهر مع بعضها على امتداد المقطع الطولاني بانحدارات لطيفة لتشكل في نهاية المطاف مقطعاً طولانياً واحداً هو مقطع اتزان النهر.

<u>ويرتبط العمل الحتي للأنهار بالعوامل التالية:</u>

- قوة تدفق المياه في المجاري النهرية: فالمياه المتدفقة لها مقدرة على اكتساح المواد المفككة التي تصادفها في طريقها. وكلما كانت المياه سريعة وغزيرة كلما كانت مقدرتها أكبر على القيام بهذه العملية.
- المواد الصلبة التي تحملها الأنهار: فهذه المواد تحتك مع بعضها مما يؤدي إلى تحطيمها وتفتيتها مما يسهل على النهر حملها ونقلها. كما أن هذه المواد تقوم بالاحتكاك مع قاع وجوانب النهر مما يؤدي لتآكل الصخور في هذه المناطق وبالتالي اتساع المجرى النهري وتعميقه.

- الإذابة والتحلل: تستطيع مياه الأنهار أن تذيب بعض أنواع الصخور وخاصة الصخور الكلسية. وتقوم بنقل النواتج بشكل شوارد ذائبة في مياه النهر. كما تعمل مياه النهر على تفكيك الصخور الغير قابلة للذوبان وذلك من خلال حل وإذابة بعض العناصر التي تدخل في تركيبها، مما يؤدي إلى انحلال هذه الصخور وفقدان تماسكها.
- ميل المجرى النهري: لأن الحت النهري يكون شديد في المناطق الجبلية التي ينحدر فيها النهر بشدة. في حين يلاحظ أن الأنهار تكون ضعيفة الحت في المناطق السهلية ذات الانحدار الضعيف.

العلاقة بين قوة تدفق المياه وحمولتها وعملية الحت النهري: يمكن اعتبار سرعة تدفق المياه في المجاري النهرية وما تحمله من مواد صلبة عاملين أساسيين في عملية الحت النهري. ويلاحظ أن هناك علاقة بين قوة تدفق المياه وما تحمله من مواد مفككة وبين مقدرة هذه المياه على الحت بحيث يمكن صياغة هذه العلاقة على الشكل التالي:

- إذا كانت طاقة المياه المتحركة أكبر من حمولتها: في هذه الحالة سوف تعمل المياه على مهاجمة قاع وجوانب المجرى النهري بواسطة المواد الصلبة المحمولة معها وتعمل على حته وانتزاع مزيد من المواد الصلبة وجرفها في طريقها. ومع ازدياد كمية المواد الصلبة المحمولة في المياه فان هذه المياه سوف تصرف المزيد من الطاقة لحمل هذه المواد، وبالتالي سوف تتناقص قدرتها على الحت. وتسود هذه الحالة عادة في المناطق العليا من المجرى النهري.
- إذا تساوت طاقة المياه المتحركة مع حمولتها من المواد الصلبة: فسوف تسود حالة توازن في المجرى المائي لا يرفقها أي حت أو ترسيب. ويقتصر عمل المياه في هذه الحالة على النقل. وتسود هذه الحالة عادة في المناطق الوسطى من المجرى النهري.
- إذا تجاوزت حمولة المياه مقدرتها على الحمل: فسوف تحدث عملية ترسيب وتتخلص المياه من الحمولة الزائدة عن طاقتها. وتسود هذه الحالة عادة في القسم الأدنى من المجرى النهري.

مستوى القاعدة للمجرى النهري وأنواعه: يمكن تعريف مستوى القاعدة بأنه الحد الأدنى الذي لا تستطيع دونه عوامل الحت أن تقوم بعملها، أي هو أدنى مستوى يمكن أن تصل إليه عملية الحت الشاقولي للنهر. وتتوقف المدة التي يستغرقها قاع النهر للوصول إلى مستوى القاعدة على سرعة الحت. ويعتبر مستوى سطح البحر، أو الخط الوهمي لامتداد مستوى سطح البحر تحت سطح الأرض مستوى القاعدة العام لجميع الأنهار التي تصب في البحر. أما مستوى الأساس للروافد النهرية فهو المستوى الذي تقع فيه نقاط التقائها مع مجرى النهر الرئيسي. أما إذا كان النهر ينتهي إلى بحيرة مغلقة فان مستوى هذه البحيرة يعتبر مستوى قاعدي لهذا النهر. وهناك مستويات قاعدة مؤقتة أو محلية لأن الحواجز المكونة من صخور صلبة أو البحيرات التي يمكن أن توجد على مسار الوادي النهري يمكن أن تعمل كمستويات قاعدة مؤقتة للمناطق التي تقع قبلها من المجرى النهري.

ومن الجدير بالذكر أن طاقة مياه النهر عندما يصل إلى مستوى القاعدة تتناقص إلى الصفر مما يؤدي لتوضع المواد الصلبة المحمولة بهذه المياه. وبما أن بحيرات السدود النهرية تلعب دور مستوى الأساس لمناطق النهر الواقعة أعلى منها، فان النهر سوف يوضع حمولته من المواد الصلبة في هذه البحيرات. وهو ما سوف يسبب ردمها وتناقص كميات المياه المخزنة فيها مع الزمن.

المقطع التوازني للنهر: يستمر النهر في تعميق مجراه بالحت الشاقولي طالما لم يتحقق المقطع التوازني للنهر. ويستمر تعميق المجرى النهري بواسطة الحت الشاقولي حتى حد معين. ومع انخفاض مجرى النهر تتناقص سرعة حركة المياه أي تضعف قوتها. وعندما يحل التوازن بين قوة المياه وحمولتها يتوقف الحت الشاقولي تماماً ولا يتم أي تعميق لمجرى النهر. وعند ذلك يمكن القول أن النهر قد حقق مقطعه التوازني. وهو يتعلق بشكل كبير بتناقص فروق الارتفاع بين منطقة المنبع ومستوى القاعدة في منطقة المصب. إن وصول الأنهار إلى هذه المرحلة يعني عملاً جيولوجياً ضخماً يستمر فترة طويلة من الزمن تنتهي بحت وإزالة تضاريس الأحواض النهرية والاقتراب بها من مرحلة التسوية شبه التامة. حيث تسود الأراضي السهلية المنبسطة القليلة الارتفاع، وهذا يتفق مع المراحل الأخيرة من تطور الدورة النهرية والتي تعرف بمرحلة الهرم.

ولكن الوصول إلى مرحلة المقطع المتوازن للنهر لا يمكن الاحتفاظ بها بشكل دائم، والسبب في ذلك يعود إلى عدم ثبات واستقرار الشروط الطبيعة على الكرة الأرضية. إذ يمكن أن يتخرب المقطع التوازني للنهر وتتجدد عملية الحت الشاقولي (وبالتالي الدورة الحتية للنهر) نتيجة التغيرات التالية:

- تغير الظروف المناخية: التي يمكن أن تسبب تغيرات في كميات الهطول المطري، وبالتالي تغير كميات المياه المتدفقة في المجرى النهري. وتجدد طاقة المياه التي تسبب بدورها تجدد الحت الشاقولي. كما أن وجود عصور جليدية يؤدي إلى تجمع كميات كبيرة من الجليد في المناطق القطبية وانخفاض منسوب مياه البحر، وبالتالي تغير فروق الارتفاع بين المنبع والمصب وتخريب المقطع التوازني للنهر.
- الحركات البنيوية التي تعمل على رفع أو خفض سطح الأرض. والتي قد تسبب ارتفاع منطقة المنبع أو انخفاض منطقة المصب، وبالتالي تغير فروق الارتفاع على طول المجرى النهري وما يرافقه من زيادة في الانحدار وسرعة الجريان وتجدد عملية الحت الشاقولي وما يرافقها من تخريب المقطع التوازني للنهر*.

تظهر في الكثير من الأودية النهرية الحالية آثار تغيرات مستوى القاعدة. فارتفاع مستوى البحر يؤدي إلى تكوين الأودية المغمورة. كما أن انخفاض مستوى البحر يؤدي لتشكل الأودية المتصابية. ويؤدي تغير منسوب مستوى الأساس وتخريب المقطع التوازني للنهر إلى تشكل المصاطب النهرية التي سوف ندرسها بالتفصيل لاحقاً.

---

* أدت الحركات البنيوية وزحزحة القارات إلى إغلاق مضيق جبل طارق خلال دور النيوجين (منذ حوالي 8 مليون سنة) وتحول البحر المتوسط إلى بحر مغلق تتبخر مياهه بسرعة (يتبخر من سطح البحر المتوسط حوالي 70.000 $م^3$/ثانية). وبالتالي انخفض منسوبه حوالي 1500متر، وتحول إلى مجموعة من الأحواض البحرية المعزولة والمغلقة. مما سبب انخفاض مستوى القاعدة وتجدد الدورة الحتية للأنهار التي تصب فيه. ويقدر أن نهر العاصي حفر مجراه نتيجة ذلك بعمق حوالي 800 متر، ونهر النيل بعمق 1200 متر.

مراحل تطور الأنهار والدورة الحتية: تضم الدورة الحتية للأنهار ثلاث مراحل أساسية وهي مرحلة الشباب، ومرحلة النضج، ومرحلة الشيخوخة.

مرحلة الشباب: تبدأ الدورة الحتية بهذه المرحلة حيث يكون النهر في هذه المرحلة بأوج قوته. فتدفق المياه في المجرى النهري يكون سريع وقوي، وبالتالي يكون هناك حت سريع للمجرى النهري. وهذه المرحلة تتميز بما يلي:

- سرعة تدفق الماء في المجرى النهري.
- يسود في هذه المرحلة الحت الشاقولي مما يؤدي لتعميق قاع الوادي وتشكل جوانب شديدة الانحدار بحيث يأخذ مقطع الوادي شكل الحرف (V).
- تكثر الانزلاقات والانهيارات على جوانب الأودية الشديدة الانحدار.
- تكثر في قاع المجرى النهري الحفر الوعائية والشلالات النهرية والخوانق. فالحفر الوعائية تتشكل نتيجة الحركات الدوامية للمياه والتي تعمل على تحريك المجروفات الصخرية على القاع بشكل دائري مما يؤدي لتآكل القاع وتشكل هذه الحفر. والشلال النهري يتشكل عند انحدار النهر من فوق طبقة قاسية مقاومة للحت إلى طبقة لينة تحتها فيعمق مجراه في الطبقة اللينة بينما تبقى الطبقة القاسية بارزة تتحدر المياه من فوقها مشكلتاً شلال. أما الخانق فيتشكل في المنطقة التي يكون فيها المجرى النهري ضيق وشديد الانحدار وعميق بالنسبة لاتساعه، وهو يتشكل عادة فوق المناطق الصخرية الضعيفة التي أصابها التكسر.

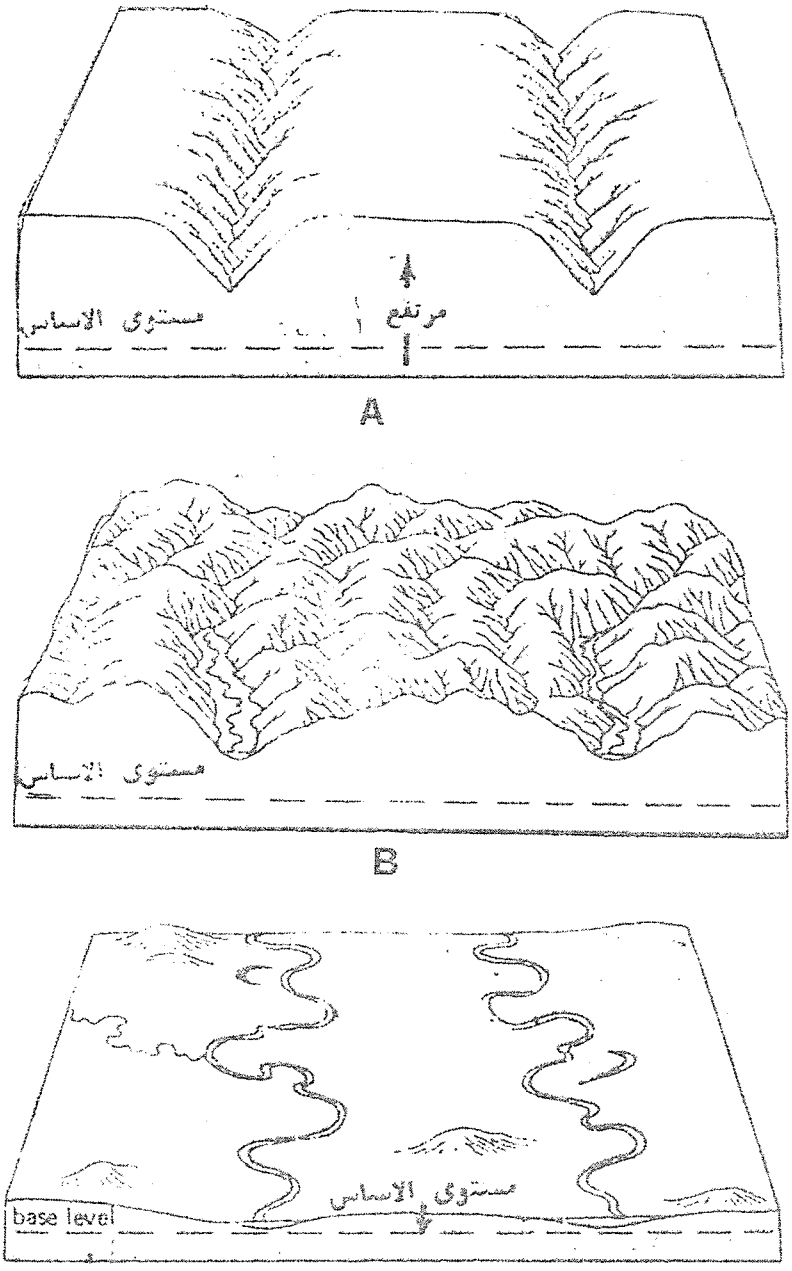
مرحلة النضج: تلي هذه المرحلة مرحلة الشباب (وتسمى أحياناً مرحلة البلوغ). وأهم ما يميز الوادي النهري في هذه المرحلة:

- يتناقص انحدار النهر وتتناقص سرعة التيار المائي عن مرحلة الشباب.
- يزاد الحت الجانبي ويضعف الحت الشاقولي مما يسبب اتساع قاع الوادي النهري بحيث يأخذ مقطع الوادي شكل الحرف (U).
- ندرة أو اختفاء الشلالات المائية في المجرى النهري.
- حدوث بعض حالات الأسر النهري (وهو ما سوف نوضحه لاحقاً).
- تكون بعض الجزر في مجرى النهر وذلك بسبب تناقص سرعة الجريان وتوضع بعض المواد المنقولة على القاع مكونة جزيرة في مجرى النهر مما يؤدي إلى انقسام النهر حولها ليعود ويتحد في مجرى واحد بعد أن يتجاوزها.

مرحلة الشيخوخة: يضعف في هذه المرحلة التيار المائي بشكل كبير بسبب قلة فرق الارتفاع بين منطقتي المنبع والمصب. ويضعف بالتالي العمل الحتي للنهر بشكل كبير. والنهر في هذه المرحلة يكون قد حقق مقطعه التوازني تقريباً وصار جريانه مستقراً ومنتظماً. وأهم الظواهر التي يتسم بها النهر في هذه المرحلة:

- يضعف العمل الحتي للنهر بشكل كبير وينشط بالمقابل العمل الترسيبي.

- تصبح الأودية النهرية عريضة جداً تفصل بينها جبال قليلة الارتفاع.
- تكثر التعرجات والأكواع النهرية في الوادي النهري (وخاصة في المجرى الأسفل) بسبب توضع المواد المجروفة في هذه المنطقة وتشكل السهل اللحقي. فيعمل النهر على الالتفاف حول العوائق المترسبة في طريقه مشكلاً تعرجات ومنعطفات نهرية.
- وجود البحيرات الهلالية أو المقتطعة التي يدل وجودها على تغيير النهر لمكان جريانه وتركه هذه المجاري المهجورة بشكل بحيرات هلالية الشكل.



شكل رقم : يوضح تطور الوادي النهري في مرحلة الشباب (A) ومرحلة النضج (B) ومرحلة الهرم (C).

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن أن تتمثل في أي نهر المراحل الثلاث من الدورة الحتية: فتصادف مرحلة الشباب في منطقة المجرى الأعلى، ومرحلة النضج في منطقة المجرى الأوسط، ومرحلة الشيخوخة في منطقة المجرى الأسفل للنهر. حيث يجري النهر فوق سهل منبسط باتجاه البحر أو المصب.

النقل النهري: شاهدنا في البداية أن الأنهار تقوم سنويا بنقل كميات كبيرة من المجروفات والمواد الحطامية إلى البحار والمحيطات. وتتألف حمولة النهر بشكل أساسي من المواد التي فتتها التجوية. أو التي حتها النهر وروافده أو مياه الجليد الذائبة. وهذه المواد تنقل بطرائق مختلفة معتمدة على كثافتها وحجمها. وبشكل عام ينقل النهر هذه المواد بثلاث أشكال:

- مواد ذائبة: وتشمل الأملاح والمواد القابلة للذوبان بالماء، حيث يتم نقل هذه المواد بشكل شوارد كيميائية (مثل الكربونات $Ca^{++}[CO_3]^{--}$، والهاليت $Na^{+}Cl^{-}$، والجص $Ca^{++}[SO_4]^{--}$، وغيرها). وتنقل الأنهار سنوياً كميات هائلة من هذه الشوارد. (شاهدنا أن نهر الميسيسيبي ينقل سنوياً حوالي 400 مليون طن من المواد. منها حوالي 126 مليون طن بشكل شوارد منحلة).
- مواد عالقة: وهي عبارة عن حبيبات رملية وغضارية ناعمة قطرها أقل من 0.05 مم. وهي تبقى معلقة أو مرتفعة فوق قاع المجرى النهري. فظهور العكارة في الأنهار خلال الفيضان أو بعد هطول أمطار غزيرة يدل على حمولة معلقة كبيرة. وتعتبر هذه المواد قليلة التأثير على عملية الحت النهري ولكنها تلعب دوراً كبيراً في تشكل الدلتا كما سنرى لاحقاً.
- مواد مجروفة على القاع: وهي رمال وحصى مختلفة الحجوم تتحرك بقوة دفع التيار المائي عن طريق القفز أو الحرجة. وتسمى حمولة النهر من هذه المواد بحمولة القاع. وهنا لابد من الإشارة إلى أن القطع الصخرية الضعيفة القساوة لا تلبس أن تتحول إلى مسحوق ناعم. أما الأجزاء الصلبة فتتعرض لعملية صقل وإزالة أطرافها الحادة لتصبح حوافها مستديرة عند انتقالها لمسافات طويلة عبر الأنهار وعند توضعها تشكل صخور الكونغلوميرا (أو البودينغ).

الترسيب النهري وتشكل الدلتا: تدعى الرسوبات التي يوضعها النهر في مجراه أو في مصبه باللحقيات النهرية. وأهم الظروف الملائمة للترسيب النهري هي نقصان حجم مياه النهر أو تناقص سرعة جريانه. ويقل حجم مياه النهر في الحالات التالية:

- عبور النهر لمناطق جافة فتتعرض مياهه للتبخر الشديد.
- مرور النهر فوق مساحات واسعة من الصخور المسامية فيتسرب قسم كبير من مياهه نحو الأسفل.
- حلول فصل الجفاف الذي يؤدي إلى نقصان حجم مياه النهر.

أما تناقص سرعة جريان الماء في المجرى النهري فتعود الأسباب التالية:

- اتساع المجرى النهري.
- وجود كتل صخرية ضخمة أو سدود أو تراكيب جيولوجية بارزة تعيق حركة المياه.
- ضعف انحدار المجرى النهري.

- عندما ينتهي النهر إلى مصبه في بحيرة أو بحر.

وتتناسب درجة استدارة وصقل المواد الحطامية التي يرسبها النهر مع طول المسافة المنقولة منها كما أشرنا سابقاً. ويلاحظ في اللاحقيات النهرية وجود ظاهرة التطبق التي يدل وجودها على تغير نظام الجريان النهري. كما يلاحظ في هذه التوضعات أيضاً وجود ظاهرة الفرز حسب الحجم (أو الوزن) على طول المجرى النهري (يسمى أحيانا الفرز الثقالي). حيث تتوضع في البداية المواد الحطامية الكبيرة كالحصى والحصباء والفلزات الثقيلة مثل الذهب والبلاتين. ثم تتوضع الرمال وأخيراً الغضاريات والمواد الترابية الناعمة.

وكما أشرنا يقوم النهر بنقل كميات كبيرة من المواد الحطامية ليرسبها في منطقة المصب عن بلوغه مستوى الأساس حيث يشكل مخروط تجمع ذو شكل مثلثي ذروته نحو النهر، ويمتد هذا المخروط تدريجياً باتجاه البحر ويشكل سهلاً لحقياً يطلق عليه اسم الدلتا*. ولتشكل الدلتا النهرية لابد من توفر شروط أساسية أهمها:

- أن تكون حمولة النهر كبيرة، وهذا يعني أن يكون الحت والتعرية نشطة وقوية في منطقة المنبع.
- أن يكون الجزء الأدنى من النهر في مرحلة الشيخوخة.
- أن تخلو منطقة المصب من وجود تيارات بحرية أو أمواج قوية تقوم بنقل الرسوبات نحو الأعماق.
- أن تكون منطقة المصب ضحلة غير عميقة.
- أن يكون الوضع التكتوني في منطقة المصب هادئاً

ومن الجدير بالذكر أن تشكل الدلتا ونموها لا يرتبط كثيراً بالحمولة الحطامية الخشنة للنهر، لأن أغلب هذه الحمولة يتوضع في المجرى النهري قبل بلوغه المصب. وبالتالي فان تشكل الدلتا ونموها يرتبط كثيراً بنسبة المواد العالقة (الغضار والطمي) التي ينقلها النهر إلى منطقة المصب. وأن هذه المواد العالقة تترسب وتتخثر في منطقة المصب نتيجة لتفاعلها مع الأملاح والشوارد الموجودة في مياه البحر والتي تعمل على تعديل الشحنات الكهربائية المتنافرة لهذه المواد وتجعلها تتجاذب وتتخثر عند منطقة المصب.

ويمكن أن تبلغ الدلتا النهرية مساحة كبيرة. فمساحة دلتا نهر الغانج حوالي 500.000 كم^2. ونهر المسيسيبي حوالي 150.000 كم^2. ولكن وجود الدلتا ليس ضروري فنهر الأمازون ليس له دلتا مع أنه يعتبر من أكبر أنهار العالم. وأخيراً يلاحظ أن الدلتا تنمو باستمرار باتجاه البحر، فمثلاً دلتا نهر المسيسيبي تتقدم سنوياً بمعدل 76 متر في خليج المكسيك. أما دلتا نهر النيل فلقد توقف نموها تقريباً بعد بناء السد العالي.

تغيرات المقطع التوازني للنهر وتشكل المصاطب النهرية: المصاطب النهرية هي عبارة عن أشكال تضريسية تشاهد في معظم الأودية النهرية وبصورة خاصة في المجرى الأدنى من الحوض النهري. حيث تبدو بشكل سطوح ممتدة على جانبي النهر (أو على أحد الجوانب). وهي قد تتألف من سطح واحد أو عدة سطوح متدرجة بشكل متوالي نحو السرير النهري في الأسفل.

---

* أول من استخدم مصطلح الدلتا هم اليونانيون القدماء لوصف شكل دلتا نهر النيل الذي يشبه الحرف اليوناني (Δ).

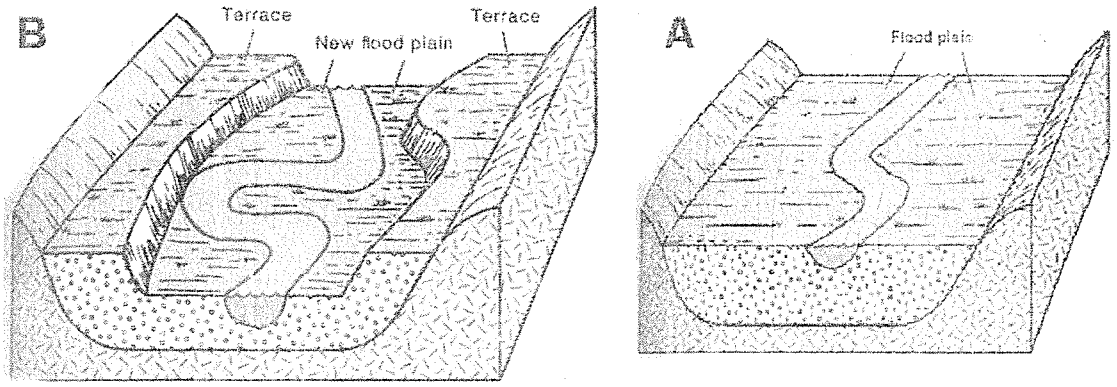
يدل وجود المصاطب النهرية على حدوث تغيرات متعاقبة في النشاط الحتي للنهر بنوعيه الرأسي والجانبي. كما تدل أيضاً على حدوث حركات بنائية أو تغيرات مناخية في المنطقة. وهي تعتبر من الناحية الاقتصادية مناطق صالحة للزراعة وإقامة التجمعات السكانية. ونشاهد في الشكل التالي كيف تبدو المصاطب النهرية المتعاقبة عبر مقطع عرضي للوادي النهري.

شكل رقم: يوضح المصاطب النهرية المتعاقبة والتي تدل على تغير مستوى الأساس للنهر.

آلية تشكل المصاطب النهرية: شاهدنا أن النهر في نهاية الدورة الحتية يحقق مقطعه التوازني ويشكل سهلاً لحقياً ممتداً لمسافة طويلة على طول المجرى النهري. ولكن تجدد الدورة الحتية النهرية نتيجة للأسباب التي قد تؤدي لخلل في مقطعه التوازني (التغيرات المناخية والأسباب البنيوية التي شرحناها سابقاً). فان ذلك سوف يؤدي لتجدد الحت الشاقولي في المجرى النهري وبداية دورة حتية جديدة. مما يؤدي لقيام النهر بحفر مجراه بشكل شاقولي خلال السهل الحقي الذي وضعه سابقاً مزيلاً بذلك قسم كبير من هذا السهل. ولكن المناطق البعيدة عن المجرى النهري والتي هي أطراف الوادي يبقى جزء من السهل اللحقي موجوداً بها. وعندما يعمق النهر مجراه نحو الأسفل ويعمل من جديد على تحقيق مقطعه التوازني عبر ترسيب سهل لحقي في الوادي الجديد الذي أصبح يقع دون السهل السابق، فان بقايا السهل اللحقي القديم تبقى مرتفعة بشكل زوج من المصاطب النهرية على جانبي الوادي النهري (وأحياناً على جانب واحد فقط) . وقد تتكرر هذه العملية أكثر من مرة مما يؤدي لتشكل أكثر من مصطبة حتية على جوانب الوادي. تدل كل مصطبة منها على حدوث دورة حتية نهرية. وتعتبر المصطبة الأقرب لمياه النهر هي الأحدث وتكون أخفض المصاطب ارتفاعاً وتدعى بالمصطبة الأولى، وتعلوها المصاطب الأقدم بالترتيب (شكل).

يلاحظ بشكل عام في كل المجاري النهرية العالمية وجود أربع مصاطب نهرية يتعلق وجودها بالعصور الجليدية التي حدثت خلال الدور الرباعي من عمر الأرض. حيث حدث خلال هذا الدور أربع عصور جليدية يرمز لها (Q_1، Q_2، Q_3، Q_4) وفي كل عصر جليدي كان الجليد يتجمع بكميات كبيرة في منطقتي القطبين. مما سبب انخفاض منسوب سطح البحر، وبالتالي انخفاض مستوى الأساس وتجدد الدورة الحتية للأنهار. لذلك نشاهد في الأودية النهرية (وخاصة المجاري النهرية الكبيرة) وجود مناطق مسطحة مختلفة

الارتفاع على جانبي الوادي هي عبارة عن المصاطب النهرية التي تشكلت نتيجة هذه العصور الجليدية. ولكن قد يشاهد في بعض الوديان النهرية أكثر من أربع مصاطب نهرية، ويعود السبب بذلك لحدوث حركات أرضية محلية (رفع أو هبوط) تؤدي بدورها لتغير المقطع التوازني للنهر وتجدد الدورة الحتية فيه. كما قد يؤدي الحت النهري والانهيارات التي تحدث على جانبي المجرى النهري إلى إزالة المصطبة النهرية واختفائها بشكل كامل وبالتالي يصبح من الصعب الحكم على عدد الدورات الحتية للنهر.

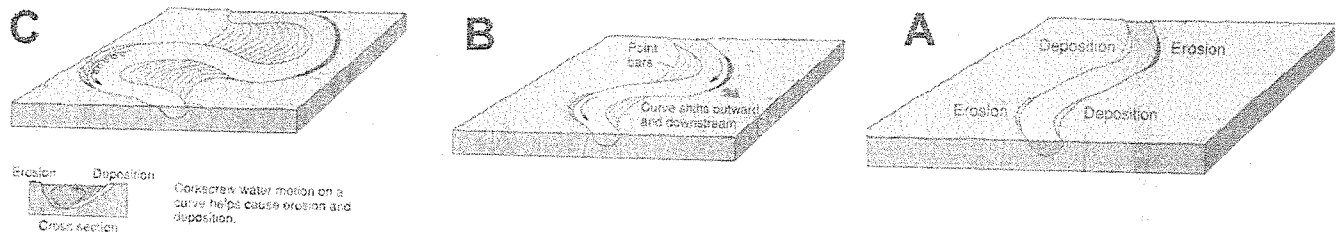


شكل رقم: يوضح آلية تشكل المصاطب النهرية في اللحقيات النهرية. (A) النهر يوضع سهل لحقي ويحقق مقطعه التوازني. (B) النهر يعمق مجراه ويحقق مقطعه التوازني من جديد مشكلاً مصطبة نهرية.

وقد تتشكل بعض المصاطب النهرية محلياً على امتداد المجرى النهري وذلك بسبب وجود بحيرة أو حاجز يشكل مستوى أساس مؤقت للمجرى النهري الواقع فوقه. وعندما يقوم النهر بإزالة هذا العائق من طريقه فسوف يشق مجراه عبر الرسوبات التي تجمعت خلف هذا العائق مشكلاً مصطبة نهرية محدودة الامتداد.

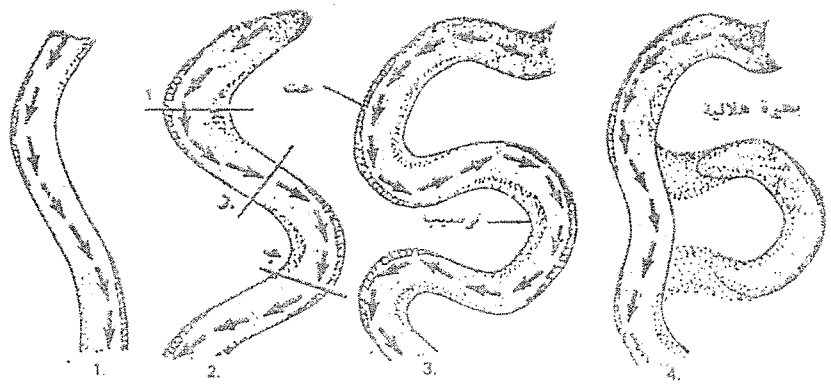
إن المصاطب النهرية التي سبق الكلام عنها هي دائماً مؤلفة من مواد لحقية تمثل بقايا السهل اللحقي الذي وضعه النهر سابقاً (لذلك تسمى أحيانا المصاطب الترسيبية). ولكن قد يصادف أحياناً في الوادي النهري وجود مصاطب نهرية صخرية تبدو بشكل مدرجات صخرية مكشوفة بدون لحقيات نهرية تغطيها. ويعرف هذا النوع من المصاطب بالمصاطب الصخرية.

الأكواع النهرية: تتشكل الأكواع النهرية عادة في الوديان العريضة والسهول اللحقية وبالتالي يرتبط وجودها بالأجزاء الوسطى والدنيا من المجرى النهري حيث تنخفض سرعة التيار المائي ويصبح المجرى النهري يترنح نحو اليمين واليسار لذلك تسمى هذه المنعطفات بالأكواع المترنحة. وهي تتشكل نتيجة طبيعة حركة المياه فوق هذه المناطق وحدوث الحت الجانبي. فبقاء الماء جارياً في مجرى نهري مستقيم ذو مقطع عرضاني متناظر لا يساعد على تشكل الأكواع النهرية. ولكن عندما تنخفض سرعة التيار المائي فوق المناطق السهلية تأخذ المياه بالترنح عبر مقطع عرضاني غير متناظر لمجرى النهر وتصطدم بضفة مائية أكثر من الأخرى. مما يؤدي لتنشيط العمل الحتي باتجاه الاصطدام في حين تنشط عملية الترسيب على الضفة المقابلة. وهذا الانحناء الأولي في المجرى النهري يكون نقطة الانطلاق لازدياد عمل الحت الجانبي على الضفة المقعرة وعمل الترسيب على الضفة المحدبة (شكل).



شكل رقم: يوضح تشكل الأكواع المترنحة وزيادة الحت في الضفة المقعرة يقابلها ترسيب على الضفة المحدبة.

أما **تشكل البحيرات الهلالية أو المقتطعة** فيتم بعد تشكل الكوع النهري، حيث يصبح أمر توسيع أو اقتطاع الأكواع النهرية أمراً سهلاً أمام الحت الجانبي. ويتم الاقتطاع نتيجة تطور الأكواع النهرية الذي يؤدي لضيق المسافة بين بدء ومنتهى الكوع في منطقة العنق، ثم خرق التيار المائي لهذه المنطقة. وعندما يخرق الماء منطقة العنق نجد أن الكوع يصبح ميتاً ومهجوراً، وخاصة عندما تأخذ لحقيات النهر بسد وردم مدخل ومخرج المياه من الكوع المقتطع. وبالنتيجة يهجر النهر الكوع القديم ليسير عبر المجرى الأقصر الجديد تاركاً خلفه بحيرة مقتطعة أو ما يسمى بحيرة هلالية يشبه شكلها نعل الفرس (شكل).



شكل رقم: يوضح آلية تطور الأكواع النهرية وتشكل البحيرات الهلالية أو المقتطعة.

ولكن في بعض الحالات يبقى النهر يسير عبر الكوع القديم والمجرى المقتطع الجديد بنفس الوقت مما يسبب تشكل جزرة في منطقة الكوع النهري تعرف في وادي الفرات باسم (حويجة). ومن الجدير بالذكر أيضاً أن هذه الأكواع المترنحة لا تبقى في مكانها وإنما يدفعها الحت الجانبي للتقدم والهجرة نحو الأمام باتجاه مصب النهر.

انتقال خطوط تقسيم المياه وحادثة الأسر النهري: يسعى النهر عادة خلال الدورة الحتية لتحقيق مقطعه التوازني ويوسع شبكته عن طريق الحت التراجعي للجوانب والحت الصاعد نحو المنبع. وهو ما يؤدي إلى تراجع خطوط تقسيم المياه بين الأحواض النهرية المتجاورة. وتتعلق سرعة واتجاه التراجع بالنشاط الحتي للنهر. ونتيجة ذلك ينتقل خط تقسيم المياه مبتعداً عن حوض النهر النشيط باتجاه حوض النهر الأقل نشاطاً. وتلعب عملية انتقال خطوط تقسيم المياه دوراً في توسيع الحوض النهري، بحيث تؤدي إلى توسيع أحد الأحواض النهرية (النهر النشيط) على حساب الحوض النهري المجاور (النهر الأقل نشاطاً) مما يؤدي في النهاية لحادثة الأسر النهري.

آلية حدوث الأسر النهري: تعتبر حادثة الأسر النهري من الحوادث الهامة التي تحصل أثناء تطور الأنهار (وخاصة في مرحلة النضج)، وتؤدي إلى تطور في أشكال ومساحة الشبكة النهرية. فعندما ينتقل خط تقسيم المياه باتجاه النهر الأقل نشاطاً سوف يعمق النهر مجراه بشكل أعمق من النهر المجاور وبالتالي سوف يكون لهذا النهر وادي نهري وحوض تجميع أعمق. وعندما يتقاطع خط تقسيم المياه مع مجرى النهر المجاور سوف تسيل مياه هذا النهر باتجاه النهر المجاور الأعمق وتبدأ عند ذلك عملية الأسر النهري. ويسمى النهر الأول الآسر والنهر الثاني المأسور. ويتشكل عند نقطة التحام النهرين زاوية تسمى كوع الأسر. ونلاحظ بأن الحت الرأسي يتجدد اعتباراً من كوع الأسر باتجاه منابع النهر المأسور، فيتعمق المجرى ويشكل عند الكوع أماكن أسرع (وأحياناً شلالات).

ويلاحظ أن شكل الوادي للنهر المأسور يتعرض لتغيرات وتطورات عديدة من جراء عملية الأسر وذلك قبل كوع الأسر وبعده. فقبل كوع الأسر نجد أن النهر يعمق مجراه في توضعاته السابقة مما يؤدي لتشكل مصطبة نهرية على طرفيه. أما بعد الكوع فنجد أن الوادي النهري يصبح ميتاً لا تصله مياه المجرى الأعلى التي كانت تملؤه سابقاً. كما أن هذا القسم مع مرور الزمن يصبح أعلى من مستوى المجرى الواقع قبل كوع الأسر (وقد يتشكل وادي عكسي). أما النهر الآسر فيلاحظ ازدياد نشاطه بارتفاع غزارة مياهه وقوتها بعد أن أضيف إليها مياه النهر المأسور مما يساعد على سرعة تعمق مجرى النهر وحته لواديه. وتكون نتيجة حادثة الأسر تحول النهر المأسور لأحد روافد النهر الآسر.