

الجيومورفولوجيا

تفسير أصل المظاهر الأرضية وفقاً لأفكار
المدرسة الجيومورفولوجية الروسية



الجيومورفولوجيا

تفسير أصل المظاهر الأرضية وفقاً لأفكار
المدرسة الجيومورفولوجية الروسية

الترجمة عن الطبعة الثانية - 2009

تأليف

د. ناتاليا فالانتين ماكاروف و د. تاتيانا فلاديمير سوخانوف
(دكتوراه في علم الجيولوجيا والمعادن)

قام بمراجعة النسخة الروسية
الأستاذ الدكتور أ. أ. جيسيتياكوف و الأستاذ الدكتور ن. إي
كورجوكانوف

ترجمة ومراجعة

د. أحمد الغريري

ترجمة الجزء الأول بغداد - 2022

الطبعة الأولى 2023م



مؤسسة دار الصادق الثقافية
طبع . نشر . توزيع



مؤسسة دار الصادق الثقافية (طبع - نشر - توزيع)

اسم الكتاب: الجيومورفولوجيا تفسير أصل المظاهر الأرضية وفقاً لأفكار المدرسة الجيومورفولوجية الروسية

اسم المؤلف: د. ناتاليا فالانتين ماكروف و د. تاتيانا فلاديمير سوخانوف
ترجمة: الدكتور احمد الغريبي

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق في بغداد: (114) لسنة 2023

الرقم الدولي (ردمك): ISBN 978-9922-695-74-7

رقم الطبعة: الأولى / 2023

القطع الطباعي: 25 × 17 سم

عدد الصفحات: 373

تحذير

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال دون إذن خطي من الناشر.

جميع الحقوق محفوظة للناشر

All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced. Stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the publisher.

العراق - بابل - الحلة - شارع ابو القاسم - مقابل جامع ابن النما

هاتف: 009647801233129

E-mail : alssadiq@yahoo.com

المحتويات

مقدمة دار النشر الروسية.....	9
مقدمة مؤلفي الكتاب	11
مقدمة المترجم	19
الجزء الاول	23
الفصل الاول مفهوم التضاريس	23
الفصل الثاني العمليات الرئيسية وعوامل تشكيل التضاريس الأرضية.....	33
2 . 1. العمليات الداخلية (Endogenous processes)	35
2 . 2. العمليات الخارجية (Exogenous processes)	38
الجزء الثاني العمليات الداخلية (التركيبية – التكتونية) للتضاريس	45
الفصل الثالث اهمية التشكيل التضاريسي من التركيب المادي للصخور وخصائص بنيتها	45
3 . 1. المظاهر والسمات في تضاريس الركيزة الهيكلية الاساسية.....	46
3 . 2. التضاريس التي شكلتها الطيات القديمة والهيكل المنتظمة	52
الفصل الرابع تضاريس الأشكال الهيكلية الحديثة	63
4.1. الشروط التي تحدد الوصف في التضاريس لأحدث الأشكال الهيكلية.....	68
4.2 . الاختلافات بين الهيكل الداخلي لأحدث الأشكال الهيكلية و ظهورها في التضاريس الأرضية	86

3.4. المظهر المورفولوجي لتطور الأشكال الهيكلية المختلفة	88
4.4. درجة التأثير و الإرث التكتوني في ظهور أحدث الأشكال الهيكلية و	
الأوروغرافية من التكوينات الجيولوجية القديمة	93
5.4. مراحل وعدم إنتظام تطور أحدث النماذج الهيكلية – الأوروغرافية	
(الخطية)	96
الجزء الثالث الأشكال الأرضية التي تشكلها العمليات الخارجية	99
الفصل الخامس جيومورفولوجية الأشكال الأرضية الجليدية (التضاريس الجليدية)	
.....	101
1.5. دورة الجليديات (التجلد) وتقدم تطورها	105
2.5. الأشكال الأرضية لنطاقات تطور الجبال الجليدية	110
5.3. تضاريس مناطق تطور الغطاء الجليدي :	128
الفصل السادس الأشكال التضاريسية النهرية	153
1.6. الأشكال الجيومورفولوجية التي تكونها مجاري الانهار دائمة الجريان :	
.....	153
2.6. التضاريس التي تشكلها التدفقات الفيضانية المتعاقبة	227
الفصل السابع الأشكال التضاريسية – الجيومورفولوجية لسواحل البحار	
والمحيطات	243
1.7. أشكال تضاريس السواحل البحرية :	248
7.2. تأثير التنشيط النيوتكتونيك المحلي (Local Neotectonics) في	
تشكيل السواحل البحرية :	280

3.7. الأنواع الرئيسية للسواحل البحرية (Main Types of Sea Coasts)	286
4.7. التأثير البشري على تشكيل السواحل :	292
الفصل الثامن أشكال تضاريس المنحدرات	295
1.8. تصنيف المنحدرات	297
2.8. أصل أنواع المنحدرات المحولة وتضاريسها	304
3.8. أنواع الإنزلاقات الأرضية	323
4.8. التطور الزمني للمنحدرات	347
5.8. الإنهيارات والإنزلاقات الأرضية الناتجة عن التدخل البشري	349
الإستنتاجات	355
المصادر والمراجع	359
ملحق الصور والأشكال	365
نبذة عن سيرة المؤلف	371

مُقَدِّمَةُ دار النشر الروسية

يهتم هذا الكتاب بتوفير معلومات أساسية حول هيكل وظروف تكوين وعمر تضاريس سطح الأرض، كذلك يركز على اظهار الترابط القائم بين الرسوبيات والمعادن المرتبطة بها، فعند دراسة أنواع التضاريس الارضية الخارجية ، يجب ان يؤخذ في الاعتبار تاثر هذه التضاريس بالظروف المناخية، التركيب الجيولوجي، الحركات التكتونية الحديثة والعامل البشري .

يركز الكتاب على دراسة انماط المظاهر التضاريسية الجليدية والكارستية والترسيبية بالإضافة الى أنواع أخرى من التضاريس الأرضية، بالإضافة الى الجروف والمنحدر القاري وقاع المحيط والتضاريس تحت السطحية. كذلك يتم تسليط الضوء على الطبيعة الدورية لتطور التضاريس الارضية المختلفة، فضلا عن دراسة أنواع أسطح المحاذاة وأهميتها في دراسة الانشطة التكتونية الحديثة. من خلال هذه الدراسة فقد تم تقديم مجموعة من السمات الجيومورفولوجية المعقدة لتطور هيكلية المظاهر الارضية المطوية والمكسورة .

يعد هذا الكتاب مهما للطلاب وطلاب الدراسات العليا من التخصصات الجيولوجية للجامعات ومؤسسات التعليم العالي الأخرى ، وكذلك الجغرافيين والمتخصصين ، الذين تتطلب أنشطتهم معرفة التضاريس والمظاهر الأحدث ، بما في ذلك التشوهات النيوتكتونية (النشاط التكتوني الحديث) الناتجة عن الحركات التكتونية الأحدث.

مُقدِّمةُ مؤلّفي الكتاب

يعتمد هذا الكتاب بمعلوماته التي يعرضها للقارئ على محاضرات مادة " علم الجيومورفولوجيا - علم الاشكال الارضية "، مصحوبة بتمارين عملية القيت كمحاضرات علمية على طلاب الكلية الجيولوجية بجامعة موسكو الحكومية ، الذين يدرسون في تخصصات عدة ابرزها "المسح الجيولوجي والتقيب عن المعادن" ، "التقيب عن الوقود الأحفوري واستكشافه" ، "علم البيئة" ، "الجيولوجيا الهندسية" ، "الهيدروجيولوجيا" و "علم الجليد". وبذا يتم التركيز في هذا الكتاب على التضاريس الارضية لانها تعد المكون الرئيس للبيئة الطبيعية - موطن الإنسان وملعب حياته.

ترتبط الجيومورفولوجيا ارتباطاً وثيقاً بالجيولوجيا، نظراً لأن الأشكال الأرضية لسطح الأرض تعكس بشكل مباشر أو غير مباشر التركيب الجيولوجي والعمليات التكتونية المختلفة التي تحدث في الغلاف الصخري ، بما في ذلك تلك الطبقات المختلفة من داخل قشرة الأرض وسطحها. ومع ذلك ، فانه وعند ممارسة نشاطات التنمية الاقتصادية في الاقاليم المختلفة ، لا يتم دائماً مراعاة بعض سمات التضاريس الارضية المختلفة والتي تعكس بدورها تلك العمليات التكتونية الداخلية ، والتي غالباً ما تتسبب بحدوث ظواهر خطيرة على السطح .

تتمثل الأهداف الرئيسية لهذا الكتاب في تعريف الطلاب بالأنواع والأشكال الرئيسية لتضاريس سطح الأرض، وإظهار العوامل والقوى المشاركة في تكوينها والتغيرات اللاحقة التي تحدث لها جراء استمرار نشاط العوامل الداخلية والخارجية ، بما في ذلك تلك العوامل التي هي من صنع الإنسان ، وكذلك ربط بعض أشكال التضاريس المختلفة بالمعادن وتموضعاتها، وهي المهمة الأكثر أهمية في مواضيع البحث الجيولوجي والاستكشاف .

لقد حاول المؤلفون تقديم مفهوم التضاريس بأبسط الأشكال وأكثرها فهما وبساطة ، دون الخوض في فلسفة الجيومورفولوجيا وإضفاء الطابع الرسمي المعقد على المفاهيم واستخدام النمذجة .

ينقسم هذا الكتاب على ستة أجزاء رئيسية، ففي الجزء الأول منه، يتم عرض وتحديد المفاهيم والأهداف والغايات الأساسية لدراسة التضاريس ، كما يتم النظر في عمليات تشكيل التضاريس الرئيسية والعوامل المسببة لها .

فيما يكون الجزء الثاني من الكتاب مخصصا لوصف التضاريس الداخلية وهيكلتها بشكل أساسي، بشكل أبسط مما هو عليه في كتاب " الجيومورفولوجيا لمؤلفه ن. ب. كوستينكو"، طبعاً مع الأخذ بعين الاعتبار إعتداد الأشكال الأرضية على المواد التي تتألف منها، وعمر الصخور والتراكيب الجيولوجية التي تشكلت منها .

أما الجزء الثالث من الكتاب يتكون من ثمانية فصول ، تصف أشكال التضاريس الخارجية المختلفة، فعند وصف كل نوع من أنواع التضاريس الأرضية، يتم لفت الانتباه للحاجة إلى الاهتمام بتحديد ومراعاة ثلاثة عوامل رئيسية لتكوينها وهي : الظروف المناخية ، البنية الجيولوجية وأحدث الحركات النيوتكتونية ، وفي بعض الحالات يضاف إليها أحيانا عامل رابع وهو العامل التكنولوجي . كذلك تعد الترسيبات مرتبطة ارتباطا وثيقا بالتضاريس التي يتم العمل عليها أو التي تكون معقدة ، وكذلك بصفتها اشكالا حاوية للعديد من أنواع المعادن. أيضا يتم عرض تسلسل أوصاف الأنواع المختلفة من التضاريس بطريقة تظهر ارتباطها الوثيق مع بعضها البعض في العملية الجيومورفولوجية المستمرة لتحويل سطح الأرض الى سطح مستو.

يُنظر إلى التضاريس الرسابية النهرية في هذا الكتاب بأكبر قدر من التفصيل ، ففيها يتم التركيز على تشكل وديان الأنهار، حيث أن الأخيرة تعد أحد الأشكال الرئيسية للتضاريس الأرضية ، والتي يتم على طول امتدادها نشاط العمليات الجيومورفولوجية

من جهة، وتكشف التكوينات المعدنية وتوزيع الطاقة من جهة ثانية . لأول مرة في هذا الكتاب تم شرح وتوضيح جوهر دورات التعرية التراكمية ، والتي يتم من خلالها تشكيل وادي النهر وسهوله الفيضية وأنواع مختلفة من المصاطب (المدرجات) النهرية، كذلك بقية التشكيلات الطموية التي تكونها مجاري الانهار .

بينما يُظهر الفصل 11 المخصص للتضاريس الكارستية، توضيحا للعمليات والأشكال الكارستية المعروفة الناتجة عنها، كذلك يوضح الدور الهام للعوامل الجيومورفولوجية المختلفة في تطور الأشكال الكارستية تحت السطحية، كذلك يوضح دور العامل التكنولوجي في تطورها. بينما يوضح الفصل الثاني عشر والأخير من هذا الجزء تأثير الظروف المناخية للكوكب في التوزيع المكاني للتضاريس الخارجية المختلفة على سطح الأرض.

الجزء الرابع من الكتاب مخصص لتوضيح عمر وتطور التضاريس، وهذه مادة لم يتم بحثها عملياً في الكتب الاكاديمية المتاحة. وهنا يتم لفت الانتباه إلى واحدة من الخصائص الرئيسية للتضاريس وهو عملية التطور الدوري لكل من الأشكال الكلية والفردية. وفي هذا الصدد يتم إيلاء اهتمام كبير لأسطح المحاذاة لأنواع التضاريس ورتبها المختلفة ، وبالتالي تشكّلها ودورها في وجود هياكل التضاريس الحديثة. كذلك يتم الاهتمام بتطوير اجزائها الصغيرة على نطاق واسع في المناطق الجبلية والمنخفضة، ايضا يتم إيلاء اهتمام خاص لدور أسطح المحاذاة كنوع خاص من العلامات الدلالية، التي يتم من خلالها تحليل وتمييز أحدث الحركات النيوتكتونية وتشوهات قشرة الأرض، وما ينتج عنها من اشكالٍ تضاريسية رئيسة .

لقد تم تسليط الضوء بإيجاز على موضوع التعرية ودورها في تشكيل أشكال تضاريسية إيجابية (بنائية)، نظراً لأن عمق ترسباتها غالباً ما يكون سمة مهمة لتحديد المصادر وطرق الهدم والبناء وعمر هذه الرسوبيات التي قد تحتوي على العديد من المعادن المختلفة والمفيدة اقتصادياً. وقد تم تخصيص فصل منفصل ضمن هذا الجزء لأشكال

التضاريس تحت السطحية المتبقية من الدورات التعرؤية السابقة، حيث ترتبط العديد من هذه الأشكال بترسبات النفط والغاز في كل من الظروف القارية والبحرية ، وكذلك ترسبات البوكسيت والمعادن الأخرى .

إن الفكرة الملموسة للتضاريس المدفونة ضرورية أيضًا في المسوحات الهندسية والجيولوجية، من أجل التقييم الصحيح لخصائص الكتلة الصخرية عند اجتياز أنواع مختلفة من أعمال المناجم وحل المشكلات التطبيقية الأخرى، فمن الضروري وجود فكرة صحيحة عن التضاريس تحت السطحية عند القيام بالمسوحات الهندسية والجيولوجية، لاجل اجراء عملية التقييم الصحيح لخصائص الكتل الصخرية أثناء القيام بأعمال المناجم المختلفة ولوضع الحلول للمشكلات التطبيقية الأخرى، وهذه ابرز الموضوعات التي اهتم بها الجزء الرابع من الكتاب.

فيما يركز الجزء الخامس من الكتاب على السمات العامة للتضاريس الأرضية ، حيث إن تضاريس المناطق الإنتقالية وخاصة الجُرف القاري، الذي كان يتم فيه إستكشاف أحواض الأحافير المحيطية المفيدة اقتصاديا، والذي كان يتحرك لفترة طويلة ، يتم تقديمه هنا بشكل مفصل أكثر مما هو موجود في المصادر الاكاديمية الاخرى .

ويأتي الجزء السادس والأخير من الكتاب، وهو مخصص لإستخدام الأساليب الجيومورفولوجية في رسم وتجميع الخرائط الجيومورفولوجية لأغراض مختلفة. والعنصر الجديد هنا هو الفصل الذي يتم فيه تجميع مجموعة من السمات الجيومورفولوجية الاحداث للتضاريس الارضية منذ الزمن الرباعي وحتى وقتنا الحاضر، والتي تضم بدورها الهياكل الجيولوجية المطوية والمكسورة والتي يجب أن تؤخذ معرفتها ودراستها بعين الإعتبار عند المباشرة بعمليات التنمية الإقتصادية لمختلف الأقاليم .

عند دراسة التضاريس الأرضية المختلفة في هذا الكتاب، إعتد المؤلفون على استخدام أمثلة نموذجية في معظم الأحيان من أراضي روسيا الاتحادية، وفي نفس الوقت قاموا بإجراء دراساتٍ مقارنةٍ مع مناطق أجنبية أخرى.

تُظهر تجربة التدريس والتعريف بالكتب الأكاديمية الحالية المختصة بعلم الجيومورفولوجيا، أن أياً منها لا يستطيع إستيعاب مجموعة كاملة من أنواع وأشكال التضاريس التي تطورت على الأرض. كما إن التضاريس الأرضية متنوعة للغاية بحيث لا يمكن تمثيلها في كتابٍ واحد وهو امر مستحيل، على سبيل المثال فهي تنقصر إلى أقسام منفصلة مخصصة لأنواع التضاريس البركانية أو بعض المظاهر الجيومورفولوجية الصحراوية، وقد تم تضمين أوصاف الأشكال الفردية لهذه الأنواع في فصول أخرى .

عموما يركز هذا الكتاب على دراسة السمات الأساسية لهياكل التضاريس الأرضية ونشأة أكثر أنواعها وأشكالها شيوعاً، وفي هذا الصدد يتماشى الكتاب بطريقة أو بأخرى مع الأدلة المعروفة حالياً. ومع ذلك ، فهو يتضمن العديد من الأقسام الجديدة المذكورة سابقاً والتي لم يتم إيلاء الاهتمام اللازم بها من قبل، وبالتالي فإن هذا البرنامج التعليمي يكمل الموجود منها، وهو يستهدف الطلاب ضمن التخصصات الجيولوجية والجغرافية بالدرجة الأساس، وكذلك المتخصصين الذين تتطلب أنشطتهم معرفةً معينةً بالتضاريس الأرضية .

عند كتابة فصول هذا الكتاب، استخدم المؤلفون بيانات من تاليف العديد من الاكاديميين وهم :

انانيفا ، ل.ب، اريستارخوف، دي.في، بوريس، سي.سي، فوسيكريسيني، اي.بي ، كارتاشوفا، في.ان،

(W. Penck)، (L. King) (W. Devis) كارتايففا، ن.بي. كوستينكو و في.في.لاماكينا وغيرهم الكثير .

عند شرح المصطلحات الجيومورفولوجية ، فإن "القاموس الموسوعي المكون من أربع لغات للمصطلحات في الجغرافيا الطبيعية" كان هو المصدر الرئيس ، وهو من تأليف اي.سي.شوكين (1980). كذلك تم الاستعانة بمرجع "مفردات المصطلحات الجيومورفولوجية" تأليف دي.اي.تيموفيف، غي.اف.أوفيمتسيف، اف.سي.أونوخوف وآخرين (1974 – 1979)، وعدد من المراجع العلمية الأخرى .

كذلك يُعرب المؤلفون عن امتنانهم للبروفيسور ن. ف. كورونوفسكي للحصول على مشورته العلمية البناءة في كتابة هذا الكتاب، و للبروفيسور إم .غي. لوميز والأساتذة المساعدین أ. ن. ستافيفي و ل.في. بانينوي .

المؤلفون ممتنون بشكل خاص لـ ف.اي. مكاروف (دكتوراه في العلوم الجيولوجية والمعدنية) لمساعدته المستمرة في العمل والمراجعة الدقيقة وتحرير هذا الكتاب ، وأيضًا الشكر موجه لـ ف.سي.كريلوف و أ.ل. دروجكو لمساعدتهم في تصميم الكتاب .

يجدر بالذكر، فقد تم إعداد الكتاب في قسم الجيولوجيا الديناميكية ، كلية الجيولوجيا ، جامعة موسكو الحكومية.

جميع التعليقات والاقتراحات المتعلقة بمواضيع الكتاب ، يطلب المؤلفون إرسالها إلى العنوان: 119992 ، موسكو ، فاروبوفي غوري ، جامعة موسكو الحكومية ، كلية الجيولوجيا ، قسم الجيولوجيا الديناميكية .

هذا وقد صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام 2007

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَيَرَى الَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ الَّذِي أُنْزِلَ إِلَيْكَ مِنْ رَبِّكَ هُوَ الْحَقُّ وَيَهْدِي إِلَى صِرَاطٍ
الْعَزِيزِ الْحَمِيدِ﴾

صَلَّى
الْعَظِيمِ

(سورة سبأ-6)

مُقدِّمةُ المُترجم

كانت فكرة نقل الخبرة والمعلومات العلمية الجيومورفولوجية بالخصوص، لاسيما تلك التي ابدعتها عقول المدرسة الجيولوجية - الجيومورفولوجية الروسية إلى الساحة العلمية العربية، تمثل هاجساً راودني منذ أيامي الأولى في رحلتي العلمية لنيل شهادة الكانديدات (الدكتوراه) من الجامعات الروسية، تلك الرحلة التي إبتدأت منذ عام 2013. إلا إن الصدمة غير المتوقعة التي تلقيتها بعد ان لمست مدى صعوبة اللغة الروسية، سرعان ما لبثت ان تددت بمرور الزمن، لاسيما مع تطور لغتي الروسية وفهمي للغة العلمية شيئاً فشيئاً.

وفي أحد أيام نيسان، في الرابع منه لعام 2017، حينما أقامت جامعتي وقتها (الجامعة الروسية الحكومية للتنقيب الجيولوجي المعروفة بـ سيرغو اورجين كيدزي - موسكو) مؤتمرها العلمي السنوي. وقعت عيناى أولاً، ومن ثم لامست يداى هذا الكتاب حينما كان معروضاً ضمن معروضات إحدى المؤسسات المشاركة في المعرض الجيولوجي الذي يقام سنوياً داخل الحرم الجامعي للجامعة الجيولوجية. لقد كان بعنوان (الجيومورفولوجيا) وحسب ! وما إن قلبت صفحاته رويداً، حتى عزمت على إقتنائه وعاهدت نفسي على ترجمته إلى العربية بإذن الله، وإتاحته للباحثين الناطقين باللغة العربية في وطننا كله. لكن ذلك كان منطاً بإنجازي لأطروحة الدكتوراه أولاً، والعودة إلى العراق ثانياً حتى تبدأ هذه العملية الشاقة واللذيذة في الوقت عينه.

تُعَدُّ المدرسةُ الجيولوجية - الجيومورفولوجية الروسية، إحدى أعرق المدارس العالمية التي تمتاز بغزارة إنتاجها العلمي الذي رفدت به الإنسانية منذُ قرونٍ طوال، كما إن لها باعٌ طويل في نشر الأفكار العلمية العميقة والنادرة التي ساهمت في دفع هذه

الإختصاصات العلمية إلى أمام . وقد كنت على علمٍ بدرجة كافية بشأن قلة المنقول علمياً عن هذه المدرسة العريقة، إلى ساحتنا العلمية في العراق وعموم وطننا العربي، حيثُ تقتقر المكتبة العربية إلى المؤلفات الروسية في تخصص الجيولوجيا والجغرافيا الطبيعية . هذا الامر لم يكن يخفى علي، لاسيما وأني في سلك التدريس الجامعي لمادة الجيومورفولوجيا، منذُ عام 2001 داخل العراق وخارجه.

يجدر بالذكر ايضاً، بأن دراسة المظاهر الجيومورفولوجية ذات الأصل الجليدي او تلك المظاهر التي نشأت في بيئات باردة - رطبة غير مفهومة لمعظم طلابنا، لاسيما ان المظاهر الجيومورفولوجية في عموم منطقتنا العربية، تتسم بكونها قد نشأت في بيئات جافة وشبه جافة بالدرجة الاساس، وقد كان هذا حافزاً لي لإنجاز هذا العمل.

كذلك فقد حاولتُ اثناء ترجمة فحوى وبيانات الكتاب الاصلي من الروسية إلى العربية، بان أُجهد نفسي في توضيح كل ما ألمس غرابته او كونه مادة علمية جديدة على القارئ العربي، لاسيما اولئك الشباب من طلاب الدراسات العليا الذين لم يخوضوا بعد في هذا المجال عميقاً. لقد كان ذلك يمثل دافعاً لي ايضاً في إضافة العديد من الهوامش التعريفية بالعديد من المصطلحات الجيومورفولوجية - الجيولوجية الجديدة على مسامع القارئ العربي. كذلك فقد كان لزاماً علي، أن اقوم بإدراج جميع المصادر العلمية التي تم إستقاء تلك المعلومات منها من باب الامانة العلمية، وبهذا فقد إزدادت مصادر هذه النسخة المترجمة إلى العربية بمصادرها جراء ذلك، قصداً لتحقيق الفائدة الأكبر لمن يقرأه من طلابنا العرب . وهو ما يمكن ملاحظته في العديد من المواضيع التي أُدرجت عن العراق والمنطقة العربية كإضافةٍ ضرورية، لتعميق فهم تلك المظاهر الجيومورفولوجية وتفسير كيفية نشأتها وتطورها في البيئات الجغرافية المختلفة من العالم .

كما لايسعني أنسى، التوجه بالشكر لمؤلفتي الكتاب بنسخته الروسية (د.ناتاليا فالانتين ماكاروف و د.تاتيانا فلاديمير سوخانوف - الأستاذتان في قسم الجيولوجيا

الديناميكية -جامعة موسكو الحكومية المعروفة بـ (لومونوسوف) اللتان أتاحتا للقارئ العربي فرصة الإطلاع على كتابهما الرائع هذا، بموافقتهما على ترجمته إلى العربية وسرورهما بذلك .

كذلك، اتوجه بالشكر والعرفان لأستاذي الذي أشرف علي في الدكتوراه (الأستاذ الدكتور فيكتور فاسيلي دياكانوف) الأستاذ في الجامعة الروسية الحكومية للتنقيب الجيولوجي المعروفة بـ "سيرغو اورجين كيدزي" والأستاذ في جامعة الصداقة بين الشعوب - موسكو أيضاً، كذلك فالشكر والإمتنان موصول أيضاً لأستاذي (أ.د. محمد سلمان صالح الجبوري) الذي أشرف علي في الماجستير... فشكراً لكما لكل ما قدمتماه لي من عونٍ علميٍّ ومعنويٍّ اثناء ترجمة هذا الكتاب وإظهاره بشكله النهائي.

كذلك لايسعني ان انسى التوجه بالشكر والإمتنان لأخي الحبيب د. عبدالحليم شكري مصطفى (زميلي برحلة الدكتوراه في موسكو، الأستاذ المساعد في جامعة الفيوم - جمهورية مصر العربية) على كل ما قدمه من عُونٍ ونصائح علمية - أخوية ، كان لها الأثر الكبير لإنجاز هذا المشروع العلمي وجعله يُبصرُ النور .. فشكراً لكم جميعاً من أعماق القلب .

ختاماً أشكر الله أولاً وأخيراً على فضله وتمكينه لي من تحقيق حُلُمي بترجمة هذا الكتاب في جزئه الاول، وأسأله تعالى الرضا والقبول
والحمد لله رب العالمين

أحمد الغريري

2022م



الجزء الاول

الفصل الاول مفهوم التضاريس

المقدمة:

الجيومورفولوجيا هو مصطلح علمي تم اشتقاقه من اليونانية القديمة وهو مؤلف من ثلاثة مقاطع هي (geo تعني الأرض، morpho تعني شكل ، logos تعني علم). وبذلك فانه يعني علم تضاريس سطح الأرض او علم الاشكال الارضية ، وهو قسم مستقل من علوم الأرض (الجيولوجيا)، له اهدافه الخاص وطرائق دراسته .

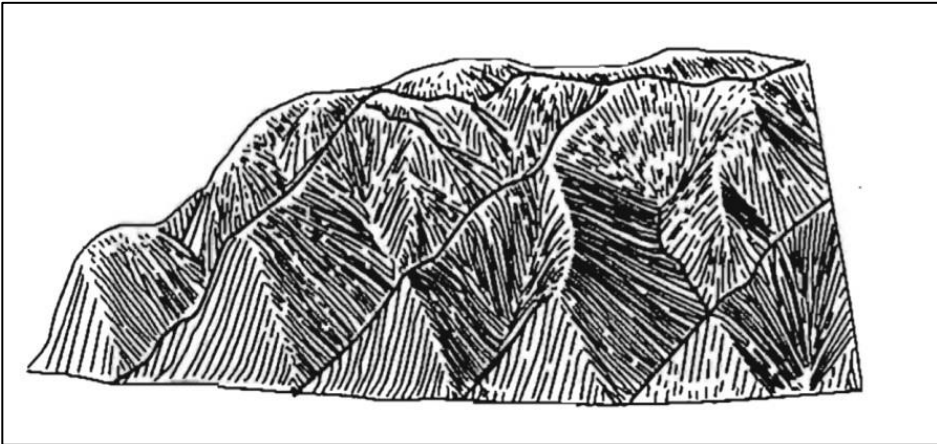
الهدف من دراسة الجيومورفولوجيا هو دراسة التضاريس (القارات، قاع البحار والمحيطات) ، هيكلها ، أصلها ، توزيعها ، تاريخ تطورها، حالتها و ديناميكيته .

التضاريس هي خليط (مزيج) من مظاهر اختلاف اشكال سطح الأرض، وهذه المظاهر الارضية التي تسمى بالتضاريس، هي تشكيلات طبيعية في الغالب وبعضها تكون اصطناعية ، وهي مختلفة في حدودها وأحجامها وأصولها وأعمارها . تكون الأشكال التضاريسية المحدبة أو الموجبة ممثلة ب(الجبـال ، التلال) ، اما المقعرة أو السالبة منها فهي تتمثل في (المنخفضات ، الوديان) ، والمسطحة منها تتمثل بـ (السهول) ، اما القريبة من الشكل الدائري فتكون كما في (التل ، الفوهة البركانية)، والممدودة منها متمثلة بـ (الحافة او الواد) .

ان أشكال التضاريس الارضية متنوعة للغاية، فبعضها بسيط أو أولي والبعض الآخر معقد ، وهي تمثل بالتالي مجموعات تضم كل واحدة منها عددا من المظاهر الارضية ، لكنها تتكون جميعها بالتالي من عناصر منفصلة ابرزها : الأسطح (الوجوه) ، الزوايا ، الخطوط ، النقاط ، وكما موضحة في الشكل (1.1) .

اما من حيث الحجم فيتم تقسيم أشكال التضاريس الارضية بشكل تقليدي على عدة فئات (وفقاً لتصنيف العالمان او.ك. ليونتييف و غي. اي. ريجاغوف) :

1- التضاريس الكوكبية او تضاريس الفئة الاولى : وهي أكبر أشكال سطح الأرض، تتمثل بالقارات والمحيطات التي تبلغ مساحتها مئات الآلاف وملايين الكيلومترات المربعة .



الشكل (1.1) التضاريس هي مزيج من الأسطح (الوجوه) والزوايا والخطوط وفقاً لـ (W. Davis)

2 - التضاريس العملاقة (Megaforms): تتمثل بالأحزمة والأنظمة الجبلية، السهول الشاسعة ، الأحواض البحرية ، إلخ ، بمساحة تصل الى عشرات الآلاف الكيلومترات المربعة .

3 - التضاريس الكبيرة : تتمثل بالتلال ، المنخفضات و الحافات المنفردة ، التي تغطي مساحة مئات وآلاف الكيلومترات المربعة .

4 - التضاريس او الاشكال المتوسطة : كما هو الحال في وديان الأنهار ، الوديان الكبيرة ، التلال الرملية أو الترابية ، إلخ، التي تبلغ مساحتها عشرات ومئات الكيلومترات المربعة .

5 - التضاريس او الأشكال الدقيقة : مثل الحفر الكارستية ، والتلال الركامية ، وما إلى ذلك ، تصل إلى عدة عشرات من الكيلومترات المربعة .

6 - التضاريس او الأشكال النانوية : مشتقة من الكلمة اليونانية nanos (بمعنى القزم) وهي اصغر الاشكال.

الأشكال الأرضية المعروفة، كما هو الحال في الاشكال التي تشكلها الرياح او التيارات الشاطئية والامواج مثل علامات او تموجات النيم وغيرها .

يجب دائماً اعتبار ان التضاريس مرتبطة مع الركيزة التي ترتكز عليها (الطبقات الجيولوجية)، متمثلة بالصخور وطبقاتها المختلفة، فيما يعتمد الشكل أو المظهر الخارجي للتضاريس وخصائصها الأخرى على ذلك.

بالمقابل يكون تكوين التضاريس مصحوباً دائماً بتراكم للرسوبيات المترابطة أي المترامنة والمرتبطة تاريخياً بها وبكوينها، فعلى سبيل المثال تكون تكوينات الخوانق والوديان مصحوباً بإزالة الصخور وتراكمها (ترسبها) في الاجزاء الدنيا منها وتعرف هذه الترسبات بتسمية (الترسبات المترابطة) مع اشكال التضاريس المختلفة التي نتجت عنها في الاصل، وغالباً ما يرتبط وجود العديد من المعادن الاقتصادية بهذه الرواسب المترابطة .

في بعض الأحيان لاتبقى الأشكال الأرضية موجودة ، اذ يتم تدميرها ومحوها بفعل عمليات التعرية الشديدة او بفعل النشاطات البشرية، فيما يتم الحفاظ على الرواسب المرتبطة بها في اماكن ترسبها، وبالتالي فمن الممكن استعادة اشكال تلك التضاريس التي كانت موجودة من قبل من خلال دراسة رسوبياتها المترابطة معها .

يجدر بالذكر ان للوقت أهمية كبيرة في تكوين الأشكال الأرضية، اذ انه يحدد عمر تلك التضاريس ومرحلة تطور أشكالها ومجموعاتها، فضلا عن معرفة الطبيعة المنقطعة أو المستمرة، الإيقاعية والدورية لهذه العملية، وكذلك يبين مدى درجة الحفاظ على أشكال التضاريس الارضية وتحولها اللاحق.

ان تضاريس أي منطقة هو مزيج من الأشكال الارضية التي تشكلت في أوقات مختلفة من عصورها الجيولوجية. كما ان لكل شكل من أشكال التضاريس فترة زمنية لوجوده أو عمره، والذي يجب تحديده عند دراسة اي شكل من اشكال التضاريس الارضية المختلفة .

ان الأهداف والغايات الرئيسية للجيومورفولوجيا يمكن ان تتمثل بالعديد من النقاط الرئيسية، وهذه النقاط توضح بدورها بان الغرض من دراسة التضاريس هو عملية تطبيق المعرفة حول اشكال التضاريس الارضية المختلفة، ومعرفة وتوضيح قوانين تطورها، بالاضافة الى تحديد وابرار اهم الأساليب المستخدمة لحل مختلف المشكلات النظرية والتطبيقية اثناء النشاط التطبيقي للانسان لمختلف بيئات واشكال التضاريس الارضية .

بناءً على تعريف الجيومورفولوجيا ، نجد ان مهامها الرئيسية تتمثل في دراسة التشكل (المظهر الخارجي) للتضاريس، وتحديد أصلها (نشأتها) ، والعمر ، والحالة الحالية وديناميكيات التغيرات المتوقعة لها حاليا ومستقبلا .

بالنسبة للجيولوجيا ، تعد دراسة التضاريس مهمة من وجهة نظر معينة تهتم بمعرفة وتحديد البنية الجيولوجية (التكتونية) لها، لذلك فإن المهمة الرئيسية لدراسة التضاريس الارضية للأغراض الجيولوجية هي تحديد الهيكل الجيولوجي والعمليات التي تخلقه

وتغيره ومن ثم تحديد ما ترتب وما سيترتب على ذلك من تغيرات مستمرة في هذه التضاريس .

ان قيمة واهمية دراسة التضاريس للأغراض العملية التطبيقية تظهر من خلال ارتباطها بكل حياة الإنسان ونشاطاته إلى حد كبير والمرتبطة بدورها بمظاهر سطح الأرض. ان التربة والغطاء النباتي، ووضع ونظام المياه السطحية والجوفية، بالإضافة الى الخصائص المناخية للمناطق المختلفة وغير ذلك بحسب اختلاف التضاريس تعد ضرورية لتحقيق هذا الهدف، وبذلك فان دراسة التضاريس تعد مهمة جدا لجميع فروع الجيولوجيا تقريباً وفروع الجغرافية الطبيعية بصفة خاصة .

وبالتالي فان ابرز النقاط التي تبرز اهمية الدراسات الجيومورفولوجية يمكن تلخيصها بالتالي :

1- اهميته الكبيرة في المسوحات الهندسية والجيولوجية ، عند الشروع ببناء المدن والمستوطنات والطرق ومحطات الطاقة النووية والكهرمائية وغيرها من المرافق التي يتم تنفيذها على أشكال مختلفة من التضاريس. وهناك قسم خاص للجيومورفولوجيا يعرف ب (الجيومورفولوجيا الهندسية) ، وهو القسم الذي يتعامل مع دراسة التضاريس الارضية من أجل البناء والاستخدام الآمن للهياكل الهندسية المختلفة، حيث يؤدي الجهل بالتضاريس الارضية إلى أن تقام بعض المنشآت وقرى بأكملها على السهول الفيضية أو المدرجات المنخفضة التي تغمرها المياه، او اقامة مشاريع مهمة مثل السدود والخزانات فوق اراض كارستية .

ان دراسة التضاريس الارضية لاسيما تركيبية وهيكلية الاودية النهرية، تتيح لنا اختيار المواقع المناسبة لبناء السدود ومحطات الطاقة المائية والنووية، وفي الوقت نفسه فمن الضروري معرفة التضاريس تحت السطحية مثل (الأشكال الكارستية ، الوديان القديمة، إلخ) ومراعاة تأثيرها السلبي المحتمل على منشآت البناء المختلفة.

2- بالنسبة للمسوحات الهيدروجيولوجية : فان إمدادات المياه للمدن والمستوطنات، الري للاراضي الزراعية وتنظيم مجاري الأنهار ... إلخ، يعتمد بالدرجة الاساس على الدراسة الجيومورفولوجية للأنهار وموقع طبقات المياه الجوفية، بالخصوص المياه الجوفية العذبة منها، وهو يعتمد ايضا على شكل التضاريس الارضية الحالية وأحدث الحركات التكتونية (النيوتكتونية - **Neotectonics**⁽¹⁾) التي اثرت في اشكال المنطقة .

3- بالنسبة للمسوحات البيئية: فان الدراسات الجيومورفولوجية تهتم باختيار المواقع المناسبة لدفن النفايات المشعة، وتصريف المياه الصناعية، ووضع مقالب القمامة ، والتنبؤ بالتلوث البيئي ، وتطوير العمليات الخطرة - الطبيعية او الناجمة عن الأنشطة البشرية المختلفة (كالانهيارات الأرضية المختلفة ، الفيضانات والكارست ... إلخ) .

4- عند البحث عن المعادن: ترتبط العديد من المعادن الثمينة والمهمة بالرواسب الغرينية، مثل الذهب والماس والقصدير والكريستال وما إلى ذلك، حيث نجد ارتباطاً مباشراً بالتضاريس المتمثلة بوديان الأنهار (الحديثة والقديمة) وسواحل البحر. كما ترتبط الرواسب المهمة والداخلة في انتاج مواد البناء بالتضاريس النهرية والأنهار الجليدية والبحرية وغيرها .

كذلك تنحصر العديد من رواسب النفط والغاز والفحم في التضاريس القديمة والحديثة المدفونة (مثل القنوات والمجاري النهرية، دلتاوات الأنهار، المنخفضات البحرية، سواحل البحار وهياكل الشعاب المرجانية وغيرها الكثير)، فضلاً عن الهياكل التكتونية التي يحمل بعضها علامات تجلي وظهور اشكال ارضية في العصر الحديث.

(1) مصطلح الحركات التكتونية الحديثة - **Neotectonics** : أول من قدم هذا المصطلح للساحة العلمية العالمية، هو الجيولوجي السوفييتي - الروسي (في. أي. أبروشيف - **V.A. Obruchev**) في مقالة علمية له نشرها عام 1948 ، حيث عرّفه بأنه يشير إلى "الحركات التكتونية الأخيرة التي حدثت في الجزء العلوي من العصر الثلاثي - **Tertiary (Neogene)** ، والفترة الرباعية - **Quaternary** أيضاً، والتي لعبت دوراً أساسياً في نشأة وتطور الأشكال الأرضية المعاصرة .

في هذا الصدد ، تكتسب معرفة التضاريس أهمية خاصة في ممارسة الجيوفيزياء الاستكشافية، حيث يواجه الجيوفيزيائيون باستمرار الحاجة إلى تفسير التضاريس الذي ترتبط بها الرسوبيات المهمة اقتصاديا ، لأن دقة التوقعات تعتمد عليها بدرجة كبيرة. فمن أجل تحديد التضاريس المدفونة (تحت السطحية) و التي غالبًا ما تكون مشوهة بالحركات التكتونية ، من الضروري معرفة مظهرها الحديث .

5 - عند دراسة التكتونية الحديثة والجيوديناميكية لمناطق معينة : تعكس التضاريس الأرضية بشكل مباشر أو غير مباشر أحدث الهياكل التكتونية، كذلك تعكس التضاريس مورفولوجيا الأشكال الهيكلية ، وطبيعة وسرعة ووقت تطورها ، واتساع الحركات التي أدت إلى تشكيلها ، وظروف التكوين الجيوديناميكي ، لذلك يتم استخدام التضاريس لتحديد كل هذه الخصائص. تعد التضاريس الأرضية مؤشرا حساسا للعمليات التي تحدث في قشرة الأرض، حيث توفر دراسة التضاريس مادة قيمة لتقييم الحالة الحالية وديناميكيات مناطق معينة من سطح الأرض.

كذلك فمن الأهمية بمكان لتقييم الزلزالية الحديثة للمناطق دراسة أشكال معينة من التضاريس التي تشكلت أثناء الزلازل أو الاضطرابات الزلزالية، فعند اختيار الأماكن لبناء المنشآت الخطرة (محطات الطاقة النووية أو السدود ... إلخ) ، من الضروري مراعاة الوضع التكتوني الحالي - الهبوط ، الارتفاع والتمزق أو الانزلاق ، والتي غالبًا ما يمكن الحكم عليها فقط من خلال السمات الجيومورفولوجية. لقد أدى تقليل الاهتمام بهذا الأمر إلى إغلاق العديد من محطات الطاقة النووية التي بنيت في مواقع غير ملائمة من الناحية الجيولوجية - الجيومورفولوجية .

6 - تُستخدم دراسة التضاريس أو الطريقة الجيومورفولوجية في دراسة الأشكال الأرضية، لرسم خرائط وتحديد طباقية (طبقات) الرواسب الرباعية أو تقطعها وتفككها بحسب العمر ، لأن لكل نوع وراثي من الرواسب الرباعية شكل تضاريسي خاص به وملازم له فقط في مهظم الاحيان . فكلما كانت التضاريس اكثر قدما وكلما تم تدميرها ، كلما اصبح عمر الرواسب الرباعية التي تتكون منها اكثر قدما .

7 - عند دراسة جيولوجيا الكواكب الأخرى : تعكس صور الكواكب التي تم الحصول عليها من المركبات الفضائية أشكال التضاريس الأرضية على سطحها، فمن خلال معرفة الأشكال الأرضية المتشابهة وعلاقتها بالبنية الجيولوجية ، يمكن للمرء أن يتخيل التركيب الجيولوجي للكواكب الأخرى. وبناءً على ذلك ، فقد تم تجميع الخرائط الجيولوجية والتكتونية والجيومورفولوجية للقمر والمريخ وعطارد والزهرة .

كما يمكن تمييز الاتجاهات الرئيسة التالية في الجيومورفولوجيا :

الجيومورفولوجيا الديناميكية : وهي التي تدرس العمليات الداخلية والخارجية الحديثة لتشكل التضاريس ؛ الجيومورفولوجيا الإقليمية : وهي التي تدرس تطور التضاريس في مناطق معينة ؛ الجيومورفولوجيا التاريخية ، أو علم الأشكال القديمة : الذي يدرس القديم من الأشكال الأرضية، بما في ذلك التضاريس تحت السطحية أو المدفونة؛ التضاريس وتاريخ تطور الجيومورفولوجيا البحرية : وهي التي تدرس تضاريس قاع المحيطات والبحار؛ الجيومورفولوجيا التنقيبية: وهو الفرع الذي يستخدم أساليب الجيومورفولوجيا للبحث عن الرواسب المعدنية ، وتقييم حالة التضاريس الحديثة لبناء وتشغيل الهياكل الهندسية؛ الجيومورفولوجيا الهيكلية أو التركيبية : التي تدرس التعبير عن التركيب الجيولوجي في أشكال التضاريس الحديثة وأوتك التضاريس التي تم تشكيلها تحت التأثير السائد للحركات التكتونية الأخيرة (النوتكتونية- Neotectonics) (الهياكل المورفولوجية) .

ان هذا الاتجاه له أهمية عملية كبيرة نظرا لأن التشوهات التكتونية تؤثر على حالة البنية الجيولوجية ، وبالتالي فان ذلك يحدد العديد من العمليات التي حدثت وما زالت تحدث فيها ، والتي يجب أخذها في عين الاعتبار اثناء القيام باي نوع من انواع النشاطات الاقتصادية .

في الآونة الأخيرة ، ظهرت اتجاهات جديدة في دراسة التضاريس الأرضية وبرزها:

الجيومورفولوجيا العالمية : التي تدرس تكون وتطور الأشكال الأرضية الكوكبية العملاقة على أساس تكتونية صفائح الغلاف الصخري ؛ **الجيومورفولوجيا الفضائية :** والتي تدرس تضاريس الكواكب الاخرى بناءً على مقارنتها بالأشكال الأرضية.

كذلك فمن الأهمية بمكان ظهور **الجيومورفولوجيا البيئية :** التي تدرس التضاريس الأرضية ودورها في حياة الإنسان ، وتدرس كذلك التغيرات في التضاريس التي تسببها الأنشطة البشرية ، والنتائج السلبية لهذه التغيرات ، والتي يمكن أن تؤدي إلى مخاطر جيومورفولوجية كبيرة.

كذلك يتم إيلاء المزيد والمزيد من الاهتمام لدراسة أسباب الكوارث الطبيعية والتغيرات العالمية في البيئة الطبيعية ، ولا سيما في التضاريس .

الفصل الثاني

العمليات الرئيسية وعوامل تشكيل التضاريس الأرضية

تتعامل الجيومورفولوجيا مع مجال معقد للغاية وديناميكي بشكل غير عادي بالنسبة للأرض، وهو ما يسمى بجغرافية اللاندسكيب أو القشرة. يتم تحديد مدى تعقيد هذه القشرة من خلال حقيقة أن تكوينها وتطورها يحدث تحت التأثير المشترك للقوى الداخلية للأرض ومصادر الطاقة المتعددة. كذلك يتلامس ويتداخل كل من الغلاف الصخري، الغلاف الجوي، الغلاف المائي، الغلاف الجليدي والغلاف الحيوي متفاعلاً ومتداخلاً بعضها ببعض الآخر.

بالإضافة إلى ذلك، فإن الغلاف السببي - **Noosphere** (مشتق من المصطلح اليوناني القديم **noos** بمعنى العقل أو السبب)، أو يطلق عليه بـ **المجال العقلي** وفقاً لـ **في.اي. فيرنادسكوم**، وكذلك المجال التقني - مجال التأثير البشري الهندسي والتقني على قشرة الأرض.

داخل الأرض وعلى سطحها يحدث تحول وإعادة توزيع مستمر للمادة، وبذلك فإن تضاريس سطح الأرض ما هي الا نتاج تفاعل العمليات العميقة التي تحدث داخل الأرض وتسمى بالعمليات الداخلية (**Endogenous processes**)، وهو مصطلح اشتق من اصل يوناني قديم مؤلف من كلمتين هما :

(**Endon** بمعنى داخلي) و (**genes** بمعنى ولادة أو نشأة). كذلك فإنها حاصيلة العمليات الخارجية ايضاً، اي ذات النشأة الخارجية (**Exogenous processes**) المشتقة بدورها من اليونانية القديمة (**exo** بمعنى خارج) وكلمة (**genes** بمعنى نشأة)، وهذه الأخيرة تتجلى من خلال تفاعل الغلاف الجوي، المائي، الجليدي و الحيوي.

وبالنظر لمدة تطور الأرض واغلفتها المختلفة ، فإن التضاريس الموجودة حاليًا هي نتيجة التراكم أو التداخل المتتالي للهياكل الجيولوجية من مختلف الأعمار ، والتي تم إنشاؤها وتكوينها بواسطة عمليات داخلية من أعماق مختلفة النشأة ، وتحولت بواسطة مجموعة معقدة من العمليات الخارجية الى ما هي عليه اليوم ، وبالتالي فإن تشكيل التضاريس يعد نتاج عمليات داخلية وخارجية معا . كما إن مصطلح (العملية - مشتق من اللاتينية Processus ، بمعنى عملية أو تقدم) ، وهو تغيير تسلسلي في حالات المادة وهيكل القشرة الأرضية ، ويمثل حركة واحدة. أما العامل فهو مصطلح مشتق من الكلمة (factor) ، بمعنى عمل أو إنتاج للعملية الجارية أو احد شروطها. وبالتالي فإن العوامل هي التي تؤدي إلى حدوث العمليات أو بدفعها الى امام. ان العمليات المتنوعة التي تشكل التضاريس ناتجة عن عوامل مختلفة . في المقابل ، يمكن أن تكون بعض العمليات عوامل لهذا السبب ، وبذلك فانها تمثل القوة الدافعة للعمليات الأخرى .

2 . 1. العمليات الداخلية (Endogenous processes)

وهي تشمل الحركات التكتونية الناتجة عن حركة الصهير وحركة الصهير نفسه، والتي هي نتيجة لعمليات التحول وإعادة التوزيع المكاني للمادة ، التي تحدث على مستويات مختلفة الأعماق في الوشاح العلوي والقشرة الأرضية ، مما يتسبب عنه تشوهات الأخيرة والظواهر الصخرية المختلفة. فتحت تأثير ذلك تم إنشاء القارات والمنخفضات في المحيطات والبحار ، وتشكلت الجبال والسهول والبراكين وانبتقت الحمم البركانية، فضلا عن تشكل اشكال مختلفة من اندساسات الصهير تحت السطح (السدود، القواطع، الفاكوليث و الباثوليث وغيرها). كذلك تعمل الحركات التكتونية (منخفضة السعة) على تشكيل القشرة الأرضية وتوزيع اشكال تضاريسية موجبة وسالبة على سطح الارض وتحت تأثير هذه الانشطة. كذلك وتحت تأثير الحركات التكتونية منخفضة السعة ، تتعرض الأجزاء الفردية للصفحة الأرضية للخفض أو الرفع ، وأحيانًا تحل محل بعضها البعض في الوقت المناسب، فيما تؤدي حركة المرور الكثيفة للصهير في المناطق الضيقة إلى بناء الجبال .

يجدر بالذكر إن العوامل الرئيسية المحركة للعمليات الداخلية هي الطاقة الحرارية و قوة الجاذبية الأرضية، وإن أحد مصادر الطاقة الحرارية هو تحلل المواد المشعة مصحوبًا بإطلاق الحرارة العالية، مما يؤدي إلى تحول مادة الأعماق (الصهير) وذوبانها الكامل أو الجزئي ، وتغير لزوجتها وسيولتها ، وبالتالي تدفق الحمل الحراري (من المصطلح اللاتيني **Convection** بمعنى بمعنى يحمل أو يجلب) من الوشاح والقشرة .

إن طاقة الجاذبية هي عامل آخر في العمليات الذاتية، فتحت تأثير الجاذبية يحدث تمايز وحركة المادة في الغلافين الداخلي والخارجي للوشاح أو جبة الارض ، بما في ذلك صعود وانتشار الكتل الخفيفة من المادة العميقة (الصهارة) وغرق أو هبوط المواد الثقيلة. تؤثر التدفقات الحملية متعددة الاتجاهات للمادة العميقة (الصهير) الناتجة عن

العمل المشترك للحرارة والجاذبية على الطبقات العليا من قشرة الأرض ، مما يتسبب في حركاتها الرأسية والأفقية واحداث تشوهات مع تكوين ارتفاعات وانحدارات من تضاريس مختلف الرتب ، ابتداءا بالقارات والمحيطات إلى تضاريس أقل رتبة منها على سطح الارض.

يجدر بالذكر ايضا بان الحركات التكتونية لا تنتج فقط عن عوامل داخلية - الحرارة و طاقة الجاذبية - ولكنها تنتج أيضًا بسبب عوامل خارجية. وهكذا ، فأثناء فترات التجلد الرباعي (العصور الجليدية) وتحت ضغط وزن الطبقات السميكة من الصفائح الجليدية تراجعت (هبطت) قشرة الأرض، وبعد ذوبان غطاء الجليد وإزالة الحمل شهدت القشرة الارضية ارتفاعا متوازنا حدث من خلال حركة التدفق للمادة العميقة (الصهير) على مستوى الغلاف الوهن (الأسثينوسفير - **Asthenosphere**) وربما الطبقات الاعلى من الغلاف الصخري ايضا .

ترتبط عمليات مماثلة ايضا بتقلبات مستويات المحيطات والبحار ، فللدوران أهمية كبيرة في تطوير العمليات - الذاتية (مشتقة من اللاتينية **Rotation** بمعنى الدوران)، لاسيما في الحركات التكتونية - **Tectonic Movements** ، حيث يؤدي التغيير في نظام دوران الأرض (سرعة الدوران بشكل أساسي) إلى تغيير في عدد من معاييرها - وأشكاله ، وميل محور الأرض وما إلى ذلك ، مما يؤدي إلى احداث تغيير في التوزيع العالمي للضغط وعلى القوى التي تعمل على مستويات عميقة مختلفة من الأرض (بما في ذلك تلك التي تعمل على سطحها) ، مما يؤدي إلى تغيير في اتجاه وسرعة تدفقات الحمل الحراري في الداخل (باطن الارض) والمجال الخارجي ايضا، متسببا باحداث تشوهات لقشرة الارض وتضاريسها .

يتسبب انخفاض سرعة دوران (الأجزاء الخارجية) للأرض بالنسبة للأغلفة الداخلية في الحركة - الى انجراف الصفائح القارية نحو الغرب، بالإضافة إلى ذلك ونتيجة لعدم التكافؤ في سرعة دوران نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي ، فإن نصف الكرة

الشمالي "يلتف" بالنسبة إلى نصف الكرة الجنوبي ، مما يؤدي إلى تشوهها وتشكيل الصدوع الكبيرة (الصدوع او الفوالق الضخمة – **Huge Faults**)، بما في ذلك سلسلة من الصدوع الكبيرة العرضية التي تعبر قاع المحيطات وتنتقل إلى القارات. ومن الأمثلة على ذلك الصدوع العملاقة للمحيطين الأطلسي والهادئ . يحدد نظام الدوران تطوير أنظمة الشقوق الصخرية الموجهة بانتظام والتي يتم التعبير عنها أيضًا في التضاريس المختلفة .

ان الحركات التكتونية التي تتسبب بإحداث تشوهات لقشرة الأرض والتي تكون لها أهمية كبيرة في تكوين التضاريس الارضية المختلفة، هي ناتجة أيضًا عن تأثير الجاذبية للقمر. فموجة المد والجزر التي تسببها الأخيرة (جاذبية القمر) في القشرة الصلبة بسرعة 1700 كم / ساعة، لمرتين في اليوم ترفع وتخفض كل نقطة من سطح الأرض. وقد لوحظ ان أكبر سعة لهذه الحركة (تصل حتى 50 سم) في الحزام الإستوائي، وهذه العملية تساهم في "تفكك" وتفتيت الصخور، وتؤدي إلى تطور التصدع فيها .

2. العمليات الخارجية (Exogenous processes)

إن هذه العمليات تعمل باستمرار على سطح الأرض وفي البحار والمحيطات، متمثلة بالتعرية والتجوية، وبرز اشكالها يتمثل بعمل الأنهار، الأنهار الجليدية، الرياح، التيارات البحرية والمحيطية، التربة المتجمدة (الصقيعية) والكائنات الحية بما في ذلك البشر، وعوامل جيولوجية أخرى .

ان نشاط العمليات الخارجية يتجلى بعملية تدمير بعض أشكال التضاريس وخلق أشكال أخرى ، بالإضافة الى حركة منتجات التدمير (الرسوبيات المختلفة) وتراكمها. وهكذا وتحت تأثير العمليات الخارجية نجد ان هناك تكوين مستمر للمادة ، ونقلها وترسيبها مع تشكيل أشكال تضاريسية مختلفة. تسمى مجموعة عمليات تدمير ونقل شظايا الصخور المختلفة، ومن ثم ترسيبها ب التعرية (من اللاتينية **Denudation**، بمعنى **التعرض** او **الإفشاف**). إن ابرز نتائج عمليات التعرية هي انخفاض سطح الأرض (تخفيض ارتفاعاته)، وتتجلى التعرية بأشكال (عمليات) مختلفة، قد تغطي مناطق صغيرة منفصلة او مساحات كبيرة ، ويمكن أن تكون خطية ومستوية.

في كثير من الأحيان تفهم عملية التعرية على أنها مسطحة فقط ، ويتم تمييز التعرية الخطية منها بشكل منفصل تحت مسمى (التآكل - **Erosion**)، وبالتزامن مع هذه العملية نجد تراكم لمنتجاتها في المناطق المنخفضة، بحيث يمكن ان يكون التراكم - الترسيب بمقياسه المكاني إقليميًا ومحليًا. كما إن نتيجة التراكم ستتجلى بزيادة السطح، عموما فكلتا العمليتين - التعرية والتراكم - تؤدي في النهاية إلى تسوية التضاريس .

يلاحظ في نشاط كل عامل جيولوجي - الجليد والماء والرياح وما إلى ذلك - ستوجد مكونات ستوجد مكونات التعرية والإرساب. فعلى سبيل المثال فإن الأنهار التي تقطع الهياكل والركائز الجيولوجية ستتسبب بتآكلها، مما ينتج عنها عمليات تعرية وإرسابو كما تعتمد الثلجات و الأنهار الجليدية على حث السطح الذي تتحرك عليه وتؤدي

لإحداث عملية تجريف مستمرة (من اللاتينية **Exaratio** بمعنى يحرث)، لكن كل من الأنهار والأنهار الجليدية في أماكن معينة تقوم بترسيب المواد التي سبق وقامت بالنقاطها وحملها، مشكلة أشكالاً تضاريسية متراكمة مختلفة (مثل السهول الفيضية، والمدرجات، تلال وسهول الركام، إلخ). تحدث حركة الماء والكتل الهوائية وحركة منتجات التجوية وتراكمها إلى حد كبير بسبب قوة الجاذبية الموجودة في كل مكان والتي تعمل بشكل مستمر على الأرض، لذلك فالجاذبية هي القوة الدافعة وراء كل العمليات الخارجية وحتى العمليات الكونية على وجه الخصوص.

ان قصف النيازك للأرض، تُعد أيضاً جزءاً من العمليات الخارجية (قوى خارجية) وقد تجلت بشكل رئيس في المراحل الأولى من تكوين قشرة الأرض. نتيجة لذلك، فقد كان سطح الأرض بأكمله مليئاً بالحفر ذات الأحجام المختلفة، وقد تمت معالجة معظمها على مدار التاريخ الجيولوجي من خلال العمليات التكتونية وعمليات التعرية المختلفة وتراكم نتاجاتها في تلك الحفر متسببة بدفنها. لكن بعضها، خاصة تلك التي نشأت مؤخراً نسبياً قد تم الحفاظ عليها وتجسيدها في التضاريس الحديثة.

العمليات الحيوية يمكن ان تندرج أيضاً ضمن العمليات الخارجية، فيمكن للكائنات الحية (المادة الحية وفقاً لـ في. إي. فيرناندسكو) يمكن أن تشارك بشكل مباشر في تكوين التضاريس، وخلق أشكال مستقلة بشكل هياكل مرجانية (الشعاب المرجانية، الجزر المرجانية) وضفاف المحار، مما تسبب عنه نمو وظهور غابات المانغروف أو أنواع متداخلة من الساحل، بالإضافة إلى تطوير المستنقعات وتشكيل أصغر أشكال التضاريس - الأشكال النانوية منها مثل (أكوام النمل الأبيض، الجحور، إلخ)، كما إنها تؤثر بشكل غير مباشر على تطور التضاريس وتغير أشكالها من خلال التجوية البيولوجية للصخور.

كذلك يُوجد ما يُعرف بـ عمليات التكنوجينيك - **Technogenic** (من اليونانية **Techne** بمعنى المهارة، و **Genes** بمعنى الولادة أو الاصل)، او عملية تحول سطح

الأرض من خلال النشاط البشري، ووفقاً لهذه القناعات فهي قابلة للمقارنة بالعمليات الطبيعية وبذلك فهي تعد إحداها ايضا .

لذلك، يخضع الجزء القريب من سطح القشرة الأرضية لعمليات تكنولوجينية (عمليات من صنع الانسان)، وهذا الجزء يسمى بـ البيئة الجيولوجية - الجيومورفولوجية للنشاطات البشرية، والتي تخضع بدورها للتغيرات المستمرة نتيجة لبناء وتشغيل الهياكل الهندسية المختلفة. وتحت ثقل هذه الهياكل الهندسية لاسيما إذا كان ذلك مصحوباً بسحب كميات كبيرة من المياه الجوفية فان ذلك سيتسبب بحدوث هبوط لسطح الأرض. كذلك يمكن أن تؤدي الأعمال فوق الأرضية الى إحداث تخسفات وهبوط في سطح الارض ايضا.

كذلك، فقد يحدث هبوط السطح أيضاً بسبب ضخ المياه الجوفية لأغراض مختلفة وبالخصوص أثناء استغلال حقول النفط والغاز، حيث إن من الممكن ان يبلغ قطردائرة الهبوط أو الانخفاض عدة عشرات من الكيلومترات، ضمن عمق قد يصل إلى بضعة عشرات من الأمتار. ومع التطور المستمر للمحاجر والمقالع المفتوحة على السطح ، فان ذلك يتسبب عنه إحداث المنخفضات العملاقة للنشطة البشرية. ووفقاً لذلك ، يتم إنشاء أشكال محدبة مرتفعة كبيرة (اشكال ارضية موجبة+) إلى حد ما من تلك الأنشطة البشرية كـ (أكوام النفايات ، مقالب الاحجار والبناء، وما إلى ذلك). كذلك تؤدي عمليات إنشاء الخزانات والقنوات والسدود وغي ذلك إلى تغيير مسار العمليات الطبيعية - التعرية والتراكم وتيارات الأنهار واتجاهاتها وما إلى ذلك ، مما يؤدي إلى تغيير في التضاريس الارضية.

لا يخفى، فان العوامل الرئيسية التي تسبب حدوث العمليات الخارجية هي الإشعاع الشمسي، الدوران الارضي، المد والجزر بسبب جاذبية القمر، والعمليات الداخلية فضلاً عن النشاط البشري، وإن العامل الرئيس من بين هذه العوامل هو الإشعاع الشمسي .

تزود الشمس الأرض بالحرارة وتحدد هيكلها المناخي واتجاهاته ، ومن ثم فانها ستحدد طبيعة ونوع العمليات الخارجية المختلفة وتوزيعها على سطح الأرض. وبالتالي ، فإن المناخ يعد عامل كوني، إلا إنه يتأثر بالظروف المحلية. حيث يعتمد على كمية الحرارة التي يتلقاها سطح الأرض من الشمس وكذلك على مقدار الرطوبة، ومع ذلك ، يتم توزيع الحرارة والرطوبة بشكل غير متساو على سطح الأرض ، وهو الامر الذي يعتمد على دوائر العرض والارتفاع عن سطح البحري المنطقة ، بالإضافة الى القرب أو البعد من البحار والمحيطات .

فمثلاً، يوجد **مناخ نيفال (nivalis)** مشتق من اللاتينية بمعنى **ثلجي** او **شديد البرودة**) ، الذي يتميز بالوجود المستمر للثلج والجليد ، والمناخ شبه القطبي في مناطق تطور التربة الجليدية (الصقيعية) الدائمة ، والمناخ الرطب (من اللاتينية : **humidus** بمعنى **رطب**) الذي يتميز بكمية امطاره الكبيرة ، فيما يلاحظ ان المناخ الجاف (من اللاتينية : **aridus** بمعنى **القاحل** او **الجاف**) وهو مناخ جاف مع انخفاض هطول الأمطار، كما يمكن أن تكون المناخات الرطبة والجافة دافئة أو باردة. على سبيل المثال ، فان المناخ الرطب الدافئ أو الحاريسود في المناطق شبه الاستوائية والمناطق الاستوائية، بينما يسود مناخ المنطقة القطبية الشمالية الباردة والرطوبة في الدول الاسكندنافية ، وما إلى ذلك. ويجدر بالذكر فان هناك مناخات انتقالية ، تحدها مجموعات مختلفة من الحرارة والبرودة مع الجفاف أو الرطوبة.

عموما يخضع توزيع الظروف المناخية على سطح الأرض لتقسيم المناطق الأفقي والرأسي. ووفقاً لذلك ، تخضع العمليات الخارجية وأشكال التضاريس الارضية التي نشأت عن ذلك للتقسيم المناخي أيضاً (انظر الفصل 12).

يتسبب الدوران لكوكب الارض في إحداث إزاحة أفقية لقنوات الأنهار وتيارات البحار والمحيطات وفي الاتجاه المقابل لعمليات التآكل والتراكم. حيث يتم استغلال التفسير المستحث دورانياً عن طريق تآكل مجاري المياه ويحدد "هندسة" التضاريس (**جيومترية التضاريس**).

إن طاقة الجاذبية الناتجة عن جذب القمر والأرض هي سبب التناوب المنتظم للمد والجزر على سواحل البحار والمحيطات وما يتسبب عن ذلك من تأثير مستمر في التضاريس الأرضية المختلفة.

كما تعمل العمليات الداخلية كعامل مساهم أيضا في العمليات الخارجية، حيث تشكل خشونة والتواءات سطح الأرض تحت تأثير الحركات التكتونية شكل إيجابي. أما الأشكال السلبية للتضاريس الأرضية فانها تؤدي إلى أو تؤثر على التوزيع المكاني وشدة أنواع مختلفة من العمليات الخارجية (حركة منتجات التجوية ، والمياه ، والرياح، وما إلى ذلك) ، وتحدد بالتالي عمليات التعرية والتراكم ، ونمط الشبكة الهيدروغرافية ، وخصائص تكوين التضاريس الأرضية .

يعد النشاط البشري أيضًا عاملاً مهماً يسبب العديد من العمليات الخارجية الخطيرة الأخرى (كإنزلاق المنحدرات عند قطعها أثناء بناء الطرق والقنوات وتفعيل العمليات الكارستية عند ضخ المياه الجوفية ، وما إلى ذلك)، وبالتالي، فإن العمليات الداخلية تشارك في تكوين تضاريس سطح الأرض (الحركات التكتونية وحركات إندفاع الصهير) والعمليات الخارجية أيضا (التجوية ، نشاط العوامل الجيولوجية المختلفة ، العمليات الحيوية والتكنولوجية) .

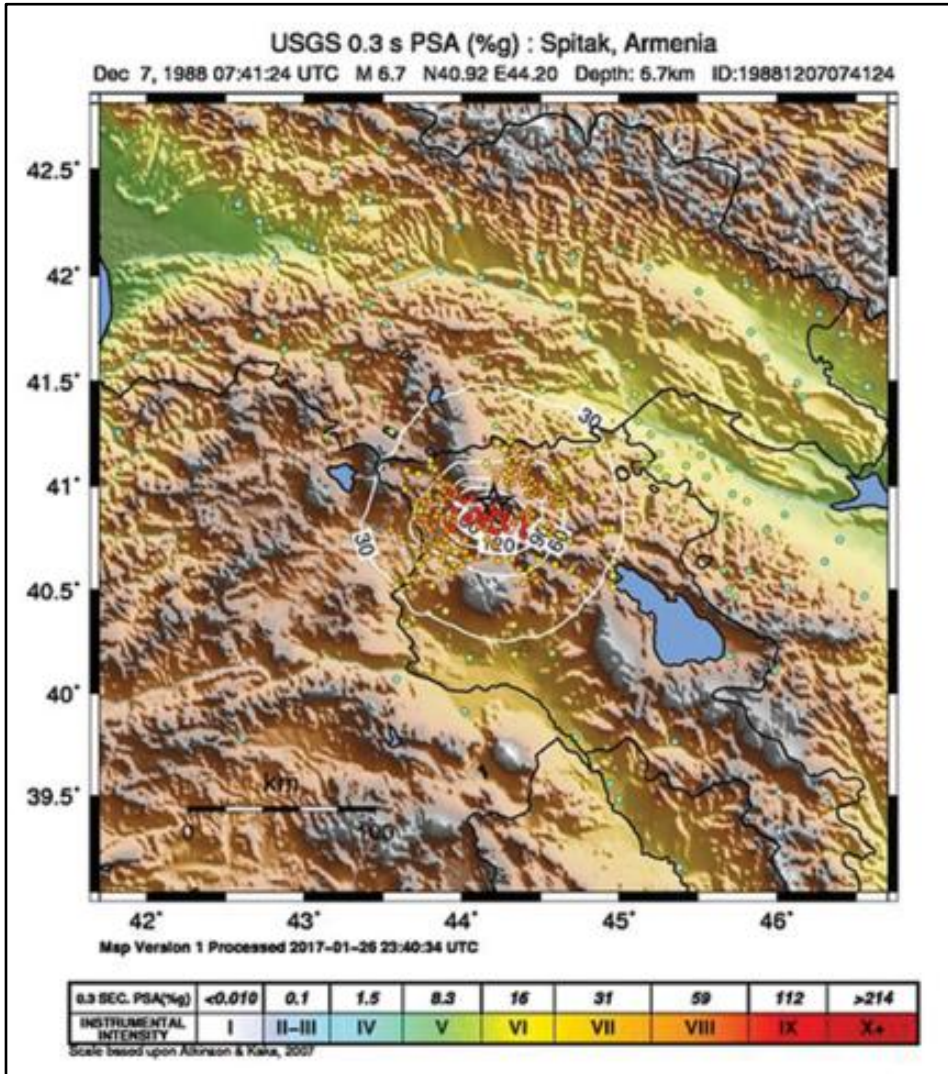
العوامل الرئيسية المسببة لعمل كل هذه العمليات داخلية (الطاقة الحرارية والجاذبية للأرض، الحركات التكتونية) والخارجية. فيما تشمل العوامل الخارجية الكونية أو الكوكبية (تأثير الشمس والقمر) والأرضية (الدوران وتأثير الغلاف الحيوي) .

القانون الأساسي للجيومورفولوجيا والذي حدده الباحث الألماني ف. بينك في بداية القرن العشرين ، هو "التفاعل المستمر بين العمليات الداخلية والخارجية" . إن تضاريس سطح الأرض (من الأشكال الكوكبية العملاقة إلى الأشكال الدقيقة) في جميع مراحل الازمنة الجيولوجية للأرض - هو نتيجة لتأثير العمليات الخارجية على عدم استواء سطح الأرض، والتي هي نتاج العمليات الداخلية (التكتونية والصهارة) . كما إن التأثير

الكلي لكليهما على مقياس الزمن الجيولوجي قابل للمقارنة تمامًا، كذلك أنها قابلة للمقارنة من حيث دورها في خلق وتشكيل التضاريس وسرعة تحولها. فعلى سبيل المثال يمكن للجبال التي تم إنشاؤها بواسطة الحركات التكتونية أن تدمر تمامًا بواسطة عمليات خارجية متحولة إلى سهول منبسطة . يرجع التمايز الحالي للتضاريس إلى حقيقة أن الحركات التكتونية (صعودًا وهبوطًا) لا يتم تعويضها بالتعرية والترسيب (التراكم) .

لا توجد عمليًا أي تضاريس داخلية بحتة على الأرض ، فهي تحمل دائمًا علامات تحول عميق أو أقل من خلال العمليات الخارجية، و مثال على ذلك هو الحقيقة التالية فالجرف التكتوني (الندبة التكتونية) الذي نشأ أثناء زلزال سبيتاك في أرمينيا في 7 ديسمبر 1988 (كانت أرمينيا جزءا من الاتحاد السوفييتي وقتذاك) ، فانه بالفعل في الربيع التالي كانت ممتلئة بالحفر والأخاديد التي تشكلت نتيجة الانجراف للسطح، الشكل (1.2). أو كمثال آخر: منحدرات البراكين المغطاة بالحمم البركانية أثناء الانفجارات ، فإنها وبعد أن تتصلب يتم تشققها وحفرها فورًا عن طريق التعرية.

على الكواكب الأخرى (المريخ والزهرة وعطارد والقمر)، يمكن أن توجد التضاريس الداخلية عمليًا في شكلها النقي، نظرًا لأن العمليات الخارجية تتطور أو تؤثر بشكل سيئ للغاية هناك بسبب عدم وجود الغلاف الجوي، والمياه والغلاف الحيوي !!



الشكل (1.2) يوضح موقع الزلزال العنيف الذي ضرب منطقة سبيتاك في ارمينيا عام 1988 وكان بقوة درجة 6.8 (المصدر هيئة المسح الجيولوجي الامريكي - USGS)

الجزء الثاني

العمليات الداخلية (التركيبية – التكتونية) للتضاريس

الفصل الثالث

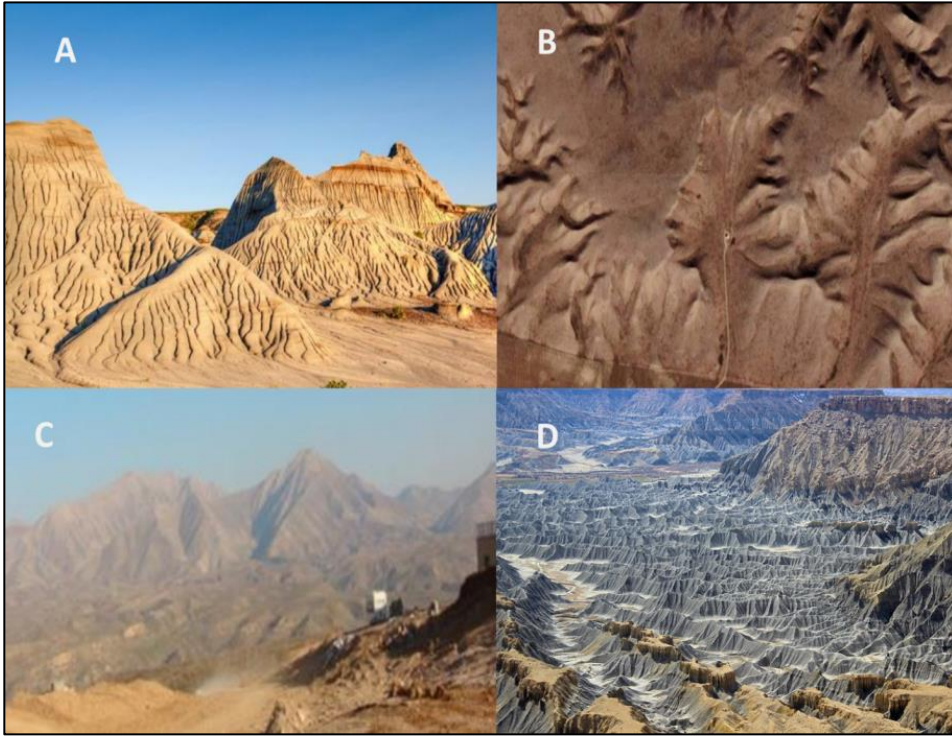
اهمية التشكيل التضاريسي من التركيب المادي للصخور وخصائص بنيتها

إن سطح الأرض عبارة عن بنية تكتونية نشأت عبر تاريخ التطور الجيولوجي وتحولت (تغيرت اشكالها) بفعل مجموعة من العمليات الخارجية المتنوعة. وهذا السطح بدوره يعكس أشكال الهياكل التكتونية القديمة والشابة (الحديثة) معا، ومن المهم بمكان تحديد هذه الهياكل وغيرها وتقييم دورها في تشكيل التضاريس الحديثة. يعتمد دور الهياكل الجيولوجية ذات الأعمار المختلفة في تكوين التضاريس جزئياً على التركيب المادي للصخور التي تتكون منها .

3. 1. المظاهر والسمات في تضاريس الركيزة الهيكلية الأساسية

يؤثر التركيب المادي والبنية والنسجة للصخور التي تشكل الجزء القريب للسطح من قشرة الأرض ، الذي يطلق عليه تقليدياً بمصطلح "علم الصخور" ، بشكل كبير على عمليات التشكل – البناء الصخري، أو المظهر الخارجي لتضاريس سطح الأرض . على العموم تعتمد درجة انحدار المنحدرات ، شكل القمم ، مستجمعات المياه – منخفضات تجمع المياه والوديان وما إلى ذلك ، على درجة صلابة الصخور ومقاومتها لأنواع مختلفة من التجوية وبقية عمليات التعرية. وفي الوقت نفسه فإنها لا تعتمد فقط على تكوين وخصائص الصخور وحسب، ولكنها تعتمد أيضاً على التجانس وطبيعة التكسير وخصائص الصخور الكثيفة – الشديدة والناعمة – الرقيقة وسمك الطبقات المتناوبة لها أهمية معينة في هذا الموضوع. حيث تكون التضاريس أكثر تنوعاً إذا تم تطورها ونشأتها من تشابك الصخور الناعمة (غير الكثيفة) والصخور الكثيفة، ففي هذه الحالة تعتبر ظروف بنيتها الجيولوجية أو الفراش الصخري مهمة بشكل أساسي. كما يمكن أن تقع أو تظهر الطبقات أفقياً بشكل غير مباشر مما إلى ان تنفتت إلى ثنايا وتتكرر بفجوات، ومع ظهور الطبقات الأفقية للصخور على السطح، فإن شكل التضاريس سيعتمد بدوره على تكوينها ودرجة فصلها وتفتتها على الصخور المتجانسة في التركيب المادي والقوة و بشكل أساسي على المتجانسة منها . فأتداء عملية تدمير تلك الطبقات الصخرية تتطور أشكال التضاريس أيضاً بشكل متجانس نتيجة لتأثير اصل صخورها على هذه العملية. ففي مناطق الارتفاعات الضعيفة يتميز التضاريس بطابع المنحدر اللطيف للمرتفعات ذات الخطوط العريضة المتجانسة. وهذا ما يمكن ملاحظته منتشراً بوضوح على الألواح القارية ، على سبيل المثال كما هو الحال داخل الرصيف أو الصفيحة الروسية، كذلك يظهر جلياً في الصفيحة العربية لاسيما عند حدودها الشرقية الواقعة ضمن الاراضي العراقية (الصحراء الغربية والجنوبية من العراق).

عندما تتعرض المنطقة الى عمليات رفع ارضي (عملية رفع تكتوني)، فيمكن أن يصل التشرّيح التآكلي للتضاريس والذي تطور على سطوح كل من الصخور الصلبة والناعمة، بأن يصل إلى درجة (باد لاند – bad lands) وهي بمعنى الاراضي السيئة، التي تمت تجويتها و تشرّيحها جزئياً مما يصعب المرور بها. هذا النوع من التضاريس يظهر بصورة نموذجية عند سفوح التلال في المناطق القاحلة غالباً (الشكل 3. 1) .



شكل (3. 1) صور لتضاريس مختلفة من نوع الاراضي السيئة (بادلاند)

حيث ان A- اراضي بادلاند في البيرتا - كندا

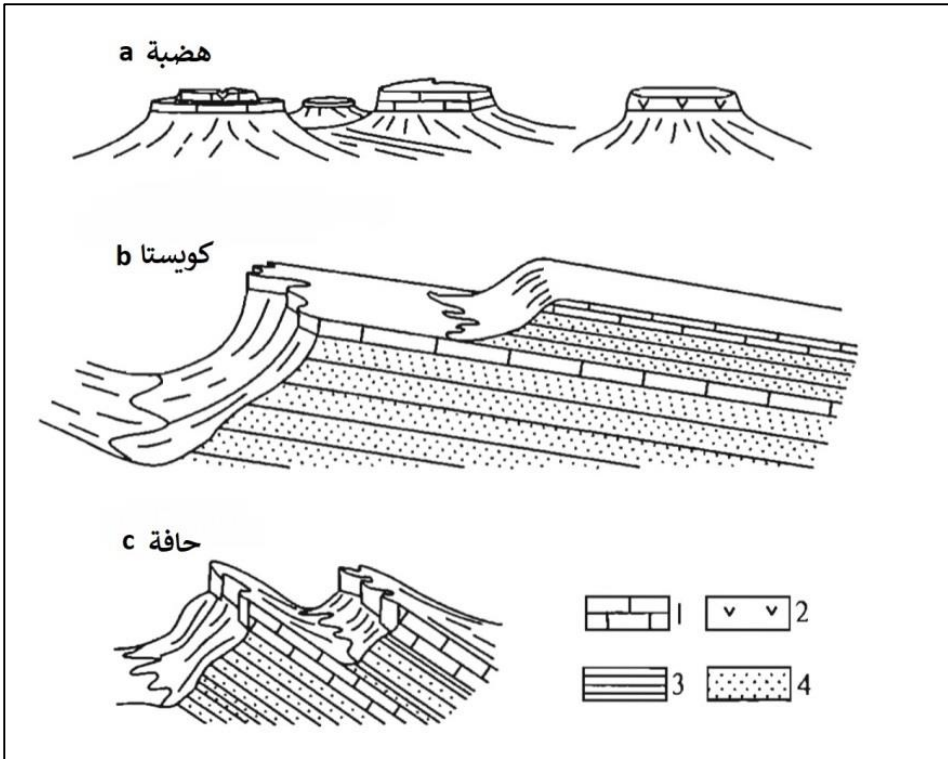
B - صورة جوية للاراضي السيئة (بادلاند)

C- اراضي بادلاند في محافظة السليمانية - العراق

D- اراضي بادلاند في يوتا - الولايات المتحدة

الجزء الثاني (الفصل الثالث): أهمية التشكيل التضاريسي من التركيب المادي للصخور

فيما تتكون التضاريس الهضبية من الصخور غير المتجانسة في مكونات موادها ، وكذلك من الصخور القوية المتجانسة ، فتتشكل الهضاب التي تكون مدعمة بصخور رسوبية قوية مقاومة للتعرية والتدمير مثل صخور الحجر الجيري، الحجر الرملي، المكتلات او المدملكات الصخرية (Conglomerates)، الحمم البركانية المتصلة وغيرها الكثير، كما موضح في الشكل (A.2.3) .



الشكل (A.2.3) تعتمد الأشكال الأرضية على الصخور وانحدار طبقاتها (فراشها الصخري) وفقا لـ (أم. يو. نيكيتا)،

حيث إن:

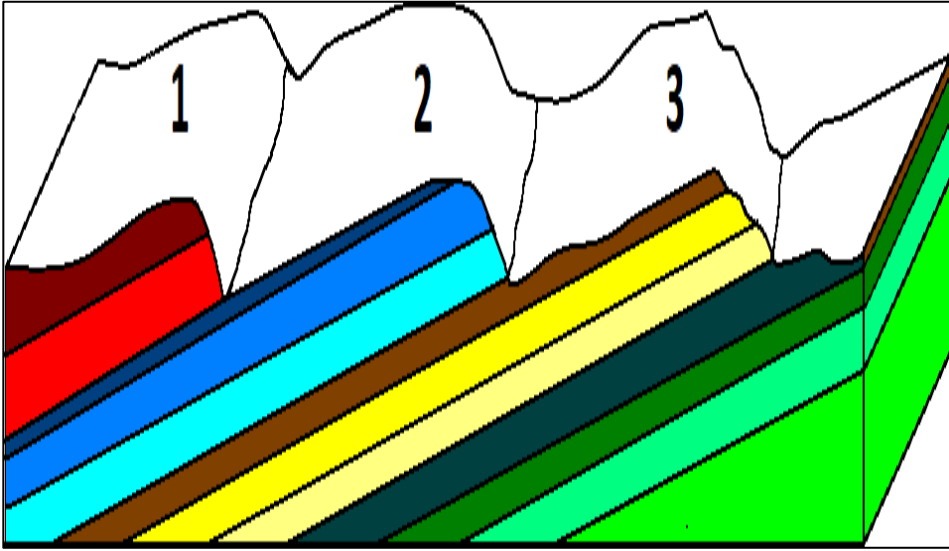
- A- الهضبة: طبقة صخرية أفقية (فراش صخري أفقي) ;
- B- الكويستا: انحدار لطيف في طبقاتها الصخرية
- C- الحافة: إنحدار حاد في طبقاتها الصخرية (الفراش الصخري منحدر بدرجة حادة)

1 - صخور جيرية (حجر الكلس) 2 - صخور بازلتية 3 - طين 4 - صخور طينية مع صخور غرينية

في الوقت نفسه ، تمتاز منحدرات التلال بطابع متدرج ناجم عن تطور ساحات المدرجات الهيكلية (البنائية)، وهي مناطق تشكلت بواسطة سطح مؤلف من طبقات قوية، حيث تم تطوير هذا النوع من التضاريس على نطاق واسع وعلى ارتفاعات عالية في الصفائح القارية، ومن الأمثلة البارزة على ذلك مرتفعات الفولغا وبوغولما-بيليفسكايا ، هضبة أوبا على الصفيحة الروسية وهضبة كولورادو في أمريكا الشمالية وغيرها الكثير من الأمثلة على هذا النوع من التضاريس الأرضية. وهذه الأشكال تمثل اشكالا مميزة ضمن العديد من المناطق ، لاسيما في المناطق الجبلية .

اما بالنسبة للصخور أحادية الاتجاه مع انحدار قليل يتراوح (بين 5 وحتى 12 درجة) من الطبقات المائلة ذات التركيب المعدني المناسب، ستتم ملاحظة انه عندما تقع الصخور الصلبة (مثل الأحجار الجيرية ، المكتلات الصخرية والأحجار الرملية وغير ذلك) على طبقات صخور ناعمة (الطين ، والرمل ، وما إلى ذلك) ، أو عندما تتشكل طبقات من الصخور الصلبة والناعمة فوق بعضها البعض، فانها و تحت تأثير التآكل والتجوية سيتشكل عنها مظهر جيومورفولوجي مميز يُعرف بـ الكويستا (مشتق من الإسبانية **cuesta** بمعنى : المنحدر أو منحدر الجبل)، ويعرف بالعربية بتسمية (النجد).

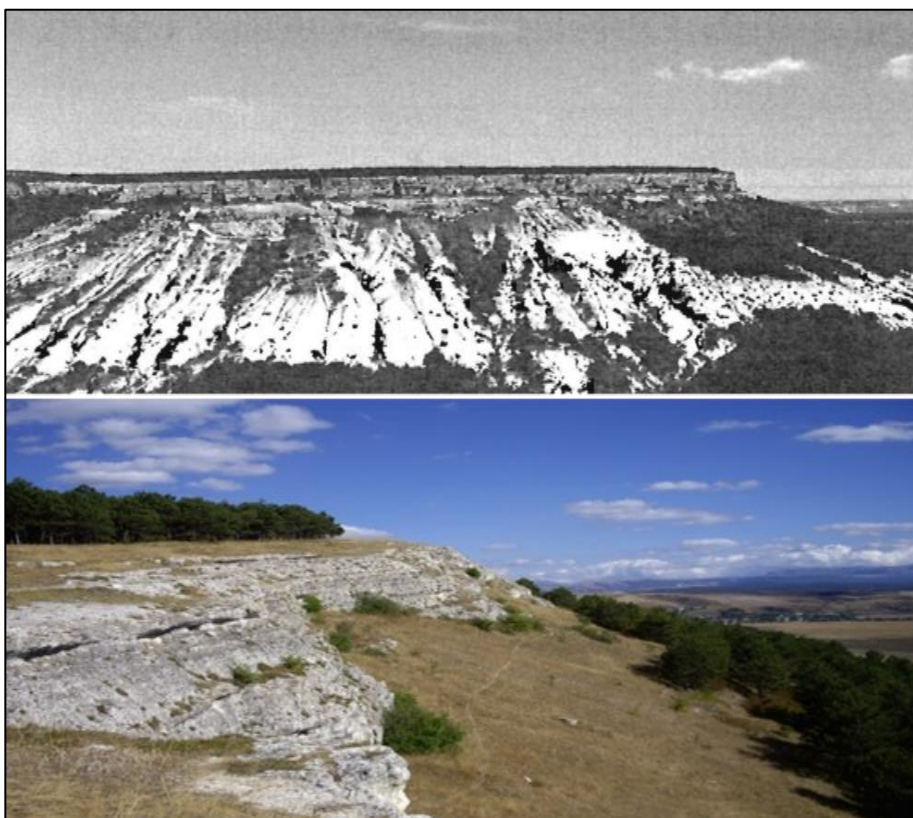
عموما فالشكل الجيومورفولوجي المعروف باسم الكويستا غالبا ما يكون بهيئة تل أو سلسلة من التلال ذات منحدر خفيف من جانب ومنحدر حاد من ناحية. وبذلك فان هذه التلال تكون غير متناظرة وفقا لجانبيها مختلفي الإنحدار والشكل، كما موضح في الشكل (B.2.3)، وعادة ما تكون مدعمة بطبقة من الصخور القوية، كذلك يجدر بالذكر بان المنحدر الآخر - الأكثر حدة والأقصر - يتقاطع بشكل حاد مع طبقات الصخور التي يتكون منها التل، كما موضح في الشكل (A(b) 2.3) .



الشكل (B.2.3) مقطع عرضي تخطيطي لثلاثة منحدرات من الشكل الجيومورفولوجي المعروف بـ الكويستا أو النجد

(الالوان الغامقة في المخطط تدل على انواع الطبقات الصخرية الاكثر صلابة)

في بعض الأحيان يكون للكويستا مظهر متدرج، حيث يتم عمل المدرجات على الصخور الكثيفة المائلة. وقد تم تطور هذا النوع من التضاريس في جبال القرم (روسيا الاتحادية)، فجميع نطاقاتها الثلاثة هي مظاهر كويستا، كما يوضحها الشكل (C.2.3)، كما في شمال القوقاز، على سبيل المثال في داغستان و كوبيت داغ وفي مناطق عديدة اخرى. كذلك فمع وجود طبقات ارتكازية (سرير) أكثر انحدارًا ممتداعلى صخور صلبة ومتجانسة ومتداخلة سيؤدي ذلك الى تشكل تضاريس تلال متطورة على نطاق واسع في المناطق الجبلية تتميز ببنية تركيبية اكثر تناسقا من المرتفعات (المعروفة بالحافات) مقارنة بـ الكويستات، كما موضح في الشكل [2.3] A(c).

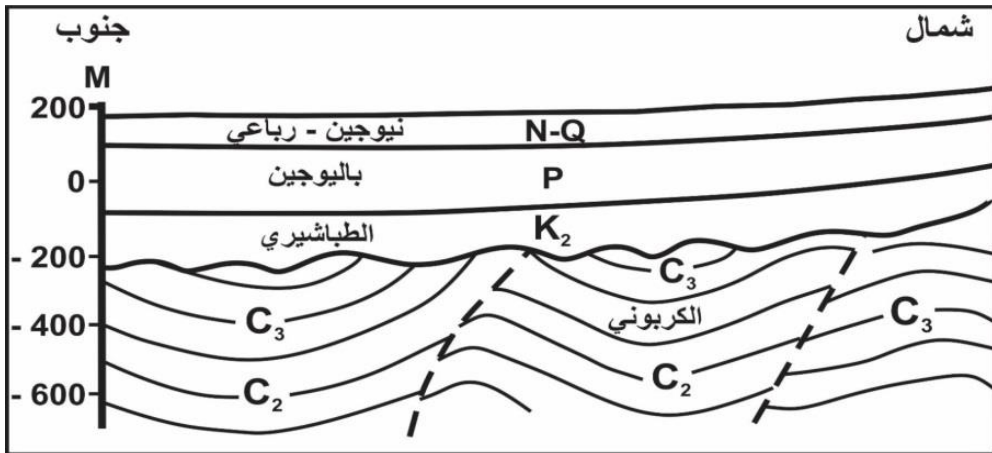


الشكل (C.2.3) كويستا بيش - كوش (شبه جزيرة القرم - روسيا الاتحادية) الصورة
بعدسة أي. أي. زارشيكوفا

2.3. التضاريس التي شكلتها الطيات القديمة والهياكل المنتظمة

ضمن هذه الفقرة نهتم بميزات التضاريس المرتبطة بالهياكل التكتونية التي تشكلت في فترات مختلفة من التنشيط التكتوني - الصحاري، في العصور القديمة (ما قبل الكامبري، حقبة الحياة القديمة، حقبة الحياة المتوسطة والحقبة الحديثة المبكرة)، ولكنها بعد ذلك توقف تطورها النشط وانتقلت إلى الفئة السالبة، وتسمى هذه الهياكل أيضًا بالهياكل الميتة وغير المتطورة أو غير النامية وفقًا لـ (أن. بي. كوستينكو). هذه الهياكل القديمة تظهر بشكل تضاريس فقط في حالة إذا تم رفعها على السطح بواسطة الحركات التكتونية الحديثة في كل من المناطق الجبلية والرصيف القاري.

هنا هي تعمل فقط كاشكال مقعرة (سالبة -) أو عناصر سالبة للبنى التكتونية الحديثة في المناطق التي تشهد هبوطًا نسبيًا أو مطلقًا، حيث يتم دفن الهياكل القديمة تحت غطاء من الرواسب متفاوتة السمك والتي لا تؤثر على التضاريس القديمة لكنها تعمل على إخفاء تفاصيلها تحتها (الشكل 3.3)، ولا تظهر لتلك الهياكل القديمة آثارا على السطح إلا إذا كانت مغطاة بغطاء رقيق من الرواسب.



الشكل (3.3) يوضح التشوهات أو الهياكل القديمة (الطيات والتمزقات في طبقات الرواسب

الكربونية) المدفونة تحت غطاء من الصخور الشابة (الكاذبة أفقيا) - التي تظهر بصورة أفقية رغم أنها تستند على طبقات أقدم منها ليست أفقية (المنحدر الجنوبي الشرقي لطية

فارونيش)

ومن الأمثلة البارزة على الهياكل القديمة المدفونة نجدها متمثلة بأسس جميع الأرصفة او الصفائح القارية، المكونة من صخور قديمة مخلوطة متداخلة بغطاء من الصخور الرسوبية أو البركانية .

3. 2. 1. الهياكل المتعرضة للطبي والإنشاء

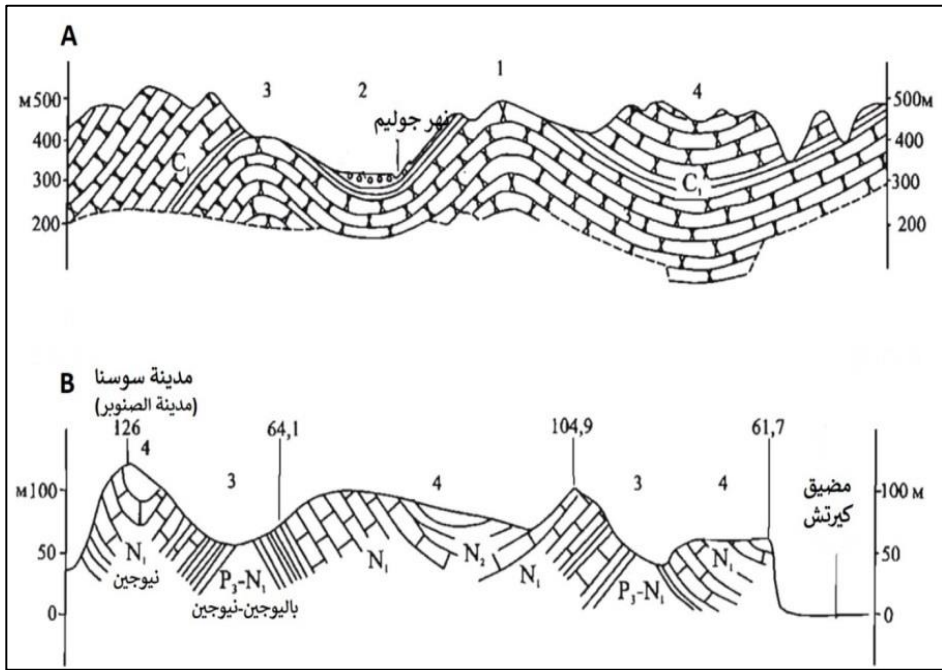
في المناطق التي تعرضت للتعرية لفترات طويلة، والتي لا تزال متأثرة بعمليات رفع أرضي ضعيفة (على سبيل المثال ، الدروع البلطيقية والأوكرانية لرصيف أوروبا الشرقية القديمة ، وعمليات الرفع الأرضي الأحدث عمرا للدروع الكازاخستاني ، وتلال دونيتسك وغيرها) ، حيث يتم تدمير الهيكل القديم المطوي (المتعرض لعمليات الطي والإنشاء) فإنه ونتيجة إنكشافه على السطح يتعرض للتكسير وعادة ما يتم صقله. غالبًا ما يبرز (يتألق) فقط من خلال الغطاء الرقيق للرواسب الرباعية (الشكل 3. 4) ولا يشكل أشكالًا كبيرة من التضاريس الأرضية، ويحدد بشكل أساسي بعض تفاصيله فقط .



الشكل: (4.3) صورة جوية للطية القديمة المتألقة والساطعة من خلال طبقة الرواسب الرباعية - كازاخستان

في المناطق الجبلية التي تتكون من أحدث الهياكل المكونة للتضاريس في القشرة الأرضية سنجد ان : الإرتفاعات - الحافات العالية والأحواض - الوديان ، حيث تعتبر مجمعات للمواد الهيكلية القديمة المتعرضة لعمليات الطي عناصر سلبية وهي موجودة بالفعل في التكوينات الجديدة. في حدود المنخفضات وكذلك في الأسس الصخرية للارصفة القارية، فإن الهياكل القديمة التي يتم دفنها تحت طبقة الرواسب الاحداث، سوف لن تظهر عملياً على السطح (ضمن التضاريس السطحية). أما ضمن حدود المرتفعات والتلال ستشغل هذه الأشكال مواقع مختلفة على منحدراتها ومستجمعات المياه وبالإعتماد على حجمها ، حيث تظهر السمات الصخرية والهيكلية وكذلك تظهر عمليات التدمير بطرق مختلفة في التضاريس .

يتم التعبير عن الطيات القديمة مباشرة في التضاريس عندما تتوافق المرتفعات والتلال مع الخطوط المنحنية نحو الاعلى للطبقات الصخرية، كما موضح في الشكل (1A 5.3) حيث تظهر بشكل محدب نحو الاعلى، اما الإنخفاضات المتآكلة بفعل التعرية فإنها تظهر بشكلٍ مقعر بحيث تكون قممها متجهة نحو الاسفل، وتظهر خطوط إتجاهات طبقاتها الصخرية متزامنة مع هذه الاتجاهات (نحو الاعلى ونحو الاسفل)، كما في الشكل (2B 5.3).



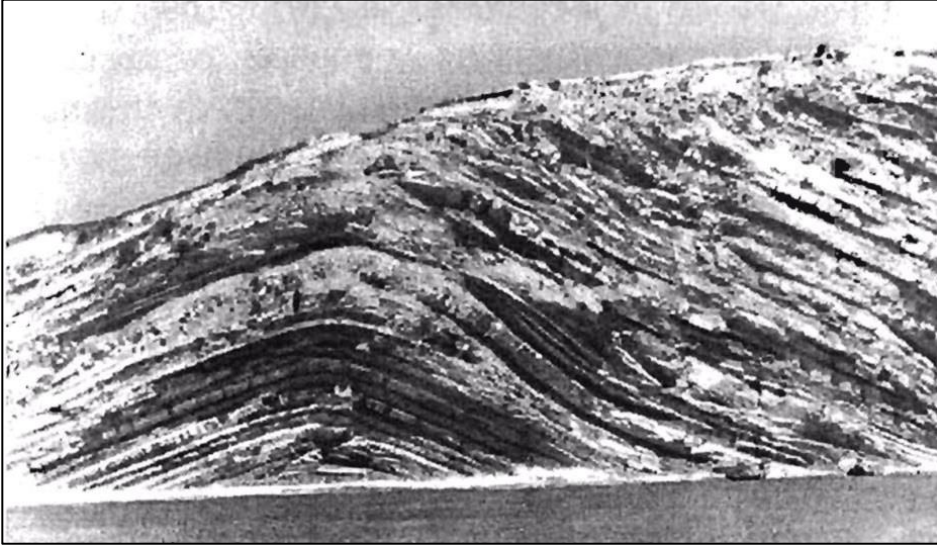
الشكل (3.5) إنعكاس التضاريس في الطيات غير النامية (غير المتطورة)

A - طيات هرسينية (سايان الغربية)،

B - طيات جبال الألب (شبه جزيرة كيرتش في القرم)

(1) طيات محدبة و (2) طيات مقعرة: يتم التعبير عنها بصورة مباشرة في التضاريس كما موضح في الطيات الهرسينية (3) طيات محدبة و (4) طيات مقعرة: مع تضاريس معكوسة كما موضح في طيات جبال الألب

وغالبًا ما يرتبط هذا الموضوع بكثافة الصخور، أي ان مركز الطية المحدبة تتكون من صخور صلبة - كثيفة، بينما يتكون مركز الطية المقعرة من صخور هشة - ناعمة، وفي هذه الحالة سيحدث إختلال في الشكل الأساسي للطيات بواسطة عمليات التعرية كنتيجة لذلك. بعد ذلك ففي الاراضي المرتفعة للطيات المحدبة، حيث يتزامن إنحدار مركز الطية مع إتجاه هبوط أجنحة الطية فستعكس تضاريس الاقواس شكل الطي والإنثناء (الشكل 6.3).



الشكل (3. 6) صورة لتضاريس مباشرة بخط منحنى قديم - طية محدبة يشكل تلاً، حيث تتزامن منحدراته مع إتجاه هبوط جناحا الطية (شمال سلسلة جبال تيان شان)⁽¹⁾ (الصورة بعدسة أن. في. فرولوفا)

لكن ما يسمى بالأشكال الأرضية المقلوبة منتشر جداً أيضاً، فعندما تتوافق الطية المحدبة مع إنخفاضٍ تآكلي - تعروي فإنها ستظهر، كما موضح في (الشكل 5.3 - رقم 3 B)، وعندما تتوافق الطية المقعرة مع المرتفعات فسيظهر لدينا هذه الأشكال الأرضية المقلوبة الموضحة في الأشكال [شكل 5.3 - رقم 4 A ; شكل 5.3 - رقم 4 B ; شكل 7.3].

كما يمكن أن يكون سبب تطور التضاريس المقلوبة خاصة في الطيات المحدبة بالإضافة إلى كثافة الصخور، هو زيادة تكسيورها وتفتيتها في الأجزاء العلوية من الطية، ونتيجة لذلك يتم تدميرها بشدة أكثر. ويمكن رؤية أمثلة كثيرة على هذه العلاقة بين الهياكل القديمة المتعرضة للطي والتضاريس في العديد من التلال والمناطق

(1) تيان شان هي سلسلة جبال في آسيا الوسطى تمتد عبر غرب الصين وكازاخستان وقيرغيزستان ، يبلغ طول جبال تيان شان حوالي 2800 كيلومتر ويصل ارتفاعها إلى 7400 متر (24300 قدم).

الجبليّة ، وكذلك على المرتفعات في الارصفة القارية . علاوة على ذلك ، يمكن أن يكون عمر الطيات مختلفًا جدًا .

في شبه جزيرة كيرتش في القرم، تتميز التضاريس المقلوبة بطيات صغيرة جدًا ولكنها طيات ممتدة تكونت من رواسب النيوجين. هنا في مناطق الرفع الأرضي ضمن الترسبات الرباعية تشكل الطيات المقعرة تلالاً (انظر الشكل 5.3 B4)، فيما يعطي مركز الطية المحدبة التي تعرضت للتعرية والتآكل أشكال المنخفضات في هذه التضاريس. مثال آخر هو قباب الملح من حقبة الحياة الوسطى في حوض بحر قزوين ، حيث تشكلت من الأقواس أحواض منخفضة مملأت بالمياه مشكلة البحيرات فيما بعد، الشكل (5.3 B) .

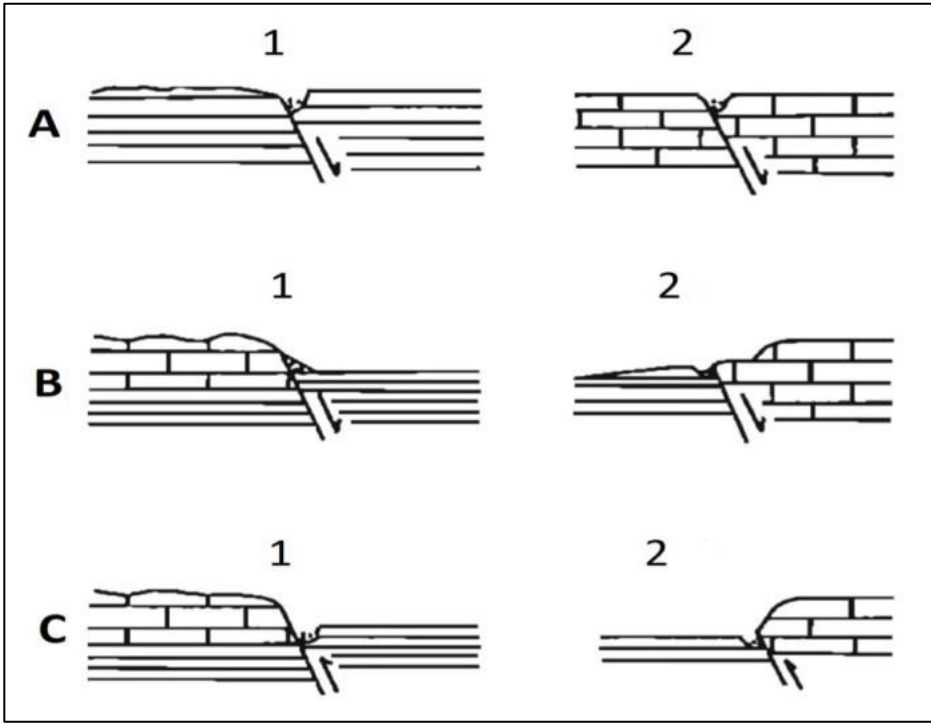


الشكل (3. 7) تضاريس معكوسة متزامنة مع طية مقعرة ضمن رسوبيات العصر الطباشيري مشكّلة مرتفعات جبليّة (شمال بامير)

فوق التكوينات القديمة و اعتماداً على التركيب المعدني للصخور ، يمكن أن تتكون تضاريس أرضية ذات طابع وسيط: فالصخور الصلبة أو الكثيفة التي تتشكل منها مركز أو أجنحة الطيات ستؤدي إلى نشأة تضاريس مرتفعة، بينما الصخور الناعمة ستعمل على تشكيل المنخفضات. لمزيد من التفاصيل عن الطيات القديمة إعتماًداً على شكل القوس، فقد تم النظر بالتفصيل في ميل السطح المحوري ودوره في تحديد أشكال الطيات بواسطة (أن. بي. كوستنيكو) في كتاب الجيومورفولوجيا لعام 1999.

3. 2. 2. الصدوع (الفوالق) النشطة والخاملة

يعتمد التعبير عن الكسور والصدوع القديمة أو "الخاملة" في التضاريس وكذلك الحال بالنسبة للطيات أيضاً في المقام الأول على النوع والتركيب الصخري للصخور. ففي الصخور ذات التركيب المتجانس توجد أنواع مختلفة من الصدوع: مثل الصدوع العادية والصدوع العكسية والمنزقة ... الخ ، حيث انها في التضاريس لا يتم التعبير عنها عادةً بشكل مدرجات أو حواف متقابلة ، لأن أجزاء الصدع الرئيسة أو أجنحة الطيات يتم تدميرها بنفس الطريقة وفي نفس الوقت تقريباً عند تجانس التركيب . ومع ذلك فبالنسبة للصدوع أو الفوالق فإنها وفي موقع التمزق الأرضي بإعتبارها منطقة تجزئة وتكسر ضعيفة ، فعادة ما يتشكل فيها إنخفاض خطي (1 و 2) ، معبراً عنه بشكل تآكل مجوف، وادٍ أو وادي نهري يمثل شكلاً خطياً أنظر (الشكل 8.3 A) والفصل 19 - الجزء الثاني من هذا الكتاب).



الشكل (3. 8) التعبير عن الصدوع القديمة في التضاريس المختلفة (رسم بياني):

حيث إن A - صخور متجانسة (١) ناعمة (٢) كثيفة او صلبة

B - صخور غير متجانسة (١) جرف ، (٢) مرتفع مقلوب

C - صدع معكوس، يكون حائطه المعلق (اجنحتها المعلقة) قد طوي

(١) في الصخور الناعمة، (٢) في الصخور الصلبة

في بعض الأحيان يتم استغلال مناطق التمزق الارضي أو التصدع القديمة هذه بواسطة إندفاع عروق الكوارتز أو السدود النارية فيها والتي تكون بدورها أكثر صلابة من الطبقات الاخرى المجاورة لها، حيث تبرز في هذه التضاريس كسريطبيعي. وغالبًا ما يرتبط تواجد عروق الكوارتز بتواجد العديد من المعادن المهمة مثل (الذهب، الكبريتيد ، المنغنيز ، إلخ).

في الصخور ذات الكثافة غير المتجانسة خاصةً عندما تكون أجنحة التمزق مطوية في صخور مختلفة تمامًا، فإن هذه الاضطرابات الناتجة عن ذلك يمكن أن تخلق

أشكالاً مميزة من التضاريس الأرضية، لذلك فإذا كان الحائط المعلق للصدع القديم مكوناً من صخورٍ ناعمة وكان الحائط الأسفل مكوناً من صخورٍ صلبة، عندئذ يتم تشكيل جُرفٍ يعكسُ بصورةٍ مباشرةٍ مكان الخلع القديم (الشكل 8.3 - رقم 1 B). وإذا كان الحائط المعلق (الجناح المعلق) من الصدع مطوياً بقوة - في الصخور الصلبة، وكان الحائط الأسفل - في الصخور الناعمة، فإن نُدْبَةَ التعرية المتكونة هنا، قد تُشكِّلُ شكل مُرتَّعٍ مقلوب (الشكل 8.3 - رقم 2 B). عموماً لا تشكل صدوع الإنزلاق القديمة ، كقاعدة عامة ، أشكال تضاريسية خاصة ولكنها وبصفتها كمناطق ضعيفة (تحطم ، تكسير) تستخدم بواسطة أشكال التآكل المختلفة مثل قنوات التدفقات المؤقتة أو الدائمة وتمثل (انظر الفصل 19) . **Lineaments** أيضاً اشكالاً واضحة من الخطيات وبالتالي فإن التعبير عن الهياكل القديمة المطوية والمتصدعة ممكن فقط في مناطق الرفع الأرضي ، حيث يتم رفعها أو إحضارها إلى السطح. تشكل الطيات المحدبة او المقعرة المفردة وكذلك الصدوع أشكالاً تضاريسية مباشرة ، أي إنها تتوافق مع الهيكل الجيولوجي للمنطقة أو شكلاً مقلوباً لا يتوافق مع بنية الهيكل الجيولوجي للمنطقة، وهذا يحدث إعتماًداً على نوع وتكوين الصخور المكونة لها، الشكل (9.3).



الشكل (9.3) صدع معكوس في كويليان - شان (الصين)

الجزء الأيسر هو الأقدم (أزرق و أحمر)، والجزء الأيمن من الصدع هو الاحداث (تكوينات بنية اللون) - يلاحظ إندفاع الجزء الأيسر فوق التكتلات الرباعية البنية

الفصل الرابع

تضاريس الأشكال الهيكلية الحديثة

معظم الأشكال الرئيسية للتضاريس الأرضية الحديثة لسطح الأرض ما هي إلا انعكاس لتشوهات قشرة الأرض التي نشأت في المرحلة التكتونية الأخيرة من تطورها والتي مازالت مستمرة في عملية التطور هذه، والتي تحدد مسبقاً إلى حد كبير الكثافة والتوزيع المكاني لعمليات التعرية والتراكم على سطح الأرض.

إن أحدث مرحلة تكتونية (نيوتكتونية - Neotectonic) "هي الفترة الزمنية التي تمتد ضمن التطور الجيولوجي للأرض، والتي تبلغ مدتها حوالي 35-40 مليون سنة، وهي مطابقة لحقبة الحياة الحديثة المتأخرة عندما ظهر التنشيط الكوكبي (العالمي) للعمليات التكتونية" (أن. إي. نيكولايف). وقد بدأ هذا التنشيط التكتوني الحديث (Neotectonic) لمعظم سطح الأرض من نهاية عصر الأوليجوسين كما هو الحال لأراضي روسيا الاتحادية (إلا إنه في بعض المناطق يبدأ من نهاية عصر الإيوسين أو بداية العصر الميوسيني - كما هو الحال في العراق وأجزاء واسعة من أوروبا) ويستمر حتى الوقت الحاضر.

عادة ما تسمى الأشكال الهيكلية المتكونة في هذه المرحلة (الطيات والصدوع بأنواعها وأحجامها المختلفة) بالأحدث أو النامية، حيث إن هذه الهياكل الحديثة هي من تحدد السمات الرئيسية للتضاريس الأرضية الحديثة. وهكذا، ففي المرحلة التكتونية الأخيرة نشأت جميع أشكال التضاريس الرئيسية تقريباً أو إنها تشكلت أخيراً: القارات والمحيطات، الأنظمة الجبلية والسهول وغيرها الكثير. وجميعها تعكس أحدث الأشكال الهيكلية لمختلف الرتب التضاريسية.

يجدر بالذكر أنه يمكن أن تقع بداية تطور الأشكال الهيكلية في أجزاء مختلفة من المرحلة الجيولوجية الأخيرة، فالبداية يمكن أن تكون من (عصر الأوليغوسين المتأخر)، أو (عصر الميوسين الأوسط أو عصر البليوسين الأوسط)، أو ضمن فترة العصر الرباعي .

عادة كلما طالت فترة تطور التكوينات الجيولوجية كلما زاد اتساعها ، وكلما كان مظهرها أكثر وضوحاً وظهوراً في التضاريس الأرضية. وفي الوقت نفسه، فمع تطور الأشكال الهيكلية يتم تحويلها من خلال عمليات خارجية تهدف إلى تسوية الأشكال التكتونية المختلفة (تدمير الأراضي المرتفعة وملء المنخفضات بالمواد الفتاتية).

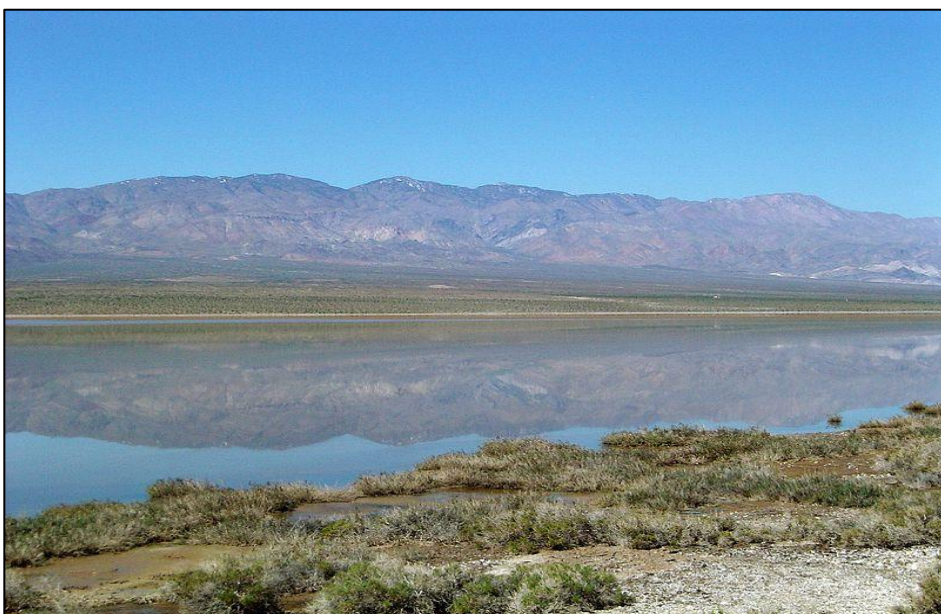
في الحالة العامة كلما كانت الأشكال الهيكلية قديمة ، كلما زادت درجة التحول، وعلاوة على ذلك تعتمد درجة الحفاظ عليها وشدة وضوحها في التضاريس إلى حد ما على التركيب المعدني للصخور التي تتكون منها. ففي معظم الحالات، تنعكس الهياكل النيوتكتونية النامية بشكل مباشر في التضاريس الأرضية ، أي أن الأشكال الهيكلية الإيجابية (أنواع مختلفة من الأشكال الأرضية المرتفعة) تشكل أيضاً أشكالاً إيجابية للتضاريس - كالتلال والحافات الجبلية مع المزيد أو أقل من التعرية والتجوية للتضاريس (الشكل 1.4) . فيما تتوافق الهياكل السالبة في التضاريس مع الأشكال الأرضية السالبة (أنواع مختلفة من المنخفضات) وعادة ما تكون مليئة بأحدها الرواسب وتتميز بكونها مستوية (الشكل 2.4) .

إن أحدث الصدوع (من الشقوق إلى الصدوع العميقة) في الأشكال الأرضية من أشكال الحواف ، الخنادق ، المناطق الخطية لمنخفضات التعرية ، وغير ذلك في التضاريس الأرضية. فالتضاريس المعكوسة للتكوينات النيوتكتونية (**Neotectonic Deformations**) كقاعدة عامة، ليس قياسياً على الرغم من أنه يحدث في بعض الأحيان . ومن الأمثلة البارزة على ذلك خطوط طية النيوجين المحدبة لشبه جزيرة

كيرتش في شبه جزيرة القرم ، والتي يتكون مركزها (نواة مركزها) من الطين ، فيما تتكون أجنحتها من حجر الكلس الصلب (الكثيف) وكما موضح في (الشكل 3.4).

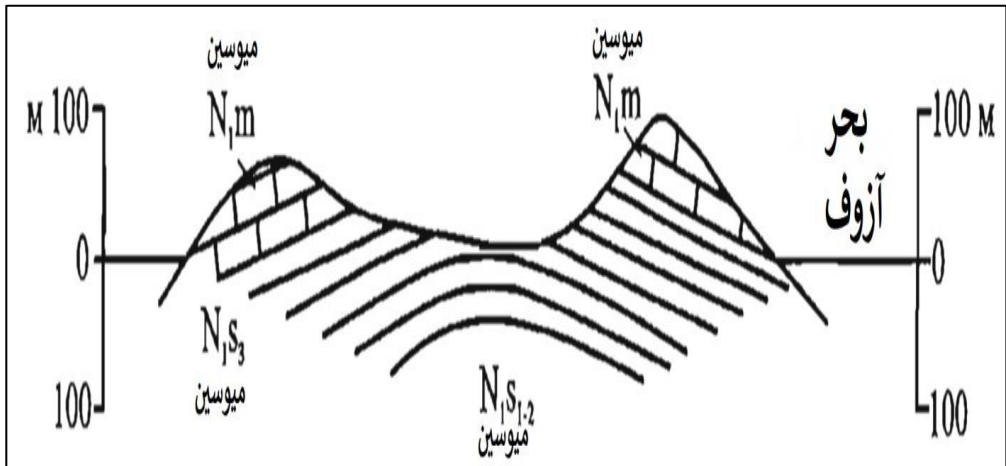


شكل (1.4) سلسلة من المرتفعات التي تم تعريضها بشكل ضعيف - مرتفعات حديثة مطوية
بتحذب (جبال زاغروس - العراق)



شكل (2.4) صور للتضاريس المستوية ضمن المنخفضات الحديثة (منخفض وادي
بانامينت - كاليفورنيا)

(الصورة العلوية بعدسة في. إي. ماكاروف)



الشكل (3.4) التضاريس الأرضية المعكوسة لأحدث طية محدبة (شبه جزيرة كيرتش ، القرم)

" حيث يتكون مركز الطية - اللب من الطين وبالتالي يتم غسله بسهولة، أما جناحا الطية فإنهما يتشكلان من حجر الكلس الصلب "

تُسمى الاشكال الهيكلية المعبر عنها في التضاريس الارضية، بالاشكال الاوروغرافية (**Orographic forms**)، او الهياكل المورفولوجية (**Morphostructures**)، حيث تتطور الأشكال الهيكلية في كل من مناطق المنشأ (الجبالية) ومناطق الرصيف السهلية (**platform**) على خلفية عملية الرفع الارضي العام او الهبوط (التجلس) في الإقليم .

على كل حال، فإن وصف او التعبير عن أحدث الأشكال الهيكلية في الأشكال الأرضية يعتمد على نسبة معدل تطورها وشدة العمليات الخارجية المؤثرة فيها (التعرية والتراكم) التي تهدف إلى تعويضها، أي تدمير مناطق الرفع الأرضي وملئ المنخفضات بالرسوبيات الناتجة عن ذلك (تسوية السطح)، وبشكل عام فهي عملية تسوية النواتج التضاريسية - التكتونية المختلفة .

1.4. الشروط التي تحدد الوصف في التضاريس لأحدث

الأشكال الهيكلية

1.1.4. الأشكال الجيومورفولوجية السالبة

عادة ما يكون تطور الأشكال الجيومورفولوجية الهيكلية السالبة، سواء كانت الأحواض الكبيرة منها أو الطيات المقعرة الضخمة، الطيات المقعرة الصغيرة والمنخفضات (الأحواض) مختلفة الاحجام والمساحات تكون مصحوبة بالترسيب (التراكم)، (A) ضمن حدودها من الرواسب الإقليمية والكيميائية وتسمى هذه الأشكال بالرسوبيات التكوينية (Consedimentation) وفقا لـ (أس. أس. شولتز) أي إن عملية التطور تحدث في وقت واحد مع عملية الترسيب (العمليات والظواهر الأرضية المتزامنة مع التراكم الرسوبي)، والذي ينعكس بدوره في التغيرات المنتظمة لسمك وتكوين الطبقات الرسوبية. تتكون هذه الانتظامات لهذه الظاهرة من حقيقة أن نشاط التراكم وسمك طبقات الغطاء الرسوبي يزدادان من خلال معرفة ان الهياكل العالية او المرتفعة تتجه نحو الإندساس والهبوط (subsidence)، وفي نفس الوقت يتناقص حجم جزيئات المواد الفتاتية (من الجلود - الحصى الكبير و الحصى الاصغر حجماً - المواد الرملية في الأجزاء الهامشية من المنخفضات وعلى أقواس الرفع الارضي المحلية، إلى الرواسب الطينية في الأجزاء المركزية الأكثر إنخفاضا بالنسبة لأجزاء المنخفضات). وفقاً لذلك ، يعتمد توصيف الأشكال الهيكلية للتضاريس الحوضية او المقعرة (السالبة) في $(-t, -T)$ ⁽¹⁾ على نسبة معدلات الإنحراف وتعويضها عن

(1) هنا وتحت الحرفان t, T اللذان يدلان على التكوينات التكتونية الكبيرة والمحلية: (باستخدام علامة سالبة و علامة موجبة +). فيما ترمز الأحرف $d \& A, D$ إلى التعرية والترسيب (حيث $A \& D$ تعني المناطق الإقليمية الواسعة، فيما يشير الحرفان $d \& a$ الى المناطق المحلية) .

طريق تراكم المواد الرسوبية الركامية (A) (clastic) . على هذا الأساس ، يتم تمييز ثلاثة أنواع من المنخفضات: غير معوضة بالترسيب، تم تعويضها و الثالثة هي حالة التعويض الزائد. وهذه الحالات كلها في مظاهر التضاريس الأرضية تمثل سهولاً متراكمة، وأحياناً مستوية (مسطحة) بشكل مثالي (انظر الشكل 2.4).

1 - غير المعوض: هي المنخفضات التي يكون معدل تجلسها (إنخفاضها) أكبر من معدل ملئها وحشوها بالرسوبيات ($-T > A, -t$) ، حيث يتم تمثيل هذه الأشكال الهيكلية من خلال المنخفضات الكبرى للمحيطات والبحار. كذلك تُمثل من خلال وجود بعض المنخفضات القارية ذات الأحجام المختلفة، التي لا تعوضها الرواسب ، كما موضح في الشكل (4.4 I) .

عموماً، يكون سطح هذه المنخفضات (الأحواض) في بعض الأحيان أقل من مستوى المحيط العالمي، وهي تشمل على سبيل المثال منخفض تورفان أو توربان⁽¹⁾ و حوض بحر قزوين والمنخفضات الأخرى في نظام بحر قزوين للأحواض الرسوبية. حيث يكون مستوى سطح البحر حالياً عند مستوى مطلق بإرتفاع -27 متراً ، الوادي الميت في أقاليم الأحواض والتلال (أمريكا الشمالية) مع ارتفاع مطلق للسطح يصل إلى -85 متراً ، منخفض تورفان في الصين ، والذي ينخفض سطحه إلى ارتفاعات أقل من -154 متراً. وبسبب الجفاف الشديد للمناخ ، يدخل القليل جداً من المواد الفتاتية الرسوبية إلى منخفض تورفان ؛ علاوة على ذلك ، تحمل الرياح جزءاً كبيراً منها. أما سطح البحر الميت فيمثل أعرق منخفض على اليابسة، عند ارتفاع مطلق قدره - 392 م.

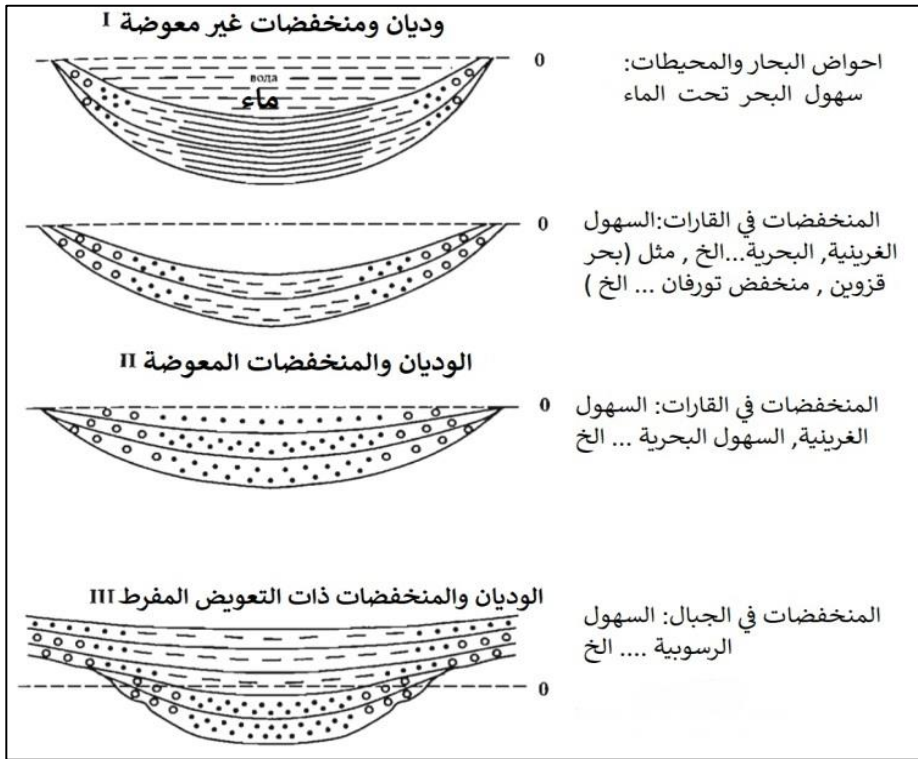
(1) منخفض تورفان (The Turpan Depression or Turfan Depression): هو عبارة عن حوض يحده صدع يقع حول جنوب واحة مدينة توربان ، في منطقة شينجيانغ ذاتية الحكم في أقصى غرب الصين، وهو يشمل بحيرة آيدنج ، التي يبلغ ارتفاعها 154- متراً (-505 قدماً) ، التي تعد ثاني أو ثالث أدنى منخفض على الأرض !!

الأشكال الأرضية التي يتم التعويض فيها: وهي المنخفضات التي يتم تعويض تجلسها أو ترهلها بتراكم الرواسب بكميات مناسبة فيها ($-t = A, -T$). وهي بشكل عام لا يوجد تغيير كبير في ارتفاع سطحها. في الوقت نفسه يزداد سمك الرواسب باتجاه مركز هذه المنخفضات، ويقل خشونة في نفس الاتجاه .

عموما فإن السهول الناتجة عنها، تكون لها نشأة مختلفة بحسب الظروف المناخية وآليات إزالة وإعادة توزيع المواد الفتاتية الرسوبية : الغرينية ، الطينية ، البحرية ، إلخ. ومن الأمثلة على هذا التطور الجيومورفولوجي كالذي نجده في منطقة غرب كوبان في سيسكو كاسيا، وفي رغانا في تيان شان والعديد من المنخفضات الأخرى التي تقع على سفوح وأقدام التلال والمنخفضات الموجودة بين الجبال (انظر الفصل 16)، وكذلك عند أحواض الأرصفة القارية كما في (رصيف سكسكو - دونيسكو، بريازوفسكي ومناطق أخرى).

حيث إنه، في هذه الحالة يتناقص قاع المنخفضات ويظل السطح على نفس المستوى أو قريباً من المستوى الهبسومتري ⁽¹⁾، (أنظر الشكل 4.4 II) .

(1) المنحنى الهبسومتري ويسمى أيضًا (Hypsographic Curve): هو منحنى تردد الارتفاع التراكمي لسطح الأرض أو جزء منها. ومنحنى قياس الضغط هو في الأساس رسم بياني يوضح نسبة مساحة الأرض الموجودة على ارتفاعات مختلفة عن طريق رسم المنطقة النسبية مقابل الارتفاع النسبي، في المنحنى الهابط القياس لسطح الأرض الكلي ، حيث يوجد حد أقصى للترددات - على ارتفاع 100 متر (109 ياردة) والارتفاعات التي يبلغ ارتفاعها 4700 متر (5140 ياردة) ، والتي ترتبط بالمستوى المتوسط للمناطق المنخفضة القارية و قاع البحر العميق . يدعم هذا الجانب من سطح الأرض والذي تم الكشف عنه من خلال تحليل قياس الضغط ، نظرية القشرة المكونة من مواد متماثلة (الجاذبية النوعية حوالي 3.3) تحت المحيطات ومواد سياليك (الجرانيت إلى الجابرو، والجاذبية النوعية حوالي 2.7) تحت القارات.



الشكل (4.4) وصف أحدث الأشكال الهيكلية (المقعرة او السالبة)

3 - المنخفضات التي تم التعويض فيها بإفراط : هي المنخفضات التي يتجاوز معدل التراكم فيها معدل الهبوط التكتوني والتي يمكن تمثيلها بالصيغة :

$$(-T, -t < A, a)$$

في هذه الحالة فإن المنخفضات تكون ممثلة بالرسوبيات، وتمتد الرواسب إلى ما وراء حدودها وتتداخل مع منحدرات الارتفاعات المجاورة. وهكذا تتسع مساحة التراكم، وتزداد السهول الناتجة عن سطحها، أنظر الشكل ، (III 4.4)

من ابرز الامثلة على هذه الاشكال الارضية - الجيومورفولوجية الدالة على هذه الحالة، هو وجود العديد من المنخفضات الجبلية المترافقة مع الحافات الحادة، والتي يتم من خلال إنحدارها هذا، نقل كمية كبيرة من المواد الفتاتية الرسوبية بعيداً، لاسيما

تلك التي ليس لديها وقت لتتقلها الأنهار خارج حدود المنخفضات. في بعض الأحيان يحدث مثل هذا التراكم المكثف بسبب حدوث سد طبيعي في وديان الأنهار عن طريق زيادة الرفع الأرضي أو بسبب حدوث الإنهيارات الأرضية الكبيرة والإنهيارات الجليدية، مما يؤدي أيضاً إلى تأخير إزالة تلك المواد الفتاتية الرسوبية.

2.1.4. الأشكال الجيومورفولوجية المحدبة (الموجبة)

يعتمد الوصف والتعبير عن الأشكال الهيكلية المرتفعة في التضاريس الأرضية أيضاً، على نسبة معدلات نموها

($+t, +T$)، ودرجة التعرية (D). كذلك يمكن ان تمر الاشكال الارضية المحدبة - المرتفعة (الموجبة) بمراحل ثلاث اثناء تطورها وهي : الترسيب (التكوين)، التصلب و التآكل (أس. أس. شولتز ، أن. بي. كوستينكو).

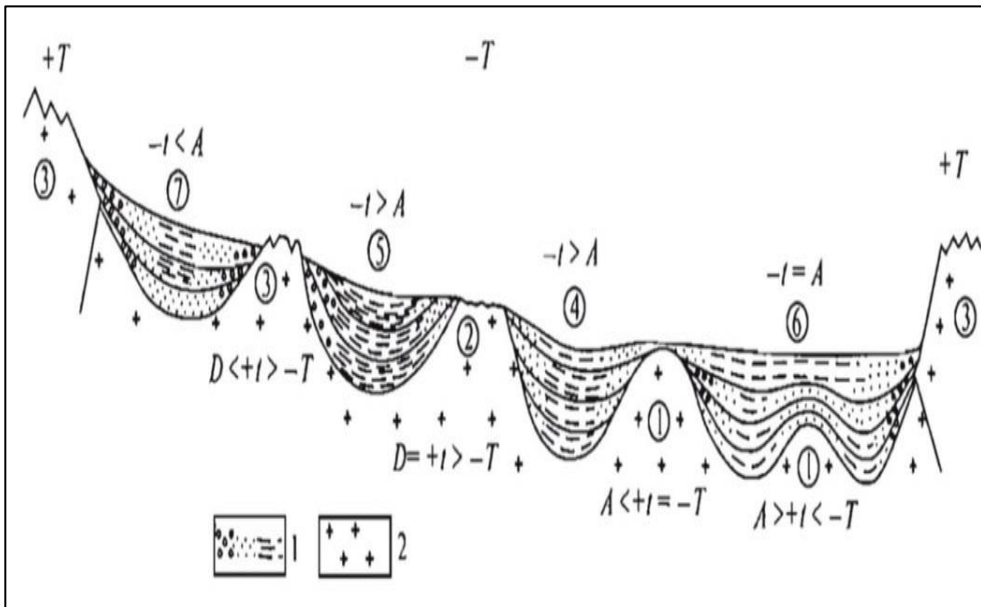
تسمى مناطق المرتفعات الأرضية الاعتيادية بمرتفعات الرفع الأرضي التي تتطور داخل الأحواض البحرية أو القارية المليئة بالرواسب ، فإذا كان معدل نمو هذه المرتفعات أقل من معدل التراكم في الحوض أو المنخفض ستمثلها الصيغة الرياضية : ($+t < A$). وبذلك سيتم دفن مظاهر الرفع الأرضي هذه تحت الرواسب ولن يتم مشاهدتها في الأشكال الأرضية السطحية، لكن عملية إعادة رفعها تكتونياً أو نموها سيؤثر على ظروف الترسيب وسوف ينعكس ذلك في قسم من الغطاء الرسوبي وتحديداً عند قمة المرتفع، حيث ستخفض سمك الرواسب هنا ويكون تكوينها أكثر خشونة من مناطق الأجنحة (الشكل 5.4 [1]).

تُعد المناطق المتعرضة لعمليات الرفع الأرضي (Uplift land) الاعتيادية، مهمة جداً لأن العديد منها يحوي على النفط والغاز. ومن الممكن ان تحدث هذه العملية الجيومورفولوجية ايضاً في منخفضات المناطق الجبلية وداخل سهول الرصيف القاري

كما هو الحال في (السهول الروسية ، غرب سيبيريا ... إلخ) ، يضاف إلى ذلك الجرف القاري.

كذلك، فإن الأراضي المتعرضة للرفع الأرضي هي مرتفعات يتم تخفيض عملية نموها، عن طريق تدميره بالتعرية وتمثلها الصيغة التالية : $(+t = D)$. وسطحها بشكل عام لا يرتفع أو لا ينمو صعوداً نحو الأعلى بشكل ملحوظ، فبمجرد ظهور أو نمو إرتفاع لها على السطح، يتم تسويته (تعريته) عن طريق عمليات التعرية على السطح وبواسطة الانجراف المستوي والتآكل (إذا كان المرتفع يتشكل في البحر).

في الاشكال الارضية، لا تؤدي عمليات الرفع الأرضي إلى ارتفاع كبير فيها (الشكل 5.4 [2]) ، ولكنه سينكشف ويتجلى في بعض سهول التعرية ، حيث يتم كشف الصخور الأقدم جيولوجياً (أحياناً الطابق السفلي) على السطح، والتي سيتم تمييزها من خلال تطوير أشكال التضاريس الأرضية بواسطة عمليات التعرية.



الشكل (5.4) رسم تخطيطي لتطور الهياكل المحلية داخل المنخفض (الحوض) الواقع بين الجبال:

حيث تشير الأرقام في الدوائر: من (1 - 3) الى مناطق الإرتفاعات المحلية (1-ترسيب، 2- تركيز المادة وتصلبها، 3- التآكل او التعرية)؛ فيما تشير الأرقام (4 - 7) الأحواض والمنخفضات المحلية (4- حوض غير معوض نتيجة توسع مساحة التراكم، 5- غير معوض نتيجة تقليل مساحة الترسيب (التراكم)، 6- تعويض -تم التعويض-، 7- مفرط التعويض)؛ (t- & -T) تمثل شدة إنخفاض الحوض حيث (-T) بين الجبال بينما (t-) في الاحواض والمنخفضات المحلية؛ (t+ & T+) يمثل (+T) معدل النمو المشروط للحواف، بينما (t+) لمناطق الرفع الارضي المحلية الداخلية D؛ تمثل شدة التعرية و A معدل تراكم الرسوبيات او الحطام الصخري .

1 - صخور ومواد رسوبية (الطين، الرمل والحصى) ، 2 - صخور الأساس (Bedrock)

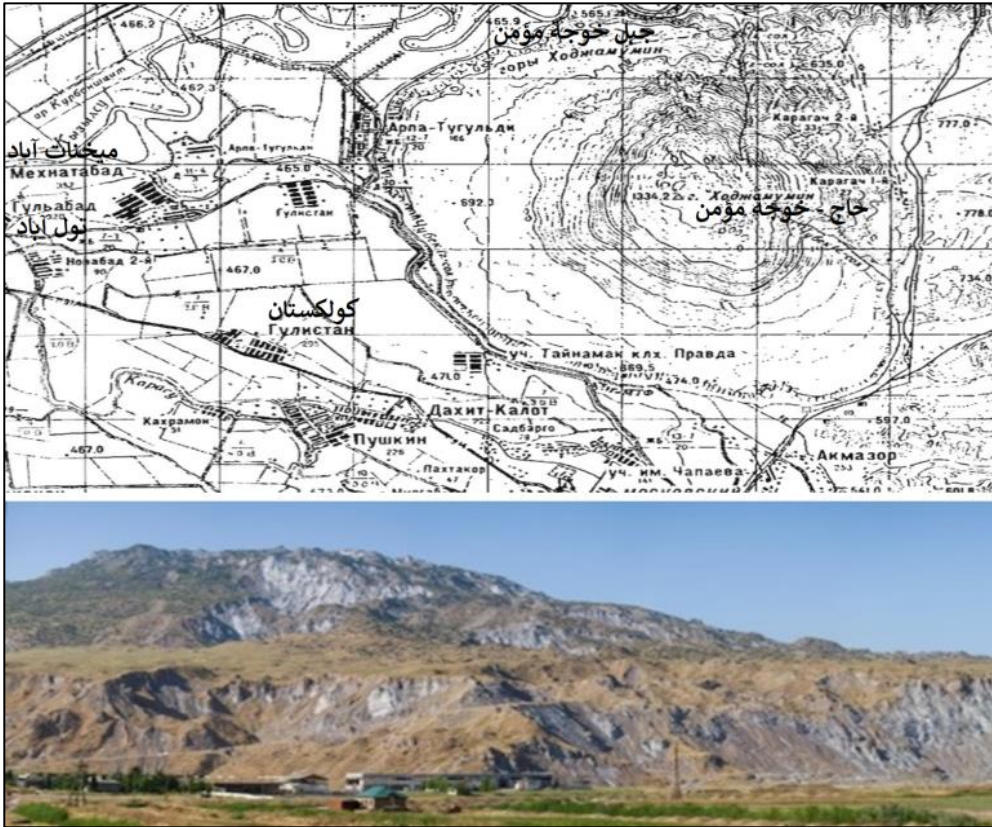
كذلك، يمكن افتراض وجود مثل هذه الارتفاعات وتطورها على أساس تكوين وهيكلية الرواسب المترابطة التي تتراكم خارجها أو وفقًا لبعض السمات الجيومورفولوجية: مثل شق أعمق لقنوات التعرية في منطقة الرفع الأرضي مقارنة بالمناطق المجاورة ، أو سد الجداول و المستنقعات قبل الارتفاع المتزايد ، أو بداخله وبعض الميزات الأخرى في أدناه (انظر الفصل 19 - الموجود في الجزء الثاني من الكتاب).

يعد تطور التعرية والتآكل موضوعا نموذجياً للمرتفعات، حيث يتجاوز معدل نموها (في مناطق الرفع الأرضي) معدل عمليات التعرية (D>+T) وهي تخضع بدورها لعمليات التسوية (الحرث) بالتآكل . وهذه هي الحالات الأكثر شيوعاً: فمعظم الأشكال الموجبة (+) لسطح الأرض والتي تعكس أحدث عمليات الرفع التكتونية، هي في مرحلة تطور التآكل (الهدم)، وإن الزيادة الضئيلة في سرعة الحركات التكتونية بشكل أكثر سرعة من عمليات التسوية (التعرية) ستؤدي إلى ظهور شكل تضاريسي أرضي موجب (+) (مرتفع) (كما في الشكل 5.4 [3]).

ومع نمو هذه المرتفعات، تستمر عملية تعرية تدمير مناطق الرفع الارضي هذه، من خلال عمليات مختلفة أهمها التآكل الخطي (التعرية الخطية). كما يمكن أن يؤدي معدل الرفع الأرضي الكبير إلى فصلٍ حادٍ لمناطق شاسعة إلى حد ما عن القواعد الرئيسية للتآكل وتعريتها التآكلية الكبيرة التي ستتركز فقط على طول الحواف ، في حين أن المناطق الداخلية يمكن أن تظل ضعيفة الهدم والتعرية التآكلية كما في

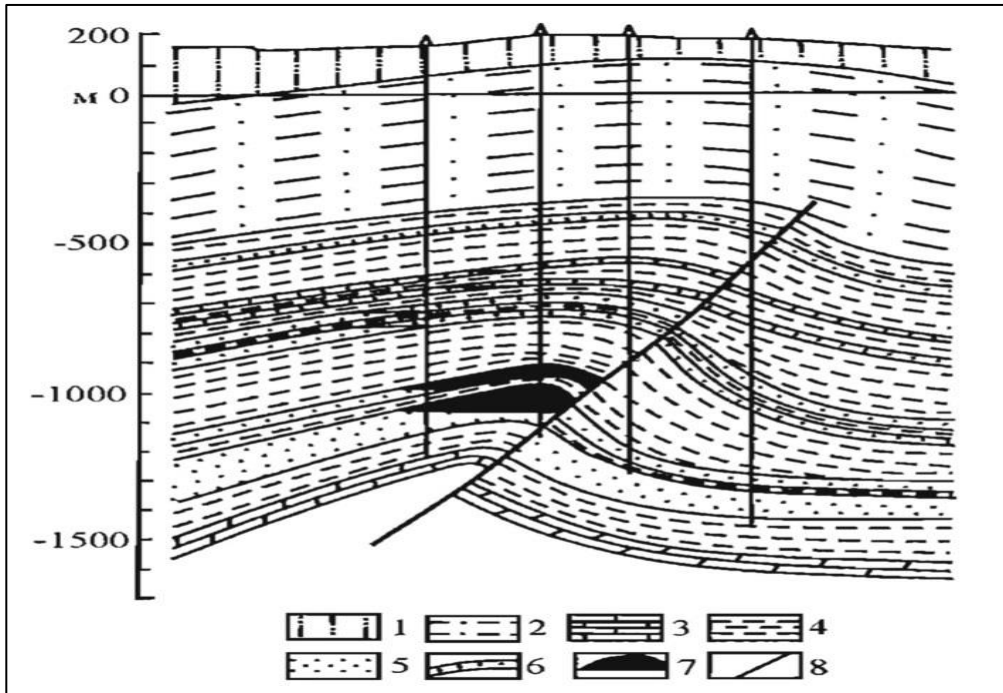
الهضاب، وتُعرف مثل هذه التضاريس في وسط تيان شان بـ (سيرتي) ، وفي بامير ، وفي التبت، وفي جبال الأنديز تكون معروفة أيضاً.

من بين أبرز مرتفعات التعرية التي تم إظهارها بوضوح في التضاريس، تحتل قباب الملح مكاناً خاصاً بينها حيث تم تشكيل العديد منها في الآونة الأخيرة وما زالت تنمو حتى الآن . إن اللدونة العالية للملح وانخفاض جاذبيته النوعية مقارنة بالصخور الرسوبية الأخرى ، هما السبب في "تعويم" الملح على السطح. حيث يتم ثقب الرواسب العلوية إما بواسطة أعمدة وكتل الملح أو يتم رفعها لتشكيل القباب ومن ثم تنتفخ و تتضخم مع قلب الملح. عموماً يرتفع أكبرها لأكثر من 800 متر فوق السطح المحيط به (مثل قبة حاج مؤمن أو خوجا مؤمن في طاجيكستان - آسيا الوسطى ، الشكل (6.4).



الشكل (6.4) قبة ملح خوجا مؤمن - حاج مؤمن (طاجيكستان - آسيا الوسطى)

إن معدل الارتفاع الحديث للقباب هو 1 - 2 مم / سنة، حيث يتم تطو ونمو قباب الملح على نطاق واسع في منخفض بحر قزوين ، وحوض كارباتسكوم وغيرها. كذلك تُسمى عمليات خلع الطبقات الصخرية من على سطح الأرض ، تلك التي تكونت بعد تراكمها في الأحواض الرسوبية والتي لا تتميز بالأنماط المشار إليها سابقا، بتسمية ما بعد الرسوبية (**post-sedimentary**) كونها مكشوفة على سطح الأرض، لذا فإنها تنعكس فقط من خلال أشكال وعناصر تضاريس التعرية، كمثال على ذلك أنظر (شكل 7.4).



الشكل (7.4) الارتفاع المقابل للطي المحدب المنحني للرواسب الرسوبية والمعقد بفعل الصدع (الفالق) العكسي في قلب الطية - الهيكل الحامل للنفط ، منطقة درو - سيلو (يوغوسلافيا)

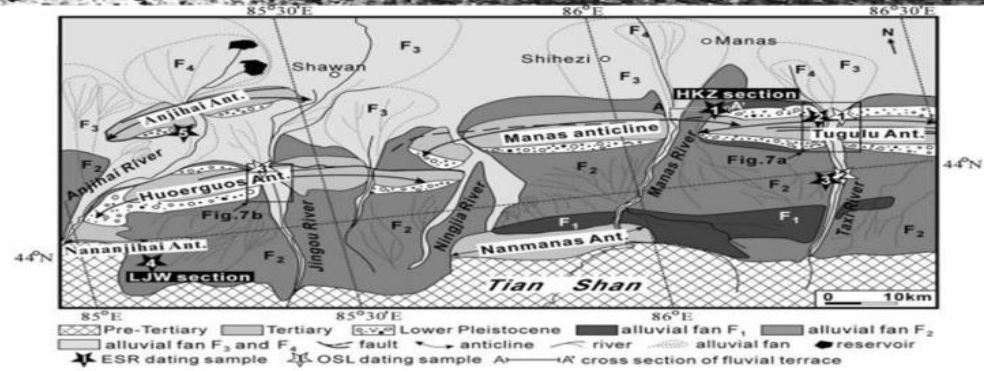
عن (إي. في. فيسوتسكف)

حيث إن: من 1 - 5 تمثل رواسب الطبقات الأرضية لعصر البليوسين (1 - الطين الرملي، 2- الرمال والأطيان المتشابكة، 3- مارل، 4- الطين، 5- الرمال والحجر الرملي)، 6- الغاز الطبيعي، 7- النفط، 8- التمزق (بفعل الصدع)

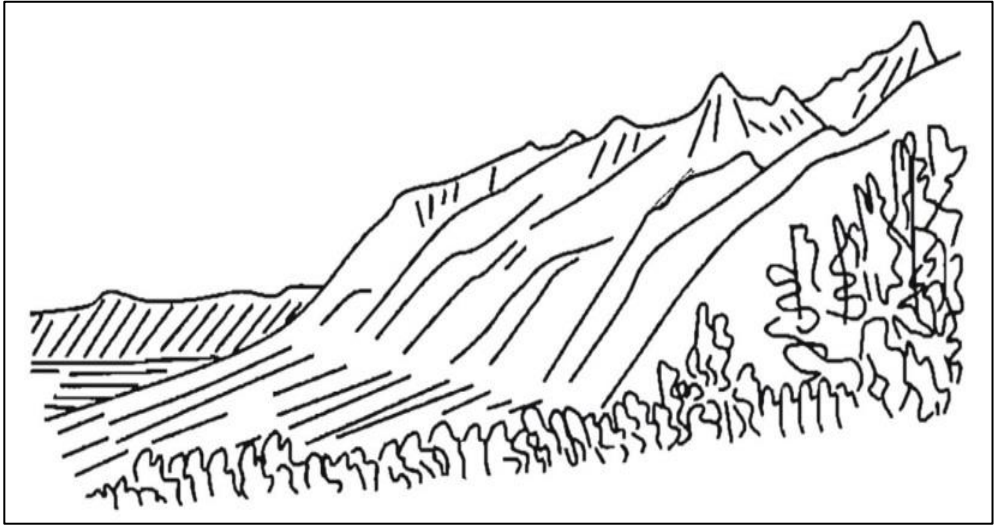
إن ثبات التركيب الصخري وسمك الطبقات الرملية الصلصالية ورواسب كربونات الطين (2 - 5 في الرموز) على السطح والأجنحة، تشير إلى أنه فيما يتعلق بهذه الطبقات يكون الخط المضاد هو ما بعد الترسيب، حيث يشير ارتفاعه إلى وقت حدوث التراكم (الترسيب) وربما التدمير اللاحق (التعرية) للطبقة العليا من الطين الرملي). فقط لهذا الوقت ولهذه الحالة يمكن تعريف الرفع الأرضي للطية المحدبة على إنه ترسيب وتعرية (انظر الشكل 7.4 [1]).

3.1.4. إظهار أحدث الانقطاعات في الأشكال الأرضية

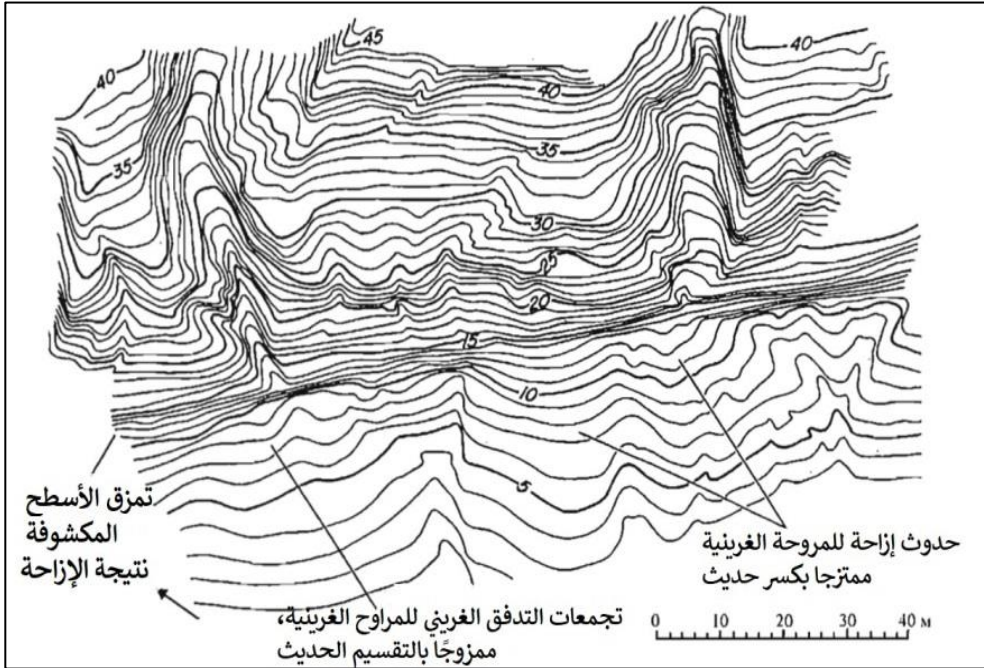
الصدوع الحديثة (الصدوع، الصدوع المعكوسة و الموجهة) يتم إظهارها أو التعبير عنها في التضاريس الأرضية بدرجة كبيرة، وكقاعدة عامة فهي تشكل الندبات الجيولوجية المباشرة (الشكل 8.4، 9.4)، التي يمكن قراءتها بشكل جيد على الخرائط الطبوغرافية (الشكل 10.4).



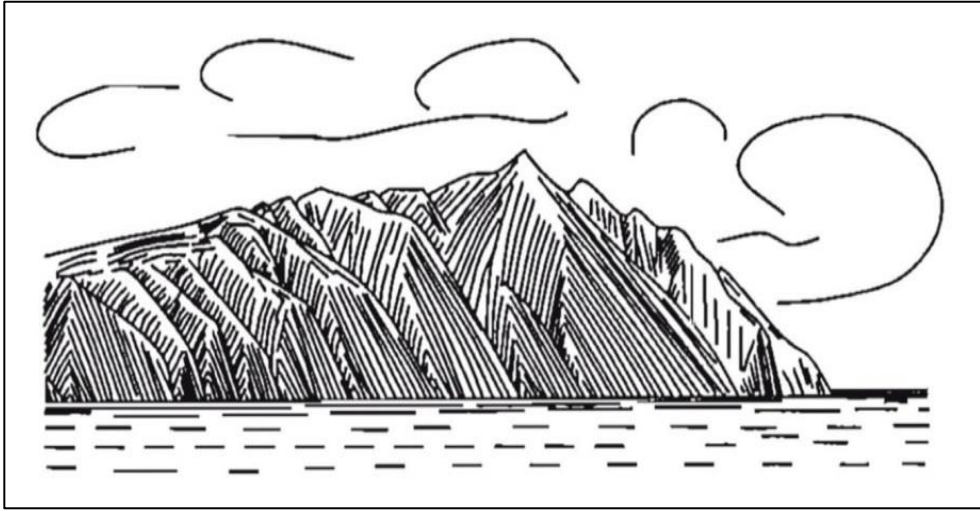
الشكل (8.4) صورة توضح حافة مشكلة بفعل فالق عكسي في مروحة رباعية (شمال تيان شان)، وفي الاسفل خارطة للمنطقة توضح إنتشار العديد من المراوح الغرينية في المنطقة



الشكل (9.4) جرف الإنحدار (التفريغ) في منخفض تونكينسكايا - روسيا الاتحادية
في هذه الحالة فإن جرف التفريغ سيعمد إلى قطع حواف مستجمعات المياه وتشكيل منحدرات
على شكل مثلث وشبه منحرف، تسمى الجوانب أو السطوح العنسية (الشكل 11.4) .



الشكل (10.4) التعبير عن أو إظهار ندبة تكتونية على خريطة طبوغرافية
(بواسطة ك. ميولير و ت. روكفيل)



الشكل (11.4) ندبة الصدع التكتوني للطرف الجنوبي الشرقي من مرتفع أولخون (منطقة بايكال) بأسطح ذات أوجه مثلثة مميزة ، عن (غي. ف. اوفيمتسيف)

يتم تطوير وتشكيل مثل هذه الأشكال الأرضية بشكل رئيس في الجبال، وبدرجة أقل منه في سهول الرصيف القاري، حيث يصبح الارتفاع الظاهر للحافة أو الندبة تدريجياً أقل من اتساع الإزاحة التكتونية، نظراً لأن عمليات التعرية تؤدي إلى تدمير بعضه أو إلى التقليل والتسطيح من الندبة التكتونية الأولية هذا من ناحية.

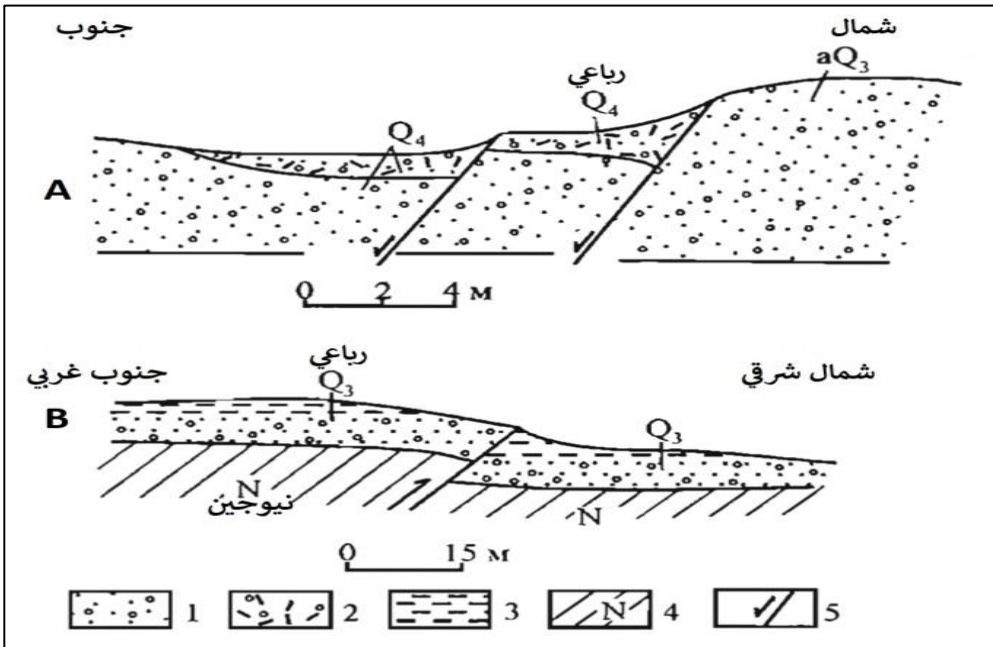
فيما يرتفع سطح الجناح أو الحائط السفلي عند سفح الحافة، نتيجة لتراكم الحطام مختلف الأنواع (مثل ظاهرة التالوس⁽¹⁾ و الدلفيوم⁽²⁾) وغير ذلك من الركامات المختلفة من ناحية ثانية، كما موضح في الشكل (A&B 12.4).

(1) التالوس Talus : عبارة عن مجموعة من شظايا وقطع الصخور المنكسرة المتواجدة عند قاعدة الصخور أو أسفل المنحدرات أو البراكين أو أكتاف الوادي، التي تراكمت للأسفل من خلال الانهيارات الصخرية الدورية من أوجه الجروف المجاورة. غالباً ما تسمى الأشكال الأرضية المرتبطة بهذه المواد رواسب التالوس (الكاحل) ومصطلح تالوس هو كلمة فرنسية تعني منحدر أو جسر .

(2) الدلفيوم diluvium : يعطي نفس المعنى لترسبات التالوس، إلا إنه يركز على الترسبات الناتجة عن الفيضانات والانهيارات الجليدية مع بقية العوامل في حالة التالوس، وقد اشتق هذا المصطلح من اللاتينية واول من استخدمه الجيولوجيون الروس.

بشكل عام ، يعتمد ارتفاع الحافة على سرعة الحركة على طول التمزق (على طول الصدوع) وقوة الصخور المكونة لها فضلا عن سرعة عمليات التعرية. عموما فعند سرعة حركة غير ملحوظة (بطيئة جدا) على طول الكسور والصدوع (تشكل حوالي جزءًا من المليمترات في السنة)، حيث يمكن أن تؤدي التعرية إلى تسوية الحواف تمامًا وبذلك يمكن أن يكون تعبيرها أو ظهورها في التضاريس غير ملحوظ .

ولكن في مناطق التمزق الارضي ، كمناطق التصدع أو التكسير كما هو في مناطق الكسور القديمة غير النامية ، فعادة ما تتركز عمليات التعرية والتآكل ويتم تمييزها بالتالي بأشكال مختلفة من التضاريس، بالإضافة إلى منافذ المياه الجوفية ، وهي بشكل عام ستمثل ظاهرة ارضية تدعى بـ **الخطيات - Lineaments** (انظر الفصل 19 - الجزء الثاني من هذا الكتاب المترجم) .



الشكل (12.4) مخطط يُظهر الإنقطاعات الحديثة في التضاريس الأرضية المختلفة

حيث إن: A- يمثل حالة الهبوط أو التجلس B - يمثل النهوض (الرفع الارضي) أو الانقلاب ، وفقا لـ (دي. كفيدونك):

فيما تمثل: 1 - رواسب حصوية، رملية، طينية 2- رواسب او ركام الدفيوم أو التالوس
3- رواسب صلصالية (طفلية) 4- رواسب صخرية (نيوجين) 5- إتجاهات الإزاحة على
جانبي الصدع (الفاق)

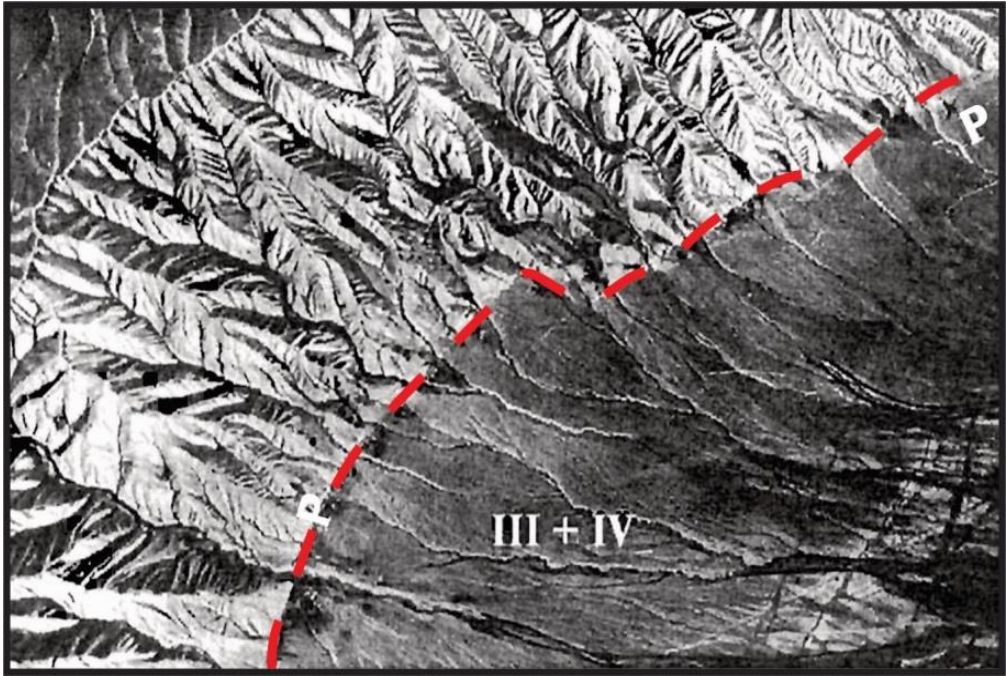
على العموم، فعند وجود معدل إزاحة كبير على طول التمزقات الارضية، فضلا عن
التعرية المتأخرة والتي غالبًا ما يتم ملاحظتها في التمزقات الزلزالية الحديثة، سيتم
إظهار الندبات والتعبير عنها بوضوح كبير، ولكنها تتعرض للتكسير والتسوية بشكل
نشط عن طريق التآكل والتعرية (الشكل 13.4) .



الشكل (13.4) صورة حافة إرتفاعها حوالي 7 أمتار تشكلت نتيجة لزلزال عام 1872 في
وادي أوينز ، كاليفورنيا - الولايات المتحدة الأمريكية (الصورة بواسطة دي. سليمانز)

تُعد النتوءات و المنحدرات التكتونية الكبيرة بشكلٍ خاص، من سمات حدود مناطق
الرفع الأرضي والمنخفضات في المناطق الجبلية (الشكل 14.4). هنا غالبًا ما تكون
الصخور الأقدم هي الأكثر قوة وصلابة وهي التي تشكل المرتفعات والتلال، أو يتم

إنزلاقها أو حتى دفعها فوق الرواسب الأحدث والأضعف التي تشكل المنخفضات، أو ان هذه الحدود تمثل حافة تمزق. كما إن أحدث الصدوع، كقاعدة عامة، تكون مستقيمة على طولها وأن هناك تحول (جانبي)، وتغيير نتوءات المرتفعات و التلال، قيعان الأنهار، الجداول، الوديان ، الحواف وأشكال أخرى من التضاريس التي يمكن تمييزها أيضاً.

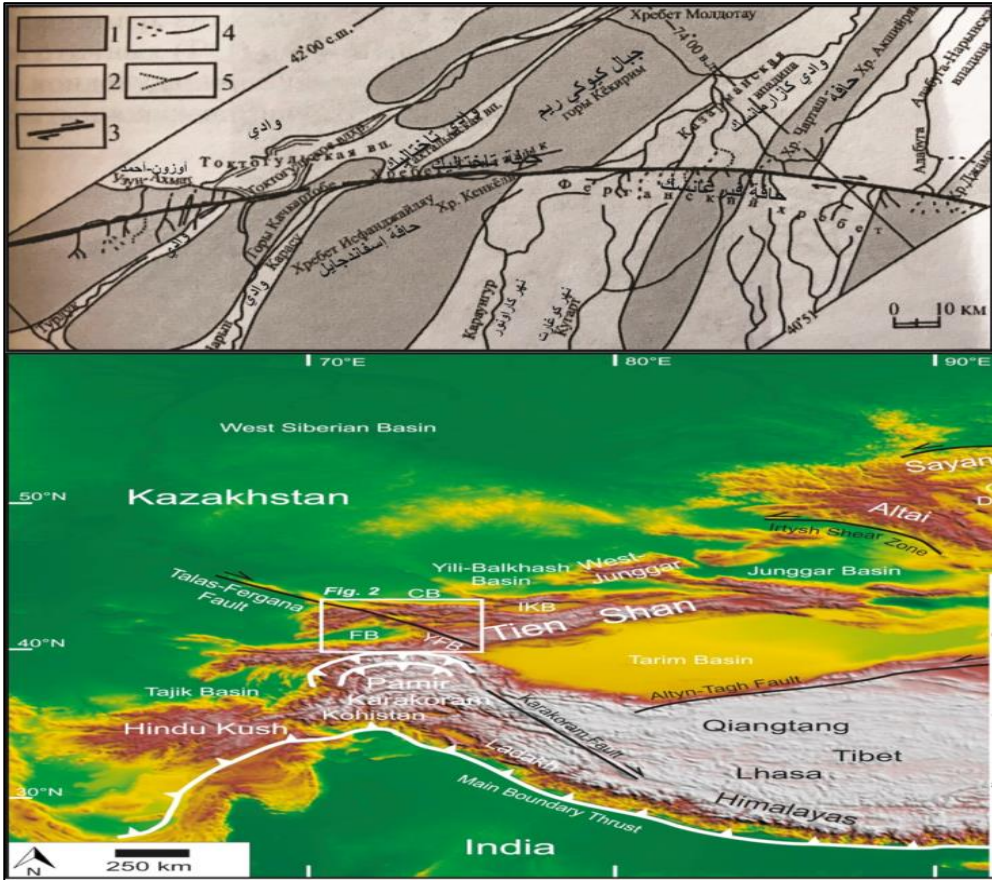


الشكل (14.4) مرئية فضائية تُظهر صدع صاعد منزلق من الزمن الرباعي (P - P) يظهر عند حدود أقدام (سفوح) التلال حيث المنخفض ممثلي برسوبيات الهولوسين - وسط تيان شان

"تشيرالبقع الداكنة على طول خط التمزق إلى تدفقات المياه الجوفية"

لقد تم إزاحة التلال بأكملها على طول صدع الانزلاق الكبير المعروف بصدع تالاس - فيرغانا ، في الوقت نفسه تشكلت ما تُعرف بحافات الإعتراض التي تعمل كعمل السدود في وديان الأنهار على طول صدع تالاس - فيرغانا الذي يتقاطع بدوره مع

سلسلة جبال تيان شان، وتصل مقدار الإزاحة الناتجة عن هذا الصدع إلى نحو 10-12 كم ، وبذلك يتم إزاحة مجاري الأنهار بعشرات و مئات الأمطار كنتيجة مباشرة لهذه الظاهرة التكتونية (الشكل 15.4).



الشكل (15.4) صدع تالاس - فيرغانا وسط سلسلة جبال تيان شان وهو أحدث صدع انزلاقي في الجانب الأيمن حيث يتم إزاحة المرتفعات بمقدار 10-12 كم وفق
الـ (في. إي. ماكاروف) :

حيث إن (في المخطط العلوي): 1-2: يمثل ملامح كنتورية عامة (1- حافات رفع أرضي، 2- وديان)، 3- صدع تالاس - فيرغانا، 4 - 5: أقسام أودية الأنهار التي تعرضت للحركة على طول الصدع

قد تتجلى صدوع القص أيضًا في شكل انخفاض بهيئة حوض منفصل (pull-apart basin)، او مرتفعات (مناطق رفع أرضي) ، والتي تتطور في أماكن كسور و صدوع القص وتخلق توترًا محليًا (في الحالة الأولى) أو ضغطاً (في الحالة الثانية). تتجلى أيضًا اضطرابات القص في صخور قشرة الأرض من خلال الترتيب العام أو الترتيب المتسلسل للارتفاعات المحلية والانخفاضات (الاحواض والمنخفضات) المرتبطة بها .

يتم التعبير عن أو إظهار أحدث الفروق في التضاريس الحديثة من خلال الشقوق، الكسور والخنادق في بعض الأحيان، وكما يمكن توضيحه في (الشكلين: 16.4 ، 17.4) .



الشكل (16.4) شقوق فجوة في منطقة الانتشار والتمزق الأحدث (صورة قديمة من فيتنام، حينما كان هذا الجزء معروف بـ فيتنام الشمالية) (تصوير: في. إي. ماكاروف)



الشكل (17.4) تمزق (إنتشار) أرضي بهيئة خندق تكتوني في هضبة بازلتية (شرق سيبيريا)(صورة جوية)

تتطور بعض المنخفضات في مناطق إمتداد أكبر وأحيانًا مع منخفضات البحيرات مثل (منخفض بايكال). ويمكن ان يتم النظرفي السمات الجيومورفولوجية الأخرى للأشكال الهيكلية التكتونية الحديثة وتطورها الحديث في فصل آخر من الكتاب (انظر الفصل 19 - الجزء الثاني من الكتاب).

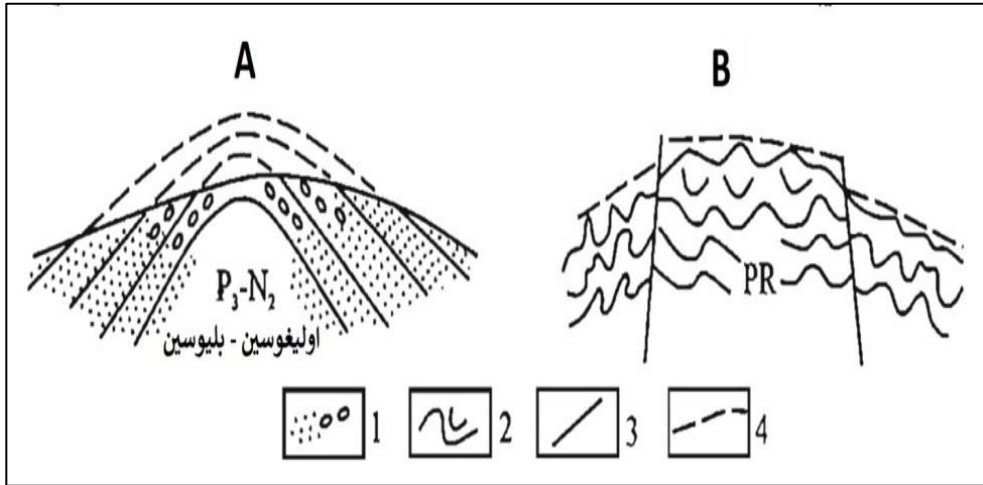
2.4 . الاختلافات بين الهيكل الداخلي لأحدث الأشكال الهيكلية

و ظهورها في التضاريس الأرضية

إن أحدث الأشكال الهيكلية المتطورة ، كقاعدة عامة ، لها تعبير مباشر (مظهر مباشر) في التضاريس، لكن الشكل الأوروغرافي (شكل التضاريس) نادرًا ما يتوافق تمامًا مع الشكل التكتوني. فعلى سبيل المثال ، يمكن أن تنمو طية محدبة وتتطور في أحدث رواسب الباليوجين – الرباعي، وتمر عبر مراحل الترسيب والتعرية). ومن الممكن ان يكون لها ظهور على سطح الأرض من خلال الانحناء اللطيف (كما موضح في الشكل 18.4 A) .

عموما، فإن هذا يرجع إلى حقيقة أن الطية المتنامية في مرحلة التكثيف يتم قطعها بالتعرية حتى يتجاوز معدل نمو الطية معدل التعرية، وقد لوحظت اختلافات أكبر بين التضاريس من أحدث الأشكال الهيكلية وهيكل الركيزة (السريـر – Bedrock) التي تطورا عليها .

كما إن أحدث الحركات التكتونية تعمل على تشويه الركيزة الصخرية أو الكتلة المطوية أو في بنية أكثر تعقيدًا، ونتيجة لذلك تتشكل أشكال هيكلية أوروغرافية جديدة لها كتلة معينة (Block)، كما يوضح ذلك الشكل (B 18.4) الذي يوضح تشكيل أحدث شكل ارضي جيومورفولوجي (ظهر – Horst) على قاعدة مطوية من صخور البروتيروزويك (على سبيل المثال داخل درع الرصيف القديم)، والهيكل القديم المطوي هنا هو عنصر سالب لأحدث ظهر مرتفع – Recent Horst Fault .



الشكل (18.4) الفرق بين الهيكل الداخلي والتعبير في تضاريس أحدث الأشكال الهيكلية الإيجابية :

حيث يمثل: A- طية محدبة متكونة من الرواسب الأحدث لعصر الأوليغوسين الأعلى (P_3) - بليوسين (N_2)

B- الهورست (Horst) أو الظهر المكون من صخور البروتيروزويك القديمة (PR) فيما يمثل:

- 1- الصخور الرسوبية، 2- صخور بلورية شديدة الصلابة، 3- الصدوع، 4- مستوى تقطع الصخور الرسوبية أثناء نمو الطية المحدبة وعموم السطح بالنسبة للكتل

كما يجدر بالذكر، انه لوحظت تناقضات كبيرة بين الشكل الهيكلي والتعبير الخاص به عند ظهوره في التضاريس الارضية المختلفة، كما لوحظت هذه الحالة في الصدوع أيضاً. وكما ذكرنا سابقاً، فقد يكون ارتفاع الندبة التكتونية في التضاريس أقل من السعة التكتونية لحركة الأجنحة، وكل هذا يتوقف على تكوين الصخور التي تتشكل منها أجنحة الفالق (جدران الصدع) ، معدل الإزاحة النسبية لهذه الأجنحة وعمليات التعرية التي تميل إلى تسوية الاشكال الارضية - الجيومورفولوجية المختلفة (انظر الشكل 12.4).

3.4. المظهر المورفولوجي لتطور الأشكال الهيكلية المختلفة

في القشرة الأرضية توجد مجموعات مختلفة من الأشكال الهيكلية النامية في وقت واحد لمختلف أنظمة وأنواع وعلامات الحركات، وهكذا فإن الأشكال الموجبة الكبيرة مثل الطيات المحدبة الضخمة أو الكبرى (على سبيل المثال طية القوقاز الكبرى و الطيات الأخرى المماثلة)، أو اقواس الرفع الأرضي (**arches**) واسعة النطاق (مثل قوس بايكال وغيرها من الأقواس المماثلة)، حيث تتكون من عدد من الأشكال الهيكلية الأصغر كلاهما اشكال ارضية الموجبة منها (طية محدبة ، هورست - ظهر)، والسالبة منها (طية مقعرة ، حوض تقعر)، وتسمى هذه الاشكال الارضية بالمحلية أو الخاصة.

الأمر نفسه ينطبق على الأحواض الكبيرة من نوع الطيات المقعرة العملاقة أو النوع المتصدع، بمعنى آخر تتطور الأشكال الهيكلية الصغيرة على خلفية التشوهات الأكبر في قشرة الأرض، كما يعتمد التعبير عنها أو ظهورها في تضاريس الأشكال الهيكلية المحلية التي هي جزء من الأشكال الأكبر، في الحالة العامة على نسبة معدلات تطور الأشكال الهيكلية وشدة العمليات الخارجية .

1.3.4. التطور الجيولوجي- الجيومورفولوجي للارتفاعات المحلية داخل المنخفضات والأحواض الإقليمية (نمو الطيات المحدبة، القباب ، الهورست في المنخفضات)

في المنخفضات التي يتم تعويضها عن طريق تراكم الرسوبيات والتي تمثلها الصيغة الرياضية $(-T = A)$ ، وغير المعوضة $(-T < A)$ ، لذا فإن تطور مناطق الرفع الأرضي المحلية $(+t)$ سوف تتعرض للغطس ومن ثم الدفن، لاسيما إذا كان معدل نموها - رفعها أقل من المعدل الكلي للهبوط والترسيب $(A > +t < -T)$.

تتتمي هذه الارتفاعات المحلية (التي تسمى عادةً بالهياكل) إلى فئة الترسيب والتراكم ولا يتم إظهارها أو تمييزها في التضاريس الأرضية، فإذا كان معدل نمو بنية الشكل الأرضي الموجب المحلي مساوياً لمعدل التجلس - الهبوط التكتوني والتراكم - الترسيب كما في الصيغة الرياضية: $(A = +t = +T)$ ، فستظهر هنا حالة من التوازن الديناميكي الأرضي. لذلك سيكون مستوى سطح الرفع الأرضي المحلي في وضع مستوي سواء كان ذلك في منطقة التراكم أو في منطقة التعرية ولن يظهر عملياً في التضاريس (انظر الشكل 5.4 [2]).

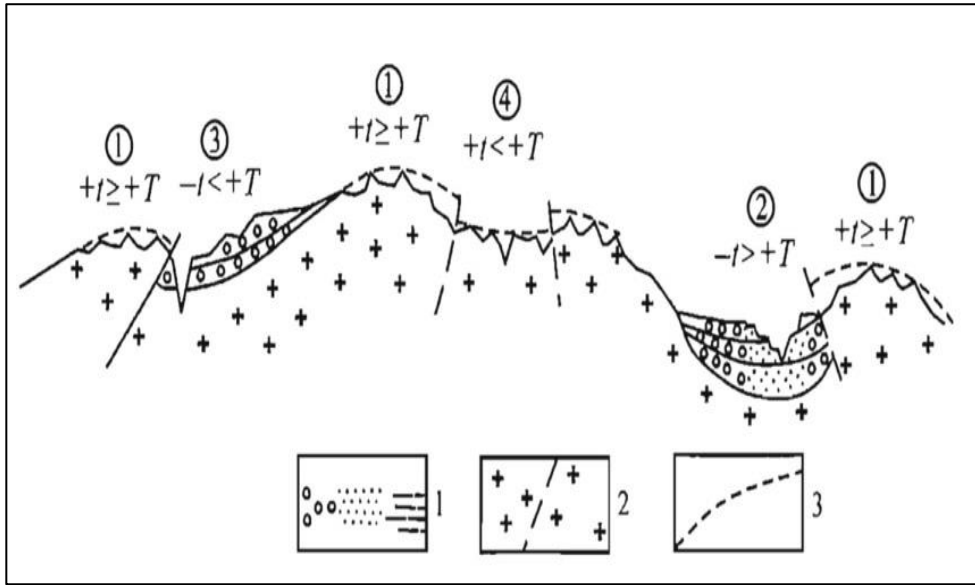
أما إذا تجاوز معدل الرفع الأرضي المحلي معدل الهبوط الكلي والتراكم في الحوض كما تتمثل بالصيغة الرياضية: $(A < +t > -T)$ ، فسوف يتجلى بنفسه على شكل تضاريس رفع أرضي تآكلي، كما موضح في (الشكل 5.4 [3]).

2.3.4. التطور الجيومورفولوجي للمنخفضات المحلية داخل الأحواض الكبيرة

يتم النظر في الحالة هذه عندما يتطور مظهر الهبوط (الإنخفاض) المحلي داخل الحوض، فيتم تعويضه أو عدم تعويضه، كما يتم تمثيله بالصيغة الرياضية: $(-T = A \text{ and } -T < A)$ ، حينها سيتطور شكل هذا الإنخفاض المحلي (طية مقعرة، حوض) $(-t)$ ، وسوف يبرز هذا الأخير في التضاريس الأرضية على أنه إنخفاض إذا تجاوز معدل هبوطه معدل الملء بالترسيب والتراكم $(-t > A)$ ، كما يوضحه الشكل (5.4 [4]). من أبرز الأمثلة على هذه الحالة يتمثل بـ منخفض مانيش داخل حوض آزوف-كوبان أو منخفض ماركسوفسكايا في حوض بحر قزوين. في هذه الحالة يتم توسيع مساحة التراكم المحلي (4) أو النقر (5) - الشكل (5.4). وعندما يكون معدل الهبوط المحلي يساوي أو أقل من معدل التراكم - الترسيب، كما توضحه الصيغة الرياضية $(-t = A \text{ and } -t < A)$ ، حينئذٍ لا يتم تمييز المنخفضات المحلية في تضاريس سهل تراكمي كبير (الشكل 5.4 [7]).

3.3.4. التطور الجيومورفولوجي لمناطق الرفع الأرضي ومناطق الهبوط المحلية ضمن نطاقات الرفع الأرضي - التكتوني الكبيرة

يمكن إظهار وعرض اشكال الإرتفاعات الأرضية المحلية (مناطق الرفع الأرضي المحلية - الصغيرة) الموجودة ضمن نطاق الإرتفاعات الأكبر، بشكل إرتفاعات منفصلة متساوية القياس أو خطية تتمثل هيكلياً بطيات محدبة أو طيات صدوع محدبة - هورست، لاسيما إذا كان معدل تطورها أكبر من معدل الارتفاع العام (الشكل 19.4 [1]).



الشكل (19.4) تطور الهياكل الجيومورفولوجية المحلية المختلفة داخل نطاق رفع أرضي كبير

حيث تشير الأرقام داخل الدوائر إلى : 1- مناطق الرفع الأرضي المحلية، 2 - 4 : مناطق الهبوط والإنخفاض المحلية [2- تراكمي مع ترهل (تقعر) وتراكم، 3- التآكل التراكمي، مع تقعر (إنحراف نحو الأسفل) نسبي ضعيف مع غلبة عمليات الإنجراف، 4- صخور الأساس أو التآكل (نطاق تعرية كبير) مع إنجراف نسبي] (تقერი) ضعيف وغلبة لعمليات الإنجراف].

فيما تشير الارقام الحرة اسفل المخطط إلى : 1- أحدث الرسوبيات (حصى، رمال، طين)،
2- صخور القاعدة المضطربة بسبب التمزقات - التشققات بالصدوع، 3- خطوط السطح
(خطوط السطح المتساوية) المتعرضة للتآكل

يتم تمثيل تطور الأشكال التكتونية السالبة المحلية (مناطق الهبوط المحلية) مثل
الطيات المقعرة أو الأحواض في كثير من الحالات بربطها بالمنخفضات داخل مناطق
الجبال. وهي لا تمتاز عادة بالهبوط النسبي (الإنخفاض) كونها مناطق ذات ارتفاعات
مطلقة متباعدة لسطح الأرض، لذلك يشار إلى الهبوط والتخفيض هنا بشكل مشروط.
عموما يعتمد التعبير عن مثل هذه المنخفضات في التضاريس على معدل ملئها بالمواد
الفتاتية -الركامية، مع تراكم كبير من الرواسب في مثل هذه المنخفضات حيث تتشكل
السهول المتراكمة و (سهول البحيرات)، المعروفة أيضاً ب سهول اللاكوسترين⁽¹⁾
(lacustrine plains) و سهول التآكل - التراكم ، كما موضح في الشكل
19.4 [2].

ومع وجود إمداد ضئيل من المواد الركامية - الرسوبية (clastic material)، أو
بسبب الطاقة العالية للأنهار العابرة التي تستنزف هذه المنخفضات وتحمل المواد التي
تحملها منها، إلى ما وراء حدودها حيث تقع مناطق التفريغ المنخفضة في

(1) سهل البحيرة أو سهول البحيرات: هو سهل يتكون بسبب وجود بحيرة في الماضي وتراكم
الرواسب المصاحب لها. كما يمكن ان تتشكل سهول لاكوسترين من خلال واحدة من ثلاث آليات
رئيسية: الصرف الجليدي ، والارتفاع التفاضلي ، وإنشاء البحيرة الداخلية وتصريفها. كذلك فيمكن أن
يكون لسهول البحيرة استخدامات مختلفة اعتماداً على مكان وكيفية تشكلها بمرور الوقت، ففي
المناطق التي كانت توجد فيها بحيرة ذات يوم حيث يتم تصريف المياه أو تبخرها من البحيرة ، تُترك
الرواسب المترسبة ، مما يؤدي إلى مستوى سهل من الأرض حيث كانت البحيرة موجودة في السابق.
وقد تشكل تربة السهل أراضي زراعية خصبة ومنتجة بسبب التراكم السابق لرواسب اللاكوسترين ؛ في
حالات أخرى ، قد تصبح أرضاً رطبة أو صحراء .

المنخفضات شديدة التآكل ، والتآكل التراكمي ، والتعرية الشديدة (التشريح العميق) (الشكل 19.4 [3])، أو التضاريس التعرؤية - أشكال التآكل - (الشكل 4.19 [4]). يجدر بالذكر، بأنه في التصميم يمكن أن تُعزى هذه المظاهر إلى تقعر وإنحرافات تضاريسية من نوع التآكل، على طول الأحواض والمنخفضات الداخلية بين الجبلية، والتي يمكن أن تختلف أبعادها وتضاريسها بشكل كبير من الوديان الجليدية ووديان التآكل إلى الوديان المتركمة والتآكلية ، الى الوديان الشبيهة بالمنخفضات والأحواض .

من أبرز الأمثلة على ذلك هو المنخفض التكتوني لوادي نهر زيرافشان الموجود ضمن نظام الرفع الأرضي - التكتوني المعروف ب نظام جيسارو - آلاي سكوي، الذي يقع في الجنوب الغربي من سلسلة جبال تيان شان ووديان أخرى مماثلة في تيان شان وبامير والقوقاز والأورال والعديد من الجبال الأخرى .

4.4. درجة التأثير و الإرث التكتوني في ظهور أحدث الأشكال

الهيكلية و الأوروغرافية من التكوينات الجيولوجية القديمة

خلال العصور الجيولوجية المختلفة انقطعت مراحل الحركات التكتونية وعمليات الطي والألتواء التي تشكلت من خلالها الجبال والسهول مرارًا وتكرارًا، بمراحل من السكون الطويل ، عندها أدت قوة ونشاط العمليات الخارجية إلى تسوية (تسطيح) التضاريس تمامًا. وفي أحدث مرحلة من مراحل التنشيط للحركات التكتونية، يمكن أن تبدأ الأشكال الهيكلية والأوروغرافية الجديدة في التطور بدلاً عن الهياكل القديمة ، واثرة شكلها، مضربها وموقعها تمامًا. وهكذا نشأ أحدث هيكل موجب للطية المحدبة الضخمة لسلسلة آلاي - جنوب تيان شان في موقع الطية المحدبة الهرسينية. هنا إذن ، هناك ميراث كامل لأحدث شكل هيكل - أوروغرافي من الشكل القديم (كل من شكل التكوين والتشوه وامتداده). مثال آخر هو أحدث شكل هيكل - أوروغرافي إيجابي لإحدى الحافات الجبلية في شمال سلسلة جبال تيان شان، والتي تطورت في موقع قديم لطية مقعرة كاليديونية وإن كان ذلك مع نفس الإتجاه القديم للطية. وهنا يرث الشكل الهيكل الأوروغرافي فقط موقع ومكان الهيكل القديم ، ولكن ليس شكله.

في سهول الرصيف القاري توجد نسب مختلفة لأحدث الأشكال الهيكلية الأوروغرافية النامية والأشكال الميتة القديمة، وبالتالي ، لوحظ وجود إرث كامل تقريبًا أثناء تطور أحدث مظاهر الرفع الأرضي داخل الدروع الجيولوجية . لفترة طويلة كانت الدروع القارية تشهد عمليات رفع أرضي تنعكس آثارها في الأشكال التضاريسية الحديثة، فبدلاً من درع فارونيش القديم تم تشكيل مرتفعات جديدة، تم التعبير عنها تضاريسياً بتسمية (المرتفعات الروسية الوسطى)، وفي مكان درع البلطيق نشأت الجبال الاسكندنافية وسهول خيبيني وسهول التعرية .

تورث الهياكل التكتونية القديمة بشكل عام الهياكل السالبة التي تتزامن مع أحدث المنخفضات، لذلك على سبيل المثال ، في مكان تزامن تقعر موسكو⁽¹⁾ و ميزن⁽²⁾ تم تشكيل الأحواض والمنخفضات ذات التضاريس المسطحة، إلا إنها معقدة بسبب الهياكل ذات الترتيب الأعلى ، والتي يتم إظهارها والتعبير عنها في الارتفاعات المحلية والتقنيات ... إلخ .

وينطبق الشيء نفسه على سينيكليس بحر قزوين النامية على المدى الطويل. يورثه أحدث حوض ، لا يعوضه هطول الأمطار ، معبراً عنه في تضاريس السهل التراكمي المنخفض (البحري والدلتا) والمنطقة المائية لبحر قزوين. ومع ذلك فهناك أيضاً حالات تطور غير موروث لأحدث الأشكال الهيكلية والأوروغرافية. وهكذا فإن منطقة الرفع الأرضي في الفولغا هو أحدث إرتفاع نشأ في موقع طية أوليانوفيسك - ساراتوف المقعرة، الذي إنتهى تطوره التكتوني عند بداية العصر الباليوجيني. غالباً ما تُلاحظ هذه الظاهرة في الجبال مع توسع المرتفعات - الحواف النامية على حساب المنخفضات الهابطة المجاورة.

يختلف التطور العكسي إلى حد ما عن هذه العملية، حيث يغير الشكل السلبي الذي تم تطويره مسبقاً - الحوض، التقعر - علامة الحركة وينحني نحو الأعلى مشكلاً

(1) تقعر موسكو: هو أكبر منخفض يقع في الجزء الأوسط من الصفيحة الأوربية الشرقية ، حيث تبلغ مساحة التقعر أكثر من مليون كم² وهي موجودة ضمن مرتفعات روسيا الوسطى. إن تقعر موسكو عبارة عن حوض كبير على شكل وعاء، ترجع صخور قاعدته الى ما قبل الكامبري. يحده من الجنوب حوض الفولغا - الأورال ومن الغرب الصفيحة البيلاروسية، ومن الشمال درع البلطيق.

(2) تقعر ميزن : هيكل تكتوني سالب (حوض) يقع في الشمال الشرقي من الصفيحة الروسية (صفيحة أوربا الشرقية) وهو بالكامل ضمن أراضي روسيا الاتحادية. يحده من الجنوب الشرقي درع البلطيق ومن الشرق والشمال الشرقي سلسلة جبال تيمان ، فيما يحده من جهة الجنوب قوس سيسولسكي، الطية المحدبة فولغا - أورال. تبلغ مساحة الحوض أكثر من 300 ألف كم² .

شكلًا هيكليًا إيجابيًا . مثال على ذلك جبال دارفاز الواقعة في الجنوب الغربي من عقدة بامير، والتي يصل ارتفاعها إلى ما يقرب من 5000 متر، حيث نشأت في الفترة البليوسينية الرباعية في موقع حوض سابق مليء بطبقات سمكية من رواسب الاوليجوسين - الميوسين ($P_3 - N_1$) .

في عملية التطور التكتوني يتم تعقيد أحدث الأشكال الهيكلية الأوروغرافية بفواصل، علاوة على ذلك يمكن تشكيل الفواصل حديثًا أو ترث الأجزاء القديمة كنطاقات ضعيفة .

5.4. مراحل وعدم إنتظام تطور أحدث النماذج الهيكلية - الأوروغرافية (الخطية)

يتم تطور أحدث الأشكال الهيكلية الأوروغرافية في التضاريس بشكل غير متساو لأنه يعتمد على طبيعة الحركات التكتونية التي تتطور بشكل ليس بمستمر، ولكن بشكل اندفاعي . ويجب أن يقال الشيء نفسه عن معدل وأثر العمليات الخارجية لأنها تعتمد على الظروف المناخية والتكتونية المتغيرة باستمرار مع مرور الوقت . كذلك يلاحظ بأن التدرج في العمليات ومن ثم الأشكال الجيومورفولوجية، هو خاصية مشتركة مميزة لعملية تطوير جميع الأشكال الهيكلية والأوروغرافية. ففي تطور هذه الأشكال المختلفة نجدها تمر بمرحلة المنشأ (مرحلة الشباب)، ثم مرحلة التعبير الصرفي الأعظم للشكل الهيكلية في التضاريس (مرحلة النضج) وصولاً إلى مرحلة الذبول وتدمير التضاريس (الشيخوخة) (دورة ديفز للتعرية)، (أنظر الفصل 13) .

في المرحلة الأولى (مرحلة الشباب أو حتى إنها تسمى أحياناً بالمراهقة) ينشأ الشكل الهيكلية إما داخل المنخفض (منطقة الهبوط الأرضي)، أو داخل الارتفاع (منطقة الرفع الأرضي) ، أو على قاعدة مستوية. فيما تعكس المرحلة الثانية من دورة التعرية وهي مرحلة التعبير الصرفي الأقصى (مرحلة النضج) التي تمثل مرحلة التطور الأمثل للشكل الهيكلية في التضاريس عندما يتجاوز معدل تطورها معدل التعرية أو عمليات التراكم . أما مرحلة الذبول والتدهور (مرحلة الشيخوخة) تحدث إذا أصبح معدل تطور الشكل الهيكلية أقل من معدل العمليات الخارجية. حيث يقوم الأخير تدريجياً بالتسوية أو تسوية الشكل الأرضي عن طريق التراكم في حالة الهيكل السالب (المنخفض أو الهابط)، أو عن طريق التعرية في حالة الهيكل الموجب (المرتفع) ، مما يؤدي إلى تدمير الشكل الهيكلية والتضاريس التي خلقتها .

عموما تتجلى مراحل تطور أحدث الأشكال الهيكلية بطريقة أخرى، بسبب الطبيعة غير المتساوية والمتقطعة للحركات التكتونية، لذلك فإن منحدرات الأشكال الهيكلية الموجبة والسالبة النامية تكتسب طبيعة متدرجة. ففي فترات تباطؤ أو توقف الحركات التكتونية، ستتشكل أسطح التسوية، وفي فترات تكثيف الحركات والارتفاعات ستكون الشقوق أو الحواف المرتفعة التي تفصلها عن بعضها البعض.

لقد تمت مناقشة هذه الظاهرة في الفصل 13: دورة تطور الاشكال الارضية وتسوية السطح - الجزء الثاني من ترجمة الكتاب إلى العربية .

الجزء الثالث

الأشكال الأرضية التي تشكلها العمليات الخارجية

يتم تصنيف التضاريس التي تشكلها العمليات الخارجية وفقًا لخصائص مختلفة، اعتمادًا على نشاط العوامل المختلفة - الماء ، والجليد ، والتربة الصقيعية (التربة المتجمدة)، وما إلى ذلك، وعمليات تشكيل التضاريس الأرضية ذات الصلة. حيث إن من الممكن أن يتم تمييز الأنواع المترابطة والمتناظرة من التضاريس : النهرية ، الجليدية ، المبردة (المتشكلة بدرجات حرارية منخفضة) ... إلخ. في الوقت نفسه يمكن دمج العمليات الخارجية في مجموعات أو اعتمادًا على تكوين مجموعات أشكال التضاريس المشتركة، على سبيل المثال: عمليات المنحدرات، القنوات المائية والساحلية (السواحل البحرية والخزانات) والتضاريس. ففي بعض الأحيان يتم تمييز مجموعات العمليات و أشكال التضاريس المتناظرة ، و التي تتميز ببعض الظروف المناخية المختلفة (مثل مناخ نيفال البارد ، المناخ الرطب، الجاف الخ) .

في الوصف أدناه ، يتم تقديم أنواع التضاريس الخارجية بترتيب علاقتها المحتملة مع بعضها البعض. أولاً فإن التضاريس الجليدية مع أو ما ينشأ عنها من التضاريس النهرية، والتي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتضاريس المنحدرات و سواحل البحر، حيث يمكن أن تكون معقدة من خلال الأشكال المتجمدة ، الكارستية ، والريحية ، التي سيتم توضيحها ووصفها في الفصول القادمة .

كما يمكن أن تتضمن مثل هذه السلاسل المكانية للأشكال الترابطية عددًا مختلفًا من المكونات التي تحددها المناطق المناخية وتقسيم مناطق معينة . على سبيل المثال في بعض المناطق لا يوجد جزء "علوي" من السلسلة التضاريسية الجليدية، وفي مناطق أخرى يظهر العكس من ذلك ، حيث لا يوجد نوع "سفلي" من التضاريس البحرية.

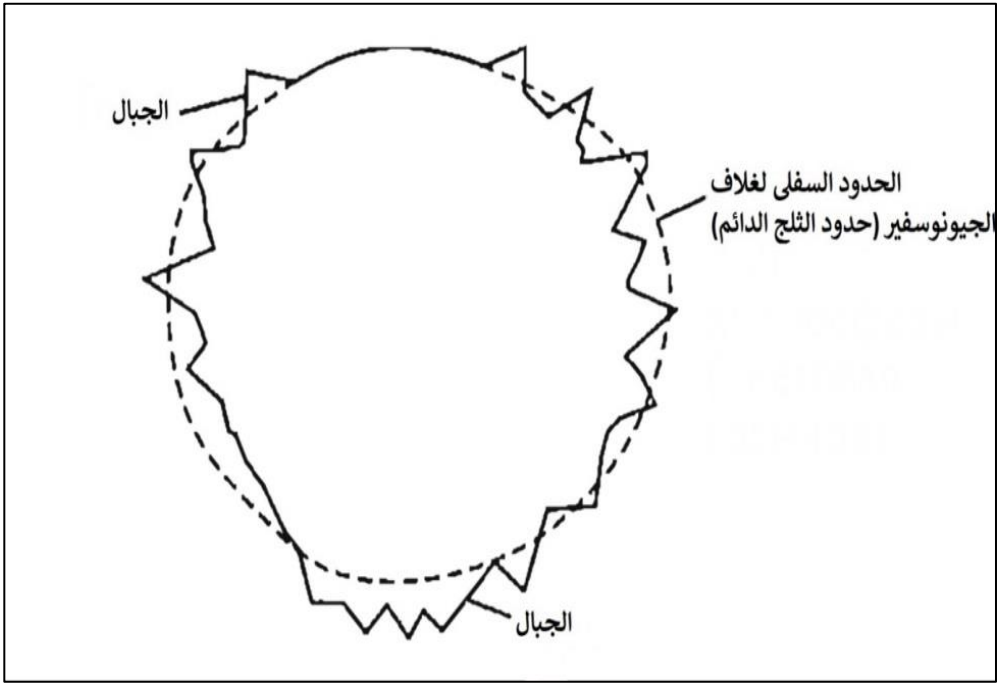
على أي حال إن العلاقات المكانية وربط أشكال التضاريس للأشكال الأرضية المختلفة مع بعضها البعض تعد مهمة جدا في هذه الدراسات .

الفصل الخامس

جيومورفولوجية الأشكال الأرضية الجليدية (التضاريس الجليدية)

التجلد هو الوجود طويل الأمد للكتل الجليدية على أي جزء من سطح الأرض. لذلك يكون التجلد ممكناً إذا كانت هذه المنطقة واقعة ضمن نطاق الشيونوسفير (**chionosphere**)، وهو معروف أيضاً بنطاق الكرة الثلجية (وهو مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية القديمة **Chion** بمعنى الثلج، وكلمة: **Sphaira** بمعنى الكرة) وهي طبقة تروبوسفير متكررة . تتميز هذه الطبقة عموماً بغلبة درجات الحرارة السالبة والتوازن الإيجابي لهطول الأمطار في الغلاف الجوي الصلب (آتموسفير - **Atmosphere**). إن الحد الأدنى للشيونوسفير على سطح الأرض هو حدود الثلج أو خط الثلج الدائم، كما إن حدود الثلج هي المستوى الذي يكون فيه الوصول السنوي لهطول الأمطار في الغلاف الجوي مساوياً لاستهلاكها السنوي وفقاً لـ (أس. في. كاليسنك) .

عموماً، فوق حدود الثلج الدائم يسود تراكم الترسبات الصلبة على ذوبانها وتبخرها، أي أن هطول الأمطار الصلب على شكل ثلج وجليد يستمر طوال العام . يحيط غلاف الشيونوسفير بالكرة الأرضية بشكل غير منتظم، حيث ينزل إلى سطح الأرض في المناطق القطبية ويرتفع إلى نحو 5-7 كم فوق خط الاستواء (الشكل 1.5) .



الشكل (1.5) رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين غلاف الشيونوسفير (الجيونسفير) وسطح الأرض

الجبال التي تدخل حيز الشيونوسفير تتعرض للتجلد الحديث

وفقاً لهذا فإن المناطق القطبية في الشمال والجنوب تكون مغطاة بالثلوج والجليد ، أما المناطق الواقعة على خط الاستواء فقط أعلى الجبال فيها (مثل: جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية، كليمنجارو في إفريقيا... إلخ) هي التي تصل إلى غلاف الشيونوسفير (الغلاف الجليدي) ويكون بها أنهار جليدية .

والنهر الجليدي - **Glacier** (الجليدة أو المجلدة أو المثلجة) هي كتلة ضخمة من الجليد تتدفق ببطء على اليابسة مؤدية إلى حفر واد يشبه الوادي النهري في سلسلة الجبال التي تتحرك فيها ، ويكون عمر الجليد فيها لمئات وآلاف بل وحتى لملايين السنين أحياناً . وتتشكل المثالج في المناطق القطبية الباردة، وكذلك الحال في الجبال العالية حيث تساعد درجة الحرارة المنخفضة بهذه الأماكن على تكوّن الثلج بكميات هائلة، ثم يتحول إلى جليد .

يجدر بالذكر أن الأنهار الجليدية تتغذى عن طريق هطول الثلج الصلب في الغلاف الجوي ، ونقل الثلوج عن طريق الرياح وسقوط الانهيارات الجليدية. لكن وعلى مدار التاريخ الجيولوجي للأرض فقد تغير مناخ الأرض مرارًا وتكرارًا: ففي العصور الباردة تناقصت الحدود الدنيا للغلاف الجليدي (الشيونوسفير) وانتشر التجلد على مناطق واسعة ؛ أما في عصر الاحترار (العصور الدافئة) فقد ارتفعت حدود غلاف الشيونوسفيري مما أدى إلى انخفاض التجلد، وتغير المناخ الأرضي من العصر الجليدي إلى بين الجليدية⁽¹⁾ (العصر الدافئ).

لقد حدثت الأنهار الجليدية في فترات مختلفة من التاريخ الجيولوجي للأرض ، كما يتضح من الرواسب الجليدية القديمة (التليت)⁽²⁾ الموجودة في قارات مختلفة بين رواسب البروتيروزويك السفلي والأوردوفيشي العلوي والكربوني والبرمي. لكن التجمعات الجليدية القوية بشكل خاص والتي خلفت رواسب وأشكال مختلفة من التضاريس ، حدثت في العصر الرباعي.

عموماً فقد كان هناك خمسة إلى سبعة عصور جليدية في جميع أنحاء العصر الرباعي، وخلال العصور الجليدية الدافئة ذاب الجليد تمامًا أو تقلصت المساحة التي

(1) الفترة بين الجليدية (الدافئة) Interglacial: هي فترة جيولوجية فاصلة تكون متوسط درجات حرارة المناخ العالمي فيها أكثر دفئًا ويدوم لآلاف السنين التي تفصل بين الفترات الجليدية المتعاقبة ضمن العصر الجليدي، بدأت فترة بين جليديين الهولوسين الحالية في نهاية البليستوسين منذ حوالي 700,11 سنة مضت .

(2) التليت Tillites: هو ركام مكتلات جليدية يحتوي على نسبة عالية من المواد الخشنة، وتكويناته غير مصنفة خضعت للضغط والتحول في بعض الأحيان. تتكون من كتلة دقيقة من الحبيبات غير ذات طبقات تسمى بـ"الطحين الجليدي" ، مع شوائب من الصخور ذات الأحجام المختلفة. يكن التمييز بين التليت القاري والبحري الذي تكون نتيجة انتشار الجليد والرواسب في البحر ، أما القاري والذي غالبًا ما يعكس تكوينه الصخور الأم الكامنة أسفل النهر الجليدي المتحرك (مما يجعل من الممكن تحديد مناطق الانجراف واتجاه الحركة من الجبل الجليدي) .

تحتلها بشكل كبير . يعود سبب تطور التكتلات الجليدية وكذلك مناخ الأرض ، إلى التوزيع غير المتكافئ للحرارة الشمسية على سطح الأرض بمرور الوقت، يعتمد ذلك على قيمة الوسائط المتغيرة (المعلّـمات) دوريًا لمدار الأرض: إنحرافها ، وميل محور الأرض إلى المستوى (e) للحركة حول الشمس (مسير الشمس) ... إلخ.

قام العالم اليوغوسلافي (إم . ميلانكوفيتش) بحساب كمية الحرارة الشمسية التي تدخل الأرض في نصف الكرة الشمالي عند 65 درجة شمالاً ، اعتمادًا على التغيير في جميع المعلومات على مدار 600000 عام الماضية، ووجد أن الحد الأدنى من الحرارة يحدث خلال التكتلات الجليدية الرئيسية في نصف الكرة الشمالي .

1.5. دورة الجليديات (التجلد) وتقدم تطورها

يتكون كل تجلد كنتيجة مباشرة للتغيرات المناخية ناجم عن الاستبدال المتتالي لمراحل التطور، والتي أطلق عليها عالم الجليديات الأمريكي هوبز - Hobbs تسمية الدورة الجليدية بداية القرن العشرين. ففي مراحل مختلفة من ظاهرة الأنهار الجليدية وتحديدًا من بداية الأنهار الجليدية إلى أقصى تطور لها ثم الذبول اللاحق، بحيث يتغير شكل الأنهار الجليدية ونوع التجلد. فعند ظهور الأنهار الجليدية تظهر القمم الجليدية، التي تتزايد في الحجم وتتحد مع بعضها لتشكل طبقة جليدية. هذه الأخير التي تتمدد تحت تأثير ضغط الجليد ستبدأ بالانتشار في جوانب مختلفة.

تتشكل التدفقات المنفصلة للجليد وتتحرك أولاً وقبل كل شيء على طول المنخفضات التضاريسية. وفي مرحلة التطور الأقصى ستتحدهم الأنهار الجليدية وتندمج مع بعضها البعض لتشكل طبقة جليدية واحدة، وفي مرحلة الذوبان (التحلل) سيتقلص الغطاء الجليدي (يتراجع) ويتفكك إلى تيارات منفصلة ويمكن له بذلك أن يختفي تمامًا. عموماً ينتقل ذوبان أو انخفاض الغطاء الجليدي من الحواف إلى المركز نظرًا لحقيقة أن الذوبان عند حواف الغطاء يكون أكثر شدة وكثافة من تدفق الجليد عند منطقة التغذية، أو إن الغطاء الجليدي يذوب في وقت واحد في الوسط وعلى الحواف، وهو أمر مرتبط بالاحتراق السريع للمناخ. ثم يتوقف الجليد عن الحركة و ينتهي بالذوبان (يموت الجليد).

في الجبال عندما تكون أجزائها المرتفعة داخل الغلاف الثلجي المشهور (الشيونوسفير)، تتشكل القشرة الجليدية الصغيرة في المرحلة الأولية. أما ظاهرة الكار - Kar (فهي مشتقة من الكلمة الألمانية Kag أو shutl بمعنى : الكرسي)، فهي عبارة عن منخفض يشبه الكرسي أو الوعاء وهي معروف أيضا بتسمية الحلبة الجليدية، وكما يوضحها الشكل (2.5).

الكار أو الحلبة الجليدية أو السيرك الجليدي لها جدران صخرية شديدة الانحدار وقيعان مقعرة. يتحول الثلج المتراكم فيها إلى ثلج حبيبي (فيرن⁽¹⁾) وثلج، حيث تتزايد كتلته ويغمر الكار ويبدأ في التدفق منها متجهًا إلى أسفل المنحدر وإلى الوادي، يذكر أنه وبعد أن يتلاشى الجليد من الكار فإن مكانها يصبح بحيرة صغيرة في معظم الأحيان .

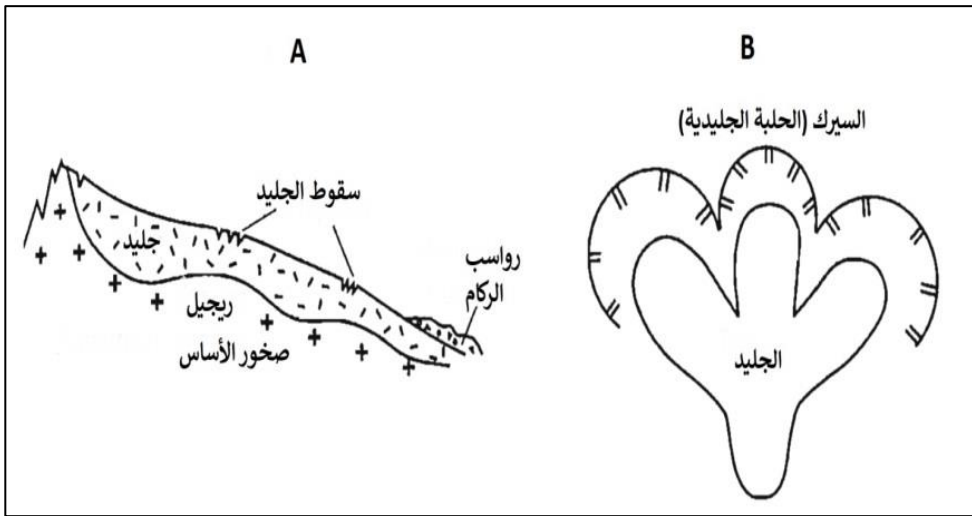
عند مصب الكار غالبًا ما يكون هناك نتوء في طبقة الجذر (العتبة) يتشكل فوقها انعكاس لتدفق الجليد، فيما يظهر نظام من الشقوق عموديًا على حركة الجليد (التساقط الجليدي)، كما موضح في الشكل (A 3.5)، ففي المرحلة الاولى يتشكل نهر جليدي في الوادي (الشكل B 3.5) ، ثم نهر جليدي في الوادي. فعندما تملأ الأنهار الجليدية نظام أودية الأنهار وبشكل أكثر دقة الروافد العليا لوديان الأنهار، وقتذاك يصبح التجلد واديًا.



الشكل (2.5) يوضح كار (حلبة جليدية أو سيرك جليدي) في الجزء المحوري من أحد جبال تيان شان – حيث جدران الكار مغطاة بالثلج كما يوجد في الأسفل نهر جليدي صغير

(1) الفيرن أو الثلج الحُبَبِيّ : هو ثلج مضغوط جزئيًا وهو نوع من الثلوج التي تركت من المواسم الماضية، وتمت بلورتها إلى مادة أكثر كثافة من الخشيف (وهو الجليد في مرحلة وسبطة بين الثلج والجليد المتلحي) .

لا تعد ظاهرة الكار أو الحلبة الجليدية هي الظاهرة المميزة الناتجة عن عمل الجليد، بل توجد ظاهرة أخرى مرتبطة بها ايضاً وهي **ظاهرة تلال الريجل - Rigel** (المشتقة من الألمانية بمعنى: حرفاً عرضياً)، وهي عبارة عن سلسلة من التلال المستعرضة للصخور التي تعرضت للتعرية الجليدية، وهي تعرف أيضاً بتسمية (قضبان الصخور) أو العتبات. عموماً تتشكل هذه الظاهرة في الوديان الجليدية وغالباً ما ترتبط بالشلالات ومناطق المنحدرات عند وجود الجداول. يجدر بالذكر، أنه وعند تكس عدة أشكال من تلال الريجل بهيئة سلسلة، سيشار إليها على إنها سُلّم جليدي . كذلك يمكن التعرف على معظم **تلال الريجل** من خلال وجود وجوه ناعمة على جوانب الوادي الأعلى، بينما تُظهر جوانب الوادي السفلي علامات تدل على نتفها (تآكلت عن طريق إزالة الصخور والكتل الصخرية من الأساس) بمعنى تعرضها لعملية الالتقاط أثناء مرور الثلجات . كذلك يلاحظ إمكانية اندماج جليد عدة حلبات مشكلة نهراً جليدياً واحداً، ليس هذا وحسب بل إنه ومع التطور الجيومورفولوجي لهذه الظاهرة فقد تبدأ الأنهار الجليدية المتزايدة بالحجم بتقبل الاتحاد مع الأنهار الجليدية الأخرى وروافدها الجانبية، متحولةً بالتالي إلى أنهار جليدية شجيرية (شبيهة بالأشجار)، كما يوضحها الشكل (4.5) .



الشكل (3.5) مقطع طولي للنهر الجليدي (A) وفقاً لـ (في. أم. كاتلياكوف)، الجزء (B) يوضح ثلاث حلبات جليدية (السيرك أو الكار) واندماج مجاريها في مجرى نهر جليدي واحد



الشكل (4.5) نهر ديندرايت الجليدي جنوب إنيلجك وسط جبال تيان - شان ، وهو يتألف من الروافد الرئيسية والجانبية (صورة جوية)

يجدر بالذكر بأنه يصل طول الأنهار الجليدية إلى عشرات الكيلومترات، وعلى سبيل المثال يبلغ طول نهر فيدجينكو الجليدي الحديث (في جبال بامير) الى نحو 80 كم، فيما يبلغ طول نهر بيرنج الجليدي في آلاسكا نحو 203 كم .

في مرحلة التطور القصوى للتجلد تفيض الأنهار الجليدية في وديان الأنهار، وينتشر الجليد إلى مستجمعات المياه ويتداخل معها، فيصبح التجلد في البداية شبه غطاء أو شبكة مع تلال وقمم منفصلة تبرز بين الجليد، إن مثل هذا التطور للجليد وصولاً إلى نوع الغطاء هو تطور من نوع تقدمي (تقدم للجليد) . أما في مرحلة ذبول أو تدهور التجلد فإن العملية تسير في الاتجاه المعاكس، حيث يتشكل نوع تنازلي من التجلد: من الغطاء إلى الوادي ومن ثم إلى مرحلة البحيرات الصغيرة أو الاختفاء التام . وهكذا تنتهي الدورة الجليدية التي قد تتكرر في غضون عشرات أو مئات الآلاف من السنين.

والآن في الوقت الحاضر يوجد التجلد في كل مكان وهو في مرحلة الاضمحلال (الذبول أو الشيخوخة) .

لقد إختفت الأنهار الجليدية في بعض الجبال إلا إنها ما زالت موجودة في جبال أخرى. يجدر بالذكر أيضاً بأن النوع المعروف بـ (قشرة التجلد) هي سمة من سمات جبال الأورال القطبية ، أما النوع الدائري المعروف بـ نوع الوادي هو سمة من سمات القوقاز ، تيان شان ، سلاسل ألاسكا ، جبال الأنديز ، الهملايا، جبال زاكروس (شمال العراق) والعديد من البلدان الجبلية الأخرى.

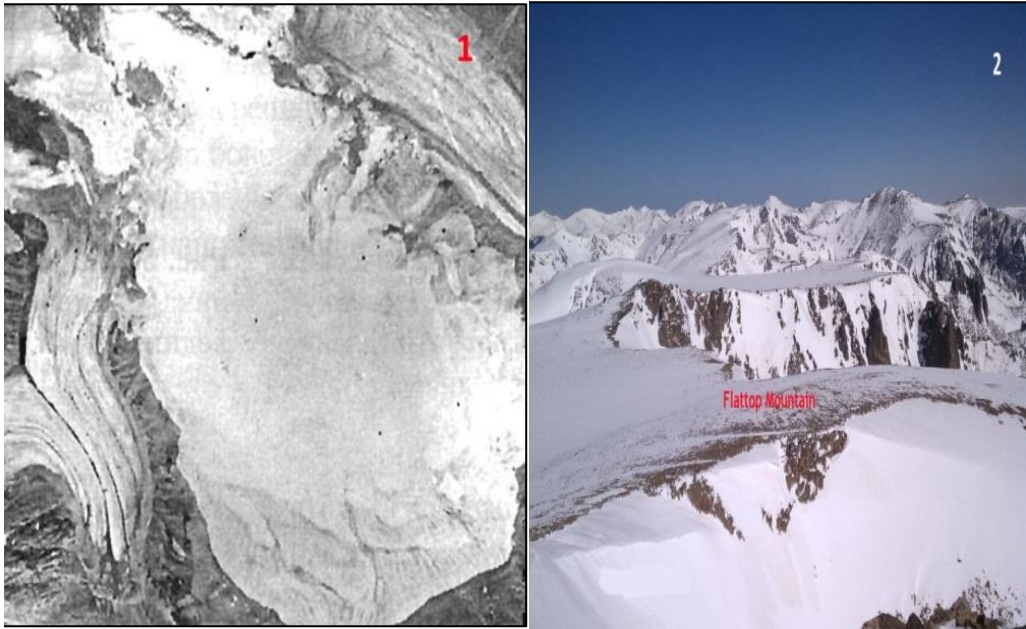
إن الجليد هو أحد العوامل التي تعمل بنشاط على تحويل و تسوية سطح الأرض، فهو يعمل من خلال نشاطه هذا على تدمير السطح بما ينتج عنه إفرازات (نشاطات جيومورفولوجية تعروية)، وفي نفس الوقت فإنه يُراكم الحطام. وفقاً لذلك يتم تمييز التضاريس التعروية للجليد عن تلك التراكمية، وهما مختلفان بشكل كبير في المناطق الجبلية عنها في المناطق المنخفضة .

2.5. الأشكال الأرضية لنطاقات تطور الجبال الجليدية

1.2.5. التجلد الحديث

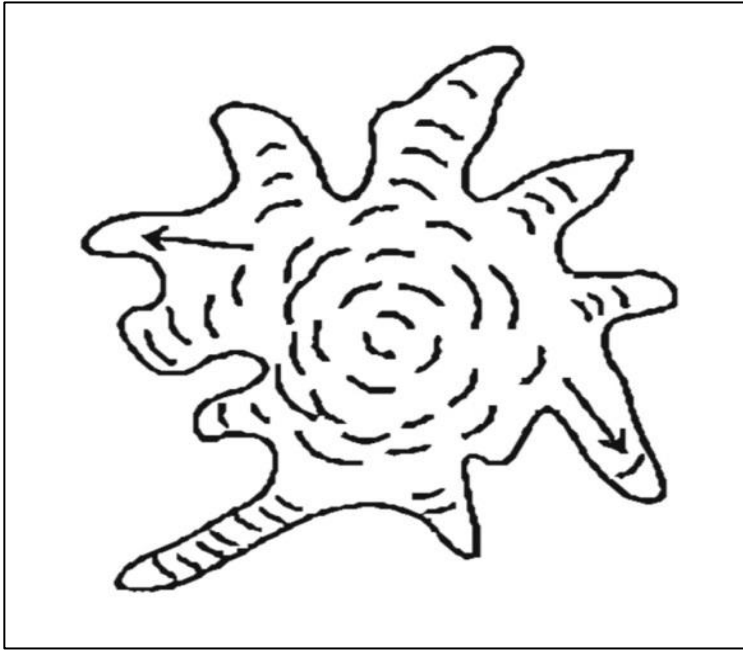
في العديد من البلدان الجبلية يتطور التجلد الحديث على نطاق واسع متمثلاً بـ الأنهار الجليدية ذات الأشكال المختلفة، فبالإضافة إلى الأنهار الجليدية الدائرية وذات شكل الوادي والشجرية الموصوفة سابقاً، توجد هناك سلسلة كاملة من الأنهار الجليدية التي يعتمد شكلها على التضاريس أو الهياكل النيوتكتونية الحديثة.

تشكل الأنهار الجليدية ذات القمة المسطحة الموجودة على سبيل المثال في وسط تيان شان ، "أغطية" جليدية على مستجمعات المياه المسطحة (بقايا أسطح السهول القديمة) وكما يوضحها (الشكل 5.5) .



الشكل (5.5) الجبل الجليدي "القمة المسطحة": 1 (صورة جوية) لـ وسط تيان شان حيث يمكن رؤية أنهار الوادي الجليدية من الغرب والشرق، (2) صورة لإحدى القمم المسطحة في الجبال الجليدية

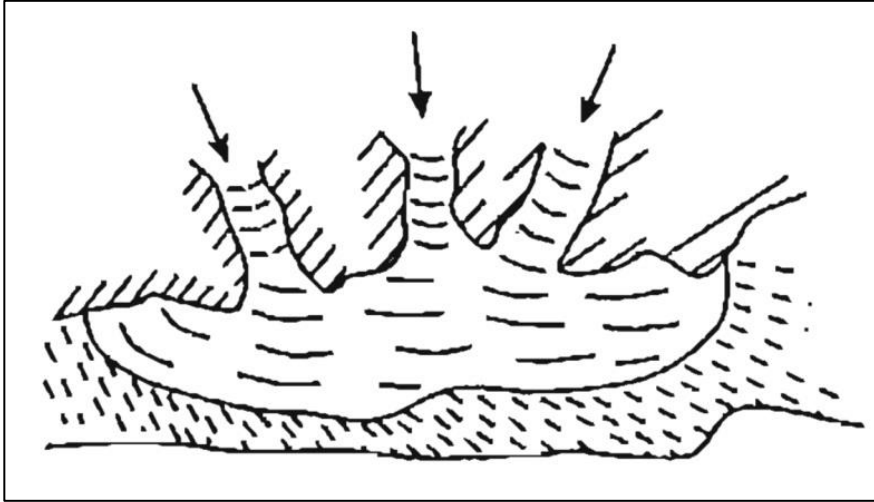
هذه الأنهار الجليدية ليس لها إطار صخري (كتف صخري) وتحدث تغذيتهم حصرياً بسبب هطول الأمطار من الغلاف الجوي على السطح. عموماً فإن جليد الأنهار الجليدية سيعمل على ملئ كالديرا الحفر وكالديرا البراكين الخاملة بالجليد، كذلك يلاحظ بأن بعض قمم البراكين المغطاة بالجليد منتشرة فوق تجاويف المنحدرات الشعاعية مشكلةً نمطاً على شكل نجمة، كما موضح في (الشكل 6.5) .



الشكل (6.5) يوضح الأنهار الجليدية للمخاريط البركانية حيث تظهر الأسهم إتجاه إنتشار الأنهار الجليدية، وفقاً لـ (أس. في. كاليسنيكي)

تعتبر الأنهار الجليدية من هذا النوع من سمات البراكين الخاملة (الميتة) مثل الموجودة في سلسلة جبال ألبرز والقوقاز، كذلك عدد من الأنهار الجليدية في شبه جزيرة كامشاتكا (اقصى الشرق الروسي)، سلسلة جبال الإنديز وغيرها، كما إن الأنهار الجليدية التي تتواجد عند سفوح الجبال مثل (Malaspina - التي تُطلق على النهر الجليدي في آلاسكا)، والتي ما هي إلا صفائح جليدية تظهر عند سفوح

الجبال، وتتشكل من خلال دمج نهايات الأنهار الجليدية التي ظهرت من الوديان الجبلية وانتشرت فوق سهول التلال (الشكل 7.5) .



الشكل (7.5) رسم تخطيطي لنهر جليدي تكون عند سفوح الجبال، وهو يتشكل من أنهار جليدية مدمجة تخرج من الوديان المنحدرة من الجبال ، وفقا لـ (أس. في. كاليبنيكي)

في الوقت الحاضر فهي نادرة ويتم الحفاظ عليها في جبال آلاسكا، جبال الهيمالايا و جبال الأنديز ، على الرغم من أنها تطورت على نطاق واسع في العصور الجليدية الماضية .

كذلك يلاحظ أنه في الأنهار الجليدية يكون سمك الجليد عادةً أكبر في الأجزاء العلوية والمتوسطة من الوديان وينخفض مع نهايتها. لذلك ففي نهر فيدشينكو الجليدي (منطقة بامير) يبلغ سمك الجليد نحو 900 متر في الروافد العليا ، إلا إنه وعند الطرف السفلي للنهر الجليدي يتناقص سمك الجليد فيه ليصل إلى نحو 200- 100 متر. يلاحظ أيضاً أن سماكة الجليد تقل وتتناقص في العديد من الأنهار الجليدية في القوقاز وألتاي والدول الجبلية الأخرى من نحو 300 - 200 متر عند الروافد العليا، إلى نحو 50 مترًا فقط في نهاياتها .

عموماً يتم تمثيل أشكال الفحص في الجبال والتي سبق وتم ذكرها مثل ظاهرة الكار (الحلبات الجليدية)، وكذلك ظاهرة الوديان بشكل حرف U والمعروفة ايضاً بـ (Trog) أو وادي الحوض الصغير⁽¹⁾. فيما تتشكل مظاهر (Pars) في الحزام الجلي العُلوي، حيث تزداد عمليات (processes of Nivation) وهي مجموعة من العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالثلج (وهي مشتقة من اصل لاتيني nix وهي من جذر كلمة Nivis بمعنى : الثلج او تآكل الثلج) والذي يتكون من تدمير الصخور تحت تأثير تجمد المياه وذوبان الجليد . بدايةً على مستوى حدود الجليد تتشكل المنخفضات الصغيرة على طول المنحدرات، والتي تتسع وتتعمق تدريجياً وتتحول إلى أشكال عميقة تشبه الكرسي (انظر الشكل 2.5) . بينما نجد أن العديد من الأجزاء المدمجة تلك التي دُمِرت جدرانها الجانبية، تتحول إلى شكل أكبر هو السيرك (يُنظر الشكل 3.5 B). إن الأشكال الجيومورفولوجية المتمثلة بالكار (الحلبة الجليدية) والسيرك يرسمان موقع حدود الجليد. فعندما ترتفع خلال فترات المناخات الجليدية الدافئة يتم تدمير الحلبات والسيرك التي تقع أسفل هذه الحدود تدريجياً .

خلال التكتلات الجليدية القوية القديمة إنخفضت حدود الجليد ، وبالتالي ففي البلدان الجبلية تم الحفاظ على مستويات ارتفاع متعددة للكارات القديمة (الحلبات القديمة) ، والتي تتوافق مع المواقع السابقة لحدود الثلج، فعلى سبيل المثال في جبال ألتاي نجت ثلاث طبقات من الكار (الحلبات). كذلك تقطع الكارات والسيرك الحديثة مستجمعات

(1) وادي الحوض الصغير - Trog : هو وادي في منطقة جليدية أو قديمة ذات شكل عرضي منخفض (على شكل حرف U)، له ، قاع مسطح عريض أو مستدير وجوانب حادة مستقيمة شديدة الانحدار مرتبط بنشاط التعرية للأنهار الجليدية، وتوجد أمثلة كثيرة على هذا النوع من المظاهر الجليدية كما في جبال الأنديز وجبال الألب وجبال القوقاز وجبال الهيمالايا وجبال روكي ونيوزيلندا والجبال الاسكندنافية . عندما يمتد مثل هذا الوادي إلى المياه المالحة ليصبح مدخلاً للبحر، يُطلق عليه اسم المضيق البحري، وهي في الأصل الكلمة النرويجية لهذه التكوينات الشائعة في النرويج .

المياه من المنحدرات المتقابلة وتحولها إلى تلال صخرية ضيقة. يجدر بالذكر إن القمم الفردية المتبقية بين الحلبات الجليدية لها شكل مدبب وتسمى بـ **Karlings** . إن هذا النوع من التضاريس من مستجمعات المياه الصخرية و قمم الذروة ، الكار والسيرك المليء بالأنهار الجليدية وحقول الجليد يسمى الألب (جبال الألب) . أما بالنسبة للمظهر الجيومورفولوجي المعروف بـ **التورغ - Torg** (وهي كلمة ألمانية تعني: الأحواض الصغيرة)، وهي أودية جليدية شديدة الانحدار ذات قاعٍ مسطحٍ واسعٍ أو مستدير يرقد عليها الركام بعد ذوبان الجليد.

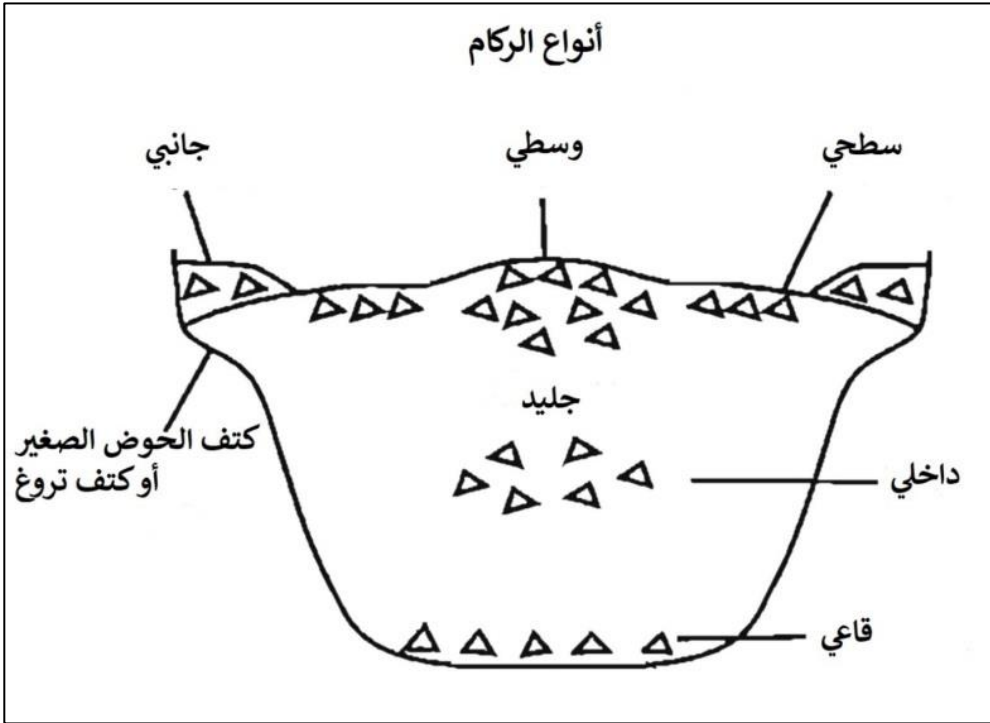
كما يجدر بالذكر، بأن النهر الجليدي لا يقوم بحفر وادي جديد، لكنه يُحاكي أي يغير وادي النهر الذي كان موجودًا أصلاً قبل التجلد، وعادةً ما يكون لهذا الأخير مقطع عرضي على شكل حرف **V** مع إمتدادٍ متعرج. عموماً، يعمل النهر الجليدي مع أجزائه الجانبية على تعرية منحدرات الوادي، حيث يعتمد إلى قطع حوافه وبالتالي يعمل على تقويم الوادي ليُصبح عريضاً مسطح القاع يشبهُ الحوض الصغير (الشكل (8.5).



الشكل (8.5) وادي الحوض الصغير المعروف بـ **Trog** (على شكل حوض)

الصورة إلى اليمين لوادي زيرافشان (جنوب تيان - شان)، الصورة إلى اليسار لوادٍ جليدي بشكل حوض صغير (تورغ) في سلسلة جبال التاي

كذلك وعند ارتفاع معين فوق القاع، حيث توجد حواف صغيرة في الصخر - وهي ما تُسمى بـ "أكتاف" القاع (الشكل 9.5) وهي إحدى المظاهر الجيومورفولوجية المميزة .



الشكل (9.5) أنواع الركام المتحرك (في القسم الجليدي)

بسبب حقيقة أن الجليد في الجزء المركزي من التيار الجليدي يكون أكثر نشاطاً وقادراً على تعميق الوادي أكثر من أجزائه الجانبية، لذلك تتخذ الوديان الجليدية شكلها العام المتعارف عليه .

خلال العصر الجليدي يتم قطع قيعان الأحواض بواسطة الأنهار التي تمرر وديانها عند مستوى أدنى، وخلال التجلد الجديد ستتوسع هذه الوديان مرة أخرى وتتحول إلى أحواض. ونظرًا لوجود العديد من التجمعات الجليدية في وديان الجبال ، فقد لوحظ

ارتباط الأحواض الصغيرة بالأحواض القديمة، ومن هذه الملاحظة الأخيرة غالبًا ما يتم الاحتفاظ بقطع من قيعان الوديان على شكل درجات مع بقايا ركام عليها .

لقد كان حجم الحفرة الجليدية محل نقاش بين علماء الجليديات لفترة طويلة، إذ يعتبره بعض الباحثين على أنه مهم للغاية فهو قادر على إحداث تآكل في السطح بشكل مكثف وتعرية الوديان العميقة. ومع ذلك تشير العديد من الأمثلة إلى أن تأثير النهر الجليدي قد يكون ضئيلاً في هذا المجال، وهكذا ففي الجبال يلاحظ أنه غالبًا ما توجد الترسبات الجليدية في الطمي دون علامات على تشوهها أو تكسيرها، أي أن النهر الجليدي لم يكسر أو يطحن الرواسب السائبة ولم يسحقها . في باميرو على سبيل المثال أيضاً، على المنحدر الشمالي للجبال يقع نهر بيتر الأول الجليدي على الرواسب دون أن يكسرها أو يسحقها طحناً أيضاً (الشكل 10.5) .



الشكل (10.5) نهر جليدي يرقد "بهدوء" على الركام ولا يسحقه (المنحدر الشمالي لسلسلة بيتر الأول - بامير) (تصوير في. إي. ماكاروف)

كما إن هناك العديد من الأمثلة التي تدل على الحفاظ على التضاريس قبل الجليدية والتربة، بعض المباني القديمة ، الطرق بل وحتى غطاء التربة مع الغطاء النباتي تحت الأنهار الجليدية . وبالتالي يمكن أن يكون التلاعب بالجليد غير مهم. حيث يحدث تدمير السطح الذي يتحرك عليه النهر الجليدي بشكل رئيس تحت ضغط الجليد المتحرك بنشاط، ونتيجة للتآكل والخدش والبري بواسطة حطام الصخور الموجود في كتلة الجليد . كذلك تقع الركامات على قيعان الأحواض الصغيرة المعروفة بـ التروغ الموجودة أسفل الوديان النهرية، حيث تمر الأحواض الصغيرة إلى أسطح المصاطب أو المدرجات النهرية .

التضاريس التراكمية: حينما تتحرك الأنهار الجليدية في الجبال فإنها ترسب كمية كبيرة من الحطام الذي يشكل الركام الجليدي كمحصلة لأحدى نتاجات العمل الجيومورفولوجي المهمة والبارزة لعمل هذه الأنهار. عموماً تدخل هذه المادة (الركام الجليدي) إلى كتلة الجليد المتحركة بشكل أساسي من منحدرات الأحواض والسيرك والكارات (الحلبات الجليدية). وتتميز الركامات الجليدية المتحركة بأنها تشمل الأحجار المتحركة على القاع والجوانب، كذلك تلك الموجودة منها في وسط ، داخل وعلى سطح الثلجة الجليدية (انظر الشكل 9.5) .

يتكون الركام السفلي عن طريق إدراج الحطام في كتلة الجليد عن طريق عملية الإنقراط، حيث يؤدي ذلك إلى تمزق أجزاء من الركيزة (صخور القاعدة) أثناء حركة الجليد. حيث يتم تدمير صخور الركيزة عن طريق التجوية الفيزيائية الناتجة عن تجميد وذوبان المياه ، ضغط الجليد ، وتآكلها أيضاً بواسطة شظايا الصخور التي يحملها معه الجليد أثناء حركته . بينما نجد أن الركام الجانبي يجاور منحدرات الحوض الصغير ويرتفع مثل جدار فوق سطح الجليد ويتحرك معه. عموماً يتكون الركام الجليدي من شظايا صخرية تتساقط من منحدرات الحوض الصغير، فيما يتكون الركام الأوسط من الركام الجانبي للأنهار الجليدية المدمجة والذي يتم تمييزه بخطوط

داكنة على سطح الجليد (انظر الشكل 4.5) . أما الركام السطحي أو ركام الجر (تم إشتقاقه من الإزالة والفقدان، التأخر) حيث يتشكل هذا النوع من الركام عندما يذوب الجليد، ومن ثم تكتسب مادة الركام بعض الفرز والاستدارة الضعيفة تحت تأثير الماء الذائب المتدفق فوق سطح الجليد أثناء ذوبانه . فيما يشمل الركام المترسب ركامات الأحواض الرئيسة والجانبية والنهائية، وبذلك يتكون الركام الرئيسي من الركام السفلي والركام الداخلي والسطحي الذي يسقط عليه عند ذوبان الثلاجة الجليدية التي كانت تحمله على سطحها، فيما ستكون المحصلة النهائية عبارة عن كتلة من المواد غير المصنفة وغير الطبقيّة وغير المستديرة.

إن التضاريس الأرضية الناتجة عن الركام الرئيس هي التلال الركامية والتلال ذات الشكل غير المنتظم مع المنخفضات التي تكون ممثلة بالمياه أحياناً (الشكل 11.5)، ويتكون هذا النوع من الاشكال الأرضية أثناء وبعد ذوبان الجليد الميت في الثلاجة الجليدية بعد عبورها جنوب خط الثلج الدائم ، فيما يعتمد ارتفاع التلال الركامية والمرتفعات الأخرى الناتجة عن ذلك على كمية الحطام الموجود في جسم النهر الجليدي والتي يمكن أن تصل إلى عشرات الأمتار .

إن الركام الجانبي يتم إسقاطه على ركيزة تشبه الركام المتحرك، لذلك فإن تضاريس الركام الجانبي تكون غير مستوية، كذلك فإن تلالها ومنحدراتها التي تواجه النهر الجليدي ستكون شديدة الانحدار. وعادة ما تتشكل انتفاخات مفصولة عن الركام الرئيس بقنوات تدفقات المياه الجليدية.

عموماً يتشكل الركام النهائي في نهاية النهر الجليدي أثناء ذوبانه بعد أن تم تفريغ المواد البطنية التي جلبها النهر الجليدي هنا وبذلك يتجاوز سمكها سمك الركام الرئيسي حيث يبلغ ارتفاعه عدة عشرات من الأمتار .



الشكل (11.5) تضاريس التلال الركامية والمنخفضات المتشكلة من ركام العصر الجليدي المتأخر (البلايستوسين - الجيل الثالث)

على اليمين سور من ركام قديم مع تضاريس بسطح ناعم (شمال تيان شان)
ترسم الركامات النهائية المتصلة بأسوار الركام الجانبي نهاية النهر الجليدي على شكل صورة تظهر بشكل حدوة حصان (الشكل 5.12). غالبًا ما يعمل سور الركام النهائي كحاجز للمياه الدائبة، وبالتالي تتشكل بحيرة مسدودة بينه وبين نهاية النهر الجليدي حيث تتراكم الرواسب الجليدية .

لا تحتوي الأنهار الجليدية للقمم المسطحة على أحجار جانبية ، والأخيرة صغيرة جدًا ورقيقة نظرًا لعدم وجود مواد حطامية عمليًا بسبب عدم وجود منحدرات، وبالتالي يتم توفير الجزء الأكبر من المواد الركامية من الركام السفلي .



الشكل (12.5) صورة تظهر شكل نهاية الوادي الجليدي المشبع بالحطام
(شمال تيان - شان)

تمثيل التضاريس الجليدية المائية (الفلورية الجليدية⁽¹⁾) : هذه الاشكال الارضية تتمثل بالوديان الرملية - Sands Valleys (من sands بالإنجليزية بمعنى الرمال). تبدأ هذه الأشكال الأرضية من نهايات الأنهار الجليدية الحديثة في الوادي الجليدي ولكنها منتشرة بشكل خاص بالقرب من الأنهار الجليدية التي تحتل المنخفضات التكتونية للوديان، كما هو الحال على سبيل المثال ، في تيان شان

(1) رواسب المياه الجليدية (رواسب مياه الأنهار الجليدية) هي نوع وراثي من اصول الترسبات الجليدية المرتبطة بذوبان الأنهار الجليدية المتراجعة أو المتقدمة. ويتم تمثيلها بشكل أساسي من خلال الرمال والتربة الخشنة، كما ويهيمن الكوارتز على التركيب وهي مرتبة بشكل سيء، لا تحتوي هذه الرسوبيات على مخلفات نباتية. تصل رواسب المياه الجليدية إلى سمك كبير في مناطق أحواض البحيرات القديمة .

(جنوب إنيلشيك ، موشكيتوفا ، زيرافشانسكي ، إلخ) ، بامير (فيدشينكو) وغيرها في الكثير من الجبال .

إن المياه الجليدية في الوادي عبارة عن نظام من القنوات المتفرعة للتيارات المائية المتدفقة من تحت حافة النهر الجليدي، وهي تغير موقعها باستمرار وتقل وتغسل حطام الركam. أما من حيث التركيب فهي عبارة عن صخور وحصى وجلمود مختلطة بالرمال والطين .

أما في المنخفضات الجبلية فإن بعض من الركamات الحديثة تبدأ بالانجرافات البسيطة على شكل حلقات مروحة مدمجة ، تشبه في شكلها تلك المتدفقة ، وكما موضح في (الشكل 13.5) وهي تتكون من رواسب جليدية. يمر الوادي الحديث والأراضي المنخفضة أسفل وديان النهر تدريجياً إلى سطح السهول الفيضية، وفي هذه الحالة يتم إستبدال الترسبات الفلورية الجليدية بالطين .



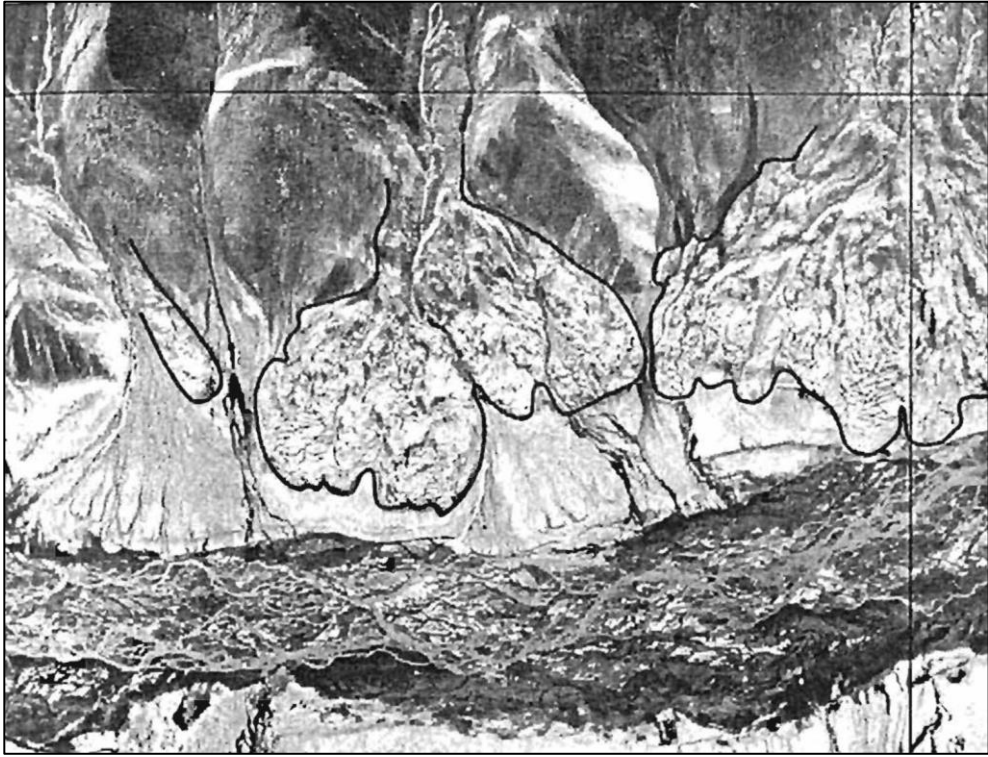
الشكل (13.5) صورة جوية توضح رواسب المياه الجليدية (الفلورية الجليدية أو الغرينية الجليدية) ، حيث إن : (1) يمثل مروحة الرواسب الفلورية الجليدية في نهاية الركamات الحديثة، فيما تمثل (2) الإنحدار نحو المنخفض وتشكل مناطق إنجراف أو فوهات الأراضي المنخفضة (المنطقة تقع وسط تيان - شان)

2.2.5. التضاريس (الأشكال الأرضية) الجليدية القديمة

في الجبال يتم تحديد و تمثيل آثار التكتلات الجليدية القديمة في وقت مبكر ومتوسط من عصر البليستوسين من خلال سهول الركام الملساء التي فقدت تضاريسها أو شكلها الأساسي ، حيث تم دمج ركامات العصر البليستوسيني المتأخر مع تضاريس أحدث أو محفوظة بشكل أفضل (انظر الشكل 12.5) .

أما في المنخفضات الواقعة على ارتفاعات شاهقة حيث لا تزال عمليات التآكل الحديثة ضعيفة ، نجد أن التضاريس الجليدية القديمة تحتفظ بأشكالها الأصلية. عموماً تشير تضاريس وتوزيع الركامات الجليدية القديمة في القوقاز وشمال الأورال وتيان - شان وألتاي وغيرها من السلاسل الجبلية الأخرى، إلى إنه في أوائل العصر البليستوسيني والنصف الأول من العصر الجليدي الأوسط ، كان للتجلد طابع غطاء أو شبه غطاء (بشكل غطاء جليدي أو شبه ذلك) .

ربما كان هذا بسبب التضاريس التي تم تعريضها بشكل غير كافٍ، مع تطور شبكة الأنهار وتعميقها ، حيث كانت التكتلات الجليدية اللاحقة (أثناء النصف الثاني من العصر الجليدي الأوسط وأواخر العصر الجليدي) عبارة عن أودية . في ذلك الوقت كانت هناك العديد من الأنهار الجليدية، بما في ذلك الأنهار الجليدية لسفوح الجبال والتي إنحدرت صوب المنخفضات ، مما أدى إلى انتشار الركام الجليدي. إن الأجزاء الهامشية لبعض الركام، لاسيما تلك التي تكون مشبعة بالمياه الذائبة أو بمياه الأمطار تتعرض للهبوط ، خاصةً إذا كان قاع الحوض لديه منحدر حاد ، مما يشكل شكلاً تضاريسياً محدداً "متجعداً" (الشكل 14.5).

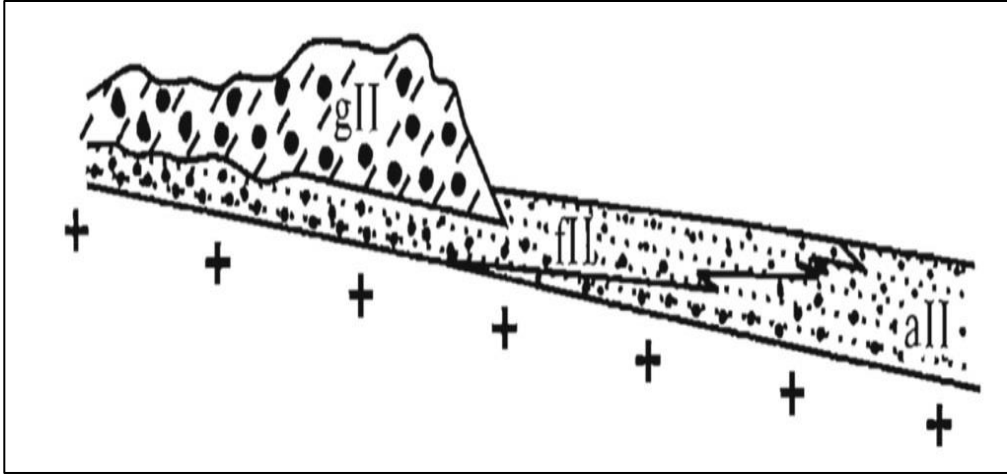


الشكل (14.5) صورة جوية توضح الانزلاق (الحالي) و التراكمات الجليدية عند سفوح أو أقدام الجبال (وسط تيان - شان)

إن هذه سمة خاصة للوادي أو الوديان في أواخر العصر البليستوسيني - الهولوسيني، حيث تتحول نهاياته إلى تيارات صخرية (حجرية) أو إلى أنهار جليدية، لاسيما إذا كان الجليد المتبقي لا يزال محفوظاً فيها. فتتزل هذه التيارات (الحجرية - الجليدية) إلى وديان الأنهار، مما يؤدي إلى ترطيبها فيما بعد ونتيجة لذلك تتشكل البحيرات، والتي يؤدي إختراقها أحياناً (إختراق مثل هذه البحيرات) إلى حدوث تدفقات طينية، عموماً فقد كان تراجع الأنهار الجليدية متفاوتاً، حيث كان لبعض الوقت في وضع ثابت.

تتجلى التكوينات الركامية المختلفة للتجمعات الجليدية المتأخرة من عصر البليستوسين بشكل خاص في الوديان الجبلية، والتي يصل عددها من خمسة إلى سبعة . أما أسفل الوديان، فإن الركامات الجليدية للأنهار الجليدية القديمة وكذلك الأنهار الحديثة منها،

فإنها تمر إلى منطقة زاندر⁽¹⁾ أو ساندن تكون من نفس العمر، والأخيرة مدمجة مع المصاطب الغرينية التي تكون من نفس العمر (الشكل 5. 15).

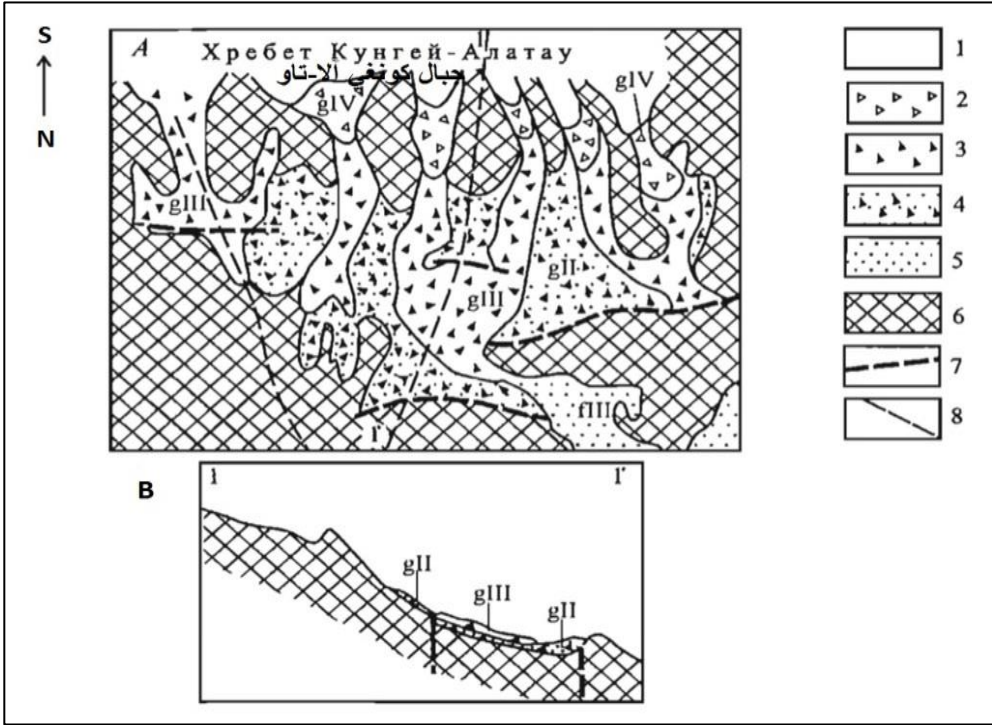


الشكل (5.15) يوضح إقتران السهول التي من نفس العمر - الركام الجليدي الغريني ، الأنهار الجليدية والرسوبية .

لقد تأثر تطور وتوزيع التضاريس الجليدية بنمو و نشاط الحركات التكتونية، ففي بعض المناطق تسببت نطاقات الرفع الأرضية الشابة النشطة، والتي كانت بمثابة حواجز جيومورفولوجية طبيعية أمام حركة الأنهار الجليدية، في بناء السدود وانتشارها داخل كتل منخفضة نسبياً. ونتيجة لذلك فقد نشأت الأنهار الجليدية في المياه الراكدة، وبعد ذوبانها بقيت ركاماتها الجليدية قوية و منتشرة من الوديان إلى مستجمعات المياه (الشكل 5.16) .

(1) سهل الإنجراف : هو سهل فيضي يسمى أيضاً بـ (سهل زاندر، ساندور ، ساندن أو ساندنار)، وهو مكون من رواسب جليدية ترسبت بواسطة مياه جليدية ذائبة عند أطراف الأنهار الجليدية أثناء تدفقه ، حيث تطحن الأنهار الجليدية السطح الصخري السفلي وتحمل الحطام على طوله. تعد سهول الساندن او سهول الإنجراف شائعة جداً في آيسلندا، حيث يعمل النشاط الحراري الأرضي على تسريع ذوبان تدفقات الجليد وترسب الرواسب بواسطة المياه الذائبة

كذلك في مناطق أخرى، أجبرت مناطق الرفع الأرضي الشابة والمتزايدة الأنهار الجليدية على الانحراف والانحناء حول هذه الارتفاعات (uplift land) ، مما أثر مرة أخرى على توزيع الركام الجليدي في المنطقة (الشكل 17.5) .

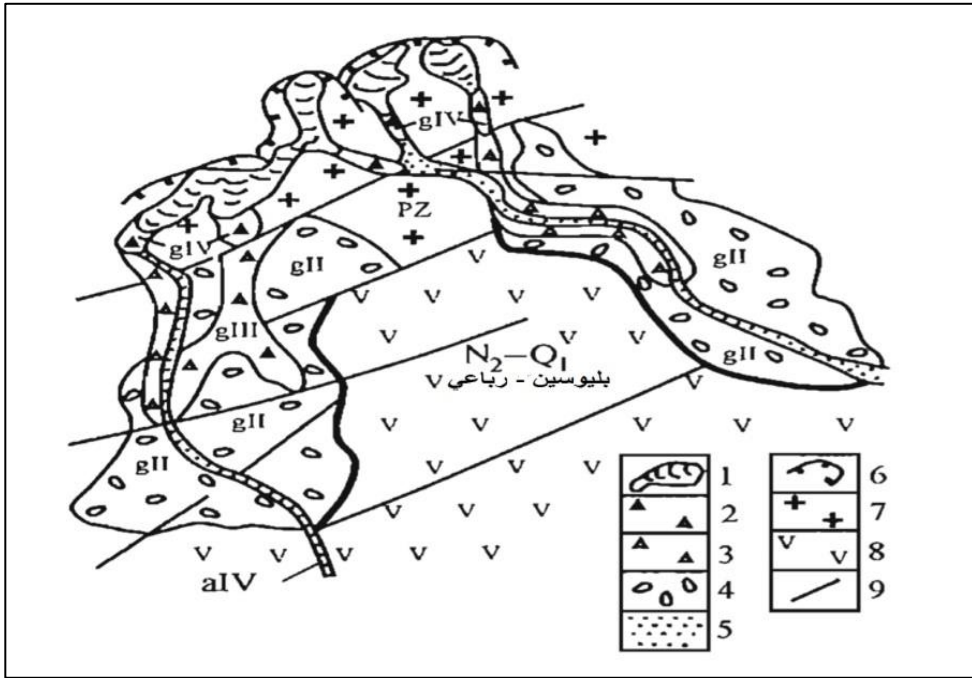


الشكل (16.5) مخطط يوضح الركام الجليدي، و المياه الراكدة (المعزولة) التي خلفتها الأنهار الجليدية على المنحدر الشمالي لسلسلة جبال كونغي - آلا تاو (شمال سلسلة تيان - شان)
إعتماداً على (بي. كي لوزغين و في. إي ماكاروف)، حيث يمثل :

A - جزء من خارطة تطور الأنهار الجليدية والركام الجليدي؛ B - مقطع طولي على طول الخط I-I'؛ حيث إن 1- يمثل الأنهار الجليدية وحقول الجليد؛ 2-4 - تمثل الركامات الجليدية (2 - حديثة ، 3 - ترجع للعصر الجليدي العلوي؛ 4 - العصر الجليدي الأوسط) ؛ 5 - الرواسب الفلورية الجليدية العليا بليستوسين؛ 6 - صخور الأساس - bedrock؛ 7- الصدوع؛ 8 - المقطع الطولي .

يُلاحظ على المنحدرات الجنوبية، عادة ما تكون الأنهار الجليدية أصغر أو غائبة تمامًا. لكن في بعض الأحيان يتم تجاوز هذا النمط لأسباب مناخية وتكتونية. فإذا

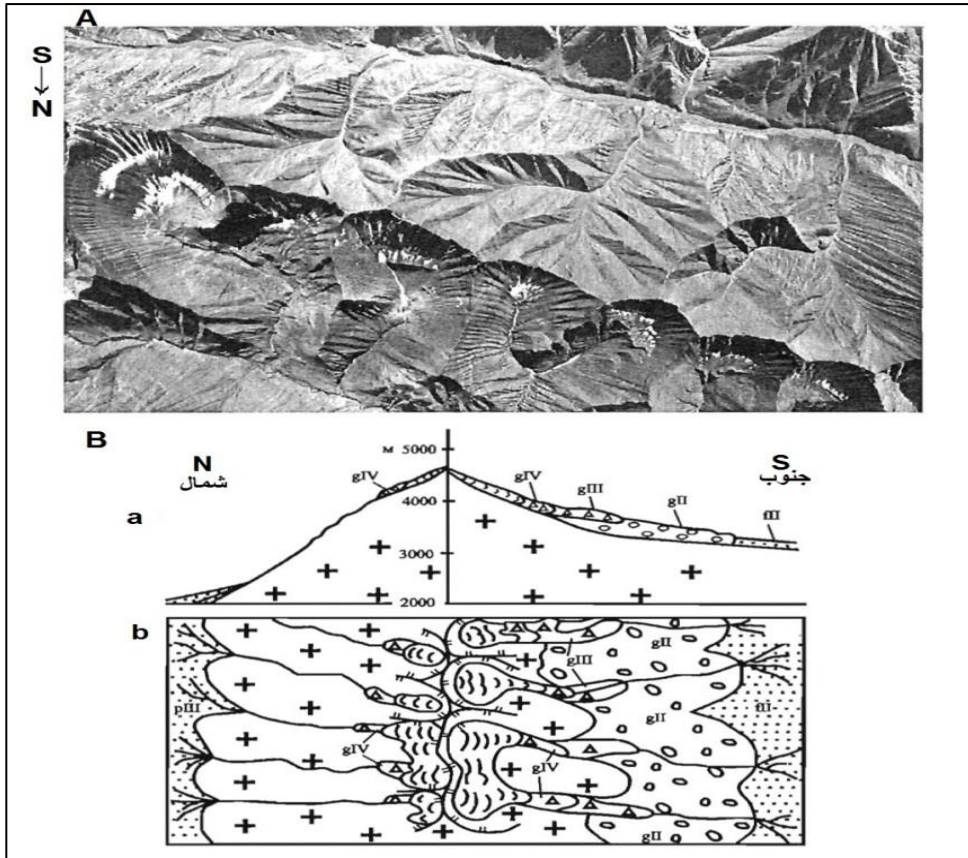
كانت المنحدرات المنكشفة الجنوبية تتلقى رطوبة وتساقطاً أكثر من المنحدرات الشمالية ، فإنها كقاعدة عامة ، تكون أكثر جليدية مقارنة بالمنحدرات الشمالية الأكثر جفافاً. ومن أبرز الأمثلة على ذلك جبال الهيمالايا التي تتلقى منحدراتها الجنوبية هطول أمطار غزيرة بسبب الرياح الموسمية الصيفية، وهنا يكون التجلد أكثر قوة ، لأن حدود الغلاف الجوي للشيونوسفير - الحد الجليدي - سيكون أقل بمقدار 700-1000 متر مقارنة بالمنحدرات الشمالية .



الشكل (17.5) تأثير التكتونيات الحديثة على تطور التجلد القديم (وسط تيان شان). مناطق الرفع الأرضي الشابة (الحديثة) Young uplift لفترة البليوسين - الرباعي (N_2-Q) ، حيث تتدفق حولها الأنهار الجليدية القديمة التي تركت الركام:

حيث إن : 1- يمثل الأنهار الجليدية; 2-4 - ركام جليدي (2 - حديث ، 3 - العصر الجليدي العلوي - البليستوسين العلوي، 4 - العصر الجليدي الأوسط - البليستوسين الأوسط) ؛ 5 - الطمي الحديث ؛ 6 - القمم ؛ 7 - الصخور القديمة ؛ 8 - رواسب الشباب النيوجينية - الرباعية ؛ 9 - الشغرات (ممرات صدعية)

يمكن أيضاً أن يحدث عدم تناسق للتجلد بسبب التكتونية - التركيب غير المتماثل للحواف الجبلية، فالمنحدرات الجنوبية لبعض السلاسل تكون أقصر وأكثر انبساطاً من المنحدرات الشمالية وتندمج مع قيعان المنخفضات المرتفعة وبالتالي الأكثر برودة ، في حين نجد أن المنحدرات الشمالية تكون أطول وبدورها فإنها تندمج مع المنخفضات المنخفضة "الدافئة". لذلك قد يكون التجلد في المنحدرات الجنوبية أقوى منه في المنحدرات الشمالية (انظر الشكل 18.5 B) .



الشكل (18.5) يبين عدم تناسق مظاهر التجلد لاختلاف المسببات

- A - مناخي: حلبة جليدية متطورة على المنحدر الشمالي الغربي (شرق سيبيريا) ؛
- B - التكتونية: حيث تم تطوير الأنهار الجليدية والركامات الجليدية الحديثة على نطاق واسع على المنحدر الجنوبي من السلسلة الجبلية ، مترافقة مع منخفض مرتفع وبالتالي بارد (a- مقطع طولي، b- مخطط)

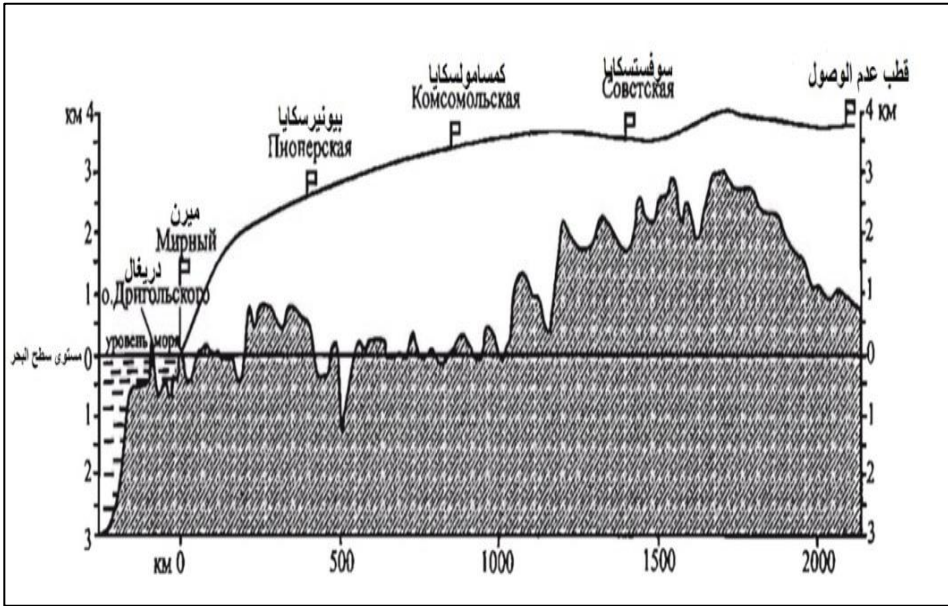
3.5. تضاريس مناطق تطور الغطاء الجليدي :

تحت هذا العنوان، فمن الطبيعي تحديد نطاقات التجلد الحديثة لأنتاركتيكا وجرينلاند وبعض جزر القطب الشمالي والقطب الجنوبي ، وكذلك التكتلات الجليدية القديمة في سهول الرصيف (platform plains) في نصف الكرة الشمالي تتدرج تحت هذا العنوان .

1.3.5. التجلد الحديث :

يمكن تمثيل مقياس التجلد بمقارنة المساحة التي يشغلها التجلد الجلي الحديث والتي تُقدر بحوالي 200 ألف كيلومتر مربع ، مع مساحة الغطاء الجليدي في أنتاركتيكا وجرينلاند التي تتجاوز 15 مليون كيلومتر مربع. من بين هذه المساحات توجد أكثر من 13 مليون كيلومتر مربع منها في أنتاركتيكا ، وحوالي 2 مليون كيلومتر مربع فقط - في جرينلاند والقطب الشمالي وجزر أنتاركتيكا.

في الوقت الحاضر يقع خط الثلج، أو الحد الأدنى من الغلاف الجليدي للشيونوسفير، في القارة القطبية الجنوبية عند مستوى سطح البحر أو حتى تحته، وفي جرينلاند أعلى قليلاً. عموماً فتحت ضغط الجليد الهائل يكون سطح القارة القطبية الجنوبية متجسراً (هابطاً) في بعض الأماكن بحوالي 800 متر، وجرينلاند بحوالي 500 متر تحت مستوى سطح البحر، يلاحظ أيضاً بأن التضاريس تحت الجليد في القارة القطبية الجنوبية تكون معقدة ومتشظية بعمق وهي تتميز بالجبال والهضاب والوديان العميقة (الشكل 19.5)، أما بالنسبة للتضاريس تحت الجليدية في جرينلاند فإنها تكون أقل تعقيداً منها في جرينلاند (الشكل 20.5) .



الشكل (19.5) قسم من الغطاء الجليدي في القطب الجنوبي على طول خط ميرني - قطب عدم إمكانية الوصول ، وفقاً لبيانات الملاحظات الزلزالية والجاذبية المشتركة لـ (سي. أي يفتيف)

عموماً يتشكل الغطاء الجليدي في القارة القطبية الجنوبية وجرينلاند على شكل درع يخفي تضاريس قبل الجليدي. فسطحه المحدب الذي تشكل نتيجة للتراكم المستمر للرواسب الصلبة (الثلجية) يتجاوز 4500 متر من الارتفاع المطلق في أنتاركتيكا ، و يصل بين 2700 إلى 2800 متر في جرينلاند . ونتيجة للضغط غير المتكافئ ، نجد أن الجليد ينتشر شعاعياً من المركز إلى المحيط، حيث ينخفض سمكه إلى عدة مئات من الأمتار. كما إن العديد من الأنهار الجليدية التي يصل طولها في القارة القطبية الجنوبية إلى نحو 800-1000 كيلومتر وعرض يقدر بحوالي عشرات ومئات الكيلومترات، فإن هذه الأنهار تتحرك على طول المنخفضات التضاريسية وتتحدر صوب الساحل. وتبلغ سرعة حركة الأنهار الجليدية 0.3 - 1 كم / سنة ، وفي جرينلاند تصل سرعتها إلى نحو 10 كم / سنة، وفقاً لـ (في. أم . كوتلياكوف).

ويستمررون في البحر لمسافة 100-400 كيلومتر أخرى على شكل جروف جليدية عائمة، وتمثل الأخيرة حقول جليدية عملاقة يصل سمكها إلى حوالي 200 متر، وتنقسم في البحر بوساطة حواجز بارتفاع 20-100 متر، فيما يتم ترسيب المواد الصخرية التي تجلبها الرغوف الجليدية نحو قاع البحر. كذلك يلاحظ انتشار التشققات على سطح الجليد التي تكون ناشئة بشكل رئيسي كنتيجة للسرعة غير المتكافئة لحركة التدفقات الجليدية.

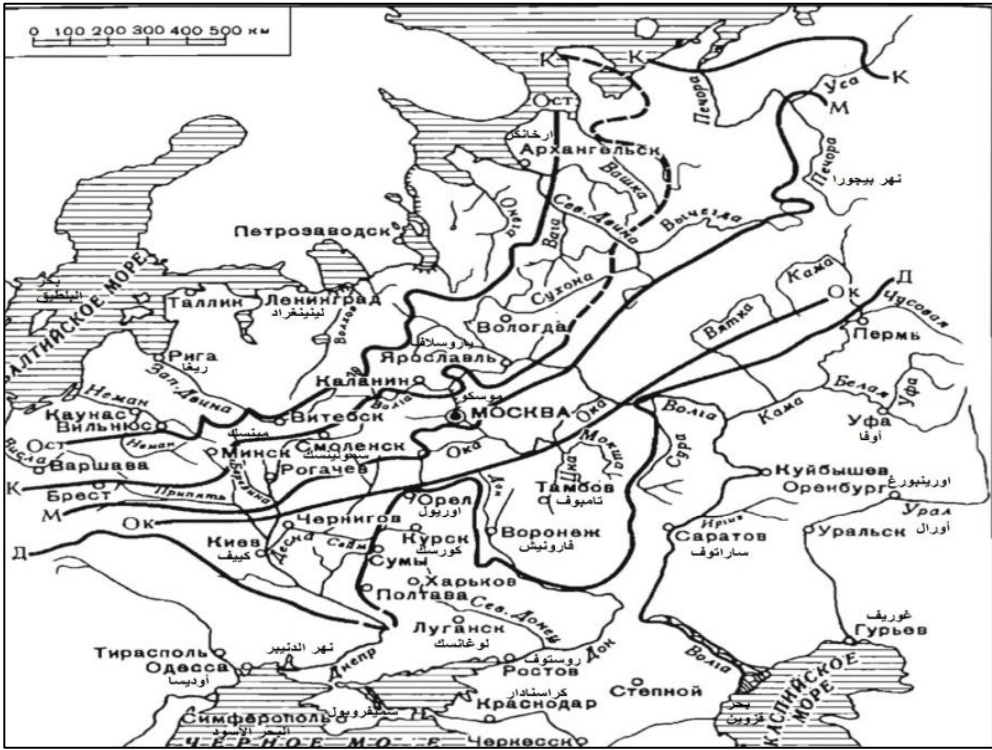
في جرينلاند تتسع هذه الشقوق بسبب تآكلها الشديد بواسطة المياه الذائبة في الربيع والصيف وتصبح قنوات عميقة. أما في القارة القطبية الجنوبية وبسبب ثبات متوسط درجات الحرارة السنوية السالبة، لا يحدث ذوبان للجليد على السطح عملياً. فقط في الجزء المحيطي تحديداً ضمن مناطق منفصلة خالية من الجليد تسمى "الواحات"، تظهر صخور الأساس على السطح. هنا على حافة الغطاء الجليدي تتشكل تلال ركام طرفي منخفضة (المتري الأول) في الأماكن التي تندمج فيها التيارات الجليدية، حيث تتشكل الركامات الجليدية الجانبية غير الممتدة والتي يصل ارتفاعها إلى 30-50 متراً وتقلص بسرعة.

وفقاً للبيانات الجيوفيزيائية يتم تمييز طبقة تحتوي على الركام (الركام السفلي) بسمك 30-40 متراً عند قاعدة الغطاء الجليدي وتحديدًا عند حدود الجليد وطبقة الأساس الصخرية. وتحت تأثير الحرارة المنبعثة الناتجة عن الضغط الجليدي أو التدفق الحراري القادم من أعماق القشرة الأرضية، يذوب الجليد مما يؤدي إلى أن تتشكل القنوات أو البحيرات. في شرق القارة القطبية الجنوبية وعلى عمق يصل لأكثر من 3 كيلومترات، كشف المسح الزلزالي عن وجود بحيرة يبلغ طولها حوالي 230 كيلومتراً وعرضها حوالي 50 كيلومتراً، حيث يصل عمود الماء هناك إلى نحو 500 متر. إن

التجلد الحديث للجزر القطبية الشمالية وشبه القطبية هو شبكي أو شبه مغطى، وهنا تبرز القمم الجليدية التي تغطي الأسطح المستوية للهضبة، حيث تُتحت الصخور هنا مشكلة الحلقات الجليدية أو السيرك. وهذه المناطق هي التي تتحدر منها الأنهار الجليدية، حيث تتشكل حقول الجليد الشاسعة وعند التقائها ترتفع كتل الصخور الأساس (صخور القاعدة) بينها مع جزر تسمى نوناتاك (تسمية خاصة بشعب الإسكيمو)، على طول منحدراتها حيث توجد أسوار من الركامات الجليدية الجانبية، مما يؤدي إلى ظهور أسوار متوسطة بالقرب من الأنهار الجليدية المندمجة مع بعضها البعض. على عكس الأنهار الجليدية الجبلية بالقرب من الأنهار الجليدية للجزيرة، فإن ارتفاع الضفاف الجانبية والوسطى للركام يكون أقل بشكل لا يواهي بسبب الكمية الضئيلة من مواد الفتات التي تدخل للأحواض هنا. ومن نهايات الأنهار الجليدية تتفكك الكتل الجليدية على طول الشقوق وتتحول إلى جبال جليدية .

2.3.5. تضاريس مناطق الأنهار الجليدية القديمة :

في فترة العصرالرباعي (قبل حوالي 1.8 مليون سنة) ، كان هناك العديد من الغطاءات الجليدية، التي خلفت وراءها تضاريساً غريبة. إذ حدثت أكبر التكتلات الجليدية في أوائل العصر الجليدي ، والمتوسط ، والمتأخر. على صفيحة أوروبا الشرقية وُجدت صفائح التجلد ضمن هذه المناطق على التوالي: أوكا ، دنبيير، موسكو و فالداي، وكان كل تجلد لاحق أقل من السابق (الشكل 21.5) .



الشكل (21.5) حدود توزيع الصفائح الجليدية القديمة على أراضي صفيحة أوروبا الشرقية

حيث إن : Ok. تمثل حدود جليد أوكا، Д : الدنيبر، M: موسكو، K : كالينين، Oct. : أوستاشكوف

في نصف الكرة الشمالي، كانت المراكز الرئيسية للتجلد متمثلة بالدرع الكندي في أمريكا الشمالية، درع البلطيق، جزر الأورال الشمالية في أوروبا و تيمير في شرق سيبيريا. لقد وصل الجليد أيضًا إلى اليابسة من البحار الشمالية المتجمدة وجزر القطب الشمالي للأرخبيل الكندي، نوافيا و سفيرنايا زيمليا⁽¹⁾ وغيرها.

من مراكز التجلد هذه إنتشر الجليد في الجداول بجميع الاتجاهات، ولكن في أغلب الأحيان إلى الجنوب. وقد غطت الصفائح الجليدية القديمة مناطق مماثلة لتلك

(1) كلمات روسية بمعنى (الأرض الجديدة) و (الأرض الشمالية) وهي اراضٍ تقع ضمن روسيا الاتحادية .

الموجودة في أنتاركتيكا وجرينلاند حالياً. يجدر بالذكر أيضاً فقد تغيرت التضاريس التي خلفتها العديد من الكتل الجليدية القديمة ، خلال حدوث التكتلات الجليدية اللاحقة، حيث تمت تغطيتها أولاً بالجليد وبعد ذوبانه ، تم تغطيتها بواسطة الركام الجليدي ورواسب المياه الجليدية. لذلك فقد تم دفن معظمها تحت هذه الرسوبيات المختلفة. وقد تم حفظها بشكل ناعم (غير معقد) بصورة كبيرة فقط في الأجزاء الطرفية من المناطق الجليدية، تلك المناطق التي لم تتداخل مع صفائح جليدية حديثة وكذلك ضمن المرتفعات التي تم تبسيطها وتنعيمها (تعريتها) بواسطة الجليد، علماً بأن أراضي المنطقة المحيطة بالجليد تكون متاخمة بصورة مباشرة للغطاء الجليدي. كما تتميز هذه المناطق بمناخ التندرا القاسي ، وتطور التربة الصقيعية ، والرياح القوية التي تهب باستمرار فوق الغطاء الجليدي والتي تحمل الغبار المتراكم على مستجمعات المياه وأسطح المدرجات على شكل غطاء من اللوس (اللويس) أو الطميية الطفلية⁽¹⁾. مع تراجع للأنهار الجليدية و تحرك للمنطقة المحيطة بالجليد أيضاً. نتيجة لذلك فقد تم تطوير أغشية تربة اللوس الموجودة في الأحراش والمدرجات ، وكذلك أشكال التربة الصقيعية المتواجدة في أقصى الشمال .

تقسيم المناطق الجليدية : ضمن تطور كل صفيحة جليدية قديمة تنقسم التضاريس على منطقتين هما نطاق الحرث الجليدي (التعرية الجليدية) و نطاق التراكم. حيث تتجلى معالمها بشكل أفضل في التضاريس التي خلفتها أحدث طبقة جليدية والتي ذابت منذ حوالي 10-12 ألف سنة. ففي الجزء الأوروبي من روسيا يطلق عليه فالاداي **Valdai** (حيث يجمع بين اثنين من الجبال الجليدية هما كالينين و أوستاشكوف) ، في غرب سيبيريا يطلق عليه (زيريان) ، أما في أوروبا الغربية فيطلق عليه تسمية **(Wyrn)** وفي أمريكا الشمالية يسمى (ويسكونسن) .

(1) التربة الطفالية (تربة الطفل) هي تربة تحتوي خليطاً من الطين والرمل والغرين بنسب متقاربة، وهي أفضل أنواع الترب على الإطلاق حيث يسهل العمل بها، كما إنها ليست قاسية ولا تشكل كتلاً كبيرة إذا جفّت .

منطقة الحرث الجليدي : هذه هي منطقة نشأة، تغذية و نمو سمك الغطاء الجليدي (مركز التجلد)، فبالنسبة لتجلد فالداي وكذلك بالنسبة للمناطق الأقدم منها فإنها تكون في الأساس ضمن منطقة درع البلطيق مع الجبال الاسكندنافية. لقد بلغ سمك الغطاء الجليدي خلال جميع العصور الجليدية 2-3 كيلومترات، وهي موجودة هنا لأطول فترة. ومن هنا انتشر الجليد في جميع الاتجاهات بشكل تيارات منفصلة، مما أثر بشكل مباشر على الصخور الأساسية (صخور القاعدة الاركية) وحمل حطامها لمئات الكيلومترات. عموماً هنا تسود أشكال مختلفة من التضاريس التي شكلها النشاط الجيومورفولوجي للجليد، وهي تشمل العديد من أحواض الحرث الجليدي والحفر ذات الأحجام المختلفة والموجهة في اتجاه حركة الجليد. إن كثير من هذه الاشكال الارضية محصور في المنخفضات التكتونية للتضاريس ما قبل الجليدية أو في مناطق أودية الأنهار السابقة وقد كانوا موجودين لفترة طويلة، ربما من العصور الجليدية الأولى. حالياً ، تشغل مثل هذه البحيرات معظم مناطقها تلك (كالافيبي وسولاويزي في فنلندا وغيرها الكثير).

يتم فصل الأحواض والحفر أو التجاويف بواسطة تلال صخرية شديدة الانحدار يطلق عليها تسمية **selgami** (وهو مصطلح مشتق من الكلمة الفنلندية **selkä** بمعنى الظهر أو النتوء الجلي)، كذلك فقد نتج عن العمل الجيومورفولوجي للجليد أن تم تعميم نتوءات حجر الأساس وصقلها بالجليد مما أعطى سبباً لتسميتها بـ " الصخور الغنمية"⁽¹⁾ أو صخور جباه الأغنام" (الشكل 22.5) . وعلى طول السواحل تظهر

(1)الصخور الغنمية أو الأغنامية في علم الجليد(Roche moutonnée) وهو تشكيل صخري ناتج عن مرور نهر جليدي. وهو غالباً ما ينتج عن مرور النهر الجليدي فوق صخور الأساس التحتية شكلاً غير متماثل نتيجة للتآكل على جانب المنبع من الصخور ، بالإضافة الى عمليات الحرث و النتف على جانبي المصب، وهذه الملامح التآكلية تظهر على مقاييس تقل عن متر إلى عدة مئات من الأمتار. إن الجبهة وجانبي الصخور تكون تقريباً مكورة ولا تحتوي على أية نتوءات لأن الجليد كان يحتك بها أثناء اندفاعه، أما الجزء الخلفي وهو الزاوي، حيث التجميد والذوبان اللذان يتسببان بكسر الصخرة .

تضاريس ضحلة (غمرها البحر الضحل مثل "الصخور الغنمية أو جباه الأغنام" بصورة بارزة على شكل جزر) . كذلك فقد طورت الأنهار الجليدية التي تتحدر من الشمال صوب البحر أحواض عميقة والتي أصبحت بعد ذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر وغمرها بمياه البحر على شكل خلجان طولية عميقة تسمى بالفيوردات .



الشكل (22.5) نتوءات صخرية تم تنعيمها وصقلها بنهر جليدي والتي يطلق عليها تسمية " الصخور الغنمية أو جباه الأغنام" ، مع الخدوش أو الخطوط الجليدية **Glacial striation** التي تظهر أيضا على سطح صخور القاعدة بسبب عمليات الكشط الجليدي الناتجة عن الكتل الجليدية المتحركة (الصورة بواسطة أي. سي كراسيلنيكوف)

تشغل منطقة تراكم المواد الجليدية مساحات شاسعة، وقد تطورت التضاريس الجليدية والمائية هنا بشكل واضح. كذلك يجدر بالذكر بأنه وفي الغطاء الجليدي كانت هناك تيارات جليدية مستقلة تتدفق بسرعات مختلفة وباتجاهات عدة ، بما في ذلك تلك

المتدفقة منها من مراكز مختلفة من الغطاء الجليدي ومقاطع أو أماكن التغذية الجليدية وكما موضح في (الشكل 23.5) .



شكل (23.5) رسم تخطيطي لتوزيع التدفقات الجليدية أثناء تجلد فالداي

(عن أي. بي ماكافييف و أن. سي جيبوتارييف)، حيث إن :

- 1 - اتجاهات التدفقات الجليدية الفردية ؛ 2 - المرتفعات التي تقسم مجاري الأنهار الجليدية ؛ 3-4 - تمثل حدود مراحل انحسار جليد فالداي: (3 - الحد الأقصى ، 4 - لاحقاً أي الوقت المتأخر) .

كانت المواد الفتاتية الأخيرة (clastic material) ذات تركيبة مختلفة نموذجية لمنطقة معينة، وعلى أساسها فقد تم تحديد مسارات حركة الجليد وانتشار شظايا

صخور القاعدة الأساس التي تم التقاطها بواسطة الكتل الجليدية. حيث يتكون كل تيار جليدي من عدة شفرات جليدية التي تنقسم بدورها على عدة السنة، وقد كانت جميعها محصورة في المنخفضات المختلفة للتضاريس ما قبل الجليدية ، بما في ذلك المنخفضات التكتونية مثل (خلجان البحر وأحواض البحيرات ووديان الأنهار التي كانت موجودة قبل التجلد). لقد تم فصل الجداول والشفرات بفواصل الجليد والتي كانت عبارة عن مناطق رفع أرضي تكتونية، فبعضها لم يكن مغطى بالنهر الجليدي على الإطلاق وكان شاهقاً فوقه ، في حين انخفض سمك الجليد في البعض الآخر.

أما بالنسبة لنطاقات التراكم، فهناك منطقتان مميزتان لهما : داخلية وهامشية، حيث تقع منطقة التراكم الداخلية بين منطقة الحافة ومنطقة الحرث الجليدي. كذلك يؤدي تدهور وتراجع الغطاء الجليدي الناجم عن ارتفاع درجة حرارة المناخ إلى ترسب وتساقط الحطام من الجليد وتشتته بشكل غير متساو في سمكه .

نتيجة لذلك، يتم تشكيل التضاريس الجليدية التراكمية لسهول الركام، التي تحتوي على التلال ، الحافات العالية و تضاريس التلال – الأحواض (الحفر الجليدية). وتمتد بعض التلال في اتجاه حركة النهر الجليدي وهي عبارة عن مورينات جانبية (ركام جليدي جانبي) من التدفقات الجليدية المدمجة، حيث يصل ارتفاع التلال والحافات فيها إلى 20-30 متراً ، و نادراً ما يزيد عن ذلك .

تتكون السهول عموماً من الركام الرئيسي وهو في الأساس ركام سفلي، حيث لا توجد ركامات جليدية سطحية عند الصفائح الجليدية ، كما أن الركام الداخلي يكون ضعيف التطور من الناحية الجيومورفولوجية. وبذلك يهيمن على تكوينها الطميي مع شظايا متناثرة من الصخور ذات الأحجام المختلفة والتي تتراوح من الجروس (Grus)⁽¹⁾ إلى

(1) الجروس - Grus : عبارة عن شظايا حبيبية خشنة ناتجة عن التفكك الحبيبي عن طريق عمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية للصخور البلورية - صخور القاعدة عموماً .

القطع الصخرية الكبيرة التي تبلغ اكثر من متر واحد. وكلما كان الركام حديث التكون (أحدث عمراً) وكلما كان أقرب إلى منطقة الحرث الجليدي ، زاد حجم الشظايا التي تحتوي عليها (صخور وكتل صخرية مستديرة بشكل سيئ). في منطقة تراكم التجلد الأخير نلاحظ إنتشار تلال الركام بالصخور الكبيرة .



شكل (24.5) صور لشظايا مختلفة من ركام الجروس Grus بأحجام مختلفة

بسبب التقلبات المناخية، فقد تقدمت الأنهار الجليدية وانحسرت بشكل غير متساو (على مراحل) مع حالة من التذبذبات (من المصطلح اللاتيني **oscillatio** - بمعنى **swing** أي التأرجح) ، لذلك نجدها باقية مؤقتًا عند حد معين وأحيانًا تتقدم مرة أخرى، وتمتاز بأنها تخلف وراءها أسوار من الركام النهائي. عموماً يوجد ما يصل من خمسة إلى سبعة من هذه التلال الركامية - الترابية لآخر صفيحة جليدية في فالداي، حيث إن العديد منها عبارة عن مرتفعات كبيرة متراكمة مثل مرتفعات فالداي ، فيبوسفسكايا ، إلخ.

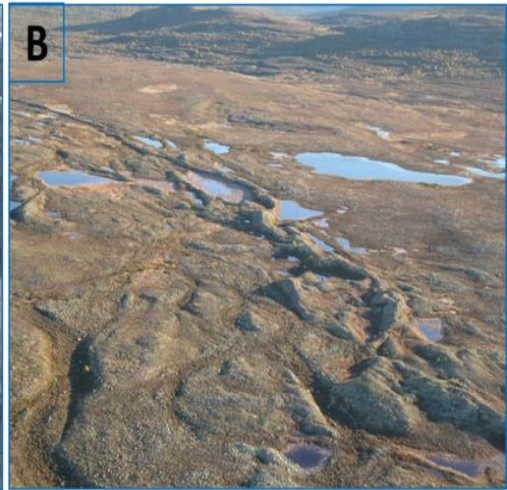
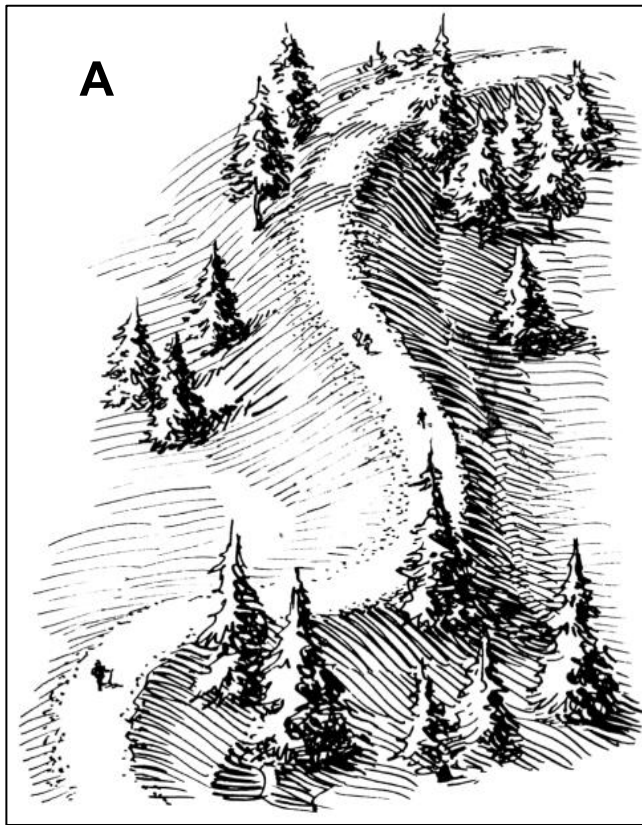
تلك التلال الركامية كانت بمثابة حواجز أو سدود لتدوير المياه المتدفقة من حافة النهر الجليدي. لذلك ، بين حافة الغطاء الجليدي المتراجع والحافات الركامية ، بالإضافة إلى تضاريس التلال الترابية - الأحواض وصولاً إلى السهول الجليدية، فقد أدى ذلك الى تشكيل بحيرات سدود. حيث تراكمت الرواسب الرقيقة من الجليد وكذلك الأشرطة الطينية المتكونة من طبقات من الطين والرمل والمتداخلة مع بعضها البعض بشكل إيقاعي، مما يعكس التغيرات الموسمية في محتوى الماء (في الربيع ترسبت طبقات رملية خشنة، وفي الشتاء ترسبت طبقات طينية رقيقة)، ولا تزال العديد من البحيرات موجودة حتى يومنا هذا .

لقد تطورت ونمت المناطق الداخلية على نطاق واسع مكونة سهول الساندر الجليدية لتلك الوديان، حيث تمتد مثل هذه السهول على طول وديان الأنهار على شكل أشرطة أو تشكل أشكالاً مستقلة . يمثل الكثير منها منخفضات واسعة بعرض عدة كيلومترات لأنها محصورة في الأحواض التكتونية. ونظرًا لأن الماء قد جف بعد ذوبان الجليد تمامًا فإن العديد من المنخفضات أو التجاويف أصبحت جافة عمليًا الآن، إلا ان بعضها يحتوي على بحيرات متبقية في القاع، وقد تم استخدام المنخفضات الأخرى بواسطة كمناطق لوديان مجاري الانهار ومنها مجموعة من الانهار الحديثة. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك أحواض الجريان السطحي من مختلف الأعمار والتي

تشكلت أثناء تدهور التلال الجليدية في موسكو (أثناء العصر الجليدي الأوسط) أو فالداي (أثناء العصر الجليدي المتأخر)، والتي تم تطويرها في شمال غرب منطقة موسكو - إيكشينسكايا ، في سمولينسك - ميكولينسكايا ، نوفغورودسكايا - إلمنسكايا وغيرها الكثير . عموماً يمكننا ملاحظة أن قناة موسكو-فولغا تنحصر في أحد أحواض الجريان السطحي التي تشكلت أثناء تدهور العصر الجليدي الأوسط في موسكو. كما إن هناك أشكال أخرى من التضاريس الجيومورفولوجية المرتبطة بذوبان الجليد وهي بحيرات الأوزي (مصطلح **Ozes - Озы** من أصل سويدي بمعنى الحافة) التي تنشأ عن الحافات الركامية أو الإسكار (**Eskar**)⁽¹⁾ وتسمى أيضاً بـ (ركام الثعبان) وهي عبارة عن أشرطة متعرجة من الركام الجليدي الذي يشبه خطوط السكك الحديدية ، كما موضح في الشكل (25.5) ، كذلك فإنها أيضاً تشبه السداد الترابية التي أُقيمت على الاكتاف الطبيعية على جانبي مجرى نهري دجلة والفرات لاجل درء مخاطر الفيضانات في العراق .

يصل طول هذه الأشرطة التلالية من عشرات الأمتار إلى عدة مئات من الكيلومترات، أما الارتفاع فيتراوح من 5-8 إلى 10-20 مترًا وأكثر، والعرض قد يصل الى نحو 100 متر ، ويمكن أن يكون سطح الأعمدة

(1) هو سلسلة طويلة متعرجة من الرمل والحصى الطبقي ، أمثلة منها تحدث في المناطق الجليدية والمتجمدة سابقاً أوروبا وأمريكا الشمالية. وغالبًا ما يبلغ طول الجسور هذه عدة كيلومترات وبسبب شكلها المنتظم فإنها تبدو وكأنها جسور للسكك الحديدية .

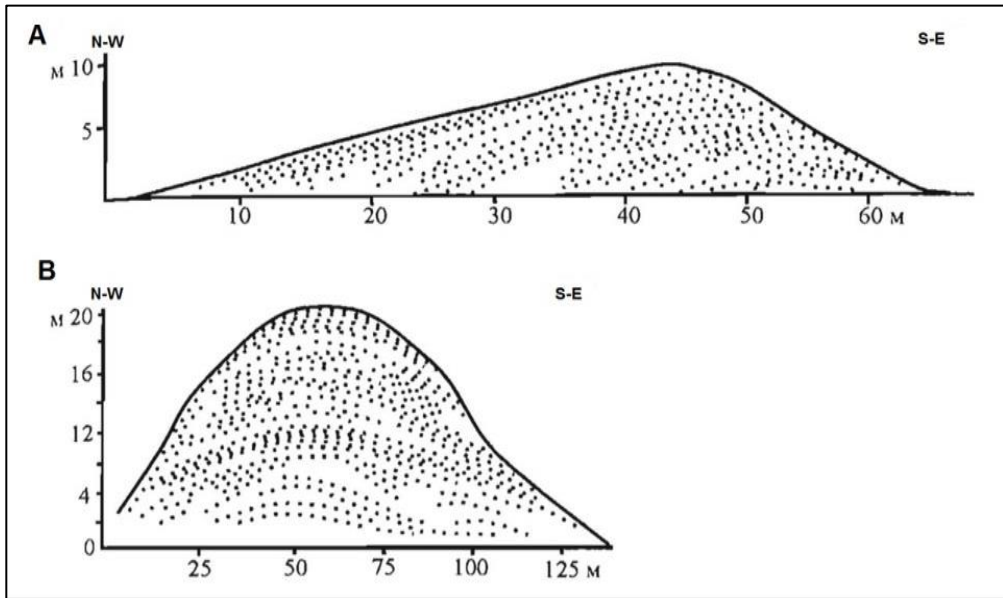


الشكل (25.5) بحيرات أوزي في شبه جزيرة كولا - روسيا الاتحادية ومناطق من غرب السويد

رسم تخطيطي يوضح سلسلة الإسكار أو ركام الثعبان بواسطة

Pearson Scott Foresman

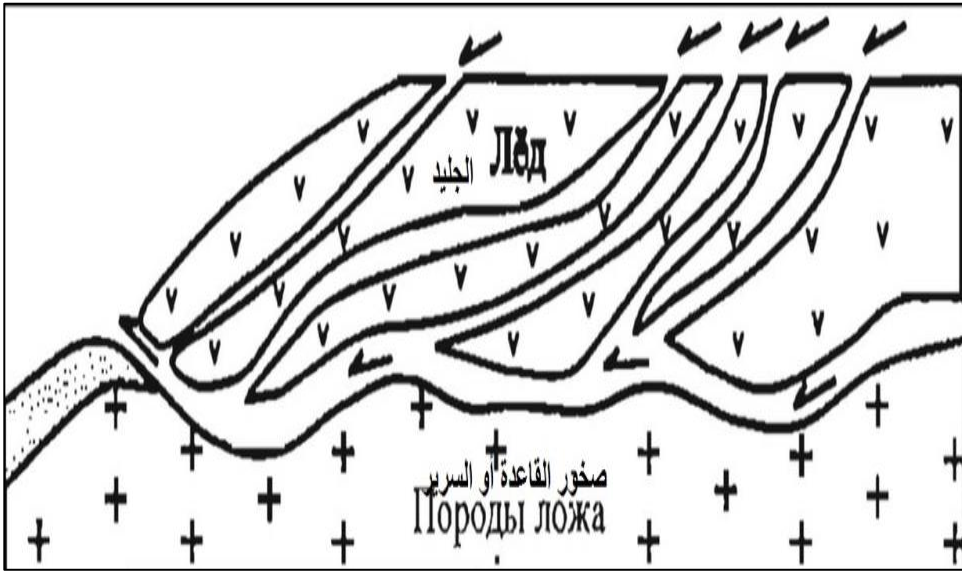
صورتان تظهران بحيرات الأوزي (اليمنى لمنطقة تقع غرب السويد) بواسطة Hanna Lokrantz، فيما الصورة (اليسرى لمنطقة في شبه جزيرة كولا) بواسطة أي. سي كراسيلين والاشربة محدبًا ومسطحًا وشبيهًا بالتلال، أما إنحداراته فتكون شديدة الانحدار أو متناظرة أو غير متماثلة. وتتكون الصخور المؤلفة لهذا الشكل الجيومورفولوجي من مواد رملية أو حصوية - رملية تكون مرتبة ذات طبقات ، مما يشير إلى طبيعة البيئة المائية للتكوين، كما موضح في (الشكل 26.5 A ، B) .



الشكل (26.5) أشكال أشربة تلال بحيرات الاوزي

A- غير متماثلة B- متماثلة ، وفقاً لـ (بي. راوكاس و آخرون)

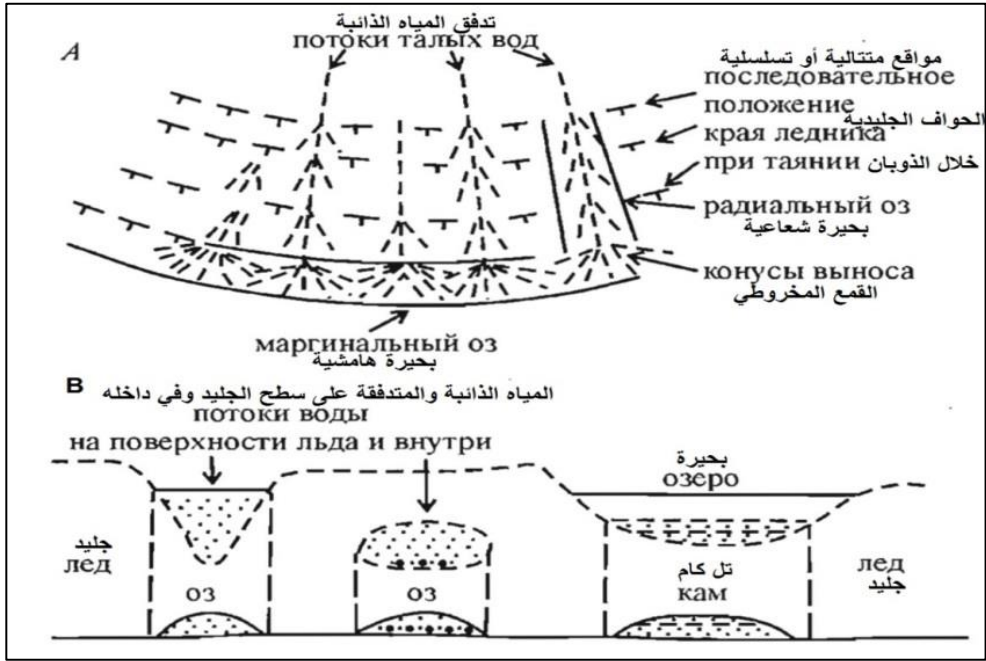
يمكن لتلال الأوزي بغض النظر عن التضاريس، أن تتسلك المنحدرات وتعتبر مستجمعات المياه، كما يرتبط تكوين البحيرة بتدفق المياه داخل النهر الجليدي عند قاعدته وعلى السطح (الشكل 27.5) .



الشكل (27.5) مواضع تدفق الماء الذائب داخل اللسان الجليدي وفقاً لـ (بي. اولدستيدت مع بعض التغييرات) حيث تتدفق المياه الذائبة على سطح النهر الجليدي وداخل الكتلة الجليدية وعند قاعدة النهر الجليدي

كذلك تتميز البحيرات الشعاعية والهامشية بموقعها بالنسبة لحافة الغطاء الجليدي، حيث تكون الثقوب الشعاعية موجهة في اتجاه حركة الجبل الجليدي، وهي مستقيمة أو ذات شكل متعرج إعتماًداً على تدفق المياه الذائبة التي تدفقت عبر الشقوق أو في الأنفاق داخل الجليد. كذلك تكون الثقوب الهامشية موجهة عبر حركة النهر الجليدي، لذلك فهناك وجهات نظر مختلفة حول تكون ظاهرة بحيرات الاوزي أو الاوزو .

فوفقاً لأحدهم، فإن التيار الذي يتجاوز حافة النهر الجليدي قد أدى إلى ترسيب المواد المنقولة في شكل مخروط طمي أو دلتا (في حالة التدفق إلى خزان)، والتي زادت تدريجياً في اتجاه المنبع بعد تراجع حافة الجبل الجليدي. وهكذا فقد تم تشكيل سلسلة شعاعية من مخاريط التهوية على شكل عمود أو سلسلة من التلال التي غالباً ما تكون متناظرة. فيما تشكلت الثقوب الهامشية عندما تم توصيل الأجزاء الجانبية للمخاريط أو الدلتا للعديد من التيارات ببعضها البعض (الشكل 28.5 A) .



الشكل (5.28) مخطط يوضح تشكل ظاهرة بحيرات الاوزي او الاوزو و ظاهرة تلال الكام حيث إن - A : وفقا لفرضية الدلتا - B ; وفقا لفرضية الإنعكاس

نتيجة لذلك، فقد تشكلت سلسلة من الحافات أو (سلسلة من الأسوار - الجدران) تحدد حافة النهر الجليدي، وتكون غير متماثلة في المقطع العرضي. كما يكون المنحدر المواجه للنهر الجليدي أكثر حدة من الجهات الأخرى. ووفقاً لوجهة نظر أخرى، فإن المادة المترسبة في قاع التيار والتي يتم نقلها أثناء ذوبان الجليد قد تم إسقاطها على الركيزة ومن ثم فقد تم تشكيل شكل انعكاس - عمود أو سلسلة تلال (انظر الشكل B 28.5).



الشكل (29.5) أحد تلال الكام في منطقة (اليمين: إقليم أرخانغليس - روسيا الاتحادية ، اليسار: من منطقة كيريموريا - إسكتلندا)

(الصورة اليمنى بواسطة في. إي مكاروف، اليسرى بواسطة ريتشارد ويب)

بعض بحيرات الاوزي تكون مغطاة بالركام، وهذا يشير إلى أن بعض التيارات تدفقت تحت الجليد أو بداخله. وبالإضافة إلى البحيرات في المنطقة الداخلية للتراكم فقد تم تطوير مظهر جيومورفولوجي يعرف بتسمية الـ **kams**⁽¹⁾ (وهي تسمية مشتقة من

(1) عبارة عن تلال شديدة الانحدار على شكل قبة مبعثرة عشوائيًا ، وتتكون من الرمل الطبقي، الطمي الرمل، والطمي مع خليط من الحصى والطبقات الداخلية الطينية المترسبة عن طريق تدفق المياه الجليدية الذائبة. توجد بشكل فردي وفي مجموعات، تتواجد بشكل رئيس في شمال غرب الجزء الأوروبي من روسيا (كاريليا ، منطقة لينينغراد)، وفي شمال بيلاروسيا وفي دول البلطيق ومناطق أخرى من العالم . يبلغ الإرتفاع العام لتل الكام من 2-5 وقد يصل حتى 30 م فيما يصل قطر هذه الكامات الى مئات الأمتار، وقد تشكلت هذه التلال على حافة الأنهار الجليدية القارية أثناء تراجعها. وفقًا لإحدى الفرضيات الأكثر شيوعًا، فقد نشأت الكامات نتيجة النشاط المتراكم للتيارات التي كانت تدور على السطح ، داخل وفي الجزء السفلي من كتل كبيرة من الجليد الميت خلال فترة تدهور الأنهار الجليدية .

الكلمة **came** باللغة الانجليزية) وهي أشكال تضاريسية تلالية مع نشأة جليدية وتكون في الغالب بهيئة تلال فردية، كما موضح في الشكل (29.5)، أو حتى من الممكن ان تظهر بهيئة مجموعات من التلال أو تلال تشبه الهضبة أو بشكل مدرجات على المنحدرات .

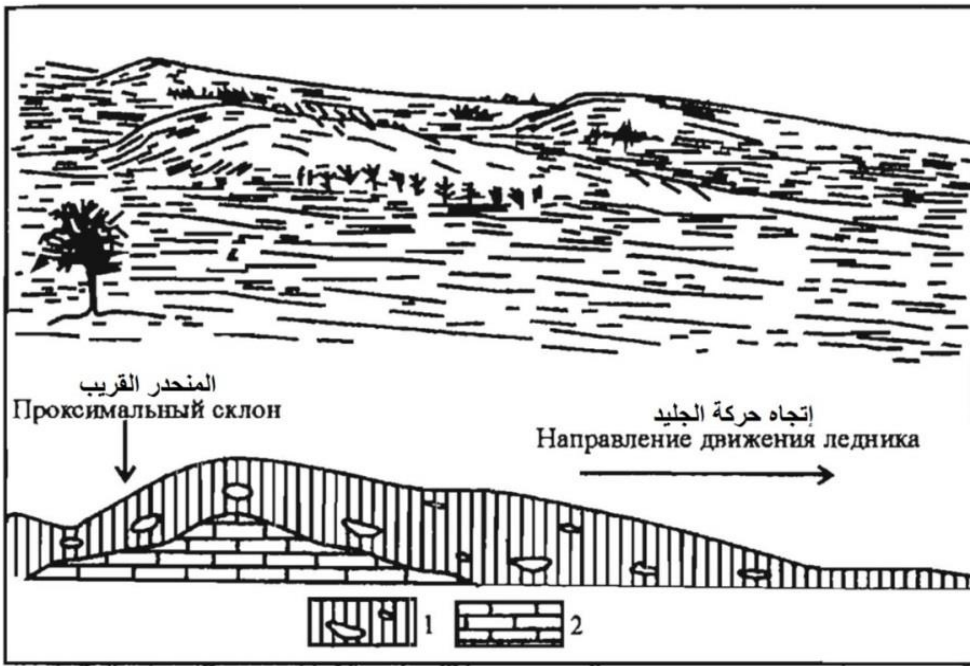
يرتبط تلال الكام بجليد ثقيل ميت غير متحرك يملأ المنخفضات في التضاريس، وعندما ذاب الجليد ظهرت بحيرات على سطحه غير المستوي. توجد البحيرات تحت الجليد على سطح الركيزة - صخور القاعدة (كما هو الحال الآن في أنتاركتيكا) كما إنها توجد داخل الجليد أيضاً .

في منطقة التراكم في بعض الأماكن أحياناً، يتم تطوير بعض الأشكال التضاريسية الخاصة التي يُطلق عليها تسمية دروملين (من الكلمة الانجليزية **drumlin** بمعنى الطبله) إذ تم إستخدام هذا المصطلح عام 1833، وهو شكل جيومورفولوجي يشبه التلال المسطحة، المستطيلة و الممدودة على طول إتجاه حركة الجليد، حيث يتراوح ارتفاع الأسطوانات (الدروملين) من 5 إلى 40 م ، والعرض 250-600 م ، أما الطول فيصل من 1 - 1.5 كم وحيانا قد يبلغ 2 كم، كما موضح في (الشكل 30.5).



الشكل (30.5) تلال الدروملين المتكونة عن عمل الجيومورفولوجي للجليد

تكون تلال الدروملين غير متماثلة في معظم الاحيان، فالمنحدر المواجه للنهر الجليدي المتقدم يكون مرتفع وممل، والعكس في الجهة الثانية حيث يكون منخفض ولطيف. تلال الدروملين مكونة من ركام يحيط بطابق سفلي من الصخور ، والذي يتم كشفه أحياناً عند الطرف الحاد (الشكل 31.5). هناك طبول صخرية (تلال دروملين) منحوتة في حجر الأساس. غالباً ما تشكل الدروملين مجموعات (مئات وآلاف) أمام مقدمة الهامش فيما لا يزال أصل الطبول (الدروملين) غير واضح تماماً.



الشكل (30.5) تلال الدروملين وفقاً لـ (زي. أي ماكاييف) شكل عام ومخطط

1 - ركامات جليدية 2 - صخور الأساس

وقد يتكون ضمن مناطق من الجليد تلك التي تكون مثقلة بالحطام مواجهة العوائق وخلفها فقدت قدرتها على الحركة، مما أدى إلى تفرغ المواد. حيث يتدفق الجليد النقي حول هذه المناطق مما يؤدي إلى تنعيمها وتشكيلها في شكل أسطوانة أو تل دروملين.

تعد المنطقة الهامشية الأرضية التي انتهى فيها الغطاء الجليدي وتم تفرغ المواد الركامية التي جلبها الجليد. حيث إنه يشكل الطرف الأمامي أو الهامشي من الركام ، والذي يشكل بدوره سلسلة من التضاريس المرتفعة في شكل تلال وأسوار أو سلاسل تلالية ، حيث تحدد بشكل عام حافة النهر الجليدي. يبلغ عرض المنطقة الهامشية عدة عشرات من الكيلومترات، ويبلغ سمك الركام بناءً على ارتفاع الأعمدة أو التلال التي تتكون منها مائة متر أو أكثر، وهو أكبر بكثير من الركام الرئيسي. تنقسم الركامات الهامشية على كتلة من الصخور و مواد جليدية مضغوطة، و تتشكل الركامات السائبة على حافة النهر الجليدي الذائب خلال موقعه الهادئ طويل الأمد. أما بالنسبة لشكل المقطع العرضي، حيث تكون ضفاف وتلال الركام السائبة غير متماثلة: فإن الحافة المواجهة للنهر الجليدي تكون أكثر حدة، وهي تتكون من مواد مخلفات جلبها النهر الجليدي وجرفتها المياه الذائبة في بعض الأحيان أو ترسبت في البحيرات السدود (بحيرات الأوزي) التي كانت موجودة على حافة النهر الجليدي ، وبالتالي فهي تحتوي على فراش ليس نموذجياً من الركام الجليدي .

تعد ركامات الضغط سمة من سمات التقدم النشط في الأنهار الجليدية ، والتي تعمل بدورها مثل الجرافة، حيث تعمل على الصخور أو الرواسب أمام حوافها. فعندما يواجه نهر جليدي في حركته أي عقبة - نتوء صخور صلبة في السرير - العارضة (من الكلمة الألمانية **Riegel** - بمعنى العارضة) ، أو بسبب الارتفاع التكتوني ، فسيتم سحق الصخور الأساسية تحت ضغط الجليد وممارسة الضغط عليها ، مما يعمل على إنفصالها في شكل صفائح أو قشور أو كتل ، يتم دمجها في جسم النهر الجليدي. تتضخم ركامات الضغط وتتعرض مع الصخور الأساسية للاضطراب بسبب الطيات والصدوع وما إلى ذلك. وتسمى هذه التكوينات بالتحلل الجليدي. لقد تم العثور على ركامات ضغط من مختلف الأعمار مع الاضطرابات الجليدية في روسيا

وبيلاروسيا ودول البلطيق وأوكرانيا وغيرها، من بينها الاضطرابات الجليدية Kanevskie على نهر الدنيبر Dnieper في أوكرانيا و منطقة Seshchinskie في بيلاروسيا ، وغير ذلك.

في الجانب الخارجي (البعيد) عن الأعماق الهامشية في المنطقة المحيطة بالجليد، حيث توجد ركامات جليدية عادية عملت على تشكيل سهول مسطحة شاسعة تتكون من رواسب تلك التدفقات المائية العديدة التي خرجت من تحت حافة الصفيحة الجليدية الذائبة والمتراجعة. فتشعبت التيارات إلى قنوات عديدة بأحجام مختلفة، وقد أدى ذلك نفاذ مواد الرمل والحصى من خلالها وهي بالتالي نتاج غسيل الركام الجليدي. لذلك تتميز الرواسب بمواد رسوبية متنوعة، وقد عملت الرياح على تشكيل كثبان وتلال من رمال الجرف تلك. عموماً تنحصر العديد من سهول الانجراف (سهول الساندرز) في المنخفضات التكتونية، وفي الوقت الحالي تغطي هذه السهول بالغابات الصنوبرية وتسمى بـ"الأراضي الحرجية" مثل أراضي غابات (بيلوروسكو - روسيا البيضاء ، الغابات الأوكرانية ، ميشيرا ، إلخ). كذلك فقد إستخدمت الأنهار و الجداول الأكبر والأكثر نشاطاً وديان الأنهار التي كانت موجودة قبل التجلد مثل (الروافد العليا لنهر الفولغا ، دنيبر ، إلخ) .

لقد قطعت تلك الروافد النهرية من خلال حافات من الركام الهامشي وقطعوا في السهل المجاور لتشكيل وادي ساندر. وهذا الأخير مكون من مادة حصوية خشنة مع خليط من الصخور مختلفة الحجم، وعند أسفل وديان النهر تتحول الساندر (الزاندر) إلى مصاطب نهريّة. في مناطق التكتلات الجليدية القديمة حيث تكون أكثر قدماً من فالداي (العصر الجليدي المبكر والوسطى) يتم التعبير عن أو ظهور الاشكال الجيومورفولوجية بشكل سيء وضعيف (أي غير واضح أو غير ناضج). إن الركام الأصلي للتجمعات الجليدية القديمة يتم تنعيمه وغسله بشكل كبير ودوري، ويتم أحياناً غسل الركام الهامشي تماماً أو إظهاره بشكل سيئ في التضاريس. بالإضافة إلى ذلك،

فقد كان للتضاريس التراكمية التي يمكن ان تظهر في المناطق الداخلية عند عملية التراجع التدريجي للصفائح الجليدية الأصغر سناً، تكون مغطاة في كثير من الحالات بطبقة من مادة الأنهار الجليدية الرملية - الحصوية مما ادى الى أن تشكلت السهول الجليدية في التضاريس . وهذه السهول لها سطح مستوٍ والذي يكون أحياناً مرتفعاً من خلال العمليات اللاحقة المترافقة مع تكوين الضفاف الرملية والكثبان الرملية. ونادراً ما يتجاوز سمك الرواسب الجليدية للأنهار 2-3 م ، فيما تعمل طبقة الركام الطينية التي تحتها كطبقة حصر للمياه السطحية والجوفية معاً. لذلك فغالباً ما تكون السهول الجوفية مستنقعات. فيما نجد أن الترسبات الطموية الشبيهة باللوس والتي تتداخل مع الركامات الجليدية القديمة (المورينات القديمة) و التي تغسل بالمياه ، فإنها تعمل على تسطیح الأنهار الجليدية القديمة أكثر وأكثر .

إستنتاج :

لقد أثر التجلد على العديد من العمليات الجيومورفولوجية على سطح الأرض. فقد كانت المظاهر الطبيعية تتغير وكذلك النطاقات المناخية كانت تتغير أيضاً، فخلال فترة الأنهار الجليدية انتقلت إلى الجنوب وخلال فترة الغطاءات الجليدية الواسعة إنتقلت إلى الشمال. لذلك ففي العصور الدافئة، اختفت التندرا تماماً من الجزء الأوروبي من روسيا الاتحادية، بينما نلاحظ بأنه في الجزء الآسيوي قد تقلصت مساحتها بشكل كبير. فيما إنتقلت مناطق الغابات شمالاً، ومع تطور وذوبان الصفائح الجليدية المرتبطة بدورها بتقلبات الكوكب المناخية والتي غيرت في مستويات البحار والمحيطات، وهي الفترة التي تسمى بالفترة الجليدية أو فترة التقلبات الجليدية الساكنة⁽¹⁾

(1) تعتبر التقلبات الجليدية الساكنة في مستوى المحيط هيدروستاتيكية بطبيعتها وفقاً لـ (نيكولايف - 1972)، أي إنها ناتجة حصرياً عن إعادة توزيع الكتل المائية بين المحيط والأرض أثناء نمو الأنهار الجليدية وتدهورها. تجلت هذه التقلبات بشكل واضح في العصر الجليدي وحددت إلى حد كبير المظهر الحديث لسواحل وجرف المحيط العالمي. ونتيجة لذلك يمكن أن تتعرض

eustatic خلال عصور التجلد، إذ انخفضت تدفقات الانهار وتم سحب كمية كبيرة من مياه البحار والمحيطات وحفظها في الجليد ، مما تسبب في حدوث الانحسار في مستوياتها. أما أثناء ذوبان الصفائح الجليدية، فقد إرتفع مستوى البحار والمحيطات إلى مستوياتها المعروفة حالياً . لقد أثرت التقلبات في مستويات البحار والمحيطات على تكوين المدرجات البحرية والنهرية. كذلك ترتبط ملوحة البحار والمحيطات بالتوازن الجليدي، وهو مرتبط بدوره بعملية توازن القشرة الأرضية ، مما أدى إلى حدوث حركات عمودية من جهة. وتحت ثقل الصفائح الجليدية الضخمة، تراجعت قشرة الأرض في مراكز الأنهار الجليدية بمقدار يساوي تقريباً ثلث قوة الجليد، وأثناء الذوبان كان هناك ارتفاع في سطح الأرض بمعدل يصل إلى 10-15 سم / سنة وأكثر من جهة ثانية، وفقاً ل (أن. أي ميورنير).

أدت عمليات الضغط التي تعرضت لها قشرة الأرض والنااتجة عن تحميل وتفرغ الصفائح الجليدية، إلى تغيير في الزلزالية للأراضي التي غطتها الصفائح الجليدية. لذلك، كان الارتفاع الأرضي في ما بعد العصر الجليدي في الدول الاسكندنافية مصحوباً بزلزلات بلغت قوتها 7-8 درجات. ويتضح هذا من خلال ما يسمى بالخلع القديم (الخدائق، الشقوق، الحواف، الانهيارات الأرضية والنزلاقات الأرضية) المحفوظة في تضاريس شبه جزيرة كولا والسويد والنرويج وفنلندا وكاريليا ومناطق أخرى. حيث لا يزال الارتفاع المتوازن لقشرة الأرض بعد التجلد الأخير لفالداي مستمراً، وفقاً ل (في. يا دانيم و أس. بي نيكولاوي)، حيث يمكن أن ترتفع الأراضي إلى نحو 40-60 م أخرى .

العمليات الجيومورفولوجية الموضحة أعلاه في مناطق فردية من المحيط العالمي للاضطراب والتعقيد بسبب التغيرات في مستوى المحيطات والبحار . إن هذه التقلبات والتغيرات من الممكن ان تكون ناتجة أيضاً عن الحركات التكتونية المتذبذبة للقاع وكنتيجة لذلك تتغير قدرة الخزانات المحيطية والبحرية .

إن الرواسب التي شكلت التضاريس الجليدية، بالإضافة الى المياه الجليدية هي معادن مهمة إقتصادياً، حيث يتم استخدامها كمواد بناء (طمي ، رمال ، رمل و خلائط حصي). بالإضافة إلى ذلك، يحتوي الركام الجليدي والرواسب الفلورية الجليدية الناتجة عن الانجراف في بعض الأحيان على معادن ثمينة مثل (الذهب ، البلاتين ، إلخ) حيث تكون مدرجة في تكوينها، وهو أمر ناشئ عن دخولها في الركام أثناء حرث و تدمير صخور القاعدة البلورية الأساسية، و كذلك الحال بالنسبة للرواسب الطينية المحتوية على الغرينيات والتي تعرف أيضا بتسمية (المكيث أو الرواسب المكيثة)⁽¹⁾ ذات الأهمية الإقتصادية العالية.



الشكل (31.5) صورة لمقطع من الرواسب الغرينية في منجم الشريط الأزرق Blue Ribbon – آلاسكا

(1) هو تجمع لمعادن نفيسة نتيجة ترسيبها بسبب ثقلها النوعي المرتفع، مما يمكن من فصلها عن الأصل الصخري التي كانت موجودة فيه. من الأمثلة على ذلك الرواسب الموضعية eluvium وكذلك الطمي، حيث كان يشيع استخدام أسلوب البحث عن الفلزات الثمينة في الطمي كما هو الحال مع الذهب.

الفصل السادس

الأشكال التضاريسية النهرية

الأشكال الجيومورفولوجية النهرية **Fluvial** (مشتقة من الكلمة اللاتينية **fluvius** - بمعنى النهر، التيار المائي)، وهي التضاريس الناتجة عن تدفقات المياه على سطح الأرض. حيث تنقسم مجاري المياه التي تقسم الأرض على نوعين من المجاري المائية (أنهار) دائمة ومؤقتة. وكل هذه المجاري المائية وغيرها تؤدي أعمالاً هدامة وبناءة في الوقت نفسه، وهي العمليات الجيومورفولوجية النهرية التي يتم التعبير عنها في تعرية وتآكل الطبقة الأساس الجيولوجية وتراكم الرواسب (التراكم - **Accumulation**). تسمى الرواسب الطموية للجداول أو الأنهار دائمة الجريان أو فصلية الجريان بـ اللوفيوم - **Alluvium**) وهو مصطلح مشتق من الكلمة اللاتينية **alluvio** بمعنى التدفق الخارجي، التدفق أو المحمول مع التيار - **proluo** بمعنى حمله التيار أي الرواسب النهرية المحمولة بمياه الأنهار) .

1.6. الأشكال الجيومورفولوجية التي تكونها مجاري الانهار دائمة

الجريان :

الهيكلية الجيولوجية لوديان الانهار :

عند قيام مجرى النهر بأعمال التآكل ، الحت و الترسيب أو التراكم، فإن التدفقات المائية المستمرة في مجرى النهر تخلق وتشكل أهم أشكال الأراضي الجيومورفولوجية في أرض الوادي النهرية. ونظرا لأن وديان الأنهار تكون ضيقة مقارنة بطولها، وهي في معظمها تجري ضمن المنخفضات المتعرجة في سطح الأرض، مع إنحدار العديد من الروافد العليا إلى مجرى النهر الرئيس (الفم)، بالإضافة إلى تدرج إنحدارها على طول مجراها بالكامل. ومن سمات وديان الأنهار عملية العبور - وهو تطور الأنهار

بالنسبة إلى المناطق المناخية والمناطق المختلفة والظروف التكتونية. أي أنها تكون موجودة في جميع الأراضي والأقاليم المناخية المختلفة (باستثناء المناطق المغطاة بالجليد) حيث تظهر بأشكال وإعدادات هيكلية مختلفة وفقاً لذلك، وغالباً ما تنتقل من منطقة إلى أخرى. تعد الأنهار الناقل الرئيس للمواد الرسوبية من الأرض إلى البحار والمحيطات، فهي تزود البحار والمحيطات بأكثر من 15 مليار طن من الرواسب سنوياً. كذلك تتمتع وديان الأنهار وطميها (رسوبياتها الغرينية وغيرها) بأهمية نظرية وعملية كبيرة في العديد من مجالات الجيولوجيا والجيومورفولوجيا، ناهيك عن دورها الكبير والمهم في حياة الإنسان. لقد حددت مجاري الأنهار أماكن نشأة الحضارات الإنسانية وتطورها، حيث ظهرت أولى الحضارات القديمة في العراق (حضارة وادي الرافدين) فوق السهل الذي كونه مجرياً نهرياً دجلة والفرات نتيجة لذلك. أيضاً تُستخدم طاقة الأنهار في محطات الطاقة الكهرومائية، كما تعد وديان الأنهار موطناً للعديد من المعادن الاقتصادية المهمة للإنسان مثل مواد البناء، الخُث⁽¹⁾، المياه، غرينيات الذهب والماس والكريستال، فضلاً عن العديد من المعادن القيمة الأخرى. كقاعدة عامة يحتوي كل وادي نهر متطور بشكل أو بآخر على قناة مجرى للنهر وسهل فيضي وعدة مصاطب أو قد تُسمى بالشرفات النهرية **Terraces** ⁽²⁾.

(1) الخُث - Peat ويسميه البعض بـ البيتموس، إلا أن الكلمة العربية المرادفة له هي الخُث، وهي نباتات متفحمة توجد في الأراضي الغدقة في المناطق المعتدلة. حيث تتغفن ببطء في الطور الأول لتكون الفحم، وتتركب بدورها من الحزازيات ونباتات المستنقعات القصبية كالأغاب والبوص، ويوجد منها نوعان يستغلان في التجارة: خث الزاز و خُث الوقود.

(2) في الجيولوجيا فإن الشرفات **Terraces**، المصاطب أو المدرجات النهرية هي شكل أرضي يشبه الدرج، حيث تتكون الشرفة من سطح مستوٍ أو مائل برفق يسمى مداس أو خطوة - Tread، حيث يحده عادةً من جانب واحد منحدر صاعد أكثر انحداراً، والذي يسمى بـ (الناهض) أو (المنحدر). يشكل المداس (الخطوة) والمنحدر الهابط الأكثر انحداراً (الناهض أو المنحدر) معاً الشرفة أو المصطبة النهرية. يمكن أن تتكون شرفات الأنهار (المدرجات) أيضاً من مداس (خطوة) يحدها من جميع الجوانب ناهض أو منحدر، وغالباً ما يُطلق على الشرفة الضيقة تسمية مصطبة)

بالنسبة لموضوع دراسة هيكلية أودية الأنهار ومكوناتها الطموية المختلفة، فإنها كانت بالإعتماد على الدراسات البحثية لـ (أي. أي آسيف، أيو. أي بيليبين، غي. إي غاريتسكوف، في. في دوكوجاييف، إي. بي كارتاشوف، أي. في كوجيفنيكوف، أن. بي كوستينكو، أيو. أي لافروشين، في. في لاماكين، بي. أل ليجكوف، أن. إي ماكافييف، غي. أي باستولينكو، أر. سي جالوف، أي. بي جيرنوف، أي. أي جيستياكوف، ي. في شانتسير، سي. سي شولتسا و آخرون).

1.1.6. قنوات مجرى النهر:

القناة هي أدنى جزء من وادي النهر، حيث تتدفق المياه فيه وعلى طولها، ويسمى الجزء الأعماق من القناة بـ **Thalweg** ⁽¹⁾ أي خط العمق أو خط التالوك (مصطلح مشتق من الألمانية **Tal** - بمعنى الوادي، **Weg** - بمعنى طريق). يختلف عمق وعرض قنوات مجاري الأنهار من نهر لآخر، حيث يعتمد ذلك على حجم النهر ومحتوى الماء ومعدل التدفق (كمية التصريف). ففي الأنهار الكبيرة يتجاوز عمق القناة 20-30 مترًا، كما إن أعماق قناة تصل إلى نحو 60 مترًا. ومن الأمثلة المعروفة عالمياً نجد أن عرض مجرى نهر الأمازون (البرازيل) يتراوح بين 1.5 - 2 كم، فيما يبلغ عرض قناة

من كلمة bench - التي تعني مصطبة أو مقعد). إن المصطبة النهرية عبارة عن شريط طويل وضيق من أرض مستوية نسبياً أو مائلة برفق، تحدها منحدرات شديدة الانحدار من فوقها وتحتها، كما يمكن أن تكون المصاطب من أصول مختلفة ويتم إنشاؤها بواسطة عمليات جيومورفولوجية مختلفة جداً.

(1) خط القعر أو خط التالوك في الجيولوجيا والجغرافيا: هو الخط المتواصل الجاري في قاع نهر أو الوادي، والذي يُسمى أحياناً بـ خط أو طريق الوادي. وهي كلمة ألمانية تعبر عن الخط الذي يوصل بين أعماق النقاط على مسار وادي أو نهر من أوله حتى آخره، وهو يمثل المسار الطبيعي للماء أو بمعنى آخر هو الخط التي تجري فيه مياه النهر بأقصى سرعتها. ويستخدم هذا التعبير أيضاً لتعريف ممرات مائية تحت سطح الأرض تكون موازية بوجه عام لمجرى مائي على السطح.

نهر أوب أو أوبي - Ob (روسيا الاتحادية) حوالي 3 كم، بينما يتراوح عرض مجرى نهر شط العرب⁽¹⁾ (العراق) من 1 - 2 كم .

أنواع القنوات : يحدث التآكل في القنوات النهرية بأن تكون عميقة وجانبية ، بالإضافة إلى نقل وتراكم الطمي، ومن حيث قنوات النهر المستقيمة أو المنحنية أو المتعرجة (من الإغريقية **Maiandros** بمعنى **Meander** - إلتواء أو منعطف، وهو الاسم القديم لنهر Big Menderes المتعرج في آسيا الصغرى)، والقنوات أو المجاري المتفرعة (من الإنجليزية **furcation - bifurcation** بمعنى التفرع أو التشعب) الشكل (1.6) ، حيث تتألف من فروع القناة او المجاري النهرية التي تضم المجاري الفرعية والجزر النهرية، بالإضافة إلى المجاري التي تفصل بينهم .

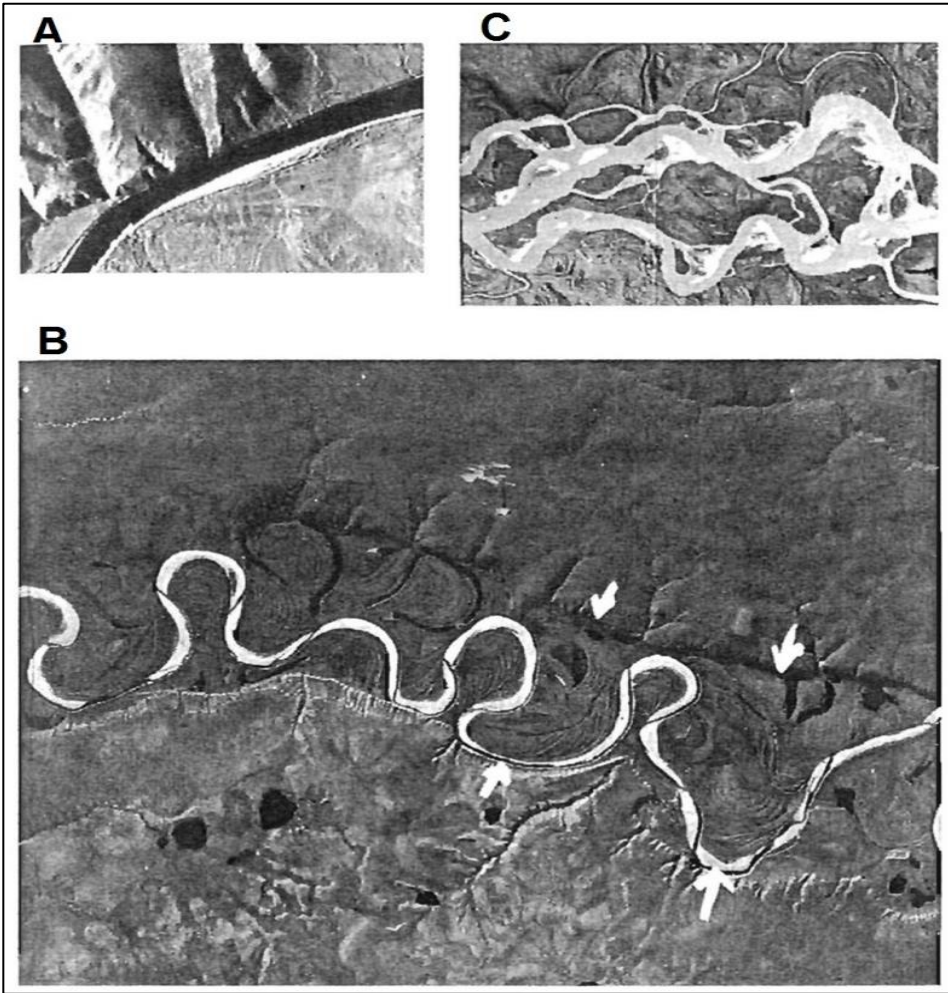
يشير هذا الشكل للقنوات النهرية إلى إن خصائص عمل النهر وبالتالي العمليات الجيومورفولوجية النهرية التي تحدث فيها تكون متباينة. ففي المجاري النهرية المستقيمة كقاعدة عامة ، يسود التآكل العميق مع النقل العابر للمواد الفتاتية ؛ أما في القنوات المتعرجة فيحدث التآكل الجانبي مع تداخل ترسيب الطمي والتعميق الموضعي الضعيف، حيث تسود عمليات ترسيب المواد الفتاتية المختلفة clastic (الطمي والرمل) على عمليات التآكل.

كما يمكن أن تحدث كل هذه العمليات بسبب عوامل مناخية (زيادة أو نقصان في محتوى الماء في مجرى النهر) أو بسبب النشاطات والتشوهات التكتونية التي تغير

(1) شط العرب (Shatt al-Arab) وباللغة الروسية Шатт эль-Араб: هونهر يتكوّن من التقاء نهري دجلة و الفرات (عليهما السلام)، حيث يلتقي نهر دجلة مع المجرى الأعلى للفرات بمدينة القرنة على بعد 375 كم جنوب بغداد ويلتقي دجلة والفرات الأسفل في كرمة علي. ويبلغ طوله حوالي 190 كم، ويصب في الخليج العربي عند اطراف مدينة الفاو (رأس البيشة)، والتي تعد أقصى نقطة في جنوب العراق ويصل عرض شط العرب في بعض مناطقه إلى كيلو مترين أما بالنسبة لضافه فكانت مكتظة بأشجار النخيل قبل الحرب.

منحدر السطح (كما حدث عند مطلع القرن العشرين لجزء من مجرى نهر الفرات و الممتد من شمال مدينة الخضر جنوباً وحتى الشامية وغماس شمالاً، حيث إرتفع منسوب الأراضي في هذه المنطقة نتيجة لعمليات التنشيط التكتوني الحديث (عمليات نيوتكتونية) الذي حدث لصدع الفرات، مما تسبب عنه إرتفاع أراضي هذه الجهات وبالتالي إرتفاع مجرى نهر الفرات فيها وحدثت ظاهرة النقارات - Nagara⁽¹⁾ وهي ظاهرة إعادة شباب مجرى النهر **Rejuvenation of river stream**. وفي كلتا الحالتين، تتغير طاقة التدفق (التصريف المائي) في المجرى النهرى، ففي الحالة الأولى كان ذلك بسبب كتلة الماء (أسباب مناخية)، أما في الحالة الثانية فكان بسبب السرعة (أسباب تكتونية).

(1) ظاهرة النقارة أو النقارات (باللهجة العامية لسكان العراق كانت تُسمى بـ النكارة) وهي ظاهرة جيومورفولوجية تمثل إعادة شباب مجرى النهر، وقد جاءت تسميتها هذه بسبب حدوث شلال مائي في مجرى النهر كان يتسبب بحفر وتعميق مجرى النهر فضلاً عن إنه كان يتسبب بإصدار صوتٍ مرعب لسكان تلك المناطق ليلاً يُشبه صوت النقر على الحجر وتكسيهه. حدثت هذه الظاهرة الجيومورفولوجية النادرة عالمياً كنتيجة مباشرة لحدوث عمليات رفعٍ ارضي (تنشيط تكتوني حديث - Neotectonocs) في أجزاءٍ من مناطق نهر الفرات المحاذية للرصيف الصحراوي في الصحراء الجنوبية (من شمال مدينة الخضر وحتى شمال غماس والشامية)، وبقاء الأجزاء الأخرى من المناطق التي يمر بها الفرات على مستويات إرتفاعاتها القديمة، مما نتج عنه حدوث هذه الظاهرة الجيومورفولوجية التي أرعبت السكان وقتذاك وكبدتهم خسائر إقتصادية فادحة وصلت إلى حد هجرة الفلاحين من هذه المناطق (المترجم - يُنظر في ذلك أحمد سعيد ياسين الغريزي، (2000) الخصائص الجيومورفولوجية لمجرى نهر الفرات وفرعيه الرئيسين السبل والعطشان بين الشناقية والسماوة، رسالة ماجستير، كلية الآداب - جامعة بغداد لعام 2000).



الشكل (1.6) أنواع قنوات - مجاري الأنهار

مجرى نهري مستقيم ، B- مجرى نهري متعرج ، C- مجرى نهري متشعب ، حيث تشير
الأسم في الصورة إلى عرض نطاق التعرج

كذلك توجد أصناف انتقالية بين أنواع مختلفة من القنوات او المجاري النهرية، ففي نفس
الوادي يمكن أن تتناوب الأقسام ذات الأشكال المختلفة للقناة وهو الأمر الناتج عن
وجود وتزامن عمليات جيومورفولوجية مختلفة فيها بشكل متكرر، بالإضافة لأسباب
أخرى. حيث يشير هذا إلى أن النهر يمر بحالات مختلفة، أو مراحل ديناميكية ، أو

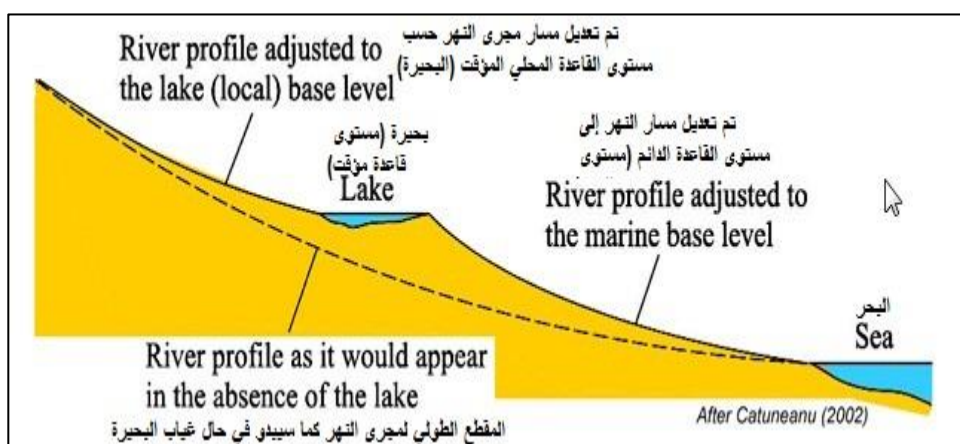
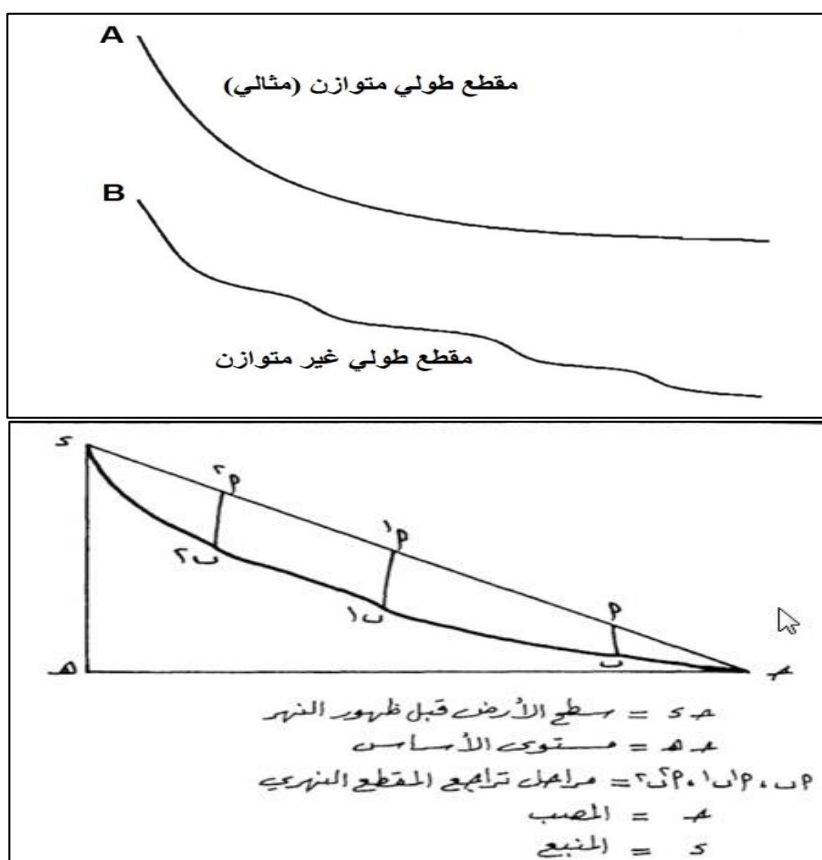
عمليات ترسيب حديثة أو تراكم وفقا ل (في. في. لاماكين) حيث إن كل مرحلة من هذه المراحل تكون متوافقة مع ترسبات نهريّة طموية معينة .

مستوى القاعدة (مستوى أساس التآكل والتعرية) : إن التعرية العميقة ليست غير محدودة، حيث أن هناك دائماً أساساً للتعرية⁽¹⁾ (من اليونانية **basis** بمعنى أساس أو قاعدة) - وهو المستوى الذي يميل إليه تدفق المياه والذي لا ينقطع تحته. يمكن أن يكون أساس التعرية (مستوى القاعدة) محلياً ، أي بأن يكون على سبيل المثال نهر لروافده، أو أن يكون إقليمياً، على سبيل المثال كما هو الحال مع مستوى البحيرة والبحار الداخلية للعديد من الأنهار في منطقة كبيرة والتي تشكل حوضاً واحداً (مثل بحيرة بايكال أو بحر قزوين). أو مستوى المحيط العالمي (مستوى القاعدة الدائم) كما هو الحال بالنسبة إلى أنهار سيبيريا التي تصب في بحار المحيط المتجمد الشمالي وبذلك فإنها تنتهي في مستوى قاعدتها الدائم هناك (المحيط المتجمد الشمالي)، أما بالنسبة للأنهار في شرق روسيا فإن مستوى قاعدتها الدائم يتمثل ببحار المحيط الهادئ. فيما يكون الخليج العربي مستوى القاعدة الدائمة لشط العرب والبحر المتوسط يمثل مستوى القاعدة الدائم لنهر النيل ... إلخ.

المقطع الطولي للنهر : لتوصيف حالة تدفق المياه والعمليات الجيومورفولوجية التي تجري في داخل قناة مجرى النهر من المنبع وحتى المصب، يتم استخدام المقطع الطولي للنهر لأجل توضيح ذلك. وهذا المقطع يمثل المظهر الجانبي لسطح مياه النهر عند مستويات مختلفة من كمية مياه مجرى النهر وسرعة جريان مياهه من

(1) مستوى القاعدة أو المستوى الأساسي Base level: في الجيولوجيا والجيومورفولوجيا، هو الحد الأدنى لإستمرار عمليات التآكل والتعميق في مجرى النهر. تم إدخال المصطلح الحديث من قبل جون ويسلي باول في عام 1875، فيما تم اعتماد المصطلح لاحقاً بواسطة العالم الأمريكي ويليام موريس ديفيس الذي استخدمه في دورة التعرية الخاصة به .

المصدر (المنبع) إلى الفم (أساس التعرية أو مستوى القاعدة الدائمى - المصب). حيث يمكن تطوير المقطع الطولي للقناة النهرية بواسطة عمليات التعرية والإرساب على طول مجرى النهر لخلق حالة من التوازن المستمرة بين طاقة النهر من جهة، وكمية ما يحمله من رسوبيات مختلفة في كل نقطة من نقاط مقطعه الطولي من المنبع وحتى المصب من جهة ثانية. إن المظهر الجانبي الطولي للنهر في حالة كونه متوازناً، فإنه يظهر بشكل متناقص أو يتقعر تدريجياً من المصدر (المنبع) إلى الفم (المصب) في سعي المجرى النهري لتحقيق حالة التوازن في كل نقطة من نقاطه، لذا نجد ان النهر يعمل على تعميق مجراه بصورة مستمرة لاسيما عند الجهات المرتفعة من السطح تحقيقاً للتوازن. ونتيجة لحدوث حالة موازنة بين الطاقة الحركية للتدفق النهري بمقاومة الصخور الأساسية، وبين كمية المواد الطموية التي تحملها مياه مجرى النهر (الشكل 2.6) .



الشكل (2.6) المقطع الطولي للنهر

الإحتمالات التي يمكن أن يظهر بها المقطع الطولي للأنهار وحسب الأراضي والظروف المختلفة التي يواجهها مجرى النهر

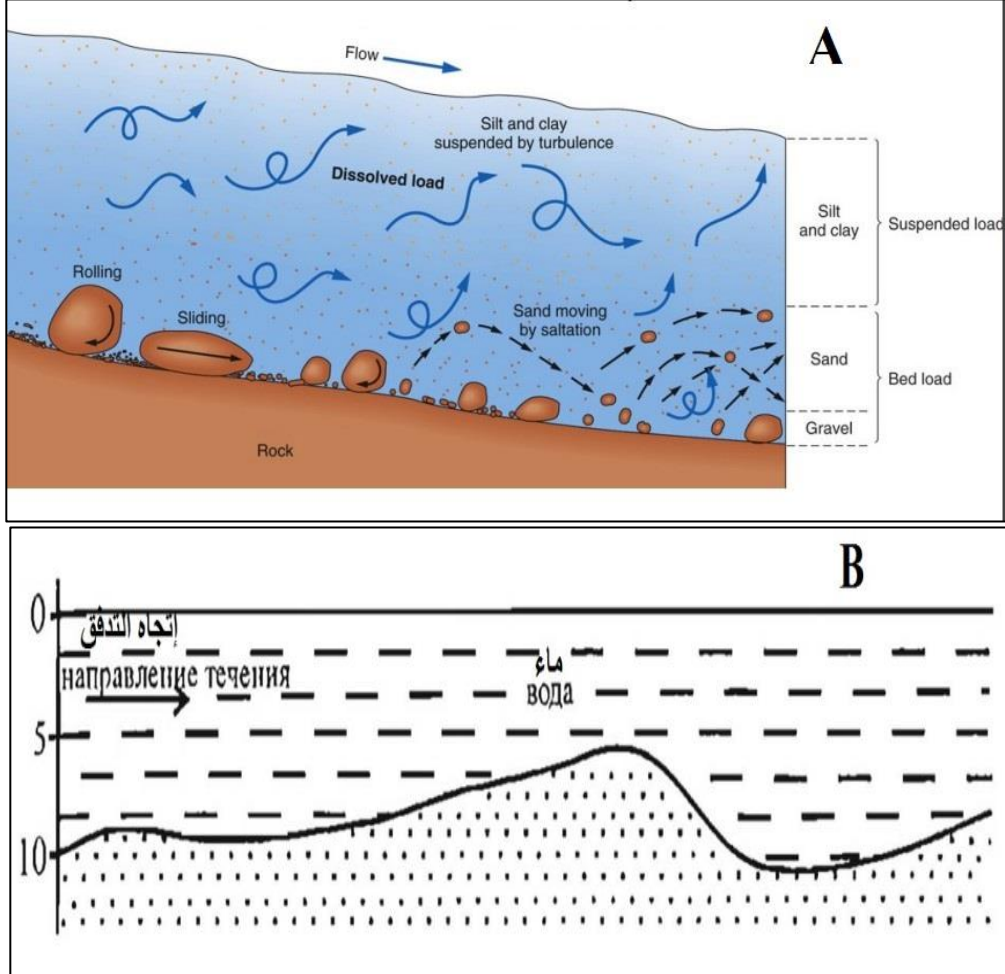
أي إن كمية الرواسب التي يحملها النهر يجب أن تتوافق مع قدرته على النقل وهي تعتمد في الأساس على سرعة المياه داخل المجرى النهرى، والتي تعتمد بدورها على مقدار إنحدار الأرض وبالتالي تأثير الجاذبية على ذلك والتي تتناسب طردياً مع ارتفاع مستوى الأرض. غالباً ما يكون المقطع الطولي للنهر غير المطوّر (غير المتوازن - غير المثالي) شديد الانحدار، مع وجود الحافات الجبلية والشلالات، حيث يعد هذا المقطع الطولي نموذجياً للعديد من الأنهار الجبلية خاصة بالنسبة للأنهار العميقة لمجراها في مناطق المنبع.

عادة ما تكون ملامح المقطع الطولي للأنهار المنخفضة لطيفة وقريبة من التوازن، فقط في بعض الجهات حيث تعبر تلك الأنهار مناطق ذات ارتفاعات متزايدة، حينذاك تصبح الملامح متدرجة وغير متطورة. عموماً تميل جميع الأنهار إلى أن يصبح مقطعها الطولي متوازناً في كل نقطة من نقاطه من المنبع وحتى المصب .

تضاريس المجاري النهرية : إن الأشكال الجيومورفولوجية التي تشكلها مجاري الأنهار بنفسها تعتمد على تغير منسوب قاع المجرى باستمرار. حيث يتم تحريك الرواسب كبيرة الحجم على طول القاع ، أما المواد الرسوبية المعلقة - قناة الطمي - فإنها تشكل حوافاً من أشكال جيومورفولوجية مختلفة. عموماً تتحرك الرسوبيات المختلفة في اتجاه مجرى النهر، وتعتمد أحجامها على عمق القناة وديناميكيات تدفق المياه ونظامها وكمية الرواسب داخل المجرى النهرى، ويلاحظ بأن أصغر الأشكال الرسوبية (الأشكال النانوية) هي تموجات رملية تتشكل في المياه الضحلة عند وجود حافات أكبر و شقوق تعترض مجرى النهر بزاوية 20-30 درجة (الشكل 3.6 A) .

أما في أنهار المياه العميقة الكبيرة التي يتراوح عمقها من بضعة أمتار وحتى 10-15 متراً وأكثر، والتي يمكن أن يصل طولها إلى مئات الأمتار والكيلومترات الأولى من المجرى، فإن المظهر الجانبي لها سيظهر بشكل إسطواني، حيث يكون منحدر

الأسطوانة المواجه لأعلى المنحدر لطيفًا، بينما يكون الجزء المواجه لأسفل المجرى حادًا (الشكل B 3.6) .

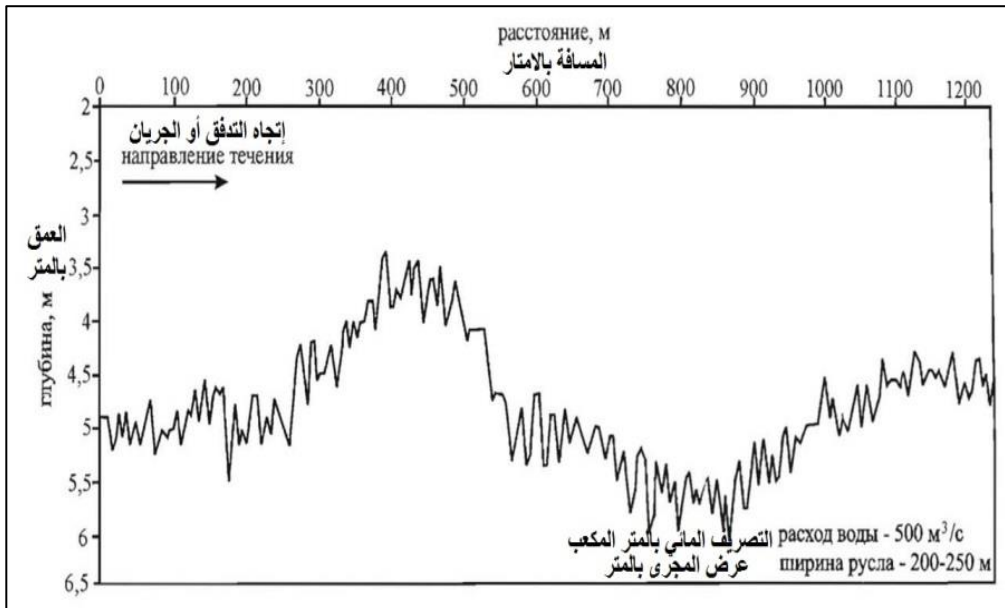


الشكل (3.6) A- حركة الرواسب النهرية داخل المجرى النهرية ;

B - مقطع في مجرى نهرى يوضح الشكل الذي تتخذه الرسوبيات في مجاري الانهار العميقة، وفقا لـ (في. في إيفان ، في. أن كوروتاييف و آخرون) .

إن المظهر الجانبي الطولي للنهر هو رسم بياني للتغيرات في ارتفاعات القاع و سطح الماء على طول مجرى القناة النهرية، فعلى المحور الأفقي للرسم البياني يتم رسم المسافة على طول النهر، أما على المحور الرأسي فيتم تثبيت العلامات المطلقة أو

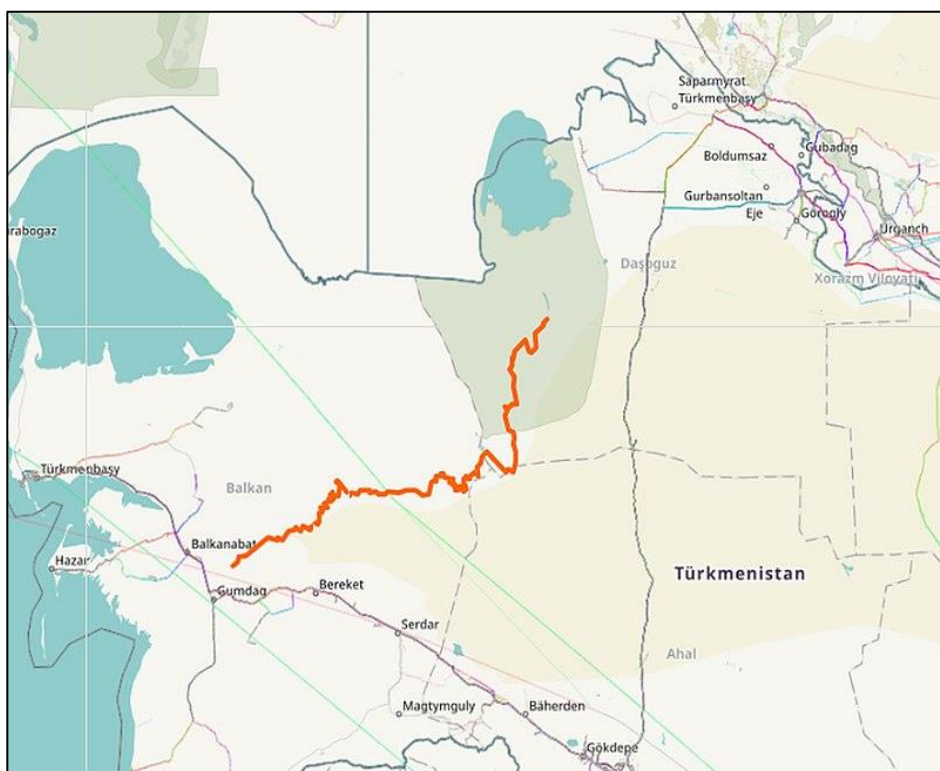
الشرطية للقاع (عادةً على طول خط الأعماق الأكبر) ومستوى المياه. فبالنسبة للمسافات والارتفاعات الطولية عادةً ما يتم أخذ مقاييس مختلفة، ويسمى الاختلاف في علامات قاع النهر أو سطحه المائي في أي قسم من أقسامه بالهبوط (الإنحدار)، كما إن الفرق بين علامات المنبع ومصب النهر سيمثل الهبوط (الإنحدار) الكلي للنهر. في الأماكن التي تظهر فيها صخور يصعب تعريتها وتآكلها، يتم ملاحظة وجود فواصل في المقطع الطولي لمجرى النهر على شكل عتبات، مصاطب أو حواف شديدة الانحدار، حيث تنحصر المنحدرات أو الشلالات فيها على التوالي. كما توجد مثل هذه الحواف أو المنحدرات الشديدة أيضاً على الأنهار المسطحة، فعلى سبيل المثال فإن منحدرات دنيبر الشهيرة قد تشكلت عندما عبر نهر الدنيبر الحواف البلورية للدرع الأوكراني، بالإضافة إلى الحواجز تبرز عدد من الأشكال الأخرى مثل موجات الرمال التي توجد بشكل مستقل بنفسها أو تلك التي تتداخل مع بعضها البعض، كما يوضحها الشكل (4.6).



الشكل (4.6) يوضح موجات رملية كبيرة معقدة حدثت بسبب موجات أصغر
مقطع طولي لأحد فروع نهر الفولغا (بختمير) جنوب مدينة أستراخان - روسيا الاتحادية
وفقاً لـ (في. في إيفان، في. أن كوروتاييف و آخرون)

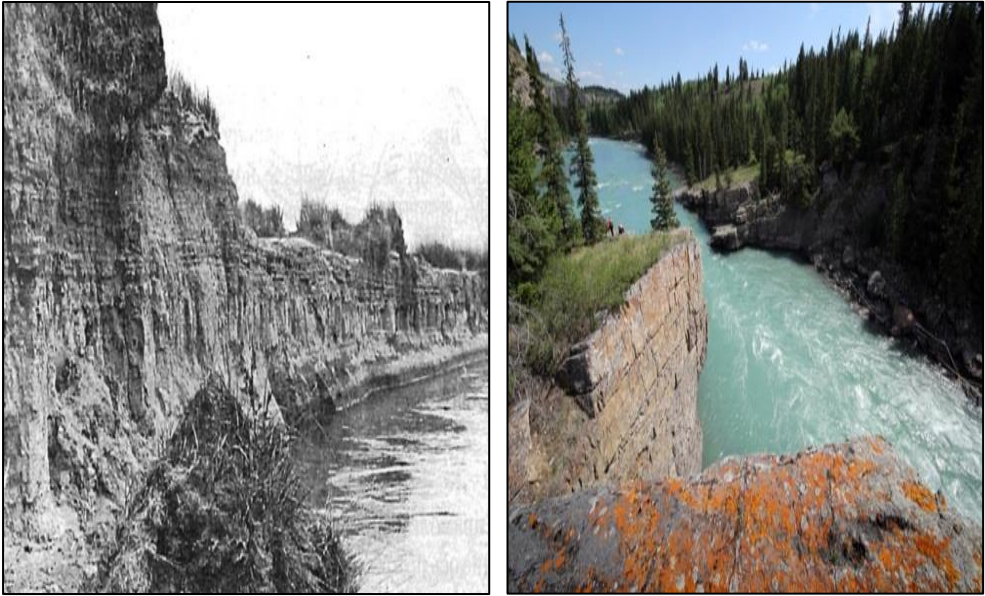
ومع ذلك فإنها جميعاً (الرسوبيات) تتحرك باستمرار وبشكل أساسي في اتجاه مجرى النهر، لذلك يتم إعادة تشكيلهم وإرسابهم طوال الوقت.

أثناء التعرج النهرية يقوض النهر على التوالي أحد جوانب المجرى أو الضفة الأخرى، مما يؤدي إلى تآكل جانبي وتوسيع الوادي النهرية. فيما يعتمد عرض الوادي على عرض النطاق أو الحزام المتعرج، ويقاس الأخير بعرض قاع الوادي بين قمم المنعطفات النهرية المجاورة (يُنظر في ذلك الشكل 1.6 B). حيث تعتمد أبعاد المنعطفات النهرية على المحتوى المائي للنهر ومنحدرات مجراه، فكلما كبر النهر وزادت منحدرات القناة، كلما زادت المسافة بين قمم المنعطفات وبين تلك المنعطفات والالتواءات النهرية المجاورة. فإذا كانت منحدرات القناة صغيرة، فسيتم تقليل المسافات بين المنعطفات، حيث تتحرك التعرجات بحرية في اتجاه مجرى النهر، بينما يموت بعضها مشكلةً أقواساً يُطلق عليها تسمية (البُحيرات الهلالية، البحيرات المُقْتَطَعَة أو بحيرات قرن الثور – Oxbow lake) وهي أجزاء من القناة السابقة، تكون مقطوعة عن مجرى القناة الرئيسية. أما إذا تم قطع التعرجات، فقد يشير ذلك إلى الإرتفاع التكتوني المستمر لهذا الجزء من الوادي. عموماً فنتيجة لعوامل كثيرة ومنها التنشيط التكتوني، فقد يصل طول البحيرة الهلالية عدة كيلومترات، وأحياناً تبلغ حتى مئات الكيلومترات كما هو الحال في بحيرة اوزبوي في تركمانستان ، الشكل (5.6) .



الشكل (5.6) بحيرة أوزبوي أكبر بحيرة هلالية في العالم يبلغ طولها نحو 500 كم وهي جزء قديم مُقتطع من مجرى نهر آموداريا - تركمانستان

في قناة نهريّة متعرجة قد يصطدم التيار الموجه بشكل مستقيم بشاطئٍ مقعر، مما يعمل على ترطيبه وغسله ومن ثم تدميره مكوناً لشكل جيومورفولوجي يعرف بـ (الجرف - cliff) كما موضح في الشكل (6.6)، حيث يستمر هذا الجرف بالتراجع مع استمرار العمل الجيومورفولوجي للنهر.

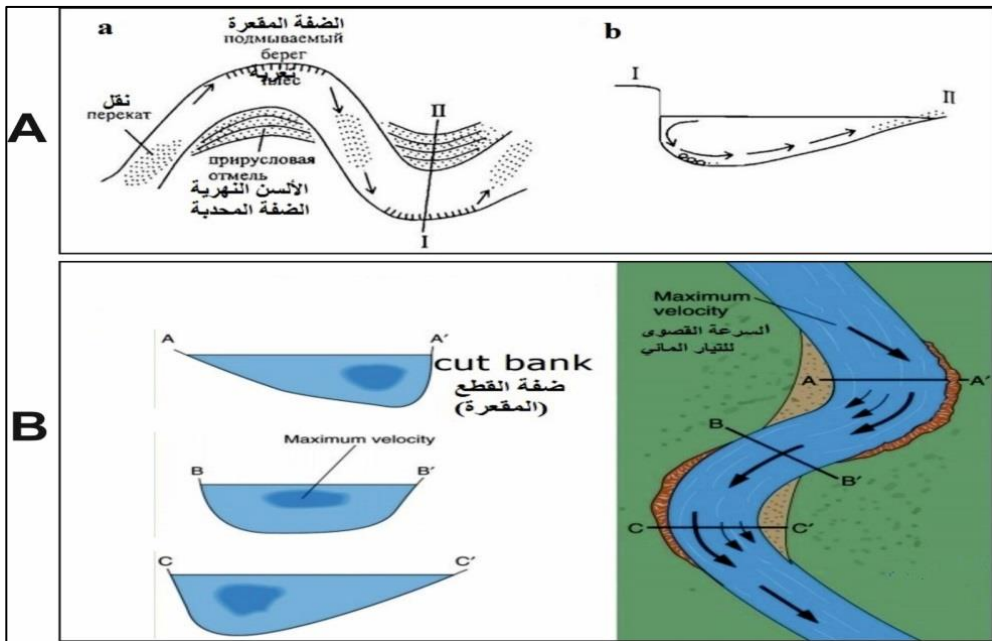


الشكل (6.6) عملية غسل وتعرية الضفة النهرية مؤديا لتكون الجروف
من اليمين : صورة لجرف كونه نهر Bow River في كندا; من اليسار: صورة لجرف
نهرى - روسيا الاتحادية

تعمل الحركة الحلزونية (الدوامية) الناشئة في المياه على تعميق المجرى النهرى، ويتشكل امتداد بالقرب من الضفة المقعرة - وهو الجزء العميق من القناة (المجرى النهرى). حيث يتراكم أكثر المواد الخشنة عمليا ولا يتم تكوين أي مادة مستديرة أثناء تعرية الضفة النهرية. فيما يتم نقل المواد الأقل خشونة عن طريق التيارات العرضية السفلية إلى الضفة المحدبة المعاكسة فيتم ترسيبها بشكل حواجز أو مصاطب بارزة تظهر تدريجياً فوق الماء. ونتيجة لذلك فعلى الضفة المحدبة تتشكل ضفة النهر (الشكل 7.6 A،B) وتتمو باستمرار بانحناء الرواسب .

وهي تتكون من رمل وحصى متصلب بالقرب من السهول، فيما تزداد المواد الحصوية بالقرب من الأنهار الجبلية. كذلك من الممكن ان تظهر شقوق بين الروافد ضمن الأجزاء الضحلة من المجرى النهرى لتبدو على شكل حواف، تتكون بشكل رئيس من الرمال بالقرب من الأنهار في أجزائها المنخفضة بينما تتشكل من الحصى بالقرب من الأنهار الجبلية القادمة من مناطق تجمع التيار Stream pool (في الهيدرولوجيا فإن

مناطق تجمع التيار هي امتداد لنهر أو تيار يكون فيه عمق الماء أعلى من المتوسط وسرعة المياه أقل من المتوسط). وهكذا تتدفق مياه النهر من ضفة إلى أخرى، مما يؤدي إلى توسع وادي النهر الذي يعمل بدوره على نقل الطمي وتراكمه، وفي الوقت نفسه وبالتزامن مع إزاحة القناة في اتجاه مجرى النهر يتم تغيير أو بناء جميع أشكالها: مناطق تجمع التيار ، الشقوق ، ضفاف الأنهار . بصفة عامة فإن رواسب الروافد وسحناتها (حيث إن السحنات تمثل مجموعة من الرواسب بنفس العمر لكنها تكون مختلفة في النشأة وظروف تكوينها) ، ضفاف الأنهار، الشقوق، تلال القنوات – البروج Riffle (يعد البرج شكلاً أرضياً ضحلاً في قناة متدفقة، ويحتوي على مؤشرات طوبوغرافية وترسيبية وهيدروليكية محددة. ويتم تقييمها دائماً عند تصريف منخفض جداً مقارنة بالتدفق الذي يملأ القناة)، بالإضافة إلى سطوح قناة الطمي التي غالباً ما يكون لها سرير صخري مائل، حيث يكون خط قناة الطمي في قاع الوادي داخل النطاق المتعرج للوادي النهرية .



الشكل (7.6) A - هيكل المجرى النهرية المتعرج B ; - هيكل المجرى النهرية المتعرج (مقطع عرضي)

2.1.6 . السهول الفيضية :

وهي الجزء المنخفض من وادي النهر الذي تتم معالجته وتكوينه بواسطة قناة مجرى النهر، حيث يسمى قاعه بالسهل الفيضي. وهذه السهول تجاور القناة المائية، حيث تغمرها المياه بشكل دوري أثناء الفيضانات.

تتشكل السهول الفيضية في جميع الأنهار تقريباً بمستويات مياه فيضان متغيرة، ولكنها الأكثر شيوعاً في أنهار الأراضي المنخفضة (منخفضة المنسوب). ففي وديان الأنهار الجبلية تكون السهول الفيضية ضعيفة التطور بسبب عدم إتاحة الفرصة لذلك كنتيجة لانحدار الأرض الشديد، وقد تكون غائبة في الأنهار المحفورة (عميقة المجرى) كنتيجة لذلك أيضاً .

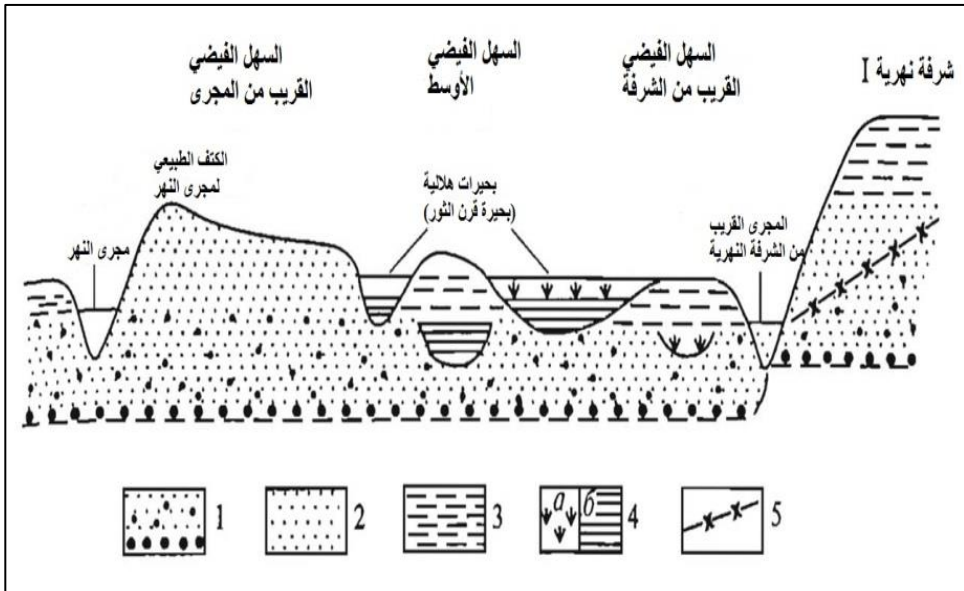
عموماً يلاحظ بأن الرواسب المتكونة في السهول الفيضية (السحبات الغرينية للسهول الفيضية)، لها تركيبة دقيقة (طموية رملية ، رمال دقيقة الحبيبات ، طمي أو الغرين⁽¹⁾ Silt) ، بشكل عام مقارنة بسحنة المجرى النهرية الذي شكلها.

تضاريس السهول الفيضية : لا يعتمد عرض السهول الفيضية و سمكها على حجم الأنهار فحسب ، بل يعتمد أيضاً على الوضع الجيولوجي - الهيكلي للمنطقة التي يمر فيها مجرى النهر. ففي المناطق ذات منسوب الأرض المنخفض، يتمدد السهل الفيضي وينخفض ويزداد سمك الترسبات الطموية. ففي المجاري الدنيا من نهر الفولغا ونهر سبي (Sbi) يصل عرض السهول الفيضية لهما على التوالي إلى 40 و 50 كم ، أما في المجاري الدنيا من نهر الدون فتبلغ بين 15-17 كم. بينما في الأنهار الصغيرة يبلغ عرض السهول الفيضية بضع مئات من الأمتار فقط . أما في المناطق ذات مناسيب الأرض المرتفعة، فإن السهول الفيضية فيها تكون ضيقة ويزداد ارتفاعها بسبب تعميق النهر لمجره، فيما يقل سمك رسوبيات (طمي) السهول الفيضية هناك.

(1) الغرين ويسمى الطمي أيضاً : وهي مواد حبيبية مصدرها الكوارتز والفلسبار، حيث تتراوح أبعادها بين حبيبات الرمل والغضار، وتسمى هذه المادة أيضاً الطين الخشن. الغرين هو جزيئات التربة المحمولة بفعل السيول أو فيضانات مجاري الأنهار لمسافة ما، ثم يتم ترسيبه على الأرض بعد انحسار الفيضان أو السيل.

في ظل ظروف حدوث سد النهر، الناجم عن ارتفاع الأرض أو الانهيار أو بناء السدود، يزداد سطح السهول الفيضية بسبب تراكم الرواسب الفيضية والتي يمكن أن تصل إلى مستوى شرفة واحدة (مصطبة نهريّة واحدة)، ونتيجة لذلك لن يكون بينهما حافة .

هناك مستويان في السهول الفيضية: منخفض و عالي. حيث تغمر المياه السهول المنخفضة سنويًا ، والتي يبلغ ارتفاعها 1-2 متر. لقد غمرت الفيضانات المرتفعة تلك السهول الفيضية أثناء ذلك، لاسيما عندما يبلغ ارتفاعها فوق القناة 5-6 أمتار، وفي الأنهار الكبيرة يتراوح إرتفاع الفيضان من 8 إلى 10 أمتار وأحيانًا أكثر من ذلك. ووفقًا لطبوغرافيا السطح، وظروف التراكم وتكوين الرواسب في السهول الفيضية للأنهار المنخفضة، يتم تمييز ثلاثة أجزاء تقليديًا هي: الجزء القريب من القناة ، والجزء الوسطي ، والجزء القريب من الشرفة النهرية (المصطبة النهرية)، والتي حددها عالم التربة الروسي الشهير في. في داكوجيف وكما هو موضح في الشكل (8.6) :



الشكل (8.6) رسم تخطيطي لهيكل تضاريس السهول الفيضية للنهر العادي

حيث: 1 - قناة الطمي مع مقطع عرضي في القاعدة ؛ 2 - الرواسب الرملية على ضفة النهر القريبة (لكتف النهر الطبيعي)؛ 3 - رسوبيات غرينية ، طمي رملي ، طين سحنات

السهول الفيضية ؛ 4 - السحنات القديمة (a - مستنقعات الخث ، b - الطمي أو الغرين و الطين) ؛ 5- منسوب المياه الجوفية

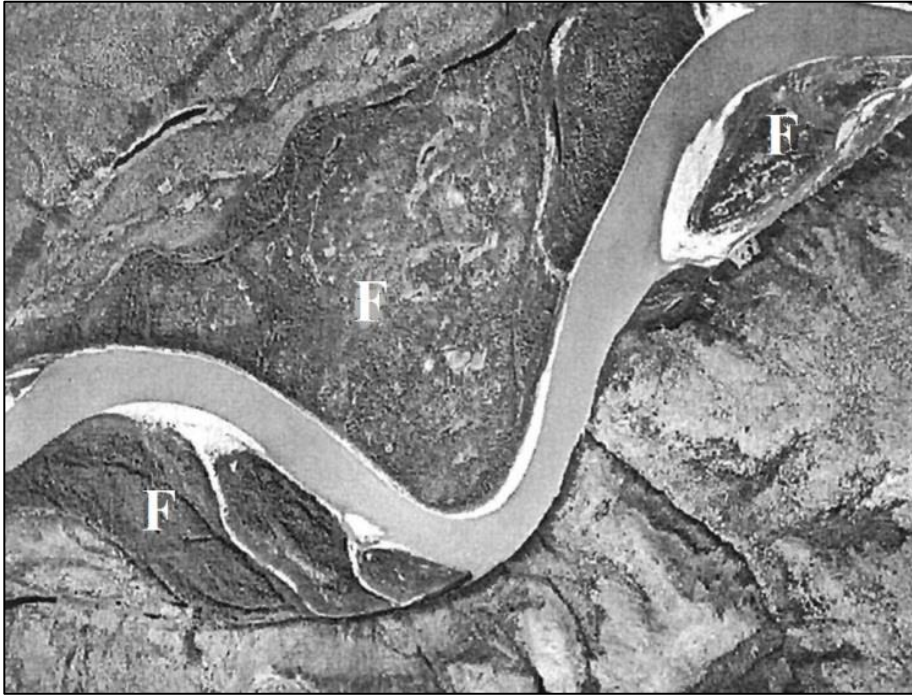
إن الجزء السفلي من مجرى النهر في السهول الفيضية يصبح الأعلى منسوباً ويتكون من أكثر المواد الرسوبية خشونة. ويمكن تفسير ذلك بأنه عندما يرتفع الماء أثناء الفيضان، فإنه يترك القناة (مجرى النهر) وينتشر فوق السطح الخشن للسهول الفيضية، وأحياناً كثيرة تنمو على طول مجاري الأنهار الأشجار والشجيرات التي تعمل بدورها على تخفيض سرعة التيار المائي بشكل حاد، ونتيجة لذلك فإن كمية كبيرة من المواد الرسوبية المعلقة (العالقة) بالإضافة إلى الرمل والحصى تترسب بشدة على هذا الجزء. ونتيجة لذلك ، يتم تكوين ضفة قريبة من النهر (كتف طبيعي) بارتفاع يتراوح بين 0.5 - 1 متر، وفي الأنهار الكبيرة يصل ارتفاعها إلى 2-3 متر وأكثر. وكلما ابتعدنا عن مجرى النهر، كلما قلت الرواسب (الطمية الرملية ، الطمية) وتناقص سمكها، وبسبب هذا يتم خفض سطح السهول الفيضية.

أما بالنسبة للجزء المركزي من السهول الفيضية، فإن منخفضاتها تمتلئ بالماء والرسوبيات، فيما تعمل العديد من المجاري على تغيير موقعها بفعل عمليات التعرية والإرساب مستمرة الحدوث داخل المجرى النهرى، فتتحول تلك الأجزاء في النهاية إلى بحيرات هلالية (بحيرات مُقْتَطَعَة)، حيث تترسب أنحف مادة من السحنات القديمة (الطين ، الطمي - الغرين ، الرمل الناعم) ، ويتشكل الخث هنا .

يقع الجزء الأدنى والأبعد من السهول الفيضية بالقرب من الشرفة النهرية، فقط أخف الرواسب وأكثرها نعومة مثل الطمي - الغرين والطين التي تصل إلى هنا أثناء عمليات الإرساب، وبسبب إنسياب المياه الجوفية من الشرفة المجاورة إلى السهول الفيضية ، يتشكل هنا أحياناً نهر أو قناة بالقرب من الشرفة ، مما يؤدي إلى تكاثر أشكال الخث التي يستخدمها السكان فيما بعد.

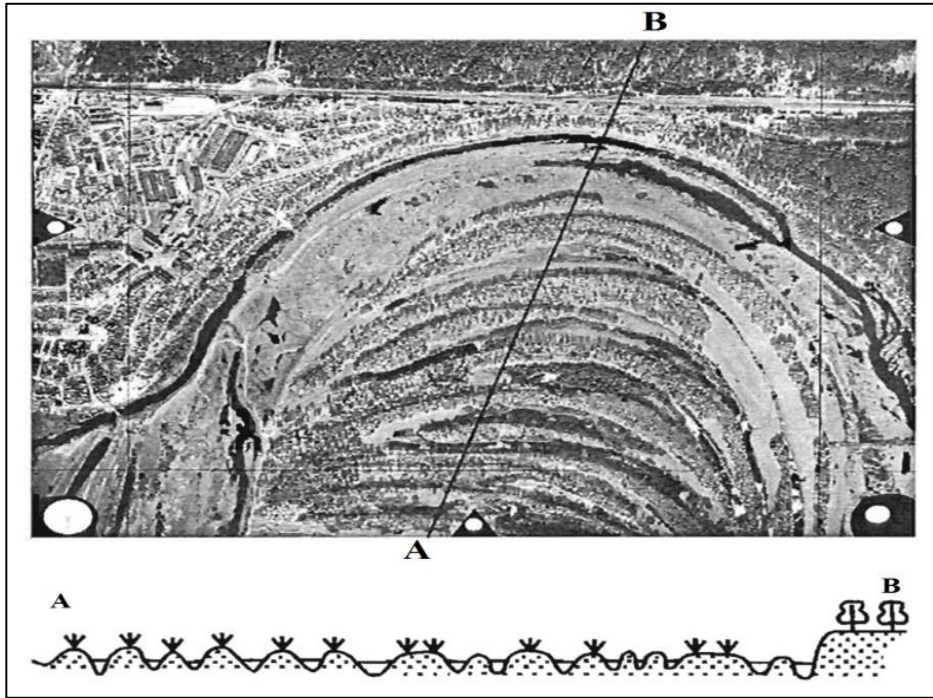
ويترتب على تضاريس السهول الفيضية بأن أقسام رواسبها يمكن أن تكون شديدة التباين، فيلاحظ بأنها تتغير بسرعة في كل من القسم العلوي والجانبى حيث توجد رسوبيات من المواد الخشنة ذات أنواع مختلفة في هذه الطبقات. ومن الممكن أيضا أن تترسب في القنوات والفروع أو تتفتت على طول مناطق المياه الضحلة النهرية والمنحدرات ، بالتناوب مع مادة رسوبية أرق أو الخث المتكون في ظروف ركود في البحيرات الهلالية المحتضرة، ومن بين رواسب السهول الفيضية توجد آفاق أو طبقات للتربة المدفونة، مما يدل على فجوة طويلة في عملية الترسيب. يبلغ سمك رواسب السهول الفيضية بالقرب من الأنهار الكبيرة (أوكا ، فولجا ، دون ، إلخ) 3-5 أمتار، وقد تصل السماكة الإجمالية لطمي السهول الفيضية (مع سحنة القناة) إلى 10-15 متراً.

أنواع السهول الفيضية : اعتمادًا على شكل قناة مجرى النهر، يتغير نوع السهول الفيضية وهيكلها العام. ففي الأنهار المتعرجة تكون السهول الفيضية عادة قطعية ومجزأة، حيث تتطور في تعرجات وتنتقل من ضفةٍ إلى أخرى (الشكل 9.6) .



الشكل (9.6) السهول الفيضية المقتطعة (F) التي نشأت في منحنيات النهر وإنعطافاته والتي تنتقل بين ضفةٍ وأخرى (صورة جوية)

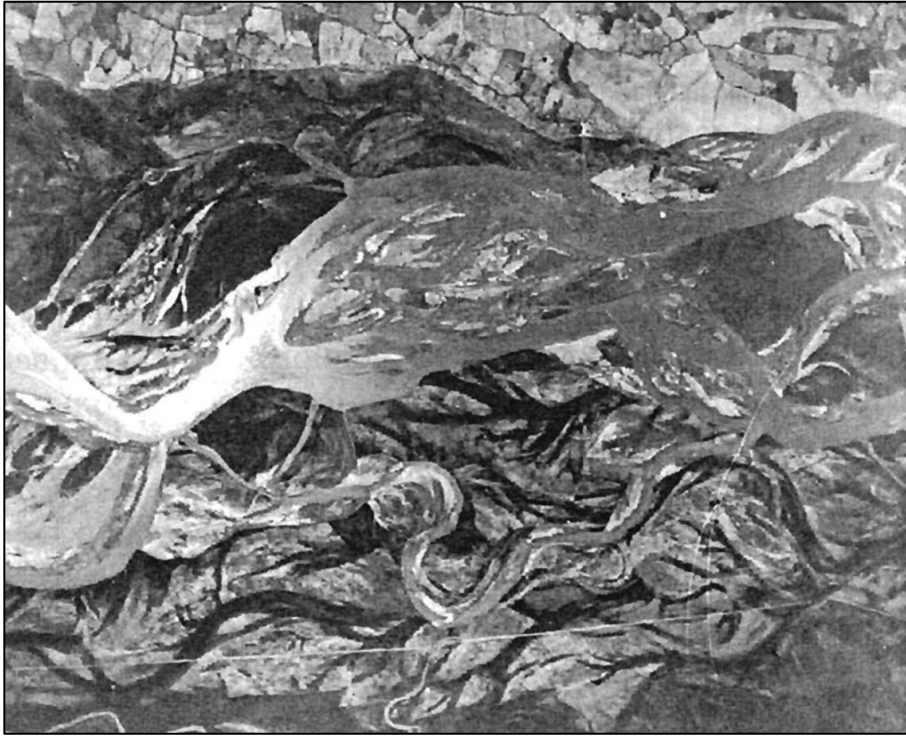
أو قد تتميز بشكل يشبه القوس، الدائرة كما يوضحها (الشكل 10.6) أو نمط قوس المروحة والتي تنقسم بواسطة بعض المنخفضات التي تشبه الألسن التي كانت سابقا جزء من مجرى النهر قديما بضفته المحدبة، مما يشير إلى حدوث إزاحة تدريجية للقناة أثناء تعرجها. وقد تمتلئ مناطق ضفة النهر بالنباتات وبعضها تهب عليها الرياح مكونة الكثبان الرملية (كما هو الحال في أجزاء كثيرة من الضفة اليمنى لنهر الفرات بين شمال الشنافية - محافظة القادسية، وحتى شمال قضاء الخضر - محافظة المثنى).



الشكل (10.6) جزء من السهول الفيضية ذات التضاريس المقطعة أو الزاحفة للنهر -
مجرى نهر أوكي

في الصورة الجوية يتم توضيح شكل نمط القوس لمجاري الأنهار، حيث تكون ضفافها
ممتلئة بالأشجار والشجيرات والقنوات المائية التي تفصل بينها أيضاً : A-B يمثل مقطع
في السهل الفيضي

على طول قنوات المجاري النهرية المستقيمة، توجد سهول فيضان مع ضفاف أنهار
تم تطويرها على كلا جانبي المجرى النهرى، وتكون منفصلة عن القناة بواسطة
الأكثاف الطبيعية للنهر. أما في القنوات المتفرعة فتكون السهول الفيضية متقطعة أو
تظهر بشكل جزر متجمعة (الشكل 11.6)، وهو ما يُطلق عليه بظاهرة الأنهار
المتظفرة أو المتجدولة. أثناء الفيضانات تغمر المياه العديد من الجزر مؤدية إلى
ترسب طمي السهول الفيضية على سطح هذه الجزر.



الشكل (11.6) السهول الفيضية لمجاري الأنهار المتظفرة - المتجدولة (صورة جوية)

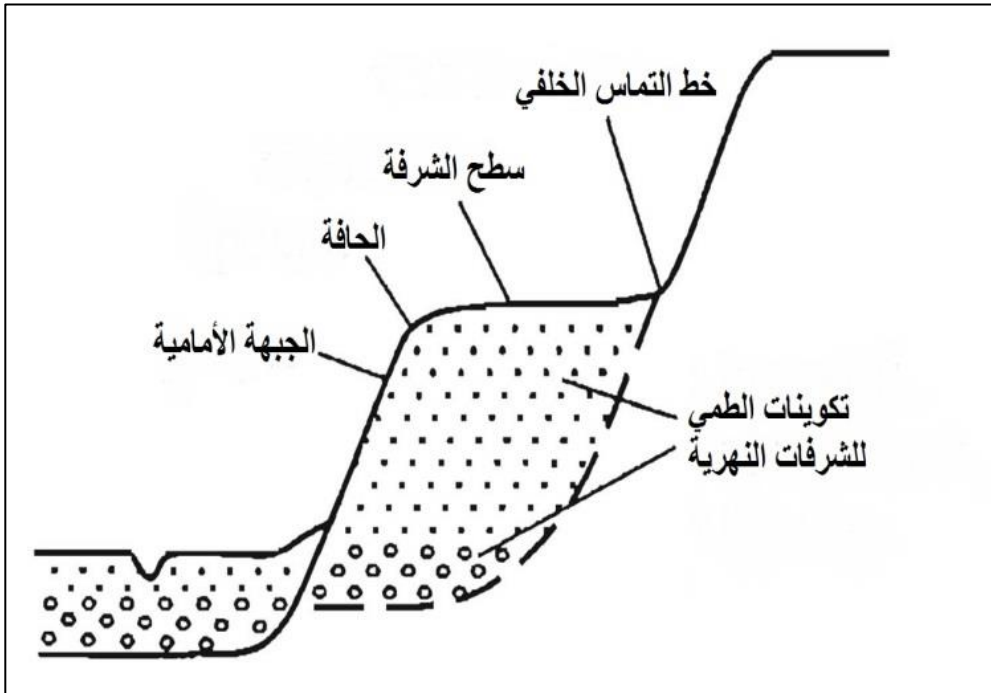
ومع إزاحة ثابتة للقناة باتجاه إحدى ضفتي مجرى النهر، والتي قد تكون ناجمة عن الإرتفاع التكتوني أو قوى كوريوليس، تتشكل سهول فيضانية موازية للتلال على الجانب المرتفع من الوادي. وتكون هذه السهول مشابهة في الهيكل والنمط للسهل المنقطع، كما إن هناك أنواع وسيطة بين كل هذه الأنواع من السهول الفيضية.

عمر السهول الفيضية : إن عصر الهولوسين (Q_4) في غضون 10000 عام ، قد تم تحديده بواسطة طريقة الكربون المشع على بقايا الغطاء النباتي (الخث ، جذوع الأشجار ، إلخ) الموجودة في طمي السهول الفيضية، عموماً يصل معدل الترسيب في السهول الفيضية للأنهار الكبيرة إلى 2-3 مم / سنة.

3.1.6. المصاطب النهرية أو شرفات الأنهار :

إن السمة المميزة لتضاريس وديان الأنهار هي الصعود الواضح في بعض أجزائها أو المدرجات لمنحدراتها. إن المدرجات (الشرفات أو المصاطب النهرية) عبارة عن أجزاء من السهول الفيضية القديمة التي تم رفعها فوق القناة الحديثة والسهول الفيضية، نتيجة القطع المتسلسل (الدوري) لمجرى النهر.

تتميز الشرفات النهرية بكونها تضم العناصر المورفولوجية التالية : المنصة أو سطح الشرفة، الحافة التي تحد المنطقة من الأسفل ، خط التماس الخلفي وهو الخط الذي يكون الموقع على طوله ملائماً للمنحدر الأعلى أو حافة الشرفة الأعلى وأخيراً الحافة وهي خط الانحناء للموقع إلى الجبهة الأمامية وكما يوضحها (الشكل 12.6).



الشكل (12.6) العناصر المورفولوجية المكونة للشرفات النهرية

دورات التعرية التراكمية (الترسيبية) ومراحل تكوين المصاطب النهرية ووديان الأنهار: تعكس عملية تكوين المدرجات (المصاطب النهرية) المراحل المتتالية من تفسير تعرية وتآكل سطح الأرض عن طريق تدفق المياه وتراكم الطمي ، والتي تكون دورية بطبيعتها وتكرر بانتظام لجميع الفترات الزمنية للعصر الرباعي.

إن أساس الدورة هو التغيرات المناخية الدورية ، وكذلك سرعة أو اتجاه الحركات التكتونية. حيث تحدد هذه العوامل ، كما هو مذكور أعلاه ، النشاط الكامل (نظام) تدفقات المياه، إذ يؤثر تغير المناخ على المحتوى المائي للنهر (أي الكتلة: m)، وبالتالي على طاقة تدفق المياه (E) ويُذكر أن $E = \frac{mv^2}{2}$ ، حيث تؤدي الزيادة أو النقصان إلى تغيير التوازن بين عمليتي التعرية والتراكم (الترسيب) .

طبعاً الأمر نفسه ينطبق على الحركات التكتونية والتغيرات الناتجة عنها في أساس تعرية وتآكل مستوى البحار والبحيرات الناجم عن الأسباب مناخية .

تؤدي عملية الرفع الأرضي للمنطقة التي يتدفق من خلالها النهر، أو انخفاض قاعدة التعرية (مستوى القاعدة الدائم أو المؤقت)، إلى زيادة انحدار سطح الأرض ، وبالتالي زيادة سرعة المجرى المائي (V) ، مما ينتج عنه تآكل وتعميق أكثر قوة في قناة مجرى النهر. والعكس صحيح: حيث يؤدي هبوط التضاريس أو زيادة ارتفاع قاعدة التعرية إلى انخفاض المنحدرات وبالتالي انخفاض سرعة مجرى المياه مما يؤدي إلى إضعاف أو توقف التعرية الرأسية وزيادة تراكم المادة الرسوبية بسبب انخفاض قدرة تحمل التدفق النهري وضعف طاقة النهر عموماً .

السؤال يكمن في أي من هذه العوامل هو الحاسم والقابل للنقاش؟ ففي كل مكان وفترة زمنية محددة، من الواضح أنه يمكن الإجابة عن ذلك بشكل مختلف . ومع ذلك ، فيجب أن ندرك إن للظروف المناخية أهمية كبيرة متمثلة بـ : تغيرات كوكبية ، تغطي في نفس الوقت كل من المناطق الجبلية والسهلية المسطحة، فهي تحدد بالتالي وجود

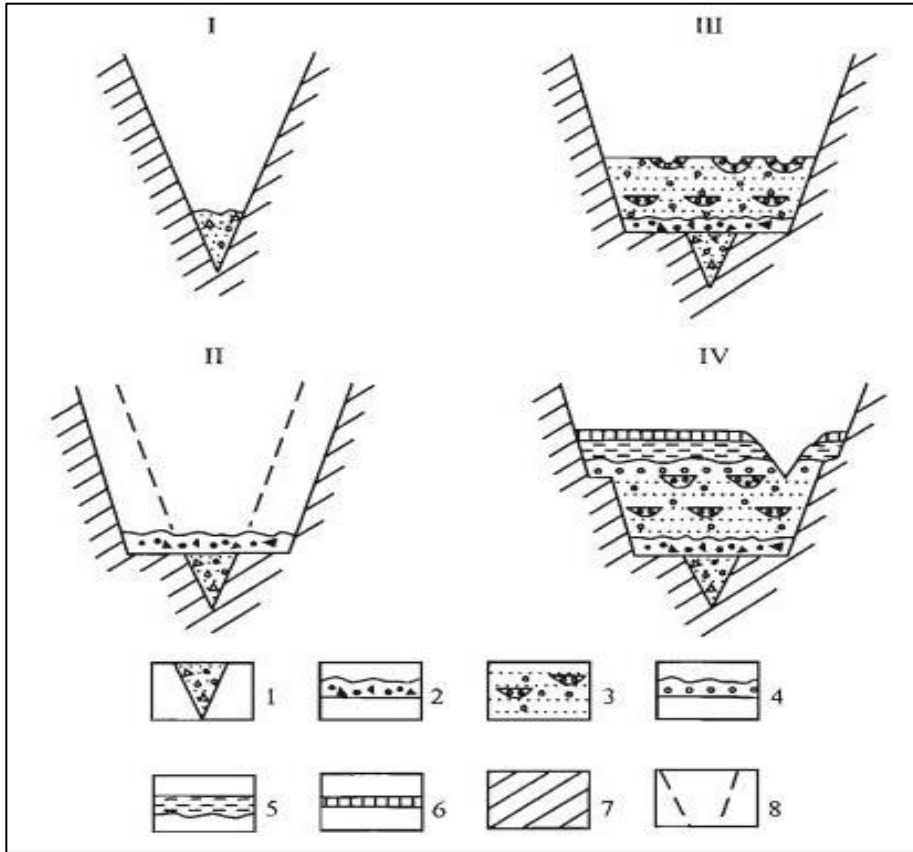
الأنهار وكميات محتواها المائي . كذلك التقلبات في مستويات البحار و المحيطات وبالتالي التقلبات في قواعد تعرية الأنهار (مستوى القاعدة)، ويأتي هذا أيضًا من الصيغة المعروفة لطاقة الجسم المتحرك، ففي هذه الحالة فان تدفق الماء الموضح أعلاه، يبين حقيقة أن السرعة ليست فقط دالة على درجة إنحدار السطح والذي يتم تحديده بشكل عام من خلال التشوهات والانشطة التكتونية ، ولكن أيضًا مرة أخرى يرجع لسبب حجم كتلة الماء، وبالتالي فإن طاقة التدفق تعتمد على كتلتها فضلاً عن اعتمادها التريبيعي على درجة إنحدار السطح. في الوقت نفسه ، تحدث تغيرات مناخية على خلفية الحركات التكتونية ، والتي تكون أكثر كثافة ووضوحاً في الجبال عنها في السهول .

من بين المصاطب (الشرفات) النهرية في وديان الأنهار، تبرز الأودية الدورية والمحلية. فقد تم تطوير دورة الشرفات - المصاطب النهرية المحلية (أو الإقليمية) على طول الوادي بأكمله، وهي تعكس الدورة الكاملة للتغيرات المناخية التي تتجلى في مناطق واسعة وعادة ما تكون ذات طبيعة عالمية (على سبيل المثال : الفترات الجليدية - الدافئة). لذا فإن تم تطوير المصاطب النهرية المحلية فقط في أجزاء معينة من الوادي، فإن ذلك يكون ناتجا عن أسباب محلية ، مثل عمليات الرفع الارضي للكتل الفردية أو إطلاق المياه من السدود في اجزاء من الوديان ، وما إلى ذلك .

تتضمن دورة تشكيل المصاطب النهرية عدة مراحل (عدة اوجه) : الشق او القطع ، توسيع الوادي ، التراكم او الترسيب والتوازن الديناميكي . ويرافق الانتقال من مرحلة إلى أخرى تغيرات في عمليات القناة وتشكل الوادي ونوع الطمي .

مرحلة الإغراق (الأولية) : إن الزيادة في المحتوى المائي للنهر (كمية التصريف المائي) المرتبط بالمناخ ، أو بإنحدار السطح ، والذي يمكن أن يكون ناتجاً عن

الحركات التكتونية (مثل: الرفع الأرضي للمنطقة التي يتدفق خلالها النهر، أو إنخفاض مستوى قاعدة التعرية) ، يؤدي إلى زيادة طاقة تدفق المياه وقدرتها على حمل الرسوبيات وبالتالي زيادة التعرية والتآكل الناتج عن ذلك. نتيجة لذلك ، تزداد التعرية الرأسية العميقة ، ويتم تشكيل شق تآكل (الشكل 13.6 أ) .



الشكل (13.6) مخطط تطور دورة التعرية - التراكم (الترسيب) و مراحل تكوين الوادي حيث المراحل : I - الإغراق (مبدئيًا) ، II - توسيع الوادي، III - التراكم (الترسيب)، IV - التوازن الديناميكي (نهائي) . 1-5 : الطمي ، حيث يمثل (1-منتشر، 2- القاعدة السفلية أو الأفقية، 3- البنائي أو التشيدي، حيث يكون له شكل هيكلي عدسي، 4- دائري، 5- السهول الفيضية) ؛ 6 - تغطية الرسوبيات 7 ؛ - صخور الأساس 8؛ - ملامح خط القطع الأولي .

في الجبال، غالبًا ما يكون شكل مجرى النهر أو الوادي على شكل حرف (V) ، بينما يكون في السهول أوسع. عموماً أثناء الشق-حفر مجرى القناة، لا يقوم النهر بالترسب، ولكنه ينقل فقط المواد الفتاتية المتكونة عن عمليات شق القناة النهرية ودخولها ضمن مرحلة تطور الوادي ، وكقاعدة عامة ، يكون لمجاري الأنهار هنا شكل مستقيم.

إن المقطع الطولي للقناة في هذا الوقت يكون غير متطور. ففي نهاية هذه المرحلة ، وعندما تنخفض قوة التدفق - التصريف ، تضعف عمليات القطع أو الشق في مجرى النهر، وتستقر جزء من المادة المنقولة فوق القاع ليملاً النقاط العميقة في وسط مجراه (خط التالوك) . يكون الطمي في مرحلة الشق منتشرًا - **instructive** (من الكلمة اللاتينية: **instratus** بمعنى: مُلقى ، مُنتشر)، - فيما يتم وصف المفتتات الأخرى بكونها المفتتات الأكثر خشونة ، الأقل فرزًا والاقل إستدارة من غيرها. في الأنهار الجبلية تكون الصخور والحصى الممزوج بالرمل الخشن هي ابرز مكوناتها من المفتتات المنقولة، أما في أودية الأنهار المنخفضة - فإن مفتتاتها تكون أقل خشونة مثل الرمل الاقل خشونة والرواسب الأخرى من الحصى المختلط بالحجارة المكسرة. إن قوة هذه الأنهار تكون متغيرة للغاية، وتعتمد على كمية المواد الفتاتية المحمولة. ففي الأنهار الجبلية ، يمكن أن تصل سمك رسوبياتها إلى عدة عشرات من الأمتار ، أما في الأنهار المنخفضة فإنها لا تتجاوز الأمتار الأولى .

مرحلة توسعة الوادي : في هذه المرحلة يتم استبدال التعرية العميقة (الرأسية) بمرحلة التوازن المؤقت ، وذلك عندما تكون طاقة التدفق غير كافية للقطع والتعميق ، ولكنها كافية لنقل المواد الفتاتية. فتصبح القناة متعرجة ، فيقوم النهر بتعرية جانبٍ واحدٍ أولاً (تآكل جانبي) في الجزء المقعر من الالتواء في مجراه، بينما يقوم بالترسيب عند الجهة المحدبة من المجرى النهرى، ونتيجة لذلك يتمدد الوادي .

يعتمد تآكل وتراجع ضفاف مجرى النهر إلى حد كبير على نوع الصخور والرواسب التي تتكون منها، لذلك فيمكن أن تتآكل طبقات الرواسب الضعيفة بمعدل 1 - 1.5 م / سنة ، وفي بعض الأنهار (مثل نهر آمو داريا) - يصل حتى 1000 كم / سنة. عموما فان سرير قاع الوادي يُبطّن بالطمي، وهي نواتج تآكل الصخور التي تشكل المنحدرات.

في الأنهار الجبلية ، تكون هذه المواد الفتاتية مؤلفة من الحصى والصخور التي تكون غالبًا غير مستديرة، اما في أنهار الأراضي المنخفضة فتكون هذه المادة مؤلفة من الحصى - الرملي أو الحصى الناعم . إن قوة حركة الفتات الخشنة تظهر في الأمطار الأولى، لكنها بعد ذلك تتداخل مع الطمي وتتجاوزه ، ثم تظهر مضطجعة فوق صخر القناة النهرية المتسعة. يُعرف هذا الطمي - الذي يشكل الطبقة السفلية أومتداخلة تحته - بتسمية القاعدة الافقية او السفلية ، متداخلة مع القاع المسطح للوادي وتحت الطمي المنتشر فوقه ، كما موضح في الشكل (13.6 II) .

مرحلة التراكم: تبدأ هذه المرحلة عندما لا تتوفر الطاقة الكافية في مجرى النهر لنقل المواد الفتاتية المفككة، فيترسب الفائض منها. يحدث هذا عند انخفاض طاقة التدفق المائي في المجرى النهرى، أو بسبب عملية إضافة كميات كبيرة من المواد الفتاتية المختلفة التي تدخل في مجرى النهر من المنحدرات المجاورة. وهذا يحدث على سبيل المثال أثناء ذوبان الجليد صيفا، او عند ذوبان الغطاءات الجليدية نهاية العصور الجليدية عندما ترتفع درجة حرارة المناخ . إن مجرى القناة الذي يحمل كتلة من المواد المفككة، قد يتفرع على عدد من القنوات والتي عندما تمتلئ ، تنتقل إلى الأجزاء السفلية من السهول الفيضية.

يتم إنفاق الطاقة الرئيسة لتدفق النهر في هذه المرحلة بشكلٍ حصريٍّ تقريبًا على عمليات نقل المواد الفتاتية وتراكمها ، وبدرجة أقل على توسيع الوادي. إن هذه

المرحلة تعد مرحلة تراكمية بشكل أساسي ضمن مراحل تطور الوادي ، حيث يملأ النهر بالطمي الشق الذي نحته ومن ثم يعمل على رفع سطح قاع الوادي .
يُطلق على الطمي المتراكم في هذه المرحلة اسم الطمي البنائي أو التشييدي - **alluvium constructive** (من الكلمة اللاتينية **constratum** بمعنى الارضية أو الأرضيات) . هذه الارضيات تتكون من تناوب المواد الخشنة والناعمة بشكل عام، كما إن لها هيكل ذو طبقات عدسية، حيث تمثل العدسات ذات المواد الخشنة القنوات الرئيسية والقنوات الفرعية السابقة . يمكن أن تكون سماكة الطمي البنائي كبيرة جداً ، حيث تصل إلى عدة عشرات من الأمتار خاصة في الأنهار الجبلية)، كما موضح في الشكل (13.6 III) .

مرحلة التوازن الديناميكي : يؤدي الانخفاض في المحتوى الفتاتي للنهر أو التدفق الفتاتي القليل في مجرى النهر إلى توقف التراكم - الترسيب ، ونظراً لأن طاقة التدفق غير كافية للتعرية الكبيرة، لذلك تصبح القناة النهرية مرة أخرى متعرجة. في هذه المرحلة لا يتآكل مجرى النهر أو يرسب الفتات المختلف داخل قنواته المائية، فهو يتجول فقط على طول قاع الوادي ، ويغسل الأجزاء العلوية من الطمي البنائي ويفرز، فيما يعمل على رفع الطين الناعم أو المواد الرملية الصغيرة ويحملها في اتجاه مجرى النهر .

تسمى الطبقة المحددة من الطمي التي تكونت نتيجة لذلك الطبقة الرسوبية السطحية أو الحبيبية. كما إنها تختلف عن الطمي الأساسي أو البنائي في الفرز الجيد ، والتفتت ، والقابلية للتدفق ، حيث يتم غسل الجسيمات الدقيقة منها مما يؤدي الى تشكل السهول الفيضية في هذه المرحلة، كما يوضحها الشكل (13.6 IV).

تتداخل رواسب القناة مع رواسب السهول الفيضية وتتشكل ضفاف الأنهار ، ومنخفضات البحيرات الهلالية ، والأشكال الدقيقة الأخرى، فيما ينتهي تكوين السهول الفيضية بتكوين وادي النهر الممتليء بالطين من مختلف الأطوار الديناميكية. إن السمات الهيكلية للطمي وتكوينه الميكانيكي ، فضلاً عن المحتوى النباتي - الحيواني

تعكس محتوى وصفات الدورة المناخية الكاملة: من حيث تغير المناخ من جاف - دافئ و دافئ - رطب أثناء مراحل الشق - تعميق المجرى. كما إن توسع الوادي وتراكمه الجزئي عند رطب وبارد في النصف الثاني من مرحلة التراكم ، الى البارد والجاف في مرحلة التوازن الديناميكي في العديد من وديان الأنهار ، سواء في السهول أو في الجبال ، والتي تتميز بالتغيرات المناخية الموسمية الكبيرة ، حيث تبرز هناك تغيرات في لون الطمي من البني ، المحمر ، الأصفر في الأجزاء السفلية إلى الرمادي في الأجزاء العليا، وهذا يشير أيضًا إلى زيادة التبريد أو التجمد . كذلك فإن لون الطمي اذا تحول من البني المحمر والأصفر في الأجزاء السفلية إلى الرمادي في الاجزاء العلوية، فإن هذا يشير أيضًا إلى زيادة التجمد والبرودة .

تبدأ دورة جديدة مع ارتفاع درجة حرارة المناخ مما يؤدي إلى ذوبان الأنهار الجليدية في مناطق التجلد، فتتزايد كميات المياه في الأنهار، وبالتالي سيبدأ نشاط التعرية العميقة - الرأسية مرة أخرى ، وستبدأ السهول الفيضية في الانهيار. كما يمكن أن يمسك شق جديد بالقناة في أي نقطة في الوادي، وسيعتمد عمق القطع الجديد على كمية المياه في النهر ، مدة التعرية ودرجة إنحدار القناة. إعتدًا على كل هذه الظروف ، فقد يكون القطع الجديد أعمق من السابق ويتعمق في القاعدة الصخرية ، أو على العكس من ذلك ، فقد يكون أقل عمقًا ولا يخرج من الطمي الذي يملأ القطع القديم .

سيتم تكرار جميع المراحل مرة أخرى وسيتم تشكيل وادٍ نهرٍ جديد متداخل مع الأول، وسوف تتحول السهول الفيضية السابقة إلى شرفات نهرية - مصاطب . إن عدد هذه المصاطب التي تشكلت خلال النشاط التعروي - التراكمي للأنهار خلال الزمن الرباعي في وديان الأنهار خارج منطقة التجلد ، من الممكن أن يصل إلى خمسة أو ستة مصاطب. يعكس تكوين هذه المصاطب - الشرفات حالة التغيرات المناخية الدورية التي حدثت في مناطق واسعة خلال الفترة الرباعية.

في المناطق التي تغطيها الأنهار الجليدية، بطبيعة الحال لا يمكن أن تتشكل المدرجات أو المصاطب ، لأن وديان الأنهار تكون ممثلة بالجلد . إذا تم تطوير المصاطب النهرية في أودية الأنهار بشكل أو بآخر في بعض من هذه المناطق ، بالتالي فإن هذا يشير إلى إن هناك مظهر من مظاهر الحركات التكتونية المحلية، سواء كانت عمليات رفع أو هبوط ارضي للمناطق الفردية، لذلك فيمكن أن يكون هناك العديد من المصاطب المحلية لكنها تعقد الدورة الواحدة فقط بخطوة إضافية .

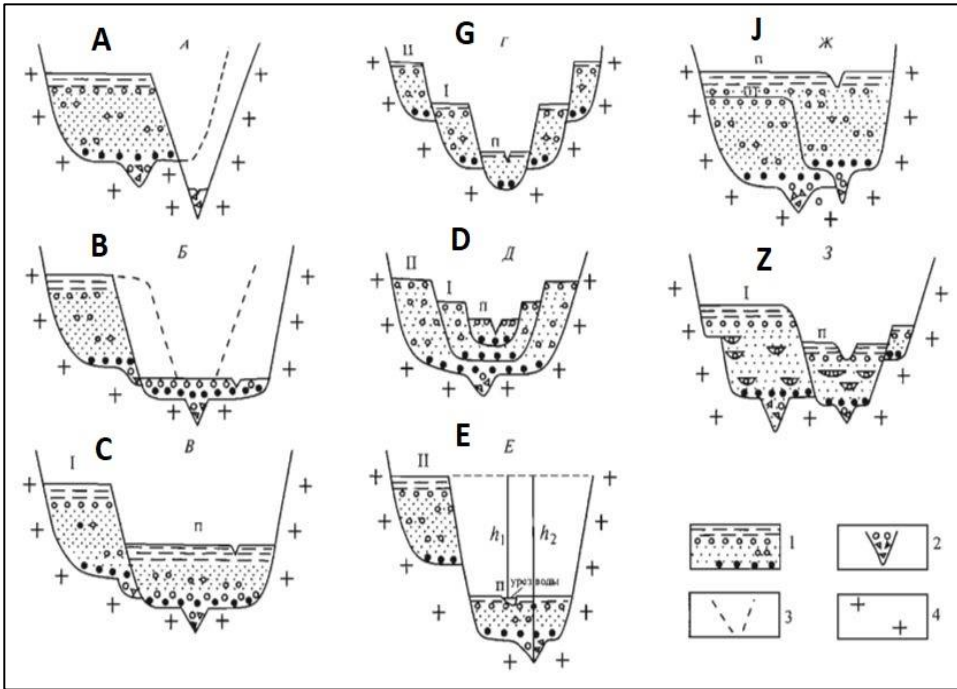
أنواع الشرفات - المصاطب النهرية : اعتمادًا على عمق الشق الجديد وسماكة الطمي الذي يملؤها والتي تختلف بدورها بحسب اختلاف الدورات السابقة، تتشكل أنواع مختلفة من المصاطب (المدرجات) من مادة السهول الفيضية السابقة.

فإذا قطع النهر أثناء إحداثه لشق جديد، كما موضح في (الشكل A، 14.6 B) سمك طبقات الطمي بالكامل (من الدورة السابقة) وذهب بعمق في الصخر الأساسي ، حينئذ يسمى بـ (القبو أو القاعدة الاساس) ، وبالتالي سيغلق الطمي الجديد القاعدة الصخرية (the bedrock) وجزءًا من القسم الطموي - الغريني ، ثم يتم تشكيل مصطبة تراكمية محزوزة ، كما موضح في (الشكل C، 14.6 G).

بينما تتكون الشرفات - المصاطب التراكمية أيضًا إذا كان الشق الجديد أقل من سمك طبقة الطمي للدورة السابقة، ويمكن تسمية هذه الشرفات بـ (الشرفات - المصاطب المتداخلة)، الشكل (D 14.6) . أما إذا كان سمك الطمي الجديد غير كافٍ لتغطية الطابق السفلي من الأساس الصخري، فسيتم تكوين مصطبة تراكمية أو قبو من السهول الفيضية السابقة (الشكل E 14.6 ؛ الشكل 15.6) . أما فيما إذا ملأ الطمي الجديد الشق بأكمله وتجاوزه، فسيتم دفن سطح السهول الفيضية السابقة وسيشكل مصطبة مدفونة، الشكل (J 14.6) . وقد يترافق تراكم الطمي المتزايد مع زيادة في قاعدة التعرية أو الهبوط التكتوني، ففي هذه الحالة سيتم حفر طبقة الطمي القديم تحت الطمي الصغير. كما ذكرنا سابقًا ، تتكون كل شرفة او مصطبة نهريّة كشكل من

الأشكال الجيومورفولوجية من رصيف وحافة تمتد إلى أسفل حافتها الخارجية أو رصيفها (يُنظر في ذلك الشكل 12.6).

ومع ذلك ، فإن هذه العناصر تنتمي إلى دورات عمرية مختلفة لتكوين الوادي، حيث يتشكل سطح الشرفة - المصطبة (مثل سطح السهول الفيضية السابقة) في نهاية دورة واحدة ، فيما يتم تشكيل الحافة المقابلة للشق



الشكل (14.6) مخطط يبين هيكليّة أنواع مختلفة من المصاطب - المدرجات النهرية ومجاري الانهار:

C، B، A يمثل المراحل الاولى لتكوين المصاطب - المدرجات ؛ D، G : المدرجات التراكمية (G: جزء منها (ضمنها) ، D : متداخلة) ؛ E: مصطبة - شرفة التعرية - التراكم (الترسيب) ؛ J : الوادي المدفون والشرفة المدفونة (II) ؛ Z: الوادي العميق⁽¹⁾ (قد تصل

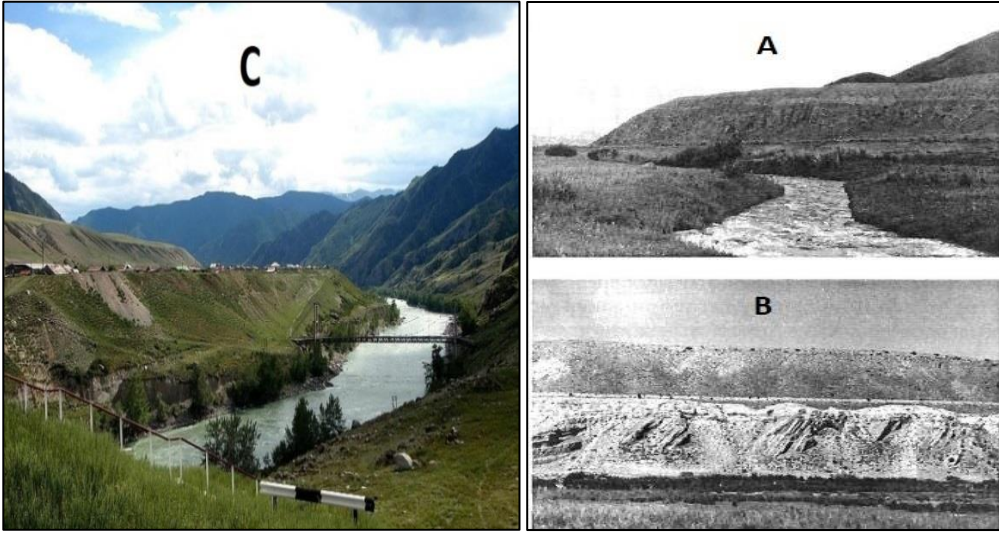
(1) الوديان العميقة او اودية الانفاق - The Overdeepened Valleys : تلاحظ هذه الظاهرة تحت الأنهار الجليدية الحديثة التي تعمل على إنشاء هذه الوديان شديدة العمق ، في مضائق

أعماقه إلى مئات الأمتار تحت أعرق خط متصل (thalweg - خط العمق أو خط التالوك، اي إنه أعرق من الحديث) ؛ أما الأرقام فإنها تمثل : 1 - الطمي ، 2 - ثالوج الوادي ، 3 - حدود القطع الأولي ، 4 - صخور الأساس ؛ فيما تمثل : h_1 - إرتفاعات الشرفات أو المصاطب النهرية، h_2 - عمق القطع، $\Pi^{(1)}$ - السهول الفيضية، I-II - أرقام الشرفات أو المصاطب النهرية (تسلسلها) .

الجديد في الدورة التالية. عموماً يجب أن يؤخذ ذلك في عين الإعتبار عند رسم الخرائط الجيومورفولوجية، ويجب تحديد الحافة (أو المنحدر) والسطح المجاور (الرصيف) أسفل الشرفة السفلية على إنها أشكال أرضية متداخلة.

المياه المالحة وبحيرات المياه العذبة المتبقية بعد ذوبان الأنهار الجليدية ، وكذلك في وديان الأنفاق المليئة جزئياً أو المملوءة بالرواسب. فعندما تمتلئ القناة التي ينتجها نهر جليدي بالحطام ، سجد أن البنية الجيومورفولوجية الجوفية مقطوعة بشكل تعرية - تآكل شديد وصولاً إلى صخور القاعدة، وقد تم ملؤها بعد ذلك بالرواسب. يمكن أن تصل هذه الشقوق العميقة إلى الهياكل الصخرية الواقعة تحت عمق عدة مئات من الأمتار تحت قاع الوادي. إن هذه المضائق والبحيرات العميقة لها قيمة اقتصادية كبيرة كونها تصلح لان تكون موانئ ومصايد للأسماك. كذلك تعد الأحواض والوديان العميقة المليئة بالرواسب (المسماة أودية الأنفاق) ذات أهمية خاصة للمهندسين وعلماء جيولوجيا البترول وعلماء الهيدرولوجيا ؛ حيث يستخدم علماء الجيولوجيا البترولية مواقع وديان الأنفاق لتحديد حقول النفط المحتملة ، بينما يطبق علماء الهيدرولوجيا هذه المعرفة لإدارة موارد المياه الجوفية .

(1) حرف Π : أحد حروف الابجدية الروسية وهو يقابل حرف (P) بالانجليزية.



الشكل (15.6) صور لبعض الشرفات - المصاطب النهرية حيث إن: A - يظهر الفتات التراكمي مع غطاء رسوبي؛ B - الشرفات - المصاطب النهرية (التعوية - التراكمية)، حيث تبرز صخور القاعدة وتتكشف صخور الباليوجين والنيوجين؛ C - مصاطب نهر كاتون⁽¹⁾ (في جبال التاي)، حيث تقع قرية (إينيا) على إحدى أكبر مصاطب نهر كاتون (التي تتواجد ضمن المنطقة الممتدة من مصب نهر بي - يالومان وحتى قرية إينيا في روسيا الاتحادية)، ويبلغ إرتفاعات بعض مصاطبها أكثر من 200 م .

ويجدر بالذكر فإن نهرا دجلة و الفرات قد كونا العديد من الشرفات النهرية في مناطق مختلفة من العراق، فمثلا نجد ان للفرات حوالي (9 - 10) مستويات لشرفاته النهرية بين منطقة الحدود العراقية - السورية وحتى خان البغدادي، وترجع بدورها الى عصر البلايستوسين⁽²⁾.

(1) <https://www.turistka.ru/altai/photo.php?img=15835>

(2) المترجم إعتقادا على : ورود يوسف حسن، لمى عز الدين المختار، & خلدون عباس معله (2008). جيولوجية الترسبات الفتاتية المتكشفة في قرية سن الذبان، شرق بحيرة الحبانية، وسط

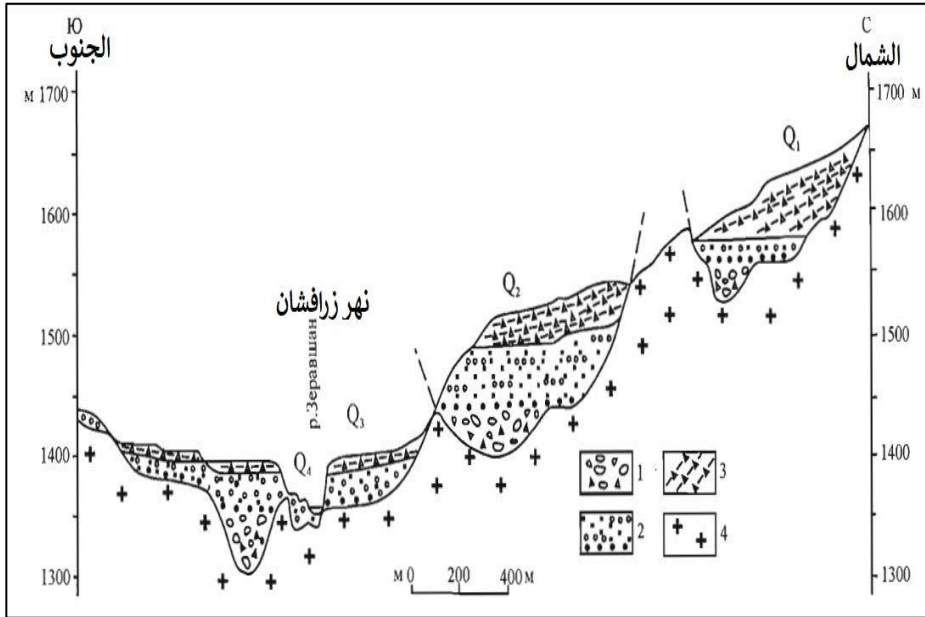
العراق *Iraqi Bulletin of Geology and Mining*، (1)4

عموماً، يُقاس إرتفاع كل شرفة من حافة المياه إلى حافتها كما موضح في الشكل (E 14.6 - h_1) ومع ذلك ، فإن ارتفاع حافة الشرفة ليست سوى الجزء المرئي من المدخل الجديد بالكامل.

إن هذه الحقيقة المهمة، التي لفتت إنتباه س.س. شولتز (С. С. Шульц) إليها في الثلاثينيات من القرن الماضي، تكون مهمة لتحديد العمق الكلي للشق في كل دورة. حيث يتكون الأخير من جزء مرئي (حافة) - وجزء غير مرئي مدفون تحت طبقات الطمي الجديدة، كما في الشكل (E 14.6 - h_2). كما يُستخدم معرفة عمق قطع الدورة في تحديد سرعة قطع النهر في الدورة الواحدة، ويُعتقد أن عمق شق الدورة يتناسب طرديًا مع اتساع الحركات التكتونية أثناء الدورة. ومن خلال معرفة مدة كل دورة أو مرحلة، فمن الممكن تحديد المعدل التقريبي للإرتفاع التكتوني لمنطقة كبيرة أو قسم منفصل خلال هذه المرحلة.

في كل وادي نهري (في منطقة منبسطة أو جبلية) تتطور المدرجات النهرية بشكل غير متساوٍ، فمن النادر رؤية مثل هذا الهيكل عندما يتم قطع أو تداخل كل واد جديد بشكل متماثل في الوادي السابق، فيما يتم تطوير المدرجات على طول ضفتي الوادي أو منحدراته (على سبيل المثال ، في الشكل D 14.6، G). وفي كثير من الأحيان ومع شق جديد وتوسيع للوادي، يتم قطع المدرجات التي تم تشكيلها مسبقًا بدرجة أو بأخرى ، حتى يتم تدميرها بالكامل.

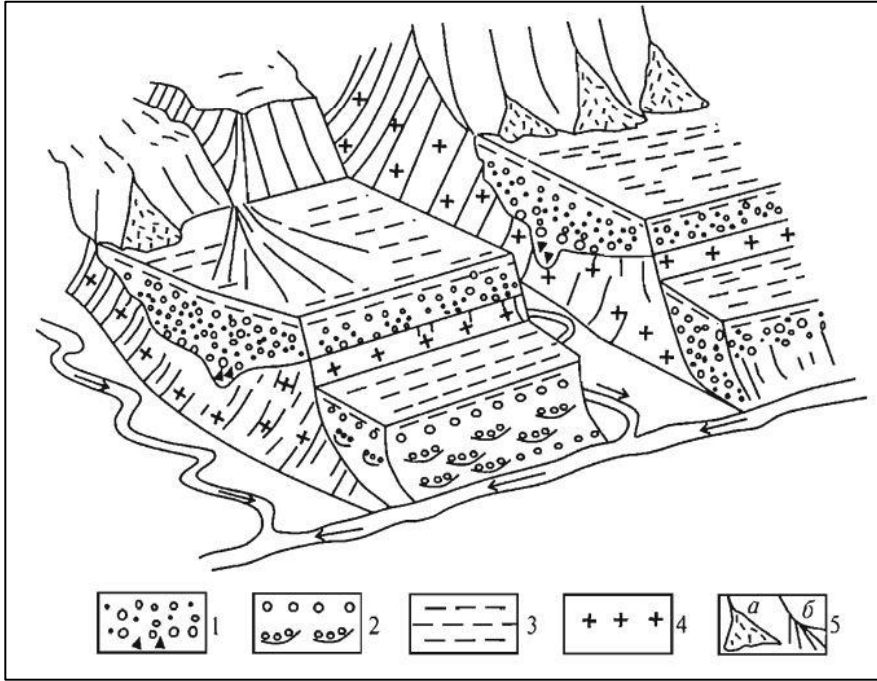
إن الوادي الجديد وأثناء عملية تطوره الطبيعي أو تحت تأثير التنشيط التكتوني الحديث (انظر أدناه والفصل 19 من الكتاب) يمكن إزاحته عن مجراه السابق في اتجاه أو آخر وأحيانًا يتجاوز حدوده تمامًا ، ويتركه جانبًا ، كما لو كان معلقًا (الشكل 16.6).



الشكل (16.6) أودية أنهار من مختلف الأعمار محفوظة على جانب أحد منحدراتها نتيجة إزاحة مجرى النهر (منطقة جنوب تيان شان) ،

انواع الطمي : 1- طمي بنائي ; 2- سفلي و بنائي ; 3- تكوينات غطائية ;
4- صخور القاعدة

غالبًا ما تُلاحظ مثل هذه الظاهرة بشكل خاص في الجبال، حيث تكون الشقوق عميقة ويكون الانكشاف جيدًا، فتقطع الروافد الجانبية مصاطب النهر الرئيسي ، وتكشف عن هيكلها العرضي، كما في الشكل (17.6) .



الشكل (17.6) يبين هيكلية مصاطب النهر الرئيسي المكشوفة

حيث : 1 - الطبقات الطموية البنائية وتحت خط النقاط الاعمق المتساوية (thalweg) ؛

2 - الطمي البنائي و السفلي ؛ 3 - رواسب الفيضانات ؛ 4 - صخور الأساس ؛

5 - a: التالوس (ركام التالوس) ، b: المراوح الفيضية

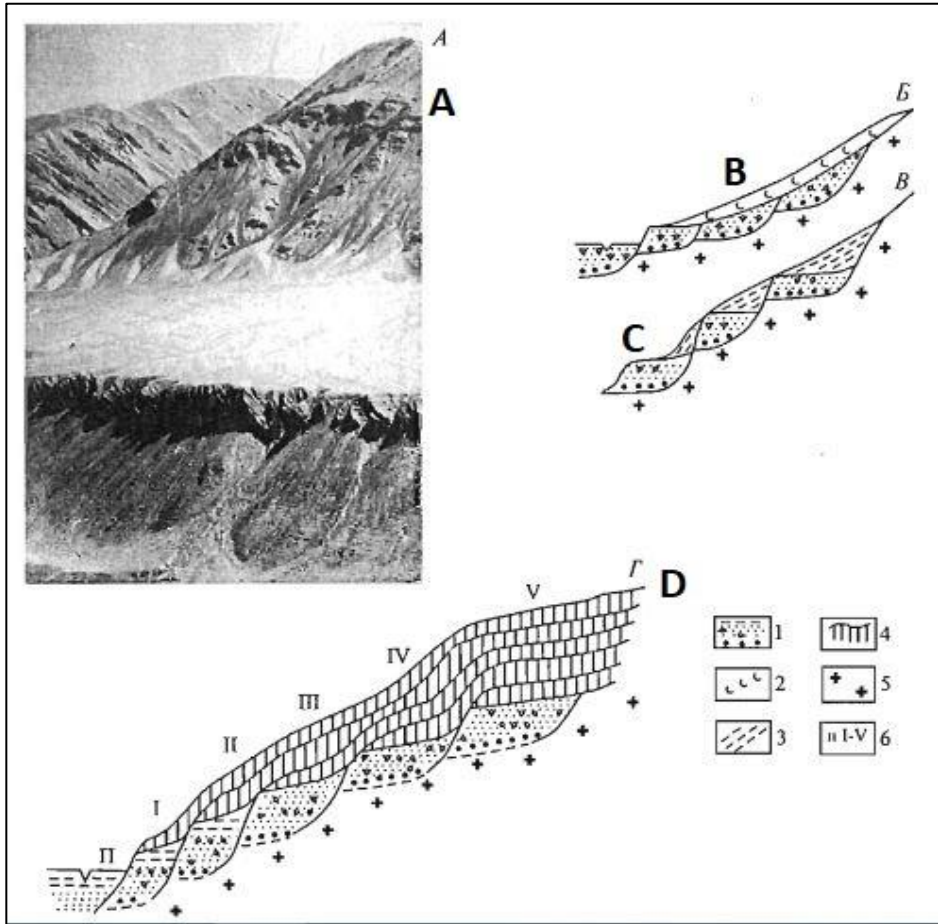
عندما يتم إندماج الوديان الجديدة مع بعضها البعض، قد يتزامن أعماق خط متصل (خط القعر أو التالوك - **thalweg line**) مكانياً مع خط قعر آخر من الوديان القديمة ، أو تعبرها ، أو قد تكون منفصلة. كل هذا له أهمية كبيرة في تشكيل الطبقات الطموية - الغرينية التي يمكن ان تضم مختلف المعادن المفيدة وإعتبار ذلك دليلاً للبحث عنها .

تشكيل الطبقات الغطائية للمصاطب : بعد أن تبدأ السهول الفيضية في التقطع متحوّلة إلى مصطبة، تاركةً منطقة تأثير تدفق القناة النهرية، فإن ذلك سيؤدي إلى تراكم الرواسب على سطح المصطبة أو الشرفة، حينذاك ستتشكل طبقة غطاء المصاطب.

فبعد أن تبدأ السهول الفيضية بالتقطع وتتحول إلى شرفات نهريّة، وتترك منطقة تأثير تدفق القناة ، ستتراكم رواسب التكوين غير الغرينية على سطحها. هذه الركامات تأتي من المنحدر المجاور ، حيث يكون سطح المصطبة - الشرفة المشكلة هو أساس التعرية ، فيتم نقل رواسب المنحدرات المختلفة من امثال (الدليفيوم⁽¹⁾ **deluvium** ، ركام التالوس ، ركامات الانهيارات الجليدية ، الركامات الطينية المختلطة الناتجة عن إنزلاق التربة - **solifluction** ، وغيرها ، اعتماداً على المناخ ودرجة إنحدار المنحدر)، بالإضافة إلى الرواسب الأخرى للمنحدرات ، بحيث يمكن تغطية سطح المصطبة بواسطة هذه المفتتات على شكل مراوح غرينية ، الشكل (A 18.6).

في منطقة التندرا ، حيث يتم تطوير عمليات إنزلاق المواد المفتتة على طول المنحدرات بشكل مكثف (انظر الفصل 8) ، يمكن تغطية أسطح المصطبة - الشرفة بالكامل برواسب **solifluction** ، مما يؤدي لأن تفقد المصطبة شكلها الأساسي. نتيجة لذلك ، يتم تشكيل منحدر واحد لطيف يعمل على إخفاء المصاطب - المدرجات النهرية تحته. تسمى هذه المنحدرات الواقعة في شمال شرق روسيا بمنحدرات المدرجات (انظر الشكل B 18.6). كما يمكن ملاحظة صورة مماثلة في المنطقة الوسطى من الجزء الأوروبي من روسيا وجنوبها ، ولكن هنا يتم تغطية أسطح وحواف هذه المصاطب أو المدرجات بالدليفيوم (الشكل C 18.6) أو ترسبات اللوس القارية. حيث يحتوي الأخير على آفاق من التربة المدفونة التي يصل سمكها إلى عدة عشرات من الأمتار (الشكل D 18.6). عموماً كلما كانت المصاطب أقدم، يكون غطاء الرواسب غير الغرينية أكثر سمكاً على سطحها.

(1) هي مجموعة من الرواسب الطينية (مصطلح **Deluvium** مشتق من الكلمة اللاتينية **Deluo** بمعنى الغسل) الناتجة عن تجوية الصخور عند سفح التلال وعند الاجزاء السفلية منها، وعادة ما يتم اعتبارها جزءاً من مجموعة اوسع من المواد .



الشكل (18.6) يبين أنواع الرواسب التي تغطي سطح المصبطات - الشرفات النهرية
 A - ركامات غزيرة للمفتتات المختلفة؛ B - رواسب solifluction ؛ C - رسوبيات
 الدليفيوم Deluvium ؛ D - تربة اللويس

أنواع الطبقات ، حيث : 1 - الطمي، 2 - رواسب solifluction ، 3 - رسوبيات الدليفيوم
 4 - تكوين تربة اللويس، 5 - صخور الاساس، 6 - السهول الفيضية (n)
 وعدد المصاطب .

مدة دورات التعرية - التراكم وعمر المدرجات : في العصر الرباعي وبسبب الظروف
 المناخية الغربية (التبريد العام، التناوب المتكرر للعصور الجليدية - الدافئة وتغير
 الرطوبة) ، كل ذلك ادى الى تشكل شبكة الأنهار الحديثة للعديد من مناطق الأرض.

بالنسبة لوديان الأنهار في المناطق غير الجليدية ، سواء الجبلية أو السهلية، فإنها تتميز بالمدرجات الرباعية ذات الدورات الخمس أو الست (يوجد عدد أقل منها في المناطق الجليدية). كذلك فإن الموقع المتدرج في وديان الأنهار يخلق بنية متدرجة لهذه الوديان ويشير أيضًا إلى دورات تعرية - ترسيب (تراكم) متكررة التي تحدث أثناء التغيرات المناخية الدورية وعلى خلفية الحركات التكتونية أيضاً .

إن مدة دورات التعرية - الترسيب (التراكم) الأحدث، تتناقص باستمرار عن الدورات السابقة إلى الدورات اللاحقة. وهكذا ، فإن مدة دورات التعرية - الترسيب في البليستوسين المبكر والمتوسط هي حوالي (100-150) ألف سنة ، بينما الفترة الزمنية لدورات البليستوسين المتأخر هي حوالي (50 - 60) ألف سنة أو أقل. لقد بدأت دورة الهولوسين منذ نحو (12 - 10) آلاف سنة ، عندما بدأ ذوبان الأنهار الجليدية لآخر عصر جليدي، ولم ينته بعد. لذا فإن عمر المدرجات - المصاطب النهرية أقل إلى حد ما لأنه في الدورة يتم استخدام (إنفاق) جزء من الوقت الخاص بكل دورة على عملية قص وتعميق القطع. وبشكل عام ، فكلما ارتفع موقع المصطبة - الشرفة النهرية ، كلما كانت تلك المصطبة أقدم ، كما إن عمر المصطبات - المدرجات (النسبي والمطلق) عادةً ما يتوافق مع عمر الطمي الذي يتكون منها. ويتم تحديده من خلال طرق مختلفة من خلال الإستعانة ب : علم الأحافير ، علم الآثار ، وعلم الجيوكرونولوجيا المطلقة ⁽¹⁾، إلخ.

بناءً على ذلك ، فإن المدرجتين (المصطبتين) السفليتين (الأولى والثانية I-II) من عصر البليستوسين المتأخر ، حيث لا تزال الأشكال الدقيقة لتضاريس السهول الفيضية (بحيرات قرن الثور - البحيرات الهلالية) محفوظة في بعض الأحيان على أسطحها. فيما نجد ان عمر المصطبتين - المدرجات الثالثة والرابعة (III-IV) ،

(1) الجيوكرونولوجيا المطلقة (Absolute Geochronology) : هو قسم من الكيمياء الجيولوجية الحديثة (Geochemistry) .

كقاعدة عامة ، يرجعان الى عصر البليستوسين الاوسط ، فيما ترجع المدرجات المرتفعة الخامسة والسادسة (V-VI) على التوالي الى عصر البليستوسين المبكرالذي يُعرف بعصر الايوليستوسين⁽¹⁾ **Eopleistocene**.

4.1.6. الفرق بين وديان الأنهار الجبلية ووديان السهول :

إن وديان الأنهار الجبلية أضيق وأعمق من وديان السهول، لأن الشقوق الرأسية في الجبال أعمق بسبب التعرية العميقة الأكثر كثافة المرتبطة بسعة أكبر للحركات التكتونية، فضلا عن ارتباطها بدرجات الإنحدار الارضي الشديد . وفقاً لذلك ، يكون ارتفاع المصاطب (المدرجات) أكبر، ويمكن أن يصل إلى عدة مئات من الأمتار في المناطق الجبلية (في حين إنه نادراً ما يتجاوز إرتفاع أقدم المدرجات في أنهار الأراضي السهلية المنخفضة مائة متر) ، ويتم التعبير عنها جيومورفولوجياً بشكل أفضل، حيث يحتوي الطمي الذي يتكون منها على تركيبة رسوبيات أكثر خشونة منها في المناطق السهلية. عموماً فإن السهول الفيضية و بحيرات قرن الثور(البحيرات الهلالية - **Oxbow lake**) هي سمة من سمات الطمي الذي تم تطويره في مناطق المنخفضات (السهول) وفي كثير من الأحيان في الأجزاء الضيقة من الوديان .

(1) Eopleistocene - (الايوليستوسين): هو الجزء الأول من العصر الجليدي الذي استمر من 2.58 مليون سنة مضت إلى حوالي 760 ألف سنة ، عندما بدأ العصر الحديث. في مقياس **(IUGS)** يتوافق هذا الجزء من الزمن مع مراحل كالابريان والجيلازيان (العصر الجليدي المبكر)، وفي هذه الفترة الطويلة المبكرة، تم تمييز العديد من العصور الجليدية . عموماً ينقسم العصر الأيوليستوسيني عادةً إلى مبكر وهو عصر الجيلازيان - **Gelasian** (قبل 1.8 مليون سنة) ومتوسط يمثل عصر الكالابريان - **Calabrian** (منذ 1.2-1.8 مليون سنة) ومتأخر يمثل الجزء الاخير من عصر البليستوسين وهو زمن الشيبانيان - **Chibanian** الذي يمثل البليستوسين المتأخر (من 800 ألف سنة - 12 ألف سنة) .

تتميز الوديان الجبلية ببنية شبيهة بالخرز لذلك يُطلق عليها تسمية (الأنهار الخرزية⁽¹⁾ - Beaded streams) ، وهي تتشكل عندما تتناوب الأقسام الممتدة في (المنخفضات المحلية) مع أقسام ضيقة تسمى العتبات (الشكل : 19.6 ، 20.6 ، 21.6).

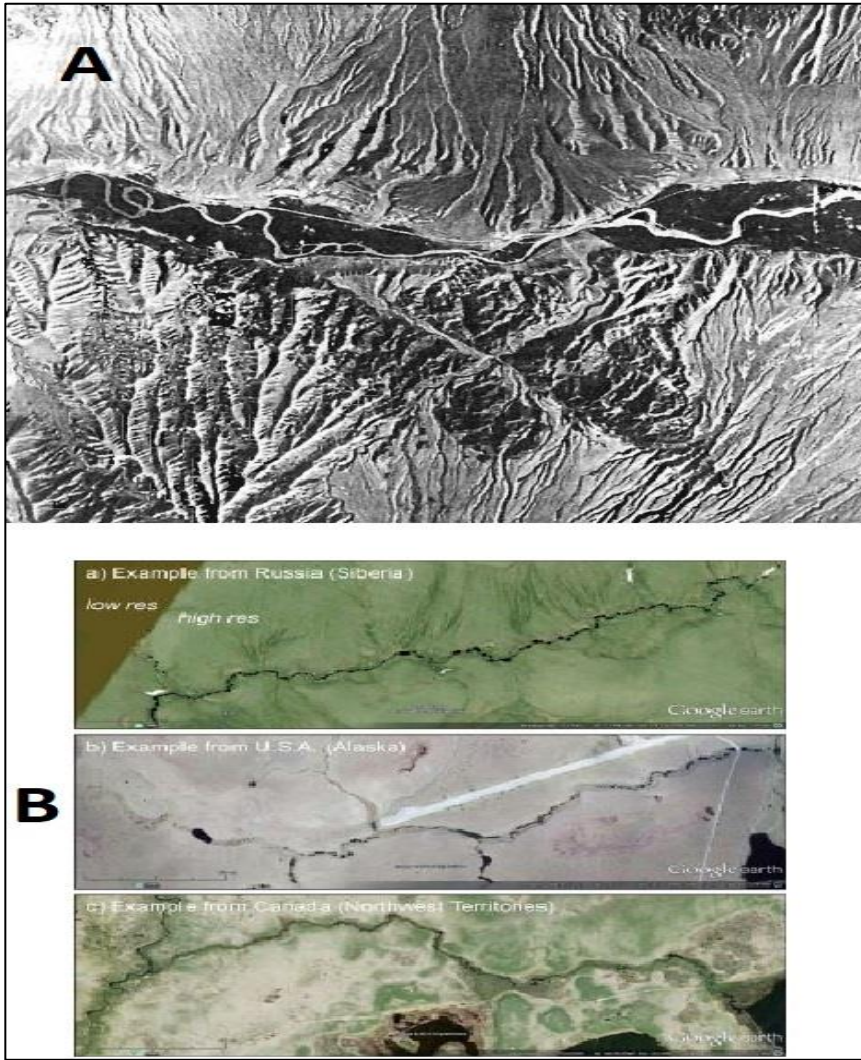


الشكل (19.6) مقطع ممتد - ضمن منخفض محلي في وادي نهر جبلي أمام سد ضيق

(1) المجاري النهرية الخرزية (Beaded streams - четковидное строение) تنتشر المجاري النهرية المخرزة على نطاق واسع في مناطق التربة الصقيعية في روسيا، شمال ألاسكا وكندا وتعتبر من التضاريس الكارستية - الحرارية الشائعة. ومع ذلك ، لا يُعرف الكثير عن توزيعها ، وكيف وتحت أي ظروف تتشكل ، وكيف تُترجم مورفولوجيتها المثيرة للاهتمام إلى وظائف النظام الإيكولوجي وموائلها. قد يوفر النمط المكاني المتكرر المرتبط بمورفولوجيا مجرى الخرز والديناميات الهيدرولوجية موطنًا وافرًا ومثاليًا للأسماك. قد تخلق مجاري الخرز وظائف هامة للنظام الإيكولوجي وموائل في العديد من الجهات الطبيعية دائمة التجمد وقد بدأت عمليات التعرف على توزيعها ودينامياتها في أبحاث القطب الشمالي فقط.

يحدث تكوين الأقسام الضيقة (التضييقات) أو الجسور بسبب الأنشطة التكتونية (كتناوب الهبوط أو الرفع الأرضي للمقاطع الصاعدة) ، أو تطوير مراوح الغرينية على نطاق واسع ، أو تضيق الوادي ، أو الانهيارات الأرضية ، مما يتسبب في ظهور السدود ، وما إلى ذلك.

إن منحدرات الوديان الجبلية تكون أكثر إنحدارًا، والمستجمعات المائية التي تفصل الوديان المجاورة تكون أضيق، وغالبًا ما تكون على شكل سلسلة من التلال، على عكس أسطح مستجمعات المياه الشاسعة التي غالبًا ما تكون مسطحة بالقرب من أنهار الأراضي المنخفضة، والتي تتناقص تدريجيًا وتتحول إلى منحدرات لطيفة من السهول برواسب غطائية ذات سماكة كبيرة. ومع ذلك ، فإن عدد المصاطب الدائرية بالقرب من الأنهار الجبلية وتلك الموجودة في المناطق المنخفضة هو نفسه. وهذا يثبت مرةً أخرى أن دورات التعرية - الترسيب (التراكم) في الجبال والسهول على حدٍ سواء تستند إلى نفس الأسباب: أولاً وقبل كل شيء فإنها مرتبطةً بالتغيرات المناخية الكوكبية الدورية (لكوكب الأرض) والتي تسبب تغيرات في كميات المياه في الأنهار وتقلبات في مستوى البحار ومحيطات وبالتالي تقلبات في قواعد التعرية (مستوى القاعدة الدائم) .



الشكل (20.6) الأودية النهرية الخرزية (Beaded – четковидное строение)
(stream)

A- هيكل خريزي شبيه بالخرز لأودية الأنهار - حيث تظهر المنخفضات المحلية (المناطق المظلمة) بالتناوب مع المناطق الضيقة - الجسور التي شكلتها المراوح الغرينية وعمليات الرفع التكتوني ، حيث تظهر الصخور الأساسية (شمال تيان شان) (صورة جوية)

B - أمثلة لشبكات التدفق المطرزة أو الخرزية الموجودة في عدة مناطق من العالم، عن طريق المسح بالصور عالية الدقة (> 5 م) المتوفرة على Google Earth، في كل من:

(a) روسيا الاتحادية (مستجمعات مياه نهر أنابار) ، (b) الولايات المتحدة (بالقرب من نويكسوت ، آلاسكا) ، و (c) كندا (شبه جزيرة توكتويكتوك).

تحدد الحركات التكتونية إتجاهات ودرجات منحدرات قنوات الأنهار، والتركيب الميكانيكي للظمي ، وعمق الشقوق وبالتالي مدى إرتفاع المدرجات النهرية. وهذا هو سبب اختلاف إرتفاعات المدرجات النهرية في السهول والجبال. كذلك يمكن أن يكون هناك الكثير من المدرجات المحلية في الوديان الجبلية أكثر من تلك الموجودة ضمن أنهار الأراضي السهلية المنخفضة والتي ترتبط بالحركات التكتونية المتباينة ، والتي يمكن أن تتغير علاماتها في المناطق المجاورة.



الشكل (21.6) يبين أمثلة لعدة مجاري نهريّة خزّية

5.1.6. علاقة وديان الأنهار بالتضاريس الجليدية والبحرية :

تعمل وديان الأنهار كحلقة وصل بين التضاريس الجليدية والبحرية والرواسب، فعلى طول وديان الأنهار إلى مناطق التجلد في كل من الجبال والسهول ، تتوافق أسطح مصاطب النهر الدائرية مع نفس الأسطح العمرية لسهول الانهيار الجليدي. سهول الانهيارات النهرية الجليدية، والأخيرة مع سهول الركam أو القيعان (يُنظر في ذلك الشكل 15.5) . بمعنى آخر ، في المناطق الجليدية تبدأ المصاطب في الوديان مباشرة من الركam (Moraines)، في اتجاه مجرى النهر إلى قاعدة التعرية ، حيث تتفتح مصاطب النهر في سهول دلتا أو تندمج مع المدرجات البحرية.

في المقابل، يتشكل الطمي مع رواسب الأنهار الجليدية في المناطق الجليدية من ناحية، ومن ناحية أخرى مع الرواسب البحرية. وبالتالي ، فيجب أن يتوافق عدد المدرجات الحلقية في وديان الأنهار مع عدد الأحواض في منطقة التجلد وعدد المدرجات الدورية على سواحل البحار والمحيطات. دعونا نذكر مرة أخرى أن هذا ينطبق على المدرجات الدورية ، وليس على المدرجات المحلية.

6.1.6. وديان الأنهار والتكتونية الحديثة (Neotectonics) :

يعكس شكل وديان الأنهار القديمة والحديثة (نمطها المخطط وعرضها وعمقها وعدد من السمات الأخرى) بطريقة مباشرة ، بالإضافة إلى المناخ ، الهيكلية أو التركيب التكتوني (tectonic structure)، اتجاه ونظام الحركات التكتونية وتشوهات سطح الأرض. لذلك ترتبط شبكة الأنهار الحديثة بشكل أساسي بالتركيب- الهيكلية التكتونية والتنشيط التكتوني الحديث لحقبة الحياة الحديثة (الرباعية - Quaternary) .

لذلك ، وعلى سبيل المثال ، يتم تفسير استقامة قنوات الأنهار في أقسام منفصلة أو مسافات كبيرة (ينظر في ذلك الشكل 19.18، الفصل 18 "الجزء الثاني من الكتاب") من خلال حصرها في مناطق الصدع والتمزق المتزايد (التكتوني المحلي أو التكتوني

العام الذي يشمل نطاقات كبيرة من الكوكب). تمثل جميع الصدوع (الفوالق) إتجاهات ضعيفة في بنية الطبقات الجيولوجية، وفيها تتركز عمليات التعرية بشكل أساسي. وهكذا ، فإن المقاطع المستقيمة للقناة النهرية تمثل خطيات صدعية (lineaments) (انظر الفصل 19).

تعد وديان الأنهار أحد المؤشرات الرئيسية الدالة على حدوث الحركات التكتونية الحديثة، والتي تتسبب بارتفاع وانخفاض سطح الأرض. في المناطق السهلية والجبلية، غالبًا ما تكون وديان الأنهار محصورة في أحدث المنخفضات أو مناطق التصدع الحوضي-الأخدودي (Grabens Faults). كذلك ينعكس تطور حتى الأشكال الهيكلية الصغيرة وفقاً لنمط الطرد المركزي أو الجاذبية أو النمط الحلقي لشبكة النهر (انظر الأشكال 19.1 ، 19.2 ، 19.14).

عموماً تؤدي التغيرات في منحدرات سطح الأرض الناتجة عن الحركات التكتونية ، إلى تغيير في ديناميكيات عمليات القناة وسرعة تدفق المياه وطاقاتها، والتي تنعكس على الفور في شكل القناة وهيكلية السهول الفيضية، المدرجات و حتى الطمي الذي يتألف منها، بل وحتى عدم تناسق وديان الأنهار.

أيضاً يمكن أن يتسبب الارتفاع غير المستوي لمنحدرات الوادي في إنحرافها وعدم تناسقها، وبالتالي فإذا تعرض أحد المنحدرات لإرتفاع أكثر شدة من النهر المقابل، فإن قاع النهر سينتقل بعيداً عن المنحدر الصاعد (انظر الشكل 16.6). لهذا السبب سيتم الحفاظ على السهول الفيضية ، والمدرجات ، والوديان القديمة بأكملها فقط على منحدر واحد مرتفع للوادي ، بينما سيتم تقويض النهر المقابل (انظر الشكل 13.19). ومع ذلك ، فقد يكون لعدم تناسق الوديان أيضاً طبيعة أو أسباب غير تكتونية ، والتي يجب توضيحها قبل إستخلاص إستنتاجات معينة حول التشوهات التكتونية.

فيمكن أن يكون ناتجاً عن أسباب كوكبية مثل دوران الأرض حول محورها وحول الشمس. فتحت تأثير قوة كوريوليس - **Coriolis forces** ، تم زحزحة وتحويل الأنهار المتدفقة في نصف الكرة الشمالي نحو اليمين وفي الجنوب - إلى الضفاف اليسرى، مما أدى إلى جرفها بعيداً (قانون **Baer-B Cabinet** ، الذي سُمي على اسم العالم الروسي **K.M Baer** الذي شرح هذه الظاهرة لأول مرة، والفرنسي **J. Babinet**، الذي أثبتها رياضياً). ونتيجة لذلك ، فإن الضفاف اليمنى للعديد من أنهار نصف الكرة الشمالي تكون شديدة الانحدار وتقتقر إلى المدرجات - المصاطب، في حين أن الضفاف اليسرى لطيفة الانحدار، ويتم الحفاظ على السهول الفيضية والمدرجات عليها.

ومن الأمثلة على ذلك وديان كلا النهرين الكبيرين - نهر الفولجا ، نهر دون ، نهر دنيبر وينسي - والعديد من الأنهار الأخرى ، فكلّ منهم له ضفاف من صفته اليمنى شديدة الانحدار فيما تكون ضفافه اليسرى منبسطة. وخلال الفترة الرباعية ، زُحزح نهر الفولغا إلى اليمين من مكانه تحت تأثير قوة كوريوليس بحوالي 80 كم.

1.6.1.6. التغيير في هيكلية الوادي عند تقاطعه مع مقطع رفع أرضي متنامي:

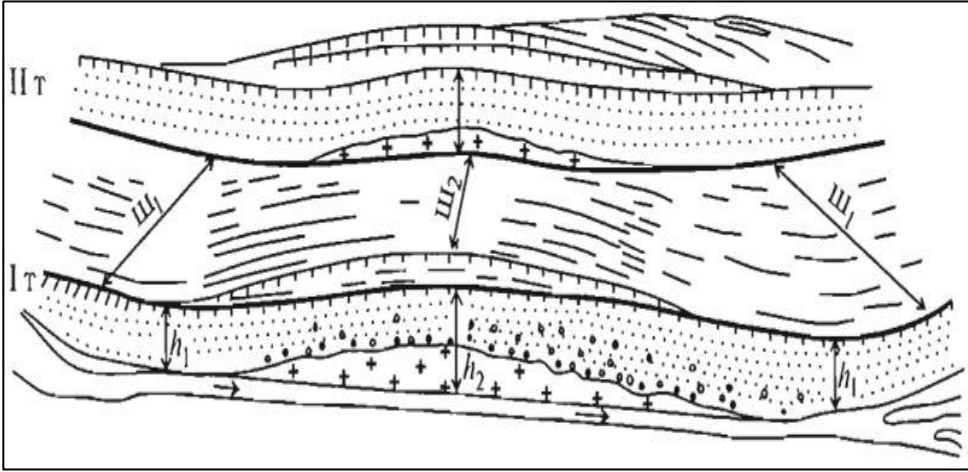
يتغير تشكيل - هيكلية جزء معين من الوادي النهرى إذا كان طريق مجراه يعبر مقطعاً أرضياً يتعرض للرفع التكتوني بسبب وجود أو حدوث (أخدود صدعي - **Graben**، نتق - **ظهر صدعي Horst**) ، والذي يمثل عقبة طبيعية أمام مجرى النهر وقناته، فالوادي بأكمله سيبدأ يصبح ضيقاً ، فبالقرب من الجبال غالباً ما يتحول الوديان إلى مضائق أو وادٍ عميق (الشكل 22.6). بسبب ذلك تزداد سرعة تدفق المياه، ويصبح المظهر الجانبي الطولي للنهر أكثر إنحداراً ، وغير متطور ، وتصبح القناة مستقيمة.

وهكذا سيركز النهر طاقته للتغلب على هذه العقبة ، والتي يمكن مقارنتها بالحاجة إلى شحذ أداة حادة لإختراق المواد الصخرية الصلبة. وبسبب الزيادة في عمق الشق وإنكشاف صخور القاعدة (**Basement Rocks**)، ستتحول المدرجات من الترسيب

إلى تعرية - ترسيب أو تعرية فقط ، مما يؤدي الى إزدياد إرتفاع المصاطب التي تصبح أكثر ضيقاً ، مما يؤدي إلى أن تتشوه أسطحها بشكل معاكس للتحدب (الشكل 23.6 ، 24.6) .

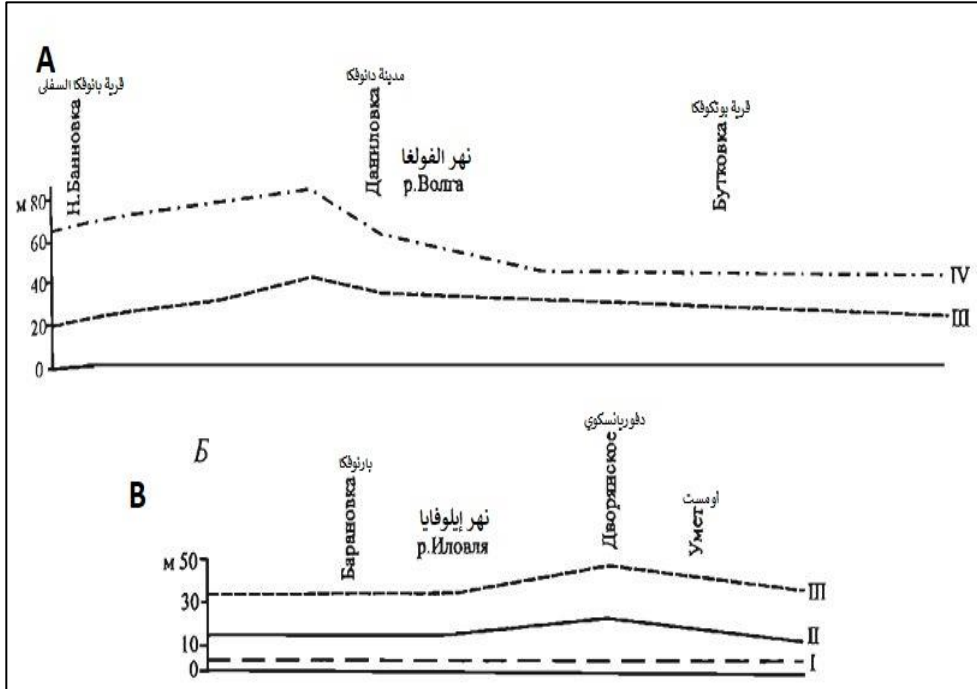


الشكل (22.6) تعميق النهر لمجراه عند تقاطعه مع مقطع للرفع الأرضي



الشكل (23.6) تغيير هيكلية المصاطب - الشرفات النهرية عند عبور النهر منطقة رفع أرضي متنامية

حيث : T, I, T تمثل المصاطب النهرية ; إرتفاعات المصاطب : h_1 - قبل وبعد الزيادة في الارتفاع، h_2 - داخل منطقة الرفع الارضي ; عرض المصطبة : III_1 - قبل وبعد الرفع، III_2 - داخل منطقة الرفع الارضي .



الشكل (24.6) مقطع طولي يوضح ملامح المصاطب الأربع (IV - I) وتشوهاتها الانحناء التحديبي وزيادة إرتفاع المدرجات في وديان: A - نهر الفولغا، B - نهر إيلوفيا، عند عبورها أحدث مناطق الرفع الأرضي - uplifts في (إقليم الفولغا الأوسط)، اعتماداً على (A. B. Цыганкову и A. M. Алешину).

عموماً تضيق السهول الفيضية أو تختفي تماماً في هذه الجهات، فتظهر مصاطب محلية نتجت عن الشق الراسي الذي يعتمد إلى إصلاح هذه المنطقة التي تعرضت لعملية الرفع الارضي - Tectonic Uplift .

يصبح الطمي (Alluvium) هنا أكثر خشونة وبالتالي فإنه سيمر بطور تداعي، أو تقل قوته أو لا يترسب - لا يتراكم على الإطلاق. كل هذه السمات تميز قسم الوادي

من النوع السالف (**antecedent** من اللاتينية **ante cedens** : بمعنى: السالف).
إن هذا النوع من الوديان هو مؤشر جيد على عملية الرفع الأرضي المتزايدة والمستمرة، وهذا الجزء يعد أحدث عمراً من وادي النهر الأصلي .

يمكن أن تلعب القباب الملحية دوراً مهماً في عملية نمو أو تطوير الجهات الأرضية الصاعدة الناتجة عن عمليات الرفع الأرضي، لاسيما تلك التي تظهر منها كالطود على سطح الماء أو كجزء متحرك نحو الأعلى تحت ظروف ديناميكية وجيوديناميكية معينة: مثل الضغط ، مما يؤدي إلى الضغط متسبباً بتركز تجمعات الملح فيعمل ذلك على تقليص حجم الطبقة الملحية، مما يضعف الضغط الصخري ويسبب بعد ذلك بتدفق الملح الى المناطق ذات الضغط المنخفض. نتيجةً لذلك يتشوه السطح وتتغير هيكلية الوديان، بالإضافة إلى ذلك فإن شق الأنهار وتكوين شكل تضاريسي مجوف - سيؤدي بالوادي إلى قيامه بإزالة الحمل وبالتالي الضغط عن الطبقات الملحية الموجودة أسفله . نتيجة لذلك ، يتم حقن - إنسياب الملح تحت وديان الأنهار، المدرجات - المصاطب المشوهة والسهول الفيضية للأنهار كونه (الملح) أخف من الصخور المضيفة . لوحظت هذه الظاهرة على سبيل المثال في وديان الأنهار في رابطة الدول المستقلة (دول مجموعة الإتحاد السوفييتي)، حيث يلاحظ تطور نمو رواسب ملحية من العصر البرمي وهي مغطاة بغطاء رقيق من رواسب العصر الوسيط على نطاق واسع .

2.6.1.6. التغير في هيكلية الوادي (Structure of the Valley) عند تقاطع مجراه مع حوض (منخفض) صغير نشط تكتونياً :

إن تشكيل جزء هابط من الوادي، عندما يعبر مجرى النهر منطقة تشهد إنخفاضاً تكتونياً (تكتونية تطوير حوض صغير ، طية مقعرة أو نطاق تصدع حوضي أخدودي)، فإن مظهر المقطع الطولي (المنحدر) للقناة يتم تسويته. في الوقت نفسه ستخفض سرعة التدفق وطاقته، وبالتالي تقل شدة التعرية الرأسية العميقة حتى

تتوقف، لكن التجوال الجانبي للنهر والعمليات الجيومورفولوجية النهرية المتعلقة بالتعرية - التآكل الجانبي ، والترسيب ستزداد ، والتي يمكن أن تصبح عمليات سائدة. وكنتيجة أخرى لذلك يتم إستبدال القناة المستقيمة بقناة متعرجة أو متفرعة إلى فروع وقنوات، ويتسع الوادي ويصبح سطح القاع. كذلك فإن عملية إنخفاض إرتفاع المدرجات - المصاطب جراء التعرية - المتراكمة على مناطق الرفع الارضي (نطاق الرفع التكتوني)، يمكن أن تتحول المصاطب إلى تراكمية أو متراكبة أو حتى مدفونة . أما بالنسبة للسهول الفيضية للأنهيار في مثل هذه المناطق فإنها ستكون آخذة في التوسع، حيث يزداد سمك الطمي في السهول الفيضية والمدرجات النهرية، ويصبح تكوينها أدق. هنا تتكون نسبة كبيرة من الطمي من نوع الطمي البناء، إن مثل هذا الجزء من الوادي ذو البنية المميزة للقناة يمكن تسمية مدرجاته بـ مصاطب - مدرجات الهبوط أو التجلس (من كلمة اللغة الإنجليزية **subsidence** التي تعني هبوط ، تجلس أو إندساس)، وهو مؤشر مهم على العمليات النشطة للهبوط التكتوني لسطح الأرض. ومع إستمرار الهبوط التكتوني لهذه المناطق، فيمكن ان يؤدي ذلك إلى دفن المدرجات - المصاطب النهرية المتكونة سابقاً، بل وحتى الوديان بأكملها بالكامل تحت ترسبات الطمي الأحدث تكويناً .

إن الوديان المدفونة (**Buried valleys**) هي أودية سابقة بكل عناصرها: خط التالوك **thalweg** ، السهول الفيضية ، المدرجات - المصاطب ، وهي تقع حالياً تحت قاع النهر الحديث وتغطيها رواسب حديثة العهد (يُنظر في ذلك الشكل 13.6) . على عكس الأودية المدفونة، فإن الوديان العميقة تكون مدفونة جزئياً فقط، حيث يقع خط التالوك - **thalweg** الخاص بهم أسفل خط العمق - **thalweg** في الوادي الحديث ، بينما يتم الحفاظ على المنحدرات والمدرجات والترسبات في التضاريس الحديثة ، كما موضح في الشكل (13.6 Z) . تشير الوديان العميقة إلى

إنخفاض خط الأساس للتعرية (مستوى القاعدة) أو حدوث حركات تكتونية إقليمية أكثر شدة وكثافة أثناء اقترام النهر للمنطقة وتكوين الوادي مقارنة بالدورات اللاحقة. في وديان الأنهار من المنبع إلى المصب، قد تتناوب الأقسام السابقة والمنخفضة أكثر من مرة وهو يتجلى بشكل خاص في وديان الأنهار الجبلية، حيث تحدث تغييرات الحركات التكتونية المحلية بسرعة ويلاحظ ذلك من مسافات قريبة. لذلك، تتميز وديان الأنهار الجبلية بالتناوب بين المضيق المحدد هيكلياً والمقاطع المتسعة.

أما في مناطق الغطاءات الرسوبية الحديثة (المنصة أو الرصيف - platform areas)، فلا يتم تمييز الحركات التكتونية بوضوح، لأنها ذات إتساع أصغر بكثير منها في المناطق الجبلية. ومع ذلك، هنا أيضاً تم تطوير المناطق السابقة ومناطق وديان الأنهار التي تشهد - تدل على حدوث تشوه في كتل المنصة.

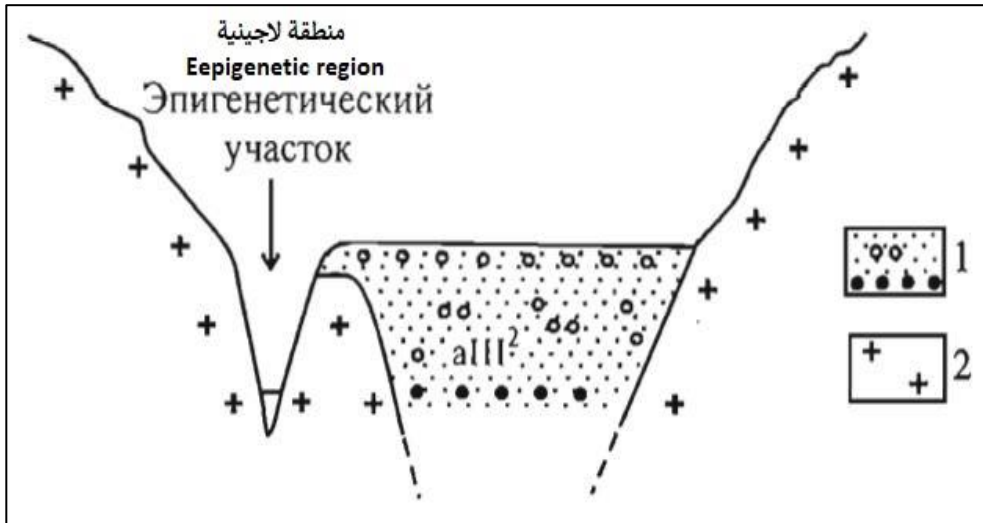
3.6.1.6. الوديان اللاجينية أو غير الأصول الموروثة⁽¹⁾ (epigenetic valleys - Эпигенетические долины)

هي المناطق الضيقة أو الخائقة التي لوحظت في وديان الأنهار، والتي تقطع المرتفعات أو التلال من غير أن يكون لها سابق اثر في المنطقة أو ارتباط بهيكليتها الجيولوجية، ولكن لها طبيعة لاجينية - **Epigenetic** (مشتقة من اليونانية **epi** : بمعنى بعد و **genesis** : بمعنى الولادة). في إحدى الحالات تتشكل هذه الظاهرة

(1) في الجيولوجيا والجيومورفولوجيا، يسمى الوادي الذي تم إنشاؤه عن طريق التعرية مع القليل من الارتباط أو عدم وجود ارتباط مع بنية الأساس الجيولوجية بأنه وادي لاجيني - واد (غير وراثي). فالوديان اللاجينية هي تضاريس غير موروثة عن هياكل جيولوجية قديمة، ويذكر آرثر هولمز بأن الوديان الشعاعية لمنطقة البحيرة في إنجلترا كأمثلة على الوديان اللاجينية.

عندما يكون الوادي منحرفاً بسبب إرتفاع أحد المنحدرات، وفي الحالة الأخرى تظهر وتتشكل حتى بدون مشاركة التكتونية. في كلتا الحالتين يكون الوادي الناتج عن ذلك أصغر سناً ويكون متراكباً على حافة الصخور الصلبة ، أي أنه يقطعها بعد تآكل الصخور السائبة التي تعلوها وتدمرها.

في كلتا الحالتين ، يكون الوادي أصغر سناً ويظهر متراكباً على حافة الصخور الصلبة، أي إنه يحدث القطع فيها بعد تعرية وتدمير الرواسب، عموماً ففي الجبال غالباً ما تتشكل هذه المناطق اللاجينية. هنا لا تقوم القناة النهرية بإختراق رواسبها الغرينية الرخوة ، ولكنها تتركها جانباً وتقطع الصخور شديدة الصلابة للمنحدر لتشكل ممراً ضيقاً - مضيق (الشكل 25.6) .



الشكل (25.6) يبين موقع لوادٍ لاجيني نهر جبلي محفور في صخور القاعدة

حيث إن : 1- الطمي ; 2- صخور الأساس (القاعدة)

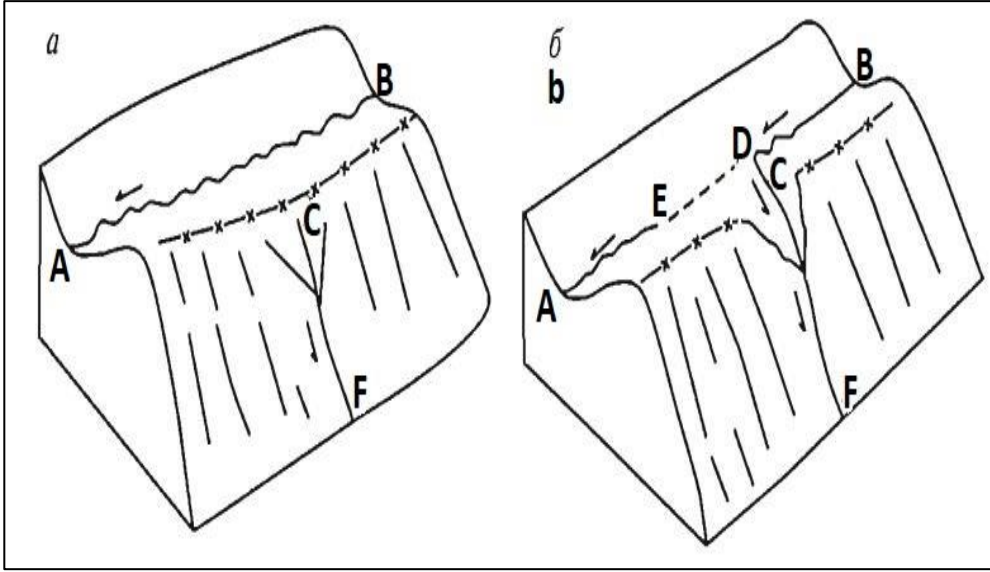
يفسر ذلك حقيقة أن دورة القطع الجديدة (التعميق الراسي) بدأت من الموضع عندما كانت القناة قريبة من منحدر الأساس الصخري، وهنا تم البدء بشقٍ جديد يقوم من خلاله النهر بتعميق مجراه ، مما يؤدي إلى تآكل الطمي الرقيق وتقطيع الصخور. تبين أن هذا الأخير أكثر مقاومة للتدمير و التعرية مقارنةً بأجزاء المنبع والمصب في

الوادي التي تتكون من الطمي. لذلك ، يصبح وادي النهر ضيقاً يشبه وديان الأخاديد العميقة (Canyon valleys) ⁽¹⁾ على عكس المناطق السابقة ، حيث لا توجد تشوهات إيجابية للمدرجات هنا ، على الرغم من وجود جميع الميزات الأخرى: ضيق ، غالباً الاخدود مثل الوادي ، طمي خشن ، وشكل طولي جانبي حاد جدا . يعد وادي سولاك الاخدودي - كانيون سولاك، الذي يتشكل من نهر سولاك بين سلسلتي جيمرينسكي وسالاتو (داغستان - روسيا الاتحادية) ، حيث يصل عمقه إلى حوالي 1900 م ويبلغ طوله حوالي 53 كم وهو أحد أكبر الأخاديد في العالم من حيث العمق.

أحياناً يكون تكوين القسم اللاجيني للوادي مصحوباً بظاهرة إعتراض الأنهار (الأسر النهري - interception valley or capture valley). تلاحظ هذه الظاهرة عندما يقطع أحد الأنهار الذي يحتوي على قاعدة تعرية (تآكل) منخفضة (أو محتوى مائي مرتفع) ، روافده العليا أو روافده الجانبية بقوة أكبر في مستجمعات المياه ، ويفصله عن نهر آخر أقل قوة ، حيث يقطع هذا المستجمع المائي ويُشكل مقطعاً عرضياً معترضاً لجزء من هذا النهر لـ "يقطع رأس" الأخير. فيصبح الجزء المتبقي من الوادي المعترض جافاً ، أو يظهر الماء فيه أسفل الإعتراض - الأسر بسبب إمدادات المياه الجوفية .

(1) الوادي الأخدودي العميق - Canyon valley (مشتق من الكلمة الإسبانية cañón بمعنى : الأنبوب أو الممر الضيق والعميق)، وهو وادي نهري عميق ذو جوانب شديدة الانحدار وله قاع ضيق وعادة ما يشغله قاع النهر بالكامل ، ويتكون هذا الاخدود نتيجة للعوامل الجوية ونشاط التعرية للنهر وفقاً للمقياس الجغرافي الزمني. الوادي الاعتيادي يكون على عكس الوادي الاخدودي ، حيث لا يشغل النهر القاع تماماً وغالباً ما تشغل الغابة جزءاً من القاع . يعد جراند كانيون لنهر كولورادو في الولايات المتحدة واحداً من أكبر الأخاديد في العالم من حيث العمق والإمتداد (فيبلغ طوله أكثر من 446 كم ، ويصل عمقه إلى 1600 متر) .

يصبح الجزء المتبقي من الوادي المعترض جافاً ، أو يظهر الماء فيه أسفل الاعتراض بسبب الإمداد الأرضي أو امتلاك الروافد. اما بالنسبة لشبكة الوادي الجديدة في جزء الاعتراض ، فإن لديها نمطاً على شكل الركبة (الشكل 26.6) .



الشكل (26.6) يوضح مخطط عملية الإعتراض - الأسر النهرية (وفقاً لـ K. Oliier - K. Allier)

شبكة النهر: (A) قبل الاعتراض و (B) بعد الاعتراض؛ (AB) و (CF) نهريْن يظهر إتجاه تياراتهما بواسطة الأسهم ؛ الخط مع الصليب (علامة X) هو نقطة التحول بين وديان الأنهار ؛ (BC) المنطقة التي تم إعتراضها بالقرب من الروافد العليا للنهر والتي تخترق مستجمعات المياه ؛ (ED) منطقة جافة .

7.1.6. أودية الأنهار والمُنَاخ :

على الرغم من حقيقة وجود الأنهار في جميع الأقاليم المناخية في العالم، فقد لوحظت بعض السمات المتأصلة في كل منطقة مناخية من حيث تضاريس وديانها وفي بنية الطمي الخاصة بها. لذلك ، ففي وديان الأنهار الموجودة في إقليم التندرا ، يتم تطوير

الأشكال الجيومورفولوجية على نطاق واسع بسبب تطور التربة الصقيعية الدائمة. فيتم تطوير التربة متعددة الأضلاع، الجليد، المستنقعات، ممرات الكارست الحرارية في السهول الفيضية والمدرجات - المصاطب النهرية (انظر الفصل 9)، وغالبًا ما يحتوي الطمي على الجليد .

في الصيف ، فإن الشواطئ والحافات التي تتكون من الطمي الجليدي (icy alluvium) يتم تدميرها بسرعة ، بسبب ذوبان الجليد نتيجة للتعرية الحرارية (thermal erosion). وتتم تغطية أسطح المدرجات - المصاطب العالية بطبقة من الطمي الغريني الجليدي الغريبة والطفل الرملية ، والتي تسمى بـ (يدوما⁽¹⁾) - (Yedoma)، الشكل (27.6).

(1) هي مرتفعات مسطحة من النوع المتبقي، بالإضافة إلى نوع الرواسب التي تتكون منها . وقد إشتقت من المصطلح الروسي (edoma - Едома) التي تعني المكان المهجور، ففي اللغة الروسية تم تسجيل الكلمة لأول مرة بأحرف نوفغورود بإسم "болото" - edma الذي يعني المستنقع"، علماً بأن الكلمة نفسها مستعارة من اللغات الفنلندية - الأوغرية. عموماً فاليدوما مادة عضوية غنية بالكربون (حوالي 2٪ كربون)، وتتكون من رواسب تشبه ترسبات اللوس مع الجليد (50-90٪ جليد من حيث الحجم). تعد مصدراً كبيراً لغازات الدفيئة، إذ تُقدر الكمية الإجمالية لغازات الدفيئة (الميثان بشكل أساسي) الموجودة في هذه الطبقة بـ 500 جيجا طن من الكربون. فيما يُقدر العائد الحالي من الميثان المنبعث من ذوبان اليدوما بـ 4 مليون طن / سنة. تنتشر Yedoma بكثرة في المناطق الباردة من شمال - شرق سيبيريا مثل شمال ياقوتيا (بمساحة تزيد عن مليون كيلومتر مربع)، وكذلك في آلاسكا ويوكون. إن الأشكال التضاريسية الطبيعية لمناطق اليدوما عبارة عن سهول جليدية وتلال ذات منخفضات ضحلة .



الشكل (27.6) اليدوما – Yedoma (يطلق عليها أيضا : Alas) في منطقة ميجينو- كانغلاسكي ، ياقوتيا – روسيا الاتحادية

في التندرا الجبلية ، نشأت رواسب (solifluction) على منحدرات وأسطح المدرجات كما ذكرنا سابقًا، كما يتميز الطمي في منطقة التندرا بمحتوى جليدي كبير يصل إلى نحو 70-80% ووجود جليد على شكل عدسات وطبقات بينية أعلى شكل مادة أسمنتية متخلفة.

في مناطق الغابات في المنطقة المعتدلة ، وكذلك في المناطق المدارية الرطبة والاستوائية ، تُغطى منحدرات الوديان والمدرجات – المصاطب بالغابات، فيما تكون السهول الفيضية رقيقة بسبب التعكر الطفيف لمياه الفيضان والكمية الصغيرة من الرواسب المعلقة.

أما في مناطق السهوب ، فيحدث العكس من ذلك، حيث إن المصاطب – المدرجات ومنحدرات الوديان تكون خالية من الغابات ، وغالبًا ما يتم تقطيعها إلى الوديان والأخاديد. فيما يتم تغطية أسطح هذه المدرجات بطبقات من التربة اللوسية، ويتم

تطوير رواسب (deluvium) على المنحدرات، مما يتسبب بإخفاء الحواف والدرزات الخلفية للمصاطب (انظر الشكل C & D 18.6). كذلك فإن كمية كبيرة من المواد التي يتم غسلها وتعريتها من المنحدرات والتي تدخل أثناء الفيضانات ، هي من تحدد السمك الكبير لطمي السهول الفيضية في هذه الأقاليم.

في المناطق القاحلة، الأنهار تعبر المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، وغالبًا ما تكون الأنهار الكبيرة (نهر أمو داريا، النيل و الفرات وغيرهم) أسطح مصاطب مغطاة بكثبان البرخان وغيرها من الكثبان الأخرى (انظر الفصل 10). تعمل العديد من الأنهار هنا بشكل دوري فقط ، أي خلال مواسم الأمطار من العام ، بينما تجف قنواتها في بقية الأوقات. تسمى وديان الأنهار هذه في إفريقيا بتسمية - **Widyan** (مشتقة من الاسم العربي - وادي) ، في أستراليا يطلق عليها جدول (من المصطلح الإنجليزي - **creek**) ، في أمريكا أرويو (من **arroyo** الإسبانية - بمعنى الوادي الجاف). إن تدفقات السيول التي تظهر في الوديان الصحراوية أثناء هطول الأمطار شتاءً ، ولكن ليس كل عام ، تنتج تعريةً - تآكلًا شديدًا في المناطق العلوية للمناطق الجبلية ، حيث يكون شكل مجاري الوديان هنا على شكل حرف **V** . أما في المناطق الوسطى فيتم توسيع مجاري هذه الوديان، التي تجف بدورها في معظم الأحيان قبل الوصول إلى قاعدة التعرية (مستوى القاعدة) . كما إنها تشكل السهول الغرينية الواسعة مع تغير مواضع قنواتها باستمرار، وهذه الوديان الصحراوية تمتد معظم الأحيان لمئات الكيلومترات وتشكل شبكة نهريّة متفرعة بشكل معقد، كما إن بعض قنواتها تكون مغطاة جزئيًا بالرمال. لقد تشكلت الوديان والجداول خلال العصور الرطبة للعصر الرباعي ، ولكن مع جفاف المناخ إحتفى الماء الدائم منها. في المناطق الجافة والحارة، تذوب الكربونات في مياه الأمطار الهاطلة، لذلك فغالبًا ما يتم تثبيت الطمي بالأسمنت الكربوناتي (**carbonate cement**) لتشكيل الصخور الرملية والحصى والمكتلات الصخرية (**gravel stones, sandstones** and **conglomerates**) .

في وديان الأنهار الكبيرة الممتدة عبر أقاليم مناخية مختلفة، بدءًا من المناطق الجليدية وعبور المناطق المناخية المختلفة بما في ذلك المناطق الجافة والحارة (على سبيل المثال ، أنهار آسيا الوسطى) ، لوحظ زيادة تدريجية في درجة ترسيخ (التصاق) الطمي في القنوات الحديثة. وتجدر الإشارة إلى إن عملية الالتصاق بالأسمنت الكربوني هو أيضًا سمة من سمات الطمي القديم الذي يشكل الأجزاء السفلية من أقسام المدرجات - المصاطب، الذي يضعف ويختفي قسمه العلوي. يشير هذا مرة أخرى إلى تكوين الطمي وتكوينه جزئيًا تحت الظروف المناخية الدافئة.

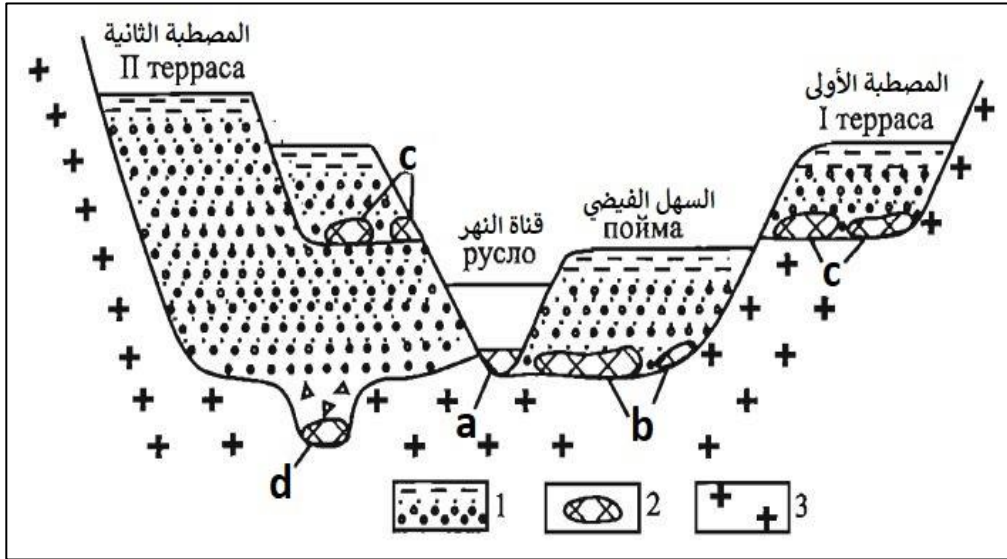
8.1.6. أنواع رواسب المكيث في وديان الأنهار :

المكيث - ⁽¹⁾Placers عبارة عن رواسب اللويس أو ترسبات ملتصقة من مواد طبيعية تحتوي على كميات غريبة ونادرة من المعادن الثمينة. تشكل ترسبات المكيث مصدرًا مهمًا للعديد من المعادن الثمينة ك (الذهب، الفضة، الماس، القصدير والكريستال) وفقًا لموقع هذه الرسوبيات في الوادي، يتم تصنيف ترسبات المكيث على

(1) في الجيولوجيا فإن ترسبات المكيث الغرينية (Alluvial Placer) عبارة عن تراكم للمعادن الثمينة التي تشكلت بفصل الجاذبية عن صخر مصدر معين أثناء العمليات الرسوبية. اما الاسم فهو مأخوذ من الكلمة (الإسبانية - placer التي تعني "الرمال الغرينية")، ويعد تعدين المكيث الغريني مصدرًا مهمًا للذهب، كذلك تحتوي بيئات المكيث الغرينية عادةً على الرمال السوداء، وهو مزيج أسود لامع واضح من أكاسيد الحديد معظمها من المغنيتيت بكميات متغيرة من الإلمنيت والهيمايتيت. المكونات المعدنية القيمة التي تُوجد غالبًا مع الرمال السوداء هي المونازيت والروتيل والزركون والكروميت والولفراميت والكاسيتريت. من المحتمل أن يكون ظهور عمليات التعدين المبكرة للذهب نتيجة لتواجد رواسب المكيث الغرينية، التي كان من السهل الوصول إليها فضلًا عن كميات الكبيرة المحتملة لتواجد الذهب فيها وهو ما نتج عنه ظاهرة حمى الذهب عالمياً التي وقعت في القرن 19 في أستراليا، نيوزيلندا، البرازيل، كندا، جنوب أفريقيا والولايات المتحدة .

أنها رسوبيات القنوات ، الوديان ، المدرجات و ترسبات المكيث المدفونة (ينظر في ذلك الشكل 31.5).

تتحصّر رسوبيات مكيث القناة في القنوات الطموية التي تملأ الوديان ضمن نطاق خطوط العمق المتساوية الأكثر عمقاً ممثلة بخط التالوك - thalweg ، فهي لا تغمرها رواسب من السحنات الغرينية الأخرى. حيث تتشكل غشاءات القناة في مرحلة الشق (التعرية الرأسية) ويتم توطينها في قاعدة الطمي البناء أو في تجايف الصخرية التي تقع تحت هذا الطمي، كما موضح في الشكل (28.6 a) . قنوات المكيث تكون في طور التكوين.



الشكل (28.6) مواقع ترسبات المكيث في الوادي النهرية

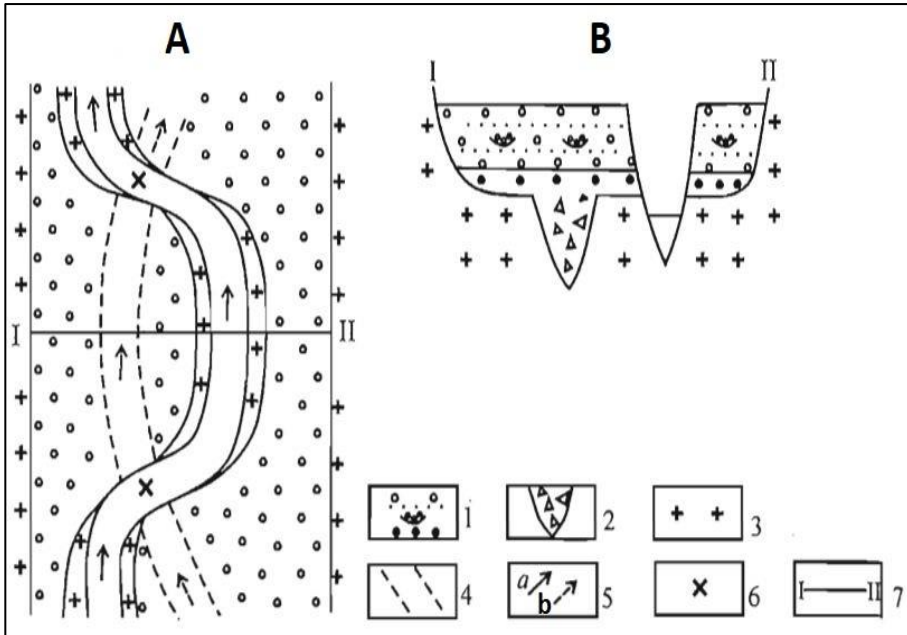
حيث إن : 1 - الطمي ; 2 - المكيث ; 3 - صخور القاعدة ،

أما أنواع المكيث فهي a: مكيث القناة النهرية، b: مكيث الوديان، c: مكيث المصاطب النهرية، d: مكيث المنخفضات أو القنوات المدفونة

عندما تتوقف التعرية الرأسية لقاع النهر، أثناء عملية الهجرة الجانبية ويبدأ النهر بالانتقال إلى مرحلة توسع الوادي، ستتوقف عمليات التعرية عن ملامستها أو جرفها

للرواسب التي تحيط بالمكث، فيبقى الأخير في قاع الوادي حتى بعد أن يغير النهر مجراه ليترك قناة مدفونة. أما بالنسبة إلى المكث الغريني المتشكل أخيراً والذي يحدث في السهول الفيضية للأنهار، فإنه يُفصل عن القناة بطبقة فضفاضة من الطمي التي تملأ الوادي (الشكل 28.6 b). يمكن أن يستمر وجود هذا المكث لفترة طويلة جداً، وهذا هو النوع الأكثر شيوعاً من بين أنواع المكث الغريني الحديث التي يتم تعدينها. وعندما تتحول السهول الفيضية إلى شرفات - مصاطب، يتحول مكث القناة الغريني إلى مكث للشرفات - المصاطب (الشكل 28.6 c).

لا تترك القناة النهرية الحديثة دائماً خط الأعماق - thalweg من الوادي السابق (غالباً ما يتم فصلهم وعدم رؤيتهم في المخطط) ولكن في بعض المناطق يمكن للقناة النهرية الحديثة عبور خط التالوك القديم، والعمل على تعريته، وهنا يمكن إثراء مكث القناة الغرينية الحديثة بسبب غسل وتعرية مكث القناة الغرينية القديمة (الشكل 29.6).



الشكل (29.6) تقاطع مجرى نهري حديث (خط التالوك) مع مجرى آخر قديم

حيث : A - المخطط ، B - المقطع العرضي ؛ 1- الطمي التحتي، البنائي والغرين ؛ 2- الطمي القديم - المستعصي ؛ 3- صخور الأساس ؛ 4- خطوط الاعماق - التالوك المدفونة ؛ 5- اتجاه تدفق النهر: a - في الوقت الحاضر ، b - في أواخر عصر البليستوسين ؛ 6- المناطق المحتملة لأن تكون غنية بترسبات المكيث ؛ 7- مكان خط المقطع .

أما بالنسبة لترسبات المكيث المدفونة فإنها توجد في ترسبات الطمي المغطاة بترسبات من اصول مختلفة: طموية، جليدية ... إلخ. ويمكن أن يكون عمر ترسبات المكيث هذه إما رباعي أو أقدم، كما لا ترتبط العديد من ترسبات المكيث المدفونة بالعصر الرباعي ، ولكنها ترتبط بوجود بشبكة نهريّة قديمة .

9.1.6. الأشكال الأرضية التي تشكلها مصبات الأنهار :

الدلتا الأرضية أو الدلتا الجافة هي أحد الأشكال الأرضية التي تشكلها مصبات الأنهار حينما تنتهي مجاريها إلى قاعدة التعرية - مستوى القاعدة الدائم أو المؤقت، والتي يمكن أن تكون خزانات بحيرة أو بحاراً أو محيطات أو سهولاً أرضية منخفضة نسبياً. فعند تفريغ المواد الفتاتية مختلفة الأحجام (معظمها يكون ناعماً) التي تم إحضارها إلى المصل، تشكل الأنهار أشكالاً جيومورفولوجية تراكمية غريبة تسمى بـ الدلتا (بسبب تشابه الخطوط العريضة لها مع حرف الأبجدية اليونانية Δ).

في الحالة الأولى ، تنتمي الدلتا إلى النوع تحت المائي (تحت الماء) وسيتم وصفها أدناه في الفصل 7، أما في الثانية فإنها تنتمي إلى النوع تحت الجوي (الدلتا الأرضية - Terrestrial delta). الدلتاوات الأرضية هي سمة من سمات المناطق الصحراوية الجافة، حيث لا تصل الأنهار إلى مستوى قاعدتها الدائم كأن تنتهي في نهر آخر أو بحيرة صغيرة أو حتى بحر. في المناطق القاحلة عندما تغادر الأنهار منطقة الجبال إلى السهول، ستفقد الأنهار سرعتها العالية وبالتالي تقل طاقتها فتعتمد

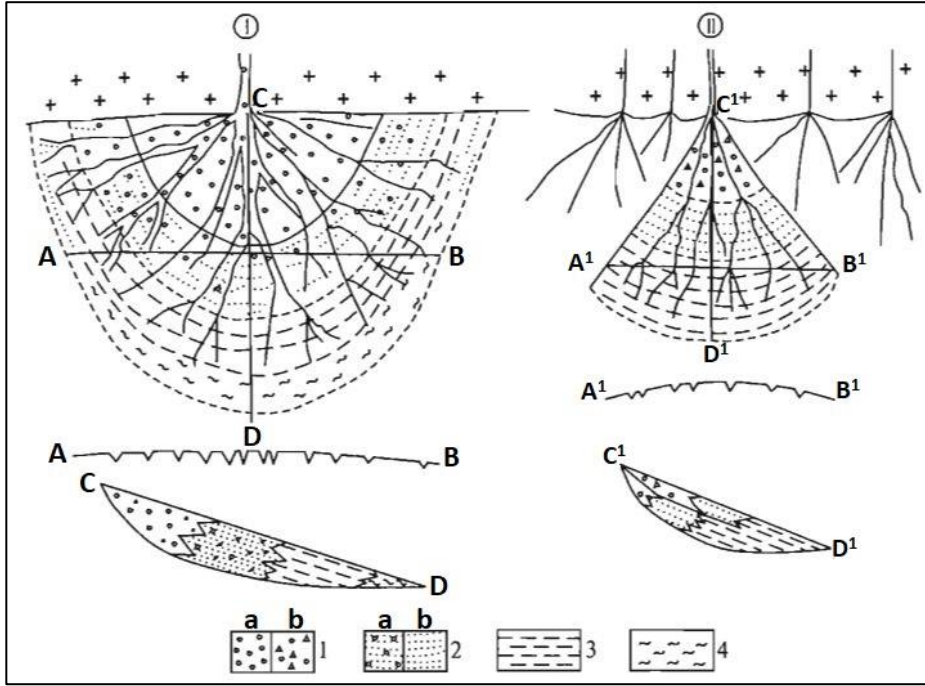
إلى تفريغ حمولتها من المواد الصخرية بدرجة كبيرة، وفي حالة فقدانها لمياهها جزئياً أو تبخرها بالكامل، فإنها ستقطع عن الجريان وستجف تماماً. هذه هي الطريقة التي تتشكل بها التضاريس التراكمية الممتدة، والتي تسمى بـ الدلتا الجافة أو الأرضية.

في المخطط ، يُلاحظ شكل دلتا تشبه مروحة غير مطوية مع سطح محدب قليلاً جداً (الشكل 30.6)، حيث يُقاس ميلها العام بأعشار ومئات من الدرجة. تتكون الدلتا الجافة من مادة غرينية - مواد برولوفيايالية ⁽¹⁾ (proluvial material) ، والتي يتم تمييزها عن طريق التركيب الميكانيكي وطريقة الترسيب في عدد من المناطق التي تختلف أيضاً في التضاريس V. I. ، E. V. Shantser, K. V. Kurdyukov ، Eliseev (etc.).

تتكون المنطقة المركزية أو منطقة القمة لمنطقة القناة الغرينية على مادة مستديرة جيداً، يعتمد حجمها وإستدارتها على حجم مجرى النهر وطاقته، وعادةً ما تكون هذه الرسوبيات مؤلفة من شظايا الصخور و الحصى الصخري مع خليط من الحصى والرمل ، ترسبها القناة الرئيسية للنهر. فيما تتكون المنطقة الانتقالية من رواسب من

(1) Proluvium: تكوينات سائبة ناتجة عن تكسير الصخور تحملها مجاري المياه إلى سفوح المرتفعات وهي أيضاً مواد معقدة قابلة للتفتت، تشكل تكوينات Proluvium بنية المراوح الغرينية. يتغير نسيج هذه المادة الفتاتية من الحصى والحصى مع fanglomerates في الجزء العلوي من المروحة إلى رواسب أكثر دقة وفرزاً عالياً، وغالباً ما تكون من الرسوبيات الطموية والطموية الرملية (اللوسات الرملية) في الأسفل. يتم تطوير ترسبات Proluvium بشكل كامل في سفوح المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث تتشكل رواسب طينية الأليوريت (غالباً ما تكون جيسية وأملاح) من الفيضانات المفاجئة في بعض الأحيان على محيط منطقة توزيع البروليفيوم. تم إقتراح مصطلح "البرولوفيوم" من قبل الجيولوجي الروسي أ. ب. بافلوف للتعبير عن رواسب المعدنية للطفل الرملي - الطين، التي تأتي مع تدفقات المؤقتة لمياه الانهار والجداول الجبلية .

الحصى - الرمال - المعادن الطفلية (⁽¹⁾argillaceous)، مع ترسبات من الحصى المودعة في قنوات فردية، والتي تتفرع منها القناة الرئيسية للنهر الى فروع عدة .



الشكل (30.6) هيكلية الدلتاوات الأرضية (I) والمراوح الغرينية (II) في المخطط الطولي والمقطع العرضي

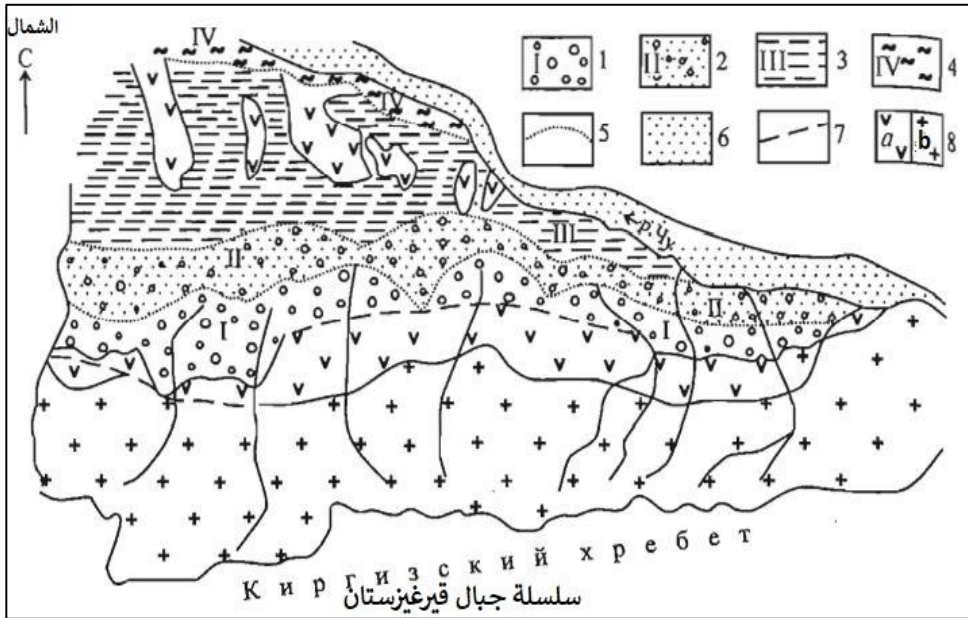
حيث إن AB،: المقاطع المستعرضة ؛ CD، C¹D¹ : المقاطع الطولية؛ المناطق (1 - 4) : 1 - القمة (a - في الدلتا ، b - في المروحة الغرينية)، 2 - الوسط (a - في الدلتا ، b - في المروحة الغرينية)، 3 - الطرفي ، 4 - الأمامي .

(1) المعادن الطُفّالية هي المعادن التي تحتوي على كميات كبيرة من مكونات تشبه الاطيان الصلصالية)، فضلا عن إن المكونات الطُفّالية تكون دقيقة الحبيبات (أقل من 2 ميكرون) ألومينوسيليكات، وبشكل خاص معادن الصلصال مثل الكاولينيت، المونتموريلونيت - السيمكتيت، الايليت، الصخر الطيني والصخر الزيتي بالتالي في الغالب طُفّالية. قد تظهر المعادن الطُفّالية فضية اللون عند الانعكاس الضوئي .

اما المنطقة الطرفية فإن سطحها يظهر بشكل منحدرٍ ضعيفٍ و سطحٍ مستوٍ به قنوات مقطوعة إليه، و تتكون المنطقة الطرفية من المواد الطفلية والطينية الرملية مع خليط من الرمال والحصى الصغيرة.

يعتمد إكتمال التطور الجيومورفولوجي للدلتا وعدد وعرض المناطق داخلها، على عرض ومساحة الحوض النهري المغذي لها والإنحدار العام للسطح. كذلك فمن نفس المحتوى المائي أو بنفس الطاقة فمن الممكن ان تتشكل دلتا جافة متطورة مختلفة عن سابقتها اعلاه، إعتماًداً على المساحة التي تشكلت فيها (الشكل 31.6).

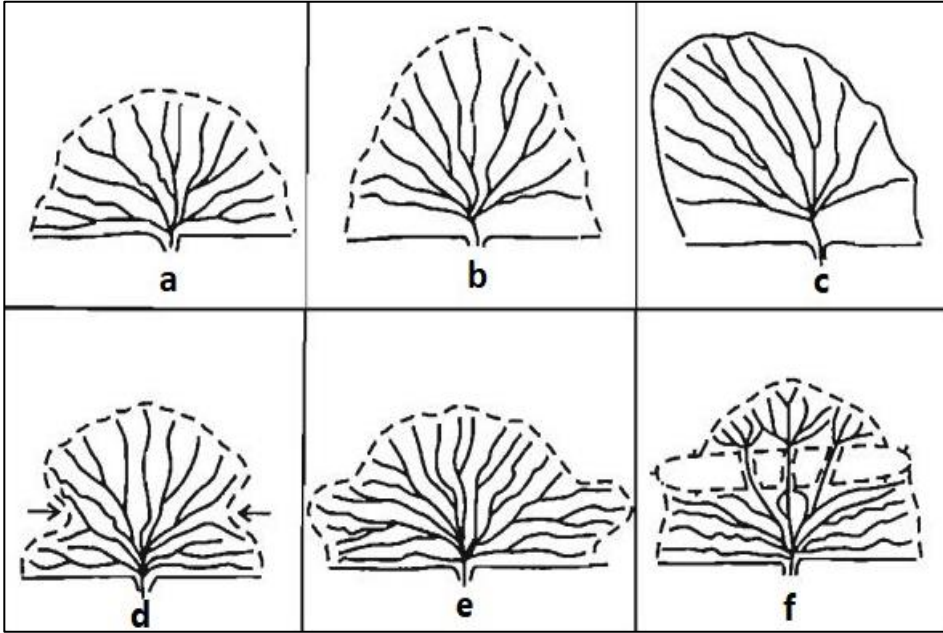
في الدلتاوات التي يتم تشكيلها عند سفوح التلال في السهول الشاسعة، حيث توجد مساحة كافية للفرز والتمييز الكامل للمادة الرسوبية المنقولة من الجبال ، تتطور منطقة أخرى - الجبهة (the front) ، أو نطاق المياه الراكدة (stagnant-water) (يُنظر في ذلك الشكل 30.6، 31.6) .



الشكل (31.6) تطور و هيكلية الدلتاوات الأرضية إعتماًداً على إتساع المنخفض (شمال تيان شان ، منخفض سفوح تشوي - Chui foothill depression) :

في الجزء الشرقي، حيث يظهر المنخفض بإتساع ضيق تم تطوير منطقتين للدلتا فقط؛ أما في الغرب، حيث يكون المنخفض واسعاً، تم هنا إيجاد تمايز كامل للمادة المنقولة، فتم تطوير أربع مناطق في الدلتا الأرضية هذه ، والمناطق او النطاقات هي (I-IV) مناطق تمايز المواد I :- أعلى ، II - متوسط ، III - المحيطي ، IV - الأمامي) ؛ أما انواع المواد الرسوبية فهي تندرج بين 1-4 - الرواسب الطموية - برولوفالية التي تشكل الدلتا الأرضية ، حيث إن : 1 - الجلاميد والحصى الكبير ، 2- رواسب الرومل والحصى ، 3- المواد الطفلية، 4- الطين و مارل المياه العذبة) ؛ 5- حدود النطاقات ؛ 6 - الطمي ؛ 7- خروقات متقطعة ؛ 8 - صخور الأساس : (a) عصور الباليوجين - النيوجين ، (b) حقبة الحياة القديمة .

اما بالنسبة للدلتاوات التي يكون سطحها مسطحاً وأفقيّاً تقريباً، فإن القنوات التي تصل إلى هنا تشكل ما يشبه إنسكابات السوائل. بالإضافة إلى ذلك ، يتم تصريف المياه الجوفية للدلتا هنا ايضاً، حيث يتم سدها او إغلاقها بواسطة رواسب غرينية - طفلية تشكل منطقتها او جبهتها الأمامية. ونتيجةً لذلك ، تنشأ مساحات أو بحيرات مستنقعات يتراكم فيها الطين والطين وأحياناً رواسب كربونات المياه العذبة. يُسجل أكبر طول لمناطق الدلتا الأرضية بنحو يتجاوز 40 كم. كذلك تؤثر عمليات الرفع الارضي - التكتوني الجديدة والمتزايدة في هذه المنخفضات، على شكل وتطور الدلتاوات الارضية وتشوهها (الشكل 32.6).



الشكل (32.6) مخطط يوضح الأشكال المميزة للدلتاوات الأرضية، اعتمادًا على تأثير

الحركات التكتونية الحديثة – Neotectonics movement ، وفقًا لـ K.V.

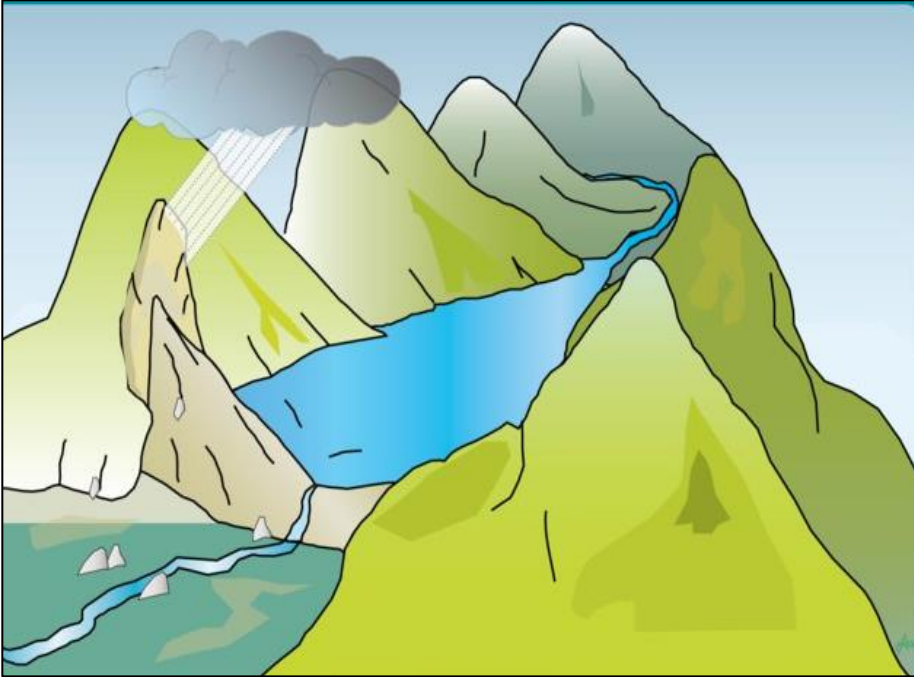
: (Kurdyukov):

a- نصف دائري ، مما يشير إلى عدم وجود حركات متباينة ؛ b - شبه بيضاوي،
 اعتمادًا على الانحراف الأقوى الذي يحدث في جزء الدلتا البعيد عن القمة ؛
 c - منحنى، ناتج عن إنحراف أكثر حدة لحافته اليسرى ؛ d - منضغط -
 مقروص، ناتج عن تأثير طيتين محدبتين ينموان تجاه بعضهما البعض ؛ e - منتفخة
 بسبب تطور طيات مقعرة أو أخاديد موازية للحافة - الهامش الداخلي للدلتا ؛
 f - نصف مكسورة ، متعرضة للتشويش بسبب عبورها نطاق رفع أرضي مقارنة
 بالشكل العادي (a) ، يمكن أن تكون الدلتا طويلة أو منتفخة في اتجاهات الانحراف
 الأكبر (b ، c ، e) ، أو أن تكون مضغوطة بواسطة طيتين محدبتين (d)، أو
 نصف مكسورة متجاوزًا الخط المنحني (f) كما تؤثر نطاقات الرفع الأرضي الصغيرة
 أيضًا على موقع طبقات المياه الجوفية داخل الدلتا.

فقبل عملية الرفع التكتوني، تتبع وتنساب المياه الجوفية القريبة من السطح وكذلك تتدفق المياه الجوفية العميقة إلى السطح ، مما يؤدي إلى تكوين مناطق مشبعة بالمياه أو مناطق ممتلحة. كذلك فيمكن ان تتسبب عمليات التنشيط التكتوني ايضاً بإنشاء سدود تحجز طبقات المياه الجوفية هنا متسببةً بخروجها الى السطح وبالتالي فان ذلك يعطي نفس النتائج (مناطق مشبعة بالمياه او مناطق ممتلحة) .

10.1.6. تحويل مجاري وديان الأنهار تحت تأثير العمليات الطبيعية والتقنيات الجينية (techno-genic processes) الأخرى :

غالبًا ما تتغير عمليات تشكيل تضاريس وديان الأنهار ومسار عمليات التراكم – الترسيب و التعرية فيها، وهي تتغير اليوم نتيجة لتأثير العمليات الطبيعية والتقنية – الجينية التضاريسية الأخرى عليها. وابرز هذه العمليات تتمثل بـ الإنزلاقات الأرضية ، الانهيارات الأرضية ، التدفقات الطينية ، الحمم البركانية والتدفقات الجليدية والتي تعيق جزئيًا ، وأحيانًا كلياً ، تدفق النهر والوادي ، الشكل (33.6).

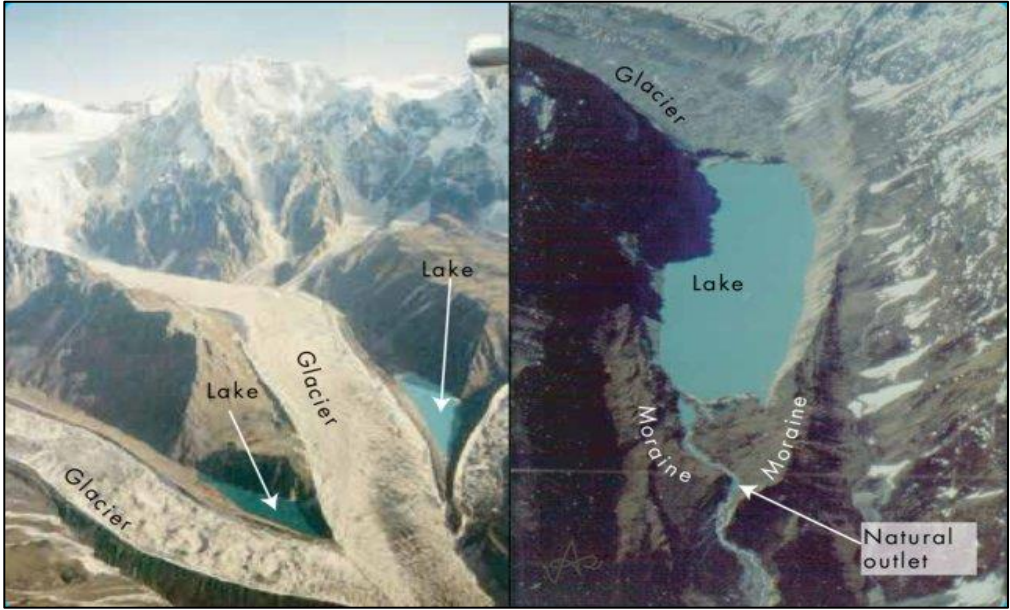


الشكل (33.6) تشكيل بحيرة سد نتيجة إنزلاقٍ أرضي عن،(Shrestha et al. 2012)

وبسبب ذلك ، فعادةً ما تتشكل بحيرات السدود ، والتي تُوجد وتبقى ظاهرةً حتى يقطع النهر تمامًا جسد السد ويصفيه أو يجتاز السد، أو يتم تصريف البحيرة التي يمكن ان تتدفق مياهها المحتجزة عبر السد فيما بعد. نتيجةً لذلك، يتغير شكل الوديان والعمليات الجيومورفولوجية للقناة، فضلاً عن عمليات التعرية - الترسيب في المناطق المجاورة للانسدادات وما بعدها كما في الشكل (34.6)، وقد تصل أحجام بعض بحيرات السدود إلى أحجام هائلة.

لذلك ففي وادي مورغاب في بامير ونتيجة حدوث إنهيار صخرة عملاقة (بحجم يبلغ حوالي 2.2 كيلومتر مكعب) في عام 1911 من منحدر سلسلة موز كولا (الانهيار الأرضي في أوسوي) ، تشكلت بحيرة ساريز التي يبلغ طولها حوالي 70 كم، فيما يبلغ عرضها حوالي 3 كيلو متر وعمقها أكثر من 500 متر، فيما يبلغ حجم المياه فيها نحو (16-17) كيلو متر مكعب، الشكل (35.6).

لقد وصل ارتفاع السد إلى ما يقرب من نحو 700 متر، ويشكل هذا المسطح المائي تهديداً كبيراً للسكان والبلدات والمدن والمنشآت الهندسية والأراضي الزراعية في الأراضي الشاسعة الواقعة أسفل السد في وديان بارتانغ وبيانج و أنهار أموداريا.



الشكل (34.6) تشكل بحيرات السدود الجليدية: بحيرة سدود ركام جليدي جانبي (يساراً)، ونهاية بحيرة سد ركام جليدي (يميناً)، عن (Shrestha et al. 2012)



الشكل (35.6) صورتين (من اليمين: فوتوغراف، اليسار: مرئية فضائية) تُظهران النهاية الغربية لبحيرة ساريز التي تشكلت عام 1911 في وادي مورغاب - جبال بامير في طاجيكستان، حيث يظهر سد أوسوي وبحيرة شادو الأصغر

في بعض وديان الأنهار مثلاً في نهر تيان شان والقوقاز ودول جبلية أخرى، فعند أواخر العصر الجليدي الحديث وبسبب كثافة الحركات التكتونية الحديثة (Neotectonics) أو حتى بسبب زيادة كميات المياه في مجاري الأنهار، فلم يكن لدى هذه الأنهار الوقت الكافي لاختراقها لتلك الارتفاعات المتزايدة، ونتيجة لذلك نشأت ظروف ظهور وبناء السدود وتشكيل الخزانات الممتدة للسدود (بحيرات السدود).

وهو ما أدى إلى تجميع رواسب دقيقة من نوع اللاكسترين من الطمي والطين وحتى المارل، وهي ليست من سمات الطمي في الأنهار الجبلية وهو الأمر الذي أدى إلى ظهور مظاهر جيومورفولوجية جديدة هنا. فبعد نزول مناسب مياه هذه البحيرات أو الخزانات، ستظهر مدرجات شق محلية تتكون من رواسب رقيقة على منحدرات هذه الوديان.

يجدر بالذكر حدوث تغيرات كبيرة في وديان الأنهار أثناء بناء السدود الكهرومائية، حيث ترفع الخزانات الناتجة عنها مستوى الأنهار بعشرات وأحياناً مئات الأمتار. في الوقت نفسه، تغمر الفيضانات السهول الفيضية وفي بعض الأحيان المصاطب النهرية المنخفضة. وهكذا، فإن مستويات خزانات كوبيشيف وساراتوف وفولغوغراد في نهر الفولغا أعلى بمقدار 20 متراً عن المستوى الطبيعي السابق للنهر.

كذلك فقد إرتفع مستوى مياه نهر فاخش في طاجيكستان أثناء بناء السد لمحطة الطاقة الكهرومائية Nurek أمامه بأكثر من 300 متر، وهنا غمرت المياه جميع مصاطب النهر وروافده على مسافة كبيرة من السد. كذلك يؤدي الارتفاع في مستوى الأنهار إلى معالجة عميقة إلى حد ما لمنحدرات الوديان، وهو ما يمكننا ملاحظة ان التعرية والتراجع الساحلي يأخذان في الازدياد بسبب ذلك. فعلى سبيل المثال، فقد تراجعت ضفاف خزان براتسك على نهر أنجارا في بعض السنوات بسرعة تصل إلى 150 متراً في اليوم !

يتم تنشيط الانهيارات والإنزلاقات الأرضية في الجبال نتيجة لذلك، ومع زيادة مستوى المياه في الأنهار والخزانات (بحيراتها) سترتفع المياه الجوفية، ونتيجة لذلك، تحدث الفيضانات وغمر الأراضي المجاورة، وتفعيل العمليات الجيومورفولوجية الكارستية والخزانات على طول الضفاف.

عند المنبع (في اتجاه مجرى النهر) من السدود ، تعمل المياه الخلفية وفقاً لهيدروديناميكية معينة، ونتيجةً لذلك يتباطأ التدفق ويحدث ترسيب (تراكم) للمواد التي تحملها الأنهار. أما في الخزانات نفسها، فإن هناك ترسيب مكثف للرواسب المعلقة التي يجلبها النهر ، وكذلك المواد القادمة من تآكل الضفاف والمنحدرات. ونتيجة لذلك تمتلئ الخزانات بنشاط عمليات الترسيب. أما عند المنطقة المعروفة بـ تحت السدود ، أو ما تسمى بـ برك المصب ، ينعكس تأثير الخزانات في إحداث انخفاضٍ حاد في كمية الرواسب التي يحملها النهر ، حيث أن معظمها يستقر فيها ويحتفظ به (يتم ترشيحه) بواسطة جسم سد. ونتيجة لذلك ، فإن تدفقات المياه المنبعثة من المادة الفتاتية المسحوبة على طول القاع والمحمولة على طول القاع تزيد من نشاطها التآكلي.

كذلك تحدث التغييرات في شكل الوديان وخاصة القنوات والسهول الفيضية والمدرجات المنخفضة ، أثناء عمليات التعدين وأثناء التنقيب عن المواد الإقتصادية الإنشائية مثل الحصى والحصى الصخري وأثناء استخراج الغرينيات.

بالنسبة للتضاريس الطبيعية لقيعان الوديان فإنها تخضع للمعالجة حتى التدمير ، حيث تشكل مقالب الرواسب الطينية المغسولة حوافاً ممتدة وحوافاً تتكون من مادة صخرية مرصوفة بالحصى. تؤخذ المياه من القنوات للغسيل، ثم يتم تصريفها على شكل تيارات موحلة مشبعة بالاطيان المختلفة، ويتم إيداع هذا الأخير في أحواض الترسيب.

بعد التعدين، في غضون عشرات ومئات السنين يمكن للنهر من استعادة صورته الطولية وتشكيله سهلاً فيضياً جديداً. أما في المدن الكبيرة، فقد يتم توجيه مجاري الأنهار الصغيرة إلى مجمع المياه الجوفية ، وغالباً ما يتم سحبها إلى داخل مستجمعات المياه الجوفية بالكامل وبالتالي فإن تلك الأنهار الصغيرة ستتوقف عن الوجود والظهور كأشكال تضاريسية واضحة المعالم. تعد معرفة نشاط قناة الأنهار وعمليات التآكل والتراكم في القنوات النهرية ضرورية للعمل الذي يحسن ظروف الملاحة (مع تعميق وتقويم قنوات النهر) ، وكذلك لحماية المستوطنات والهياكل الهندسية من الدمار الناجم عن التعرية والتآكل.

2.6. التضاريس التي تشكلها التدفقات الفيضانية المتعاقبة

1.2.6. تضاريس التآكل او التعرية :

تحت تأثير تدفقات السريعة لمياه الأمطار والمياه الذائبة عن الجليد عند الربيع، يتم تشكيل عدد من أشكال التعرية المختلفة من بينها الأخاديد البسيطة أو الأولية، الحفر، الأخاديد الناضجة، الغدران الطولية (الغدير⁽¹⁾)، الخنادق أو حفر المدافع⁽²⁾، الأخاديد المجوفة ، وتلك الأكثر تعقيداً والكبيرة كالوديان، الشكل (36.6 ، 37.6).



الشكل (36.6) الغدير

- (1) في مورفولوجيا الأرض، الغدير، هي قناة مائية ضحلة في سطح التربة أنشأها التآكل ويتركز فيها تدفق الماء، كما تُعرف القنوات المُماثلة ولكن بحجم أكبر باسم المدافع !!
- (2) المدفع والجمع مدافع هو تكوين أرضي ناتج عن التعرية القوية للمياه الجارية في التراب وعادة ما توجد في سفوح التلال، وفي شكلها العام فإنها تشبه الخنادق أو الأودية الصغيرة ولكن عرضها وعمقها يتراوح بين أمتار قليلة إلى عشرات الأمتار.



الشكل (37.6) الخندق او حفرة المدفع يظهر هنا على شكل واد في المنطقة المجاورة

لأخدود كاميني في منطقة بيلغورود الروسية نتج عن مياه السيول الربيعية

لقد تم وضع أسس المعرفة حول هذه الأشكال الجيومورفولوجية من خلال أعمال

الاساتذة: S. S. ، V. P. Lidov ، A. S. Kozmenko ، V.V. Dokuchaev

.N. E. Makaeve و Sobolev

في الوقت الحاضر، تمت دراسة هذه الأشكال في مناطق مختلفة وتم تحديد شروط تطورها وعلاقتها مع بعضها البعض بصورة اكبر دقة وشمولية. تنتمي الأخاديد والشقوق إلى أشكال الانجراف - التعروي المستوي، والتي يكون أكبرها الأخاديد العريضة التي يبلغ عمقها 2-3 أمتار.

عموماً يؤدي المزيد من التعرية والتعمق في الوادي عن طريق التدفق الزمني الخطي إلى تكوين وادٍ ضيق شديد الانحدار مقطوع في منحدرات الوديان ومستجمعات المياه (الشكل 38.6).



الشكل (38.6) إزدياد تعميق الوديان الضيقة نتيجة تدفقات الامطار الربيعية

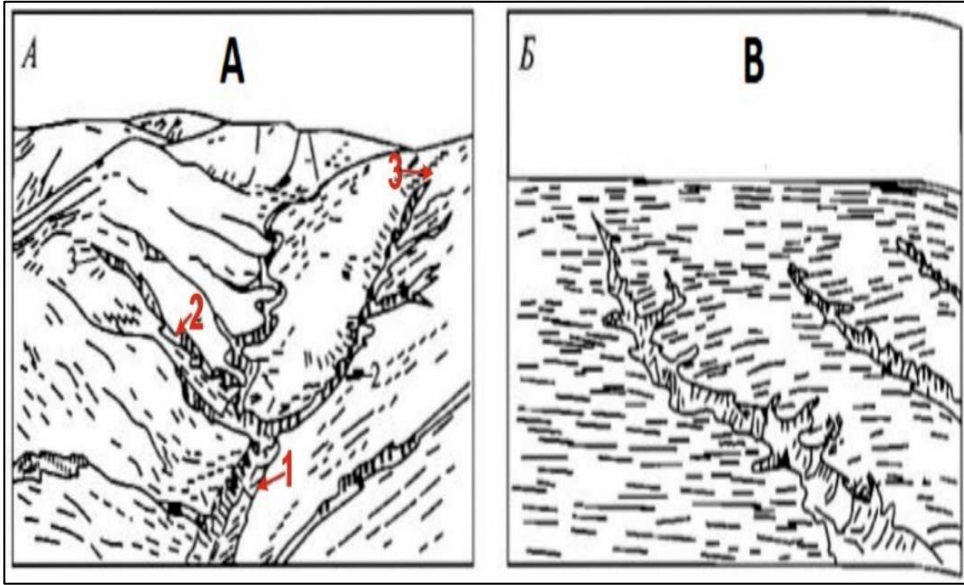
يمكن أن يبلغ طول الوديان الضيقة عدة كيلومترات وعمقها عشرات الأمتار، وعادةً ما تكون الملامح الطولية لوادي خط الاعماق او **خط التالوك - thalwegs** شديدة الانحدار ومقعرة بشدة. تتشكل مثل هذه الأودية في أغلب الأحيان في طبقات الصخور الرسوبية سهلة التآكل، وتظهر ملامحها الجيومورفولوجية بسرعة أكبر في حالة عدم وجود النباتات. تتمثل المناطق التقليدية لظهور وتطور مثل هذه الوديان في اقاليم السهوب وغابات السهوب.

إذا وصل قاع الوادي الضيق إلى طبقة المياه الجوفية ، فسيظهر تيار دائم في قاعه وتزداد التعرية الرأسية التي تعمق قاعه. وبذلك فان هذه الحالة سينتج عنها نمو الوادي من أسفل إلى أعلى عن طريق انحسار التآكل ، ومن أعلى إلى أسفل. وفي الحالة الأخيرة ستتشكل الحافة أو هبوط الذروة بارتفاع يتراوح بين 1-3 أمتار في الجزء القمي من الوادي. اما إذا لم يكن هناك حافة، فإن الروافد العليا للوادي ستمثل امتداداً مائلاً برفق مشكلاً ما يشبه حلبة السيرك، حيث يجمع الماء من المنحدر الموجود أعلاه.

كذلك يختلف معدل نمو الوديان والاختادات الضيقة ويعتمد ذلك على درجة إنحدار السطح ، وأنواع صخور المنطقة، وكمية هطول الأمطار وكمية المياه الذائبة عن الجليد، ووجود الغطاء النباتي من عدمه. في المرتفعات الروسية الوسطى وتحديداً في مناطق السهوب (الإستبس) وغابات السهوب ، يبلغ متوسط عمليات التعرية الاختدادية 3-5 أمتار في السنة ، وفي بعض المناطق قد يزيد إلى 10-15 وحتى 20-50 مترًا (M. V. Bronichaeev) وبالتالي فيمكن أن يتطور الوادي في هذه النطاقات من العالم بسرعة كبيرة.

تتفتح هذه الأودية على سطح المدرجات أو السهول الفيضية ، أو أحياناً تتدفق مباشرة إلى القنوات التي تمثل قواعد تأكلها أو قواعد تعريتها (مستوى القاعدة). ومع انخفاض قاعدة التآكل أو كنتيجة لعمليات الرفع التكتوني للمنطقة، يتعمق الوادي ويقطع قاعه ويتحول إلى شُرْفَة.

عادةً ما ينحدر سطح الشُرْفَة أسفل الوادي ويتم فصل مع شُرْفَة نهر بالقرب من الوديان الكبيرة على المنحدرات ، حيث يمكن ان يوجد 2-3 شرفات وديان قد تتكون من مواد غطائية طفلية وتتزاوج مع مصاطب نهريّة. وهكذا ، تشكلت بعض الوديان لفترة طويلة، بالتزامن مع تطور وديان الأنهار ، ولها عمر من أوائل العصر الجليدي حتى الهولوسين الشامل. ووفقاً لاختلاف الوضع في التضاريس بين الوديان ، فتوجد وديان سفلية تقطع قاع الاختادات، فيما يقطع بعضها المنحدرات (أو ضفاف مجاري الانهار)، وبعضها الآخر يقطع المصاطب المخروطية، أو مستجمعات المياه مختزقة عمق مستجمعات المياه تلك (الشكل 39.6).



الشكل (39.6) أنواع أخاديد الوديان في منطقة السهوب وفقاً لـ (Z. Makeev):

A-(1) الوادي السفلي، (2) في وديان الاخاديد والمنحدرات، (3) المرور إلى مستجمعات المياه ؛ B- الوديان المنحدرة المتفرعة قليلاً التي لا تذهب إلى مستجمعات المياه.

عموماً تترك الظروف المناخية بصمتها المورفولوجية على شكل الوديان. لذلك ووفقاً لـ **B.P. Lobimov & S. M. Covaleev**، فانه في منطقة التندرا غالباً ما يكون للوديان شكل يشبه الصندوق، ويفسر ذلك حقيقة أن حقول الثلج تظل في قاعها لفترة طويلة، مما يمنع تعميق القاع. فيما تكتسب قمم الوديان شكلاً دائرياً تحت تأثير نفس بقع الثلج طويلة العمر، وغالباً ما تستخدم الوديان نظاماً من الشقوق دائم التجمد ، وبالتالي فإن شبكة الوادي لها نمط متعامد.

في منطقة الغابات وإلى جانب التعرية ، يحدث هناك اختناق (انظر الفصل 11) ناتج عن غسل التربة تحت الأرض من تحت جذور الأشجار التي يمكن ان تنزلق على المنحدرات، ونتيجة لذلك يتناثر القاع بكتل منحدره مختلطة من الاطيان وجذوع الأشجار، أما من حيث شكل شبكة الوادي هنا فإنها تكون متفرعة. اما في المناطق الصحراوية فإن الوديان تكون شديدة الانحدار بسبب التعرية الضعيفة للمنحدرات.

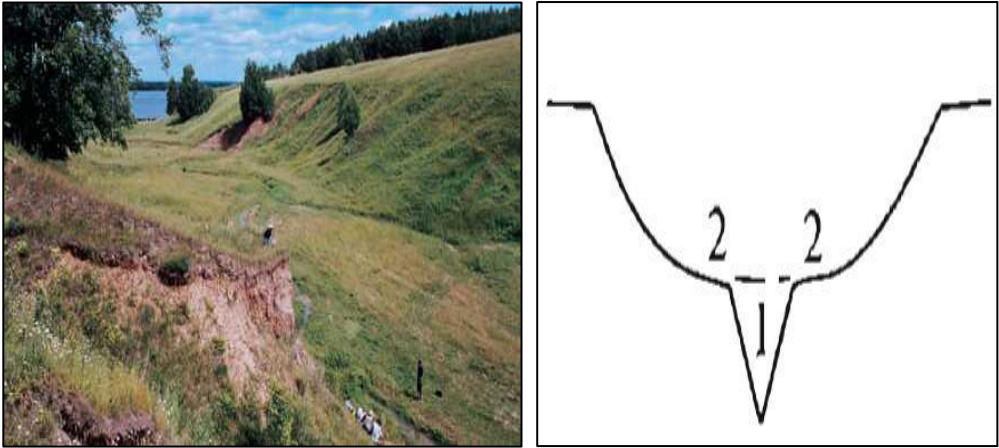
بمرور الوقت ، إذا توقف التعرية العميقة تتخفض منحدرات خط العمق (خط التالوك - **thalweg**) ، ويتوسع قاع الوادي وبالتالي تنحسر المنحدرات وتتسطح وتتراكم الرواسب، عندها يتحول الوادي إلى ما يُعرف بـ العارضة⁽¹⁾ أو الحزم (أرويو - **Arroyo** "الخور" في أمريكا وأوروبا) الشكل (40.6) .



الشكل (40.6) احد وديان الأرويو (الخور) - لاس كروسييس أرويو في صحراء نيو مكسيكو

(1) **Балка** - العارضة أو الحزمة: اسم سلافي لوادي صغير ، عادة بدون مجرى مائي دائم. العناصر المميزة للحزم هي جوانب شديدة الانحدار ، تنتهي في الجزء العلوي بشق محدد جيدًا (ملتوية من المنحدر إلى سطح مستو) ، وقاع مسطح منحدر بلطف في اتجاه مجرى النهر ، حيث توجد شقوق (قناة) أو يتم قطع الوادي السفلي في بعض الأحيان. عمق العوارض تتراوح بين 5-50 م ، اما طولها فيتراوح من بضعة مئات من الأمتار إلى 20-25 كم. تظهر الحزم نتيجة تآكل سطح التربة بفعل تيارات مؤقتة وأنهار صغيرة والتراكم اللاحق للرواسب في القاع .

العارضة عبارة عن واد جاف أو مجرى مائي صغير، مع قاع مقعر بلطف ومنحدرات ذات خطوط عريضة ناعمة. وقد تم تطوير العوارض أو الحزم على نطاق واسع بشكل خاص في مناطق السهوب وغابات السهوب. إن طول العارضة أو الحزم قد يصل إلى عشرات الكيلومترات، فيما قد يصل عرضها إلى كيلومتر واحد أو أكثر، اما العمق فيصل الى عشرات الأمتار. ويعتقد أن الشعاع يمثل المرحلة الأخيرة في تطور الوادي. ومع ذلك، ومع تنشيط عمليات التعرية التي تسببها انخفاض قاعدة التعرية، أو ارتفاع المنطقة نتيجة التنشيط التكتوني، أو زيادة كمية هطول الأمطار، يبدأ شكل جديد من الوادي السفلي في التطور في قاع الأخدود، يلحظ أيضاً أنه فقط بعض الاجزاء أو الشظايا يمكن أن تبقى موجودة من الحزمة أو العارضة (الشكل 41.6).



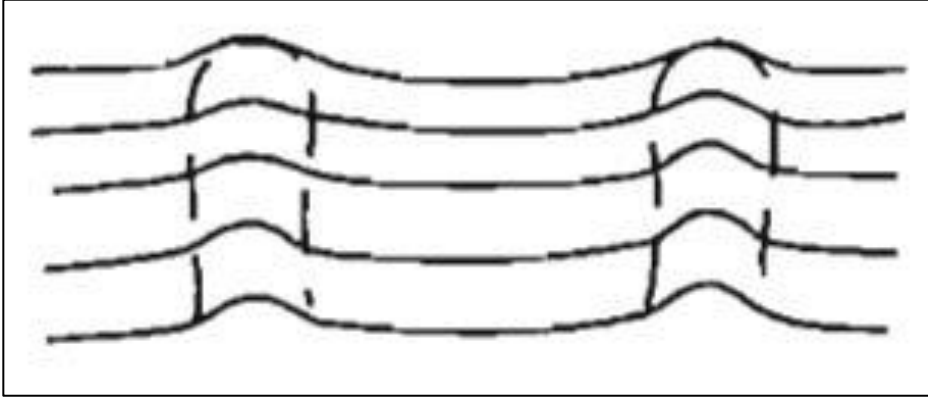
الشكل (41.6) من اليمين: المقطع العرضي التخطيطي للحزمة أو العارضة، في الجزء السفلي منها (2)، قطع واد جديد (1) في القاع - من اليسار: صورة لإحدى العوارض في روسيا الاتحادية

اقترح الأستاذ (V.V. Dokuchaev) أن العوارض أو الحزم تتشكل من الوديان، ثم تصل إلى مستوى المياه الجوفية فتتلقى مجرى مائياً دائماً (مجرى، نهر صغير)

وتتحول إلى وادي نهر صغير. ومع ذلك ، يمكن أن يتحول وادي صغير أيضًا إلى وادي جاف إذا اختفى المجرى المائي الدائم فيه نتيجة لزيادة تراكم الرواسب المنقولة من منطقة مستجمعات المياه والتي تتشكل من ترسبات الطمي المختلفة. يحدث الجريان السطحي على طول العوارض فقط في الربيع، عندما يذوب الغطاء الثلجي أو أثناء هطول الأمطار الغزيرة، كما إن العوارض - الحزم هي سمة من سمات الجنوب الروسي تتشكل في أجزاء من منطقة غابات السهوب والسهوب. عموماً تُقام السدود في العوارض فتتشكل البرك والخزانات الصغيرة، وهو الامر الذي يمكن مشاهدته في الجنوب في نصف السهل الروسي ، حيث تقع القرى والمستوطنات على ضفاف عوارض كبيرة.

وهكذا ، توجد هنا عملية دورية لتطوير الأشكال الجيومورفولوجية هذه والتي تتراوح بين: وادي العارضة - أخدود المدفع . إن الجمع بين العوارض وأخاديد المدافع من الأجيال العمرية المختلفة يخلق شكلاً جيومورفولوجياً نموذجياً لأخاديد ولارتفاعات المنصة في مناطق السهوب وغابات السهوب. بالإضافة إلى العوارض، الأخاديد والوديان، لا تزال هناك أشكال أخرى تم إنشاؤها بواسطة تيارات مائية مؤقتة والتجاويف التي تظهر بشكل منخفضات مفتوحة ، ضحلة وممدودة خطياً.

إن ظاهرة التجاويف (Hollow) هي ظاهرة جيومورفولوجية لطيفة للغاية، وبالكاد تكون ملحوظة بسبب كونها منخفضة التعرية، وأحياناً لا تُميز على الأرض إلا من خلال وجود المزيد من النباتات المحيطة بجانبها. غالباً ما يتم التعبير عن هذه الظاهرة الجيومورفولوجية بشكل أفضل على الخارطة الطبوغرافية للخطوط الكنتورية ، كما موضح في (الشكل 42.6) .



الشكل (42.6) الشكل الذي يظهر به التجويف - Hollow على الخارطة في الرسم الكنتوري

التجاويف **Hollows** تكون لطيفة أيضًا ولكنها تظهر أكثر وضوحاً في المنخفضات أو الاحواض، ويختلف طولها بحيث يتراوح بين عشرات ومئات الأمتار. تتميز التجاويف بمظهر جانبي طولي يقترب من شكل خطٍ مستقيمٍ في الشكل. كما إنها تشكل جرياناً خطياً للمطر المتساقط وكذلك المياه الذائبة التي كانت على شكل جليد على المدرجات ومستجمعات المياه ومنحدرات الوديان والأخاديد. عموماً في قاعها أو عند بدايتها، يظهر فيها ما يُعرف بـ قمع الإختناق (انظر الفصل 11) ، لاسيما إذا كانت الرمال والرمال الطميية أو الطفل قريبة من السطح .

يمكن أن تتحول التجاويف التي تتعمق وتتوسع تدريجياً، إلى وادٍ أو مباشرة إلى عارضة (وديان العارضة أو الحزمة). في الوقت نفسه هناك أيضاً سلسلة عكسية من تطور هذه الأشكال، مما يشير إلى توقف التآكل وهيمنة الترسيب : عارضة - تجويف. لذلك تُظهر بيانات الحفر أنه تحت بعض التجاويف توجد عوارض قديمة (أشار إليها الأستاذ **A. E. Skomorokhov** وآخرون)، ويتم الكشف عن هذه الأخيرة في بعض الأحيان عن طريق المحاجر (المقالع) أو في منحدرات الوادي.

وبالتالي ففي الطبيعة يمكن ان توجد هناك طرق مختلفة لتشكل وتطوير الأشكال التعرؤية هذه، وعلى وجه الخصوص تضاريس الأخاديد، حيث يكون ذلك إعتماذاً على الظروف المناخية والتكتونية للمنطقة ك (كمية المياه، عمليات الهبوط أو الرفع التكتوني للأرض ، أو أساس قاعدة التعرية فقط). في الوقت نفسه ، تنتقل الأشكال بين بعضها البعض، كما موضح في (الجدول 1) في عملية تنشيط التعرية - التآكل (الوادي - الأخدود ، التجويف - الغدران ، العارضة - خندق المدفع) أو التباطؤ في التعرية ووقف عمليات التآكل وغلبة الترسيب - التراكم في (حفرة المدفع - الأخدود) ، حفرة المدفع - التجويف، وهكذا).

في المناطق الصحراوية القاحلة وتحت تأثير التدفقات المائية السريعة المؤقتة، تتشكل شبكة كثيفة من الوديان الجافة المتآكلة التي تُسمى ساي - Sai أو تشاي. كذلك في ظروف التضاريس الجبلية أو سفوح التلال التي لها جوانب ومنحدرات طولية شديدة الانحدار، فقد يصل عمق مثل هذه الوديان إلى عدة عشرات من الأمتار، فيما يبلغ طولها عدة كيلومترات. تحتوي وديان Sai على طولي مطور فوق قاعٍ مسطحٍ بقناة حصوية.

كذلك فقد تم تطوير المدرجات (المصاطب) في وديان ساي كبيرة، يمكن أن تكون شدة تقطيع وتفتيت الطبقات الصخرية، خاصة الصخور السائبة بواسطة وديان الساي كبيرة لدرجة أن التضاريس تصبح أرضاً سيئة - Badland (انظر الشكل 1.3).

جدول (1.6) تصنيف أشكال التعرية - التآكل الصغيرة

(وفقاً لـ ف بي بوندارييف - V.P. Bondare)

تباطؤ التعرية ↑	→ تنشيط التعرية (تفعيل التآكل)			تنشيط التعرية ↓
	خندق المدفع	الغدير	مجري صغيرة جدا (كونتها الامطار)	
	العارضة	الأخدود	التجويف - Hollow	
	تباطؤ التعرية وهيمنة الترسيب (التراكم) ←			

لقد تم تطوير شبكة الوادي بشكل مكثف بصورة خاصة في المصاعد العلوية، حيث يتم إيجاد العديد من الوديان ، الأخاديد والساي على طول شبكة من الشقوق التكتونية الإقليمية، وبالتالي فهي تظهر بصورة مستقيمة ومنتظمة في الاتجاه ، مما يعطي سبباً لاعتبارها نوعاً من الخطيات - **lineaments** (انظر الفصل 19).

2.2.6. التضاريس التراكمية-الارسابية-المراوح الفيضية (الاقمع الغرينية) :

إن التدفقات المؤقتة وتفرغ المواد الرسوبية المختلفة التي تحملها المجاري المائية عند المصببات والأودية الجافة الأخرى ، تشكل مراوح فيضية - غرينية مكونة من مادة غرينية منفذة بدرجة رئيسة، وكما موضح في (الشكل 43.6).

تتشكل مراوح رسوبية قوية بشكل خاص في المناطق القاحلة، عندما تتحرك التدفقات المؤقتة من الجبال أو التلال إلى سهول المنخفضات. فهنا ونتيجةً للانخفاض الحاد في منحدرات القنوات، سيؤدي ذلك إلى انخفاض في سرعة وطاقة هذه التدفقات المائية وما تحمله من ركام مختلف الاحجام والانواع، فتتراكم المادة الفتاتية المحمولة وتشكل مراوح غرينية ، والتي بينهاها سابقاً في المخطط السابق، والذي بين شكل مراوح غرينية منتشرة بأشكالٍ مختلفة .



الشكل (43.6) مخروط التدفق المؤقت (مخروط مروحة غرينية)

يظهر سطح هاتين المروحتين مسنناً وخشناً نتيجةً لتقطعه بالعديد من القنوات الجافة (صور جوية)

حيث يميل سطحها بشكل ملحوظ باتجاه مجرى القناة المائية (انظر الشكل 6.30 - C^1D^1 II)، فيظهر سطحها مرقطاً بقنواتٍ متفرعةٍ جافة ، أما في المقطع العرضي فإنه يظهر على عكس الدلتا الأرضية ، فيكون محدباً (انظر الشكل 30.6 A^1B^1 II). في المخاريط الكبيرة (المراوح الكبيرة) وكذلك في مناطق الدلتاوات الأرضية ، يمكن تمييز ثلاث مناطق في المخطط: قمي ، متوسط ومحيطي. ومع ذلك ، فإن المواد الغرينية التي تشكل هذه المناطق ، على عكس الدلتا الأرضية ، يتم تقريبها وفرزها بشكل سيئ، حيث تتكون من رواسب رملية ورملية طينية.

تشكل رسوبيات **Loams** التي غالبًا ما تشبه اللوس ، المنطقة المحيطة للمروحة، وغالبًا ما توجد الصخور والكتل الصخرية التي تجلبها التدفقات الطينية في منطقة القمة (انظر أدناه). اعتمادًا على شدة هطول الأمطار و طاقة تدفقات المياه المؤقتة الناتجة عن التساقط المطري، فتتغير المناطق باستمرار وفقاً لكميات الماء المتدفق فصلياً ، بحيث يكون قسم رواسب المروحة الغرينية متناوباً بين طبقات من المواد الخشنة والناعمة . في المناطق المسطحة من المناطق الارضية المعتدلة، تتشكل مراوح طينية صغيرة عند أفواه الوديان والأخاديد، حيث تتكون مادتها الإرسابية من مواد طينية من الانقراض والركام الصخري مختلف الاحجام والحصى.

كذلك فإن المخاريط الغرينية ودلتاوات الأنهار الأرضية التي تتدمج معاً ، تشكل سهولاً ركامية ترسيبية أو سهول تعرية - إرساب (تراكم) من التآكل الغريني ، ويعتمد عرضها على عرض المنخفضات التي تتشكل فيها هذه الاشكال الارضية.

أما في المنخفضات التي تعاني من الانكماش بسبب تراجع أجزائها المحيطة في مناطق الرفع الارضي، فإن سهولها الغرينية سيكون لها هيكل متدرج. فالأقرب إلى الجبال ستكون هي الأقدم والتي ترجع لعصور - **Pliocene** و **Pleistocene** المبكر والمتوسط - دلتا الأرض والمراوح الغرينية . ومع مزيد من عمليات الرفع الارضي (**uplift**)، يصبح التسليخ (إنهيار اجزاء الاشكال الارضية وتفتتها) مهماً جداً بحيث لا يتبقى سوى الحواف الضيقة من الأسطح الغرينية المتراكمة السابقة. يمكن أن تتغير هذه التضاريس إلى شكل أراضٍ سيئة (**bad land**) لتشكل مستوى مرتفع (**high step**) أو حتى سفح مرتفع، وكلما ابتعدنا عن الجبال أصبح عمر السهول أصغر ويقل انقسامها او تسليخها.

اما بالقرب من مركز المنخفضات، فيتم تطوير أصغر السهول التراكمية المتأخرة من عصر البليستوسين والهولوسين ، وهي الأقل تأثراً أو إنسلاخاً. اما في المنخفضات المتدلية ، خاصة تلك الموجودة تحت قوى الشد فهناك تراكم مستمر ، فالسهول التي

تكونت سابقاً مدفونة تحت رواسب غرينية-طينية أحدث عمراً وهي تزداد في السُمْك. فيما يؤثر نمو الارتفاعات الأرضية الناتجة عن عمليات الرفع الأرضي داخل هذه المنخفضات أو الأحواض التي تمر عبر مراحل التطور التكويني - الرسوبي والتكتيف والتطور المخروطي ، على شكل المخاريط والدلتا الفردية وسمك وسطح الرواسب التي تتكون منها (انظر الفصل 4 الأسبق).

3.2.6. الأشكال التضاريسية للإنزلاقات أو السيول الطينية - Mudflow landforms :

ترتبط هذه التضاريس بتدفقات الطين، ومصطلح تدفقات الطين (مُشتقة من العربية : السيل - Sail - сайль) حيث تسمى تدفقات المياه المدمرة التي تشكلت فجأة على المدى القصير والمثقلة بمواد طينية وشظايا صخرية صلبة بهكذا تسمية. وهذه السيول الطينية تحدث عموماً أثناء العواصف المطيرة أو أثناء الذوبان الشديد للثلوج والجليد، وكذلك عندما تنكسر السدود (الطبيعية أو الإصطناعية) في وديان ومجاري الأنهار، حيث توجد كتل كبيرة من المواد الفتاتية⁽¹⁾. إن مصادر المواد الطينية السائبة هذه هي مورينات صغيرة (رسوبيات ذات أصل مائي) تتكون من كتل صخرية طينية، وتحدث كتل الانهيارات الأرضية الطينية هذه في الروافد العليا للوديان أو في الأجزاء العليا من المنحدرات شديدة الانحدار، لاسيما تلك التي يسيطر على تكوينها الطين والرمال واللوس. إن مثل هذه السيول الطينية الناتجة عن الانهيارات الأرضية من الممكن ان تغلق الأنهار وتسدها بهذه التدفقات الكبيرة. الامر الذي يحدث من خلال

(1) الصخور الفتاتية أو الصخور التفكيكية تتكون من شظايا وفتات الصخور الموجودة من قبل، و يستخدم الجيولوجيون مصطلح فتاتي أو تفكيكي للإشارة إلى الصخور الرسوبية وكذلك للجزيئات في الرواسب المنقلة سواء ما كان منها بشكل حمولة معلقة أو تلك التي تكون كحمل سريري أو تراكم رواسب، وهي صخور رسوبية ذات أصل خارجي تحتوي بشكل أساسي على شظايا من الصخور أو المعادن الأخرى.

إنسياب هذه المواد الرسوبية المشبعة بالماء، في وديان الأنهار على شكل تدفقات طينية أو تدفقات طينية مع شظايا صخرية صلبة، الامر الذي يمكن ان يتسبب في إحداث دمارٍ كبير، وغالبًا ما يكون كارثيًا لكل ما يواجه طريقه.

تتميز الوديان التي تمر على طولها التدفقات الطينية بمظهر شبه منحرف أو على شكل حوضٍ في المقطع العرضي لها، مع جدران ناعمة شديدة الانحدار محروثة بالتدفقات الطينية ، ووجود حواف طولية للقناة المائية، وتتكون هذه التدفقات الطينية السيلية من مواد غير مرتبة ذات حبيبات خشنة ومكتلة، وتراكمات فوضوية تظهر في قاع الوادي وعلى الأقماع. اما السطح فيسيطر بصورة غير مستوية ، وعرة تتخله العديد من التجاويف.

تم تطوير أشكال التدفقات الطينية على نطاق واسع في القوقاز ، في تيان شان ، بامير ، منطقة بايكال وفي العديد من المناطق الجبلية وسفوح التلال الأخرى.

تجدر الإشارة إلى وجود نوع خاص من التدفقات الطينية هي **تدفقات الطين اللاهارية (من اللغة الإندونيسية)** التي تشكلت على منحدرات البراكين المغطاة بالثلج والجليد. فتشكل المياه التي تتشأ فجأة كنتيجة لذوبان الجليد والثلج أثناء الثورات البركانية ، أو الأمطار الغزيرة ، والتي تكون مختلطة مع المواد البركانية ، تيارات تتحد بسرعة من منحدرات البراكين.

عند تسليط الضوء على اللاهات الساخنة المشبعة بمواد الحمم البركانية الساخنة واللاهات الباردة في التضاريس الجبلية، نجد ان هذه اللاهات تشكل سهولاً منحدره، يظهر سطحها مجدداً بقنوات عديدة ومنقط بشظايا الحمم البركانية.

الفصل السابع

الأشكال التضاريسية – الجيومورفولوجية لسواحل البحار والمحيطات

تمثل سواحل البحار والمحيطات مستوى القاعدة الأساس العالمي للتعرية (Level Erosion Base) لجميع العمليات الأرضية. وهذا هو الحد الفاصل بين البحر والأرض ، الذي لا ينحصر في حافة البحر ولكنه شريط من التفاعل بين البر والبحر ، وهو عرضة للتغير بصورة كبيرة، حيث يمكن أن يصل عمق هذا التغير إلى عدة كيلومترات.

عند تشكيل التضاريس الساحلية فيجب ملاحظة وجود عدة عمليات مرتبطة بها أهمها:

وهذه العمليات البحرية متمثلة بـ

1 - الأمواج والتيارات الموجية الناتجة عن حركة الرياح

2 - حركات المد والجزر المائية.

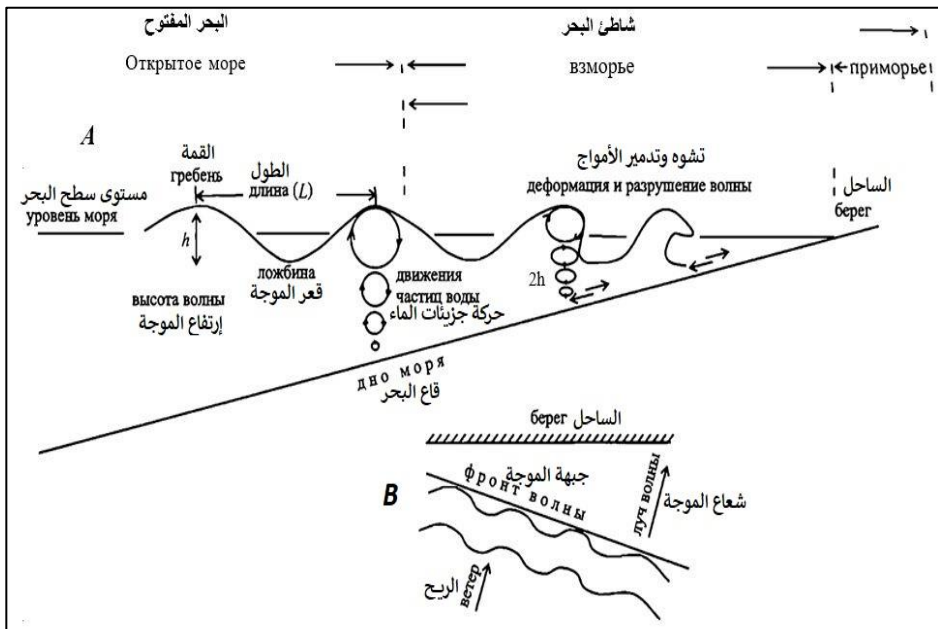
عموماً لا تؤثر التيارات البحرية الدائمة بشكل عام على تضاريس الساحل، وبدلاً من ذلك ، نجد ان الساحل نفسه يغير تكوينه أحياناً اتجاه التيارات البحرية.

من الأهمية بمكان بالنسبة للتضاريس الساحلية هي معرفة ميزاته الجيولوجية - التركيبية المادية للصخور والبنية التكتونية والحركات. حيث تحدد الظروف المناخية مسبقاً العديد من سمات الساحل ومظاهره الجيومورفولوجية المختلفة، فعلى سبيل المثال ، نجد ان تطور غابات المانغروف، الهياكل المرجانية في البحار الدافئة، مشاركة الجليد في الرواسب الساحلية، كما إن ارتباط التقلبات في مستوى سطح البحر بتغير المناخ والحركات التكتونية والمحيطات، يؤثر بشدة على تكوين التضاريس الساحلية وبالتالي جيومورفولوجيتها العامة.

يتم تمييز منطقتين جيومورفولوجيتين داخل الساحل: احدهما تحت الماء - شريط من قاع البحر معرض للأمواج البحر (شاطئ البحر) ، والثانية منهما هي المنطقة السطحية - الساحلية ، أو الساحل نفسه (شاطئ البحر). وعلى السواحل التي تعمل فيها حركات المد والجزر باستمرار، توجد أيضاً بين هاتين المنطقتين منطقة متوسطة تغمرها الفيضانات بشكل دوري. يتم العمل الجيومورفولوجي الرئيس على السواحل عن طريق حركة وقوة الأمواج المتكونة بفعل الرياح وتأثيرها على الماء.

في الموجة ، تتحرك جزيئات الماء على طول مدارات بيضاوية ، يكون مستواها موجهاً عمودياً ومتعامداً أو غير مباشر بالنسبة للشاطئ. على سطح الماء ، تكون الأشكال البيضاوية قريبة من الدوائر وحجمها هو الأكبر، اما مع العمق ، فهي أكثر استطالة وأصغر في الحجم. في الجزء العلوي من المدار، تتحرك الجسيمات في اتجاه انتشار الموجة ، وفي الجزء السفلي فإنها تتحرك في الاتجاه المعاكس.

تحتوي الموجة على العناصر أو العلامات التالية : (الشكل 1.7 A) قمة الموجة (أعلى نقطة للموجة أو جزء منها بارز فوق مستوى سطح البحر الهادئ) ، قاع الموجة (أدنى نقطة في الموجة) ، الطول الموجي (L) - المسافة بين قمتين أو قاع متجاورين ، ارتفاع الموجة (h) - الحافة الزائدة فوق الجوف أو التجويف. فيما تشكل صفوف الموجات المتعامدة مع الريح مقدمة موجة ، ويسمى اتجاه حركة مقدمة الموجة نحو الشاطئ بالحزمة (الشكل 1.7 B).



الشكل (1.7) يوضح حركة الأمواج نحو الشاطئ ومعاييرها وفقاً لـ : (O.K Leontiev)

حيث تُظهر الأسهم إتجاه حركة المياه : A - اقتراب الأمواج من الشاطئ بزاوية قائمة ؛
B - بزاوية تحت مائلة

تغطي اهتزازات الموجة طبقة من الماء يعتمد سمكها على قوة الرياح، وعادةً ما تكون وتتشكل هذه في أول عشرات الأمتار. أما على عمق يساوي ضعف ارتفاع الموجة تقريباً ($2h$) ، فإنه وبسبب الاحتكاك في الجزء السفلي تنخفض سرعة الموجة في جزئها القريب من القاع، فيما لا يزال الجزء العلوي منها متحركاً بنفس السرعة. نتيجةً لذلك تتشوه الموجة ، وتكتسب شكلاً غير متماثل ، مما يؤدي إلى قلب الجزء العلوي منها ، أو تدميرها .

أما إذا انكسرت الموجة قبل الوصول إلى الشاطئ ، فسيتم تكوين تيار من الأمواج موجهاً نحو الشاطئ ، أو ملتقاً. وبسبب الاحتكاك والتغلب على عنصر الجاذبية الموجه إلى أسفل منحدر القاع ، ستخفض سرعة التدفق تدريجياً إلى (0). تحدد نقطة الصفر هذه موضع "قمة الإنشمار - top of the splash" ، الذي يبدأ منه التدفق العكسي، وبذلك تفقد الموجة قوتها و سرعتها وتبدأ بالتراجع.

تؤدي حركات المياه الموجية العمل الجيومورفولوجي المدمر للبحر، أو عمليات التآكل والتعرية، كنتيجة لعملية الحركة الهائلة للمواد الفتاتية وتراكمها. فيما تُسمى الرسوبيات التي تحملها الأمواج بالرواسب البحرية. إن مصادر الرواسب البحرية هي أولاً وقبل كل شيء الأنهار التي تتخلص من المواد الفتاتية المختلفة من الأرض. بينما يكون جزء من مادة الرسوبيات البحرية هو ذلك الجزء الناتج عن تآكل الساحل والجزء المغمور بالمياه من الساحل. أما في المناطق البركانية، فتدخل منتجات الحمم البركانية ضمن هذا الصنف أيضاً، فيما يوفر العالم العضوي الأصداف والهياكل العظمية للكائنات البحرية كجزء مهم من الرسوبيات البحرية، كذلك تدخل بعض الرمال والغبار التي تجلبها الرياح من المناطق القارية ضمن هذا الصنف من الرسوبيات.

يتم تحديد العمليات الجيومورفولوجية التي تحدث داخل الساحل إلى حد كبير من خلال قوة وقدرة تدفق المياه (V.V. ، O.K. Leontev, V.P. Zenkovech Longtinov & others). تمثل قوة التدفق (M) وهي طاقتها، وهي دالة لكتلة الماء وسرعة حركته، كما يمكن التعبير عنها على أنها كمية الرواسب التي تتحرك على امتداد معين من الساحل في السنة.

بينما تمثل سعة التدفق (E) أقصى كمية من الرواسب التي يمكن أن تحملها الأمواج في منطقة معينة خلال العام. لذلك تحدد نسبة القوة والقدرة والتي تسمى تشعب التدفق، عمل الموجات والتيارات على امتداد معين من الساحل والأشكال الأرضية – الجيومورفولوجية التي تشكلها. فإذا كانت قيمتها تساوي 1، فإن التدفق يكون مشعباً، بحيث يتم إنفاق كل طاقة الأمواج على تحريك المادة الرسوبية البحرية؛ أما إذا كان تشعب التدفق أقل من 1، أي إذا كان هناك عجز في كمية الرواسب، فإن جزءاً من الطاقة الحرة للأمواج سيستخدم في تدمير الساحل وبناء أشكال أرضية جديدة.

أما إذا كان هناك رواسب أكثر مما يمكن أن تحمله الأمواج والتيارات على طول الساحل (فوق طاقتها)، فإنها أي هذه الرواسب ستتراكم، وبالتالي فإن تشبيهه عمل البحر بعمل تدفقات الأنهار واضح هنا.

تعتمد عمليات التآكل (الحت) والتراكم (الإرساب) أيضًا على سمات الهيكل التكتوني للساحل والحركات التكتونية التي تحدد نوع المنطقة الساحلية - سواء كان الساحل ضحلًا ، أي لطيفًا في إنحداره صوب البحر أم عميقًا - شديد الانحدار. حيث يحدد تكوين الصخور التي يتكون منها الساحل استقرار المنطقة الساحلية ضد عمليات التدمير وكمية نواتج التدمير التي تدخل البحر (التعرية الساحلية).

1.7. أشكال تضاريس السواحل البحرية :

1.1.7. تشكل السواحل بواسطة التيارات والحركات الموجية المائية :

تتشكل الأشكال الإرسابية (التراكمية) بشكلٍ أساسي على الشواطئ الضحلة، اعتماداً على زاوية الإقتراب الموجي من الشاطئ ، فيتم تشكيل أشكال مختلفة من التضاريس الساحلية المختلفة (الأشكال الجيومورفولوجية الساحلية).

عندما تقترب الأمواج من الشاطئ بزاوية قائمة، تتحرك الرواسب على طول القاع اللطيف (بسيط الانحدار) إلى الشاطئ، ففي منطقة اللف أو الدوران حيث تنخفض طاقة الأمواج وسرعتها، تترسب المادة المنقولة وتشكل انتقاعاً أو تراكماً متضخماً تحت الماء. هنا واعتماداً على ارتفاع الأمواج ، يحدث انقلابها على أعماق مختلفة على بعد عدة مسافات من الساحل داخل شاطئ البحر ، ونتيجة لذلك يتم تشكيل عدة صفوف (3-5) من مهاوي أو تيارات الماء الهابطة تحت الماء (الشكل 2.7 A.B).

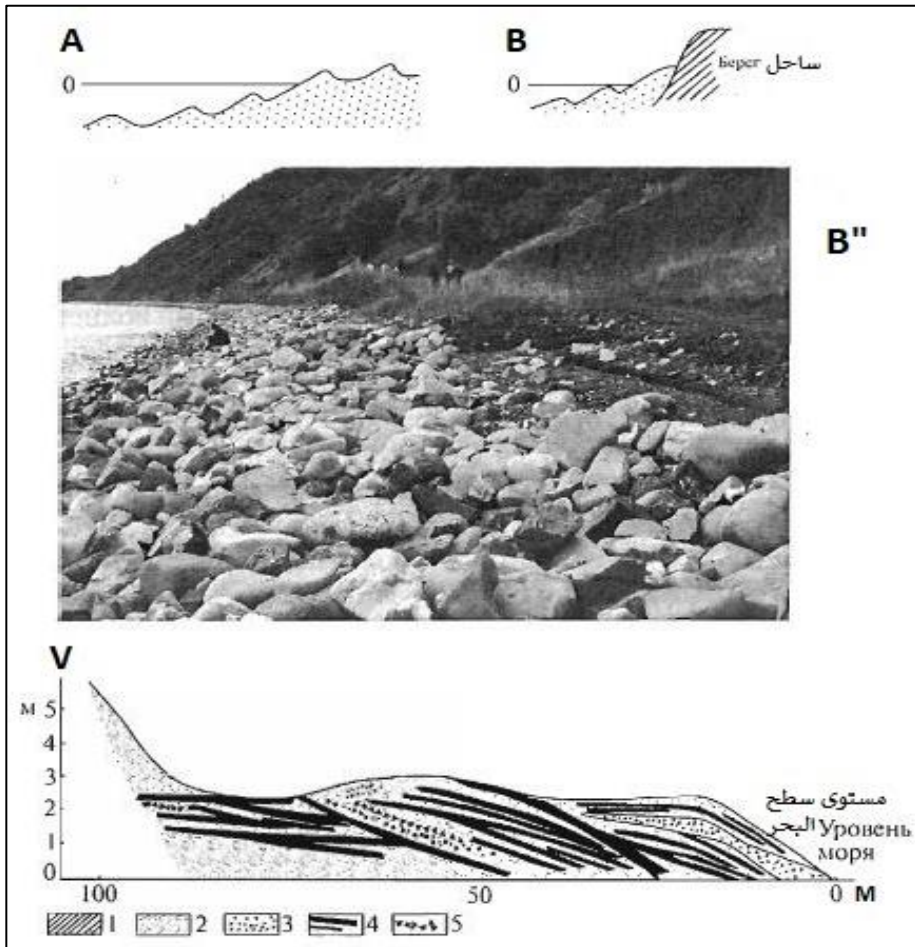
في المنطقة الساحلية أو السطحية ، تتشكل أيضاً أمواج ، تسمى بأعماق المناطق الساحلية، ترتبط بأنقل الأمواج (الأمواج الهابطة بصورة عمودية) وتشكل شاطئاً قد يكون أو لا يحتوي على مقطع متكامل ، اعتماداً على المساحة المتاحة.

الشاطئ الكامل هو سلسلة من التلال الساحلية ، بحيث تكون المنحدرات الأمامية المواجهة للبحر لطيفة الانحدار، فيما تكون المنحدرات الخلفية المواجهة للساحل شديدة الانحدار (انظر الشكل 2.7 A). كذلك يُلاحظ إمكانية فصل الأعمدة عن بعضها البعض بمسافات كبيرة أو إغلاقها عن كثب وتداخل بعضها البعض (كما في الشكل 2.7 B)، بحيث يتكون العمود الأبعد عن الحافة جيومورفولوجياً بواسطة أعلى موجات العاصفة.

إذا كان هناك مساحة صغيرة على الساحل ذات إنحدار فيه شدة، فإن هذا الشاطئ لا يحتوي على مقطع متكامل فهو شاطئ مائل (انظر الشكل 2.7 B)، فيما يتكى جدار حافة الساحل على حافة شرفة أو جرف وأحياناً على جدارٍ واقٍ اصطناعي.

يجدر ذكره بأن الإنتفاخات الإرسابية تحت الماء والساحلية من الممكن ان يبلغ ارتفاعها بين (0.5 – 2.5) متر، حيث تتكون الانتفاخات تحت الماء والساحلية من طبقات (طبقات مائلة باتجاه البحر) مع حصى ناعم ، حصى، بعض المكثلات وبقايا نباتية.

نتيجة للغسيل المطول بواسطة مياه البحر وفرز المواد بواسطة الأمواج ، تتشكل طبقات تحتوي على معادن ثقيلة ، والتي يمكن أن تشكل مكثاً ساحلياً – **placer** (انظر الشكل 2.7 B). وهي تُعرف بمكث الغرين الساحلي والبحري للذهب في آلاسكا وشمال شرق روسيا ، كذلك حجر القصدير في إندونيسيا ... إلخ. أما في المناطق المتغيرة ، غالباً ما تكون مياه البحر مشبعة بأملاح الكالسيوم ، مما يؤدي إلى ترسيخ أو تصخر (**cementation**) رواسب الشاطئ وتشكيل الأحجار الرملية والمكثلات – المدملكات الصخرية الإرسابية (**conglomerates**) .



الشكل (2.7) شاطئ مكتمل (A) وغير مكتمل (B) - رسم بياني ، (B'') - صورة من شبه جزيرة القرم ، (V) - هيكل الشاطئ على أحد السواحل المحيطية لروسيا الاتحادية وفقاً لـ: (Yu. A. Pavlidis)، حيث إن

- 1 - حجر الأساس 2 - الرمل 3 - الحصى وحصى الشواطئ 4 - تركيز المعادن الثقيلة
- 5 - الاصداف

يتم إعادة تشكيل الشاطئ باستمرار من خلال العواصف الشديدة، حيث يتم تدمير التلال الساحلية ثم إعادة تشكيلها، أما في المنخفضات بين الأعمدة ، فغالبًا ما يكون الماء راكدًا.

إن الأشكال الجيومورفولوجية الساحلية الأكبر متمثلةً بـ الحواجز الجزرية أو القضبان تحت الماء والساحلية، وهذه تتشكل كممرات ضيقة طويلة من الرواسب البحرية، غالبًا ما تكون بارزة فوق مستوى سطح البحر. إن المواد المكونة للقضبان تتألف من (الرمل، والحصى) ، أو السداسي الحيوي (المحار) ، أو التكوين الكيميائي (التكوينات الجيرية). ويتم إعادة غسل مصدره وإعادة ترسبه من الرواسب الغرينية أو الرملية أو الساحلية البحرية، والتي انتهى بها الأمر في قاع البحر بسبب الفيضانات الساحلية نتيجة التعدي. كما يمكن وضع قدم القضبان على شاطئ البحر على عمق 10-30 مترًا ، وفي بعض الحالات يكون أعمق من ذلك.

يصل إرتفاع القضبان فوق مستوى سطح البحر عادة إلى 2-5 أمتار، لكنه يزداد أحيانًا بسبب لف وتجميع الرمال وتكوين الكثبان الرملية. عرض القضبان الصغيرة يبلغ نحو بضع مئات من الأمتار، ونادرًا ما يكون بضعة كيلومترات، تم تطوير هذه القضبان أو الحواجز الجزرية في المناطق الساحلية للعديد من البحار والمحيطات. وهي معروفة على ساحل بحر قزوين ، وسواحل كامتشاتكا ، وساخالين ، وفي بعض الأماكن على ساحل المحيط المتجمد الشمالي ، وتطورت على طول الساحل الأطلسي لفرنسا ، وأمريكا الشمالية والجنوبية ، وكذلك أستراليا ، وأفريقيا ، وما إلى ذلك.

هذه الاشكال الجيومورفولوجية تمتد موازية للساحل لعدة كيلومترات في شكل سلسلة من التلال أو الجزر، كما تفصل العديد من القضبان المياه الساحلية الضحلة عن البحر المفتوح - البحيرات والخلجان ، على سبيل المثال ، سهم العربات على الساحل الشرقي لشبه جزيرة القرم (الشكل 3.7).

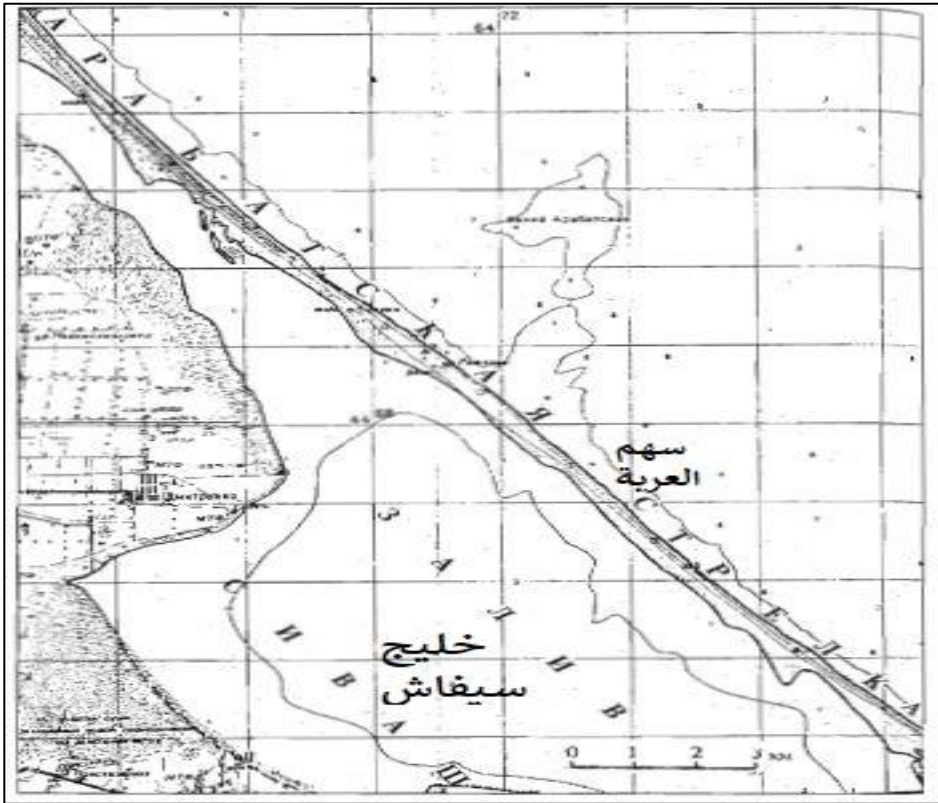
في عدد من الحالات تنمو القضبان على السواحل الهابطة تكتونياً، وغالبًا ما تظهر فوق إنعطاف قاع البحر على شكل ثنية أو حافة تكتونية أو قاع غير مستو يتكون من ارتفاع متزايد (الشكل 4.7).

لذلك ، تعمل القضبان كمؤشرات في البحث عن الهياكل العكسية. وفقًا لـ **L.G (Nikiforov)**، في منطقة ساحل بحر قزوين ، توجد دائمًا قضبان حديثة أو قديمة فوق الهياكل الجيولوجية المدفونة. على أي حال ، تفقد الأمواج التي تحمل المادة الفتاتية سرعتها بسبب خشونة القاع البارزة ، ويهبط جزء من المادة الفتاتية إلى القاع ، مما يؤدي إلى نمو شكل تراكمي.

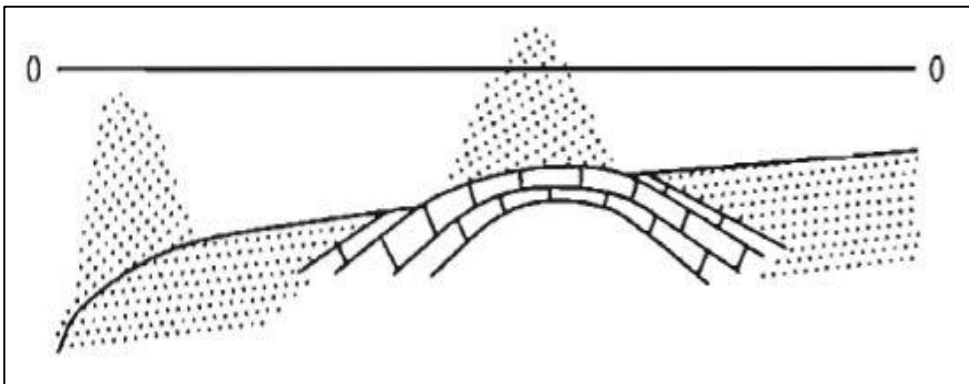
إذا كانت هناك جزيرة قبالة الساحل ، فإن "ظل الموجة" يتشكل خلفها ، تسقط فيه سرعة وقوة الأمواج، هنا تبدأ المياه الضحلة أو ما يصطلح عليه جيومورفولوجيا بالصفيرة، **صفيرة الرذاذ أو اللاكونات - (lagoon)**، في بعض الأحيان تكون مزدوجة ، وفي نهاية المطاف يُربط الساحل بالجزيرة وتتحول الأخيرة إلى شبه جزيرة.

تُسمى هذه الاشكال الجيومورفولوجية الساحلية الضحلة بـ **(pereima)**، أو **(tombolo)**(من اللغة الإيطالية- **tombolo** بمعنى: إسطوانة، أو إتشح) كما موضح في (الشكل 5.7) .

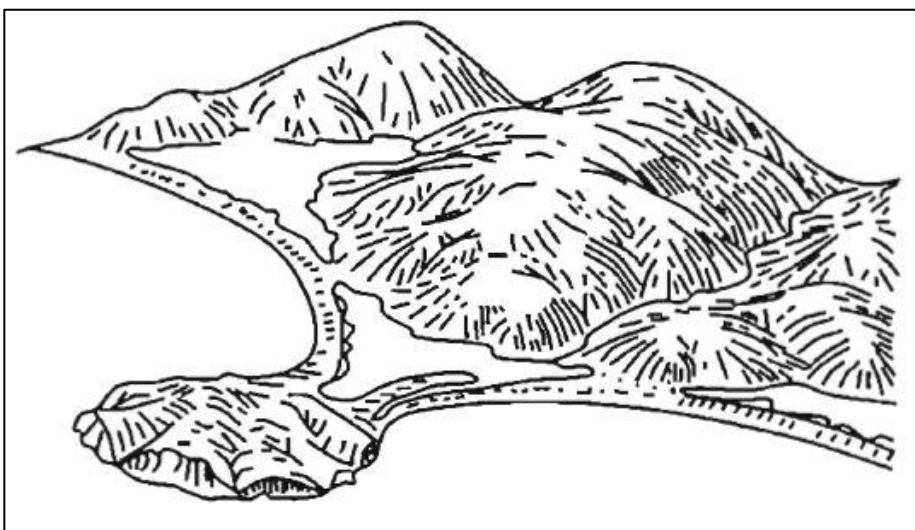
كمثال على الاشكال الجيومورفولوجية المعروفة بـ **تومبولو**، تلك التي تشكلت في أواخر العصر الجليدي الهولوسيني متمثلة بـ شبه جزيرة كازانتيب ، التي تبرز في البحر في شمال شبه جزيرة كيرتش (الشكل 6.7).



الشكل (3.7) سهم العربية – Arabat Strelka عبارة عن شريط يمتد على طول الساحل الشرقي لشبه جزيرة القرم، يصل إرتفاعه نحو 2-3 أمتار فوق مستوى بحر آزوف، ويتراوح عرضه من 150 إلى 500 م



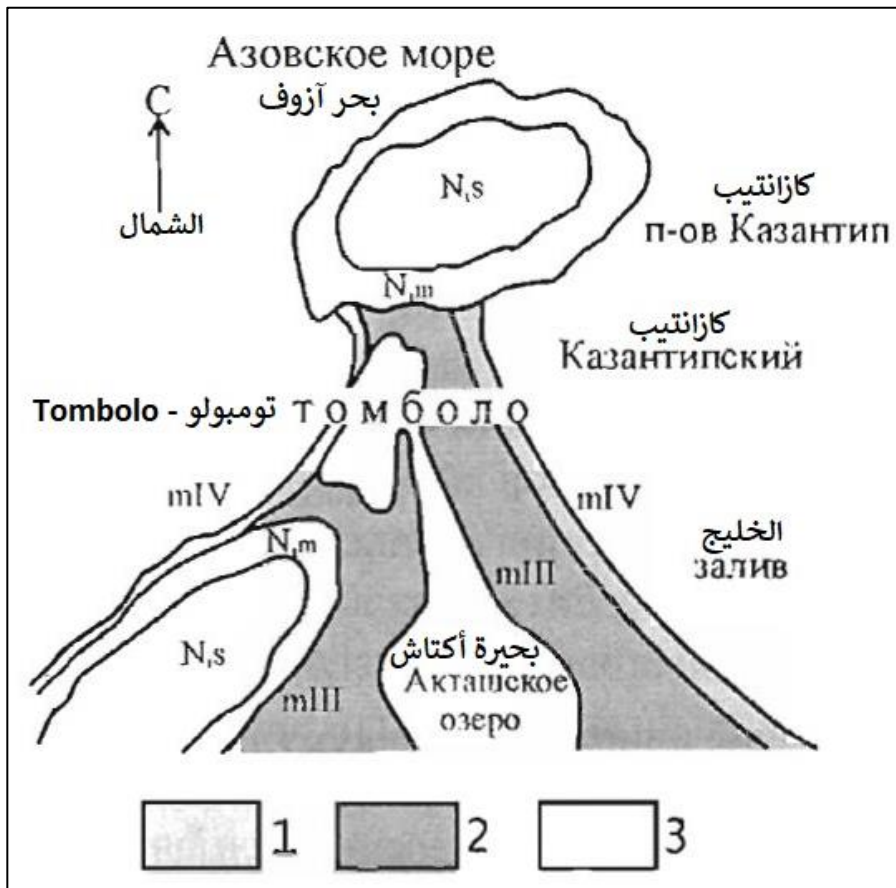
الشكل (4.7) نمو القضبان او الحواجز الجزرية (التلال الرملية) فوق طية الانحدار و طية الرف القاري



الشكل (5.7) تومبولو - Tombolo وفقاً لـ (V. Davis)

مع الإقتراب المائل من واجهة الموجة إلى الشاطئ في ظروف الساحل الضحل ،
وتحت تأثير التيارات الموجية ، تحدث حركة للرواسب على طول الشاطئ وخاصةً
الرملية منها، وهي تغطي منطقة عرضها عدة كيلومترات وعمقها 20-30 متراً.

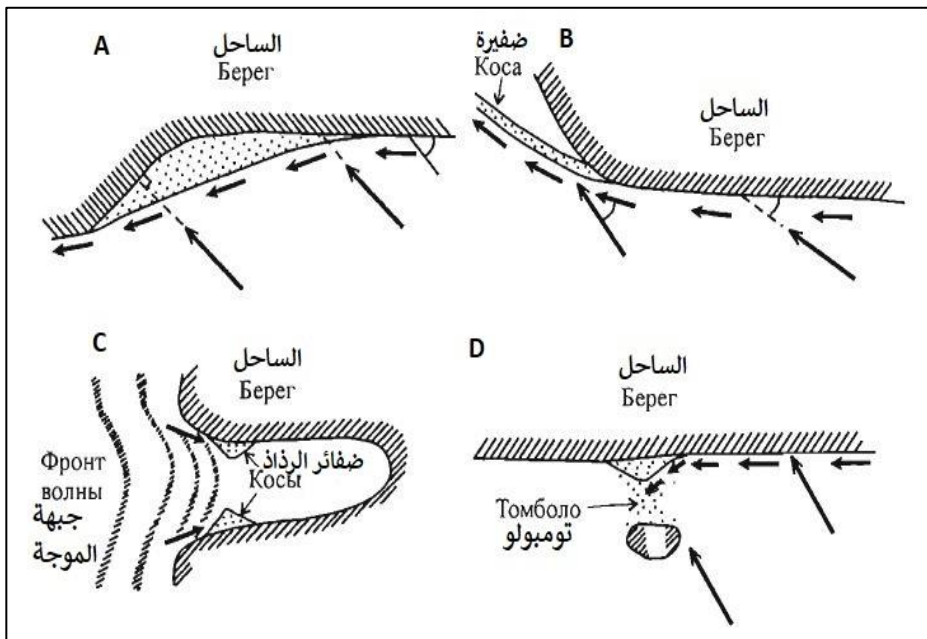
تُفسر عملية الحركة على طول الشاطئ بحقيقة أن جسيماً من مادة أو حبة رمل
يتحرك باتجاه الساحل وبشكل غير مباشر بالنسبة له ، ثم يتدحرج مع الماء تحت تأثير
الجاذبية في اتجاه المنحدر السفلي بموجة جديدة ، ومع تكرار حركة متعرجة مماثلة فإنها
ستتحرك بشكل عام على طول الساحل. فإذا كان الساحل متساوياً ، فإن جزيء الرمل
سيتحرك على مسافة عدة عشرات إلى مئات الكيلومترات في 2-3 أيام. ومع ذلك ،
يتغير تكوين الساحل عدة مرات بسبب وجود ليس فقط الأشكال الطبيعية - الرؤوس
والخلجان ، ولكن أيضاً الهياكل التي هي من صنع الإنسان - حواجز الأمواج والموانئ
وما إلى ذلك. فكل هذا يؤثر على نظام حركة الرواسب وتشكيل التضاريس
الحيومورفولوجية الساحلية.



الشكل (6.7) شبه جزيرة (Kazantip كازانتيب) الساحل الشمالي لشبه جزيرة كيرتش - هي جزيرة سابقة مرتبطة بأرض تومبولو.

حيث إن الرواسب البحرية: 1 - الحديث (m IV) ، 2 - العصر الجليدي المتأخر m (III)، 3 - نيوجين: سارماتيان (N1s) وميوسين (N1m)

إذا كان للشاطئ في إيلان شكل مقعر، ففي قسم المنعطف باتجاه البحر (الشكل A 7.7) ، ستقترب الأمواج من الشاطئ بزاوية مقدارها 90 درجة.



الشكل (7.7) تشكيل الأشكال الإرسابية التراكمية الساحلية والاقتراب المائل للموجة من الشاطئ (وفقاً لـ O.K Leontiev)

حيث إن : الأسهم الكبيرة هي شعاع الموجة ، والسهم الصغيرة هي اتجاه حركة الرواسب على طول الشاطئ ، والنقاط عبارة عن رواسب - التضاريس متمثلة بـ : الشرفة المجاورة (A) ، الضفائر او ضفائر الرذاذ (B,C) ، تومبولو (D)

نظراً لعدم وجود حركة على طول الشاطئ في هذه الحالة للرواسب ، فإن المواد القادمة من المنطقة المجاورة ، حيث لا تزال الرواسب تتحرك ، ستترسب وتتراكم هنا. وكنتيجة لتراكم الرواسب، سيمتلئ الجزء المقعر من الساحل لتشكيل مصطبة مجاورة (انظر الشكل 7.7 A) وستستأنف حركة الرواسب في هذه المنطقة مرة أخرى عند تسوية الساحل.

إذا تعرج الساحل وانحرف نحو الأرض أي أصبح له شكل محدب، فإن ذلك سيتسبب بشد جبهة الموجة في منطقة منعطفها نتيجة الانعراج (من المصطلح اللاتيني diffractus - بمعنى الحيود او منكسر). في هذه الحالة ، تنخفض سرعة الموجة

وطاقتها وتتباطأ حركة الرواسب أو تتوقف تمامًا ، ومن ثم ستتراكم المادة الرسوبية. هنا يتم تشكيل جديلة مما يصطلح عليه بجديلة الرذاذ، تنمو تدريجياً في الطولو كما موضح في (الشكل 7.7 B).

وتحدث عمليات مماثلة إذا دخلت الموجات إلى الخليج (الشكل 7.7 C)، فهنا أيضاً ونظراً لتمدد مقدمة الموجة تنخفض طاقة التدفق ويحدث تراكم المواد مع تكوين الضفائرعلى كلا الجانبين. إن نموهم (هاتين الضفيرتين) يؤدي إلى ربط الخليج وتحويله إلى بحيرة، ومع أي إقترابٍ مائل من الموجة نحو الشاطئ يمكن أيضاً تشكيل المظهر الجيومورفولوجي المعروف بـ **تومبولو** ، كما موضح في (الشكل 7.7 D).

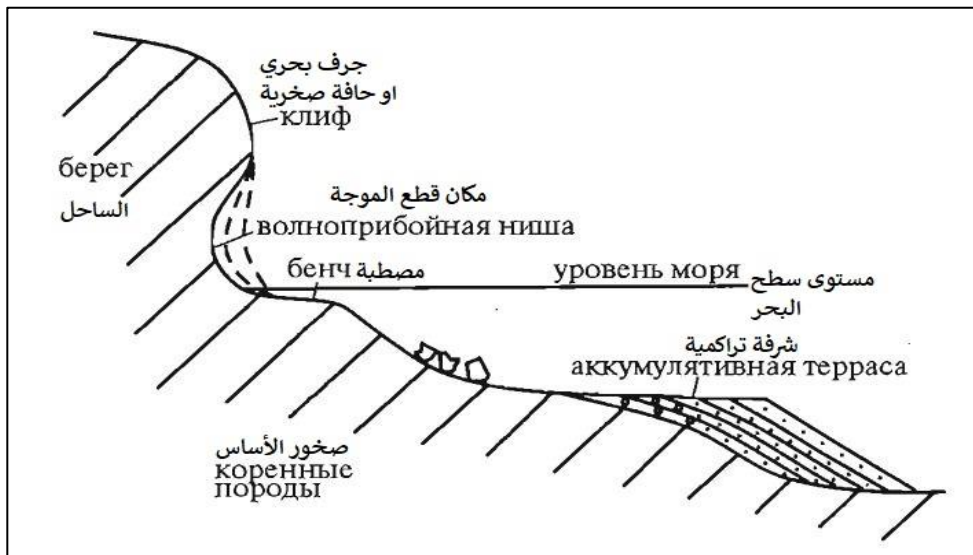
تشكل تضاريس الكشط او السحج (Formation of Abrasive landforms):

التآكل او الكشط ⁽¹⁾ او البري هو العمل المدمر للبحر، وتحدث من خلال وجود مواد وطرق كشط ميكانيكية (أساسية) وكيميائية وحرارية. عموماً يحدث التآكل الميكانيكي تحت عمليات التأثير الميكانيكي للأمواج والحطام المتراكم المحمول او الذي تحركه الامواج، فيما يعمل الكشط الكيميائي على تدمير السواحل المكونة من صخور قابلة للذوبان (كربونات ، كبريتات ، هاليدات).

(1) الكشط أو الإنسحاج بالإنجليزية (Abrasion) : في الجيولوجيا هو عملية تآكل تحدث عندما تتآكل المواد التي يتم نقلها على السطح بمرور الوقت. وهي عملية احتكاك ناتجة عن الجرجرة والخدش والتلف والتشويه وفرك المواد. تعتمد شدة الكشط على صلابة وتركيز وسرعة وكتلة الجزيئات المتحركة. يحدث التآكل عموماً بأربع طرق: أولها أن يطحن التجلد ببطء الصخور التي يلتقطها الجليد على الأسطح الصخرية، ثانيها الأجسام الصلبة المنقولة في القنوات النهرية تجعل سطح الكشط ملامساً للطبقة والجدران، ثالثها الأشياء المنقولة في الأمواج المتكسرة على السواحل تسبب التآكل، وأخيراً، يمكن أن يحدث التآكل بسبب الرياح التي تنقل الرمال أو الحجارة الصغيرة ضد الصخور السطحية.

تحت تأثير الأملاح وثنائي أكسيد الكربون الموجود في مياه البحر العدوانية أو شديدة الفعالية كيميائياً ، يتم إذابة الصخور وترشيحها. فيما يحدث التآكل الحراري بشكل رئيس في المناطق القطبية على سواحل البحار ، وتتكون من صخور دائمة التجمد أو جليد. هنا ، يتم تدمير الساحل ليس فقط تحت تأثير الطاقة الميكانيكية للأمواج ولكن أيضاً نتيجة حقيقة أن درجة حرارة مياه البحر أعلى من درجة حرارة الصخور المتجمدة ، فسيذوب جليد تلك الصخور ويتلاشى ، ومن ثم فإنها ستتخلل بسهولة أكبر. دائماً ما يكون التآكل الكيميائي والحراري مصحوباً بالتآكل الميكانيكي ، وهو التآكل الرئيس في النهاية.

يحدث التآكل والكشط بشكل مكثف في السواحل العميقة، أي حيث يوجد منحدر شديد الانحدار تحت الماء، ثم تقترب الأمواج من الشاطئ دون إهدار طاقتها فتعمل عمليات الكشط والسحب على تدمير هذه الصخور شيئاً فشيئاً. كما تحدث هذه العمليات عندما تتقلب الأمواج على الشواطئ الضحلة ، وتذهب كل الطاقة الحركية للأمواج لتدمير الشاطئ وإعادة تشكيله جيومورفولوجياً. بدايةً، على حافة البحر تتشكل عند قاعدة الجرف الساحلي - مكان تآكل أو قطع موجي (في ظل ظروف التربة الصقيعية الدائمة، عملية تآكل حراري) (الشكل 8.7) ، وبعد ذلك ، ومع مزيد من العمق والإنهيار للكورنيش الصخري المعلق فوقه ، يتم تشكيل حافة كشط شديدة الانحدار ، أو جرف.



الشكل (8.7) مخطط يبين ساحل الكشط

لا تعتمد شدة التآكل وسرعته على طاقة الأمواج فحسب، بل يعتمد أيضًا على ارتفاع الساحل وتكوين الصخور التي يتكون منها وبنيتها ، أي على ثباتها وشدتها بوجه التعرية. الصخور الأقوى شدة تجاه التعرية وعناصرها هي الصخور المتحولة والنارية (خاصة الدياباز - diabase).

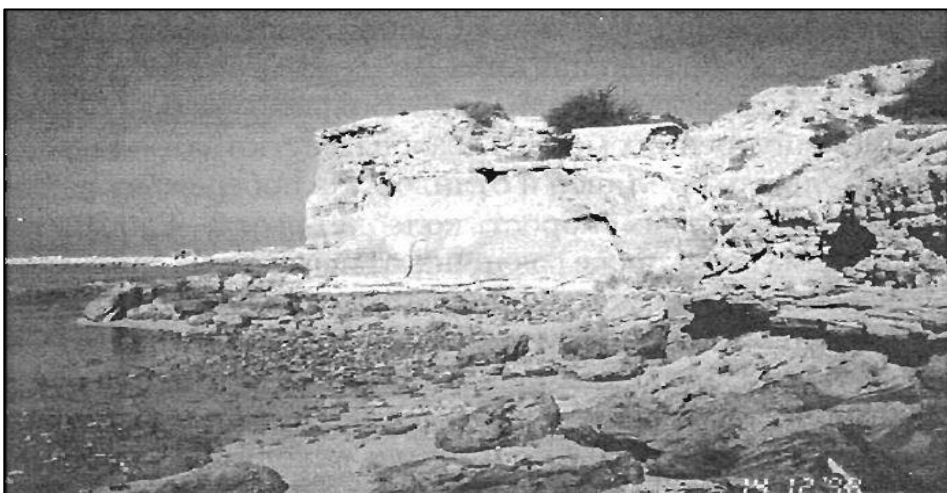
فإذا كان الساحل مكونًا من صخور ناعمة غير صلبة، فإن تدميره يكون مكثفًا بشكل خاص وغالبًا ما يكون مصحوبًا بانهيار أو ترهل في الكتل الصخرية مع تكوين جدران شديدة الانحدار. في الوقت نفسه ، لا يتم تشكيل مكانة الكشط (ليس لديها وقت لتشكلها).

إن متوسط معدل التآكل على هذه الشواطئ هو 0.6 - 1 م / سنة ، على الرغم من أنه خلال العواصف القوية يمكن أن يتراجع الساحل على الفور بمقدار (10 أمتار) وفقًا لـ (V.P. Zenkovich) ، ويكون التآكل نشطًا جدًا من عمق 10 وحتى عمق 50-60 مترًا.

إذا كان الشاطئ مكوناً من صخور صلبة ، فإن المواد الفتاتية الكبيرة التي تشكلت أثناء تدميرها تظل عند سفح الجرف، ويتم نقل المواد الصخرية الأصغر إلى البحر عن طريق التيارات العكسية وتترسب على المنحدر تحت الماء، وتشكل تدريجياً تراكماً تحت الماء (مصطبة). عندما ينكسر الجرف وينحسر إلى الداخل أمام قدمه ، تتشكل منصة كشط مائلة قليلاً باتجاه البحر أو أفقية (انظر الشكل 8.7).

ان سطح المصطبة او المنصة يكون مفصلياً مع الشرفة التراكمية تحت الماء، مما يشكل سطحاً مائلاً للتآكل - التراكم ، والذي يتم رفعها او كشفها لاحقاً إلى السطح ضمن منطقة عمليات الأمواج (نتيجة للارتفاع الساحلي) ويشكل مصطبة بحرية (انظر أدناه). في بعض الأحيان ، أثناء تدمير وتراجع السواحل الصخرية تبقى الصخور المنفصلة (المعروفة بـ **كيوكور - kyokurs**) في المنطقة الساحلية.

مع توسع المصطبة وتراكم المواد الخشنة عند سفح الجرف ، يتم تكوين كتلة صلبة أو صخرة ، اعتماداً على نوعية الحجر الصخري للصخور ومدة معالجتها عن طريق البحر أو المنطقة العمياء أو الأرضية (الشكل 9.7).



الشكل (9.7) ندبة كشط ورصيف صخري ممتلى عند سفحها (الخليج العربي) (تصوير

V.I. Makarov

مما يجدر ذكره إن المنطقة العمياء تحمي الساحل من التآكل، فيما يمكن عمل مصطبة - منصة في الصخور الطينية، حيث لا توجد منطقة عمياء. إن سطح المصطبة يكون إما مسطحاً أو ممدداً أو متدرجاً، حسب زاوية الميل وتجانس الصخور المتآكلة وتكوينها. ووفقاً لدرجة التطور تنقسم المصاطب - المنصات إلى (حديثه، نشطة، تتشكل الآن، تحتضر، قديمة او ميتة بالفعل) وفقاً لـ

(O.K Leontiev & L.G.Nikiforov).

بمرور الوقت ، تتوسع المصطبة والشرفة التراكمية - الإرسابية تحت الماء ، ويتسطح المنحدر تحت الماء، فيما تستهلك الأمواج التي تمر فوق المياه الضحلة المتكونة طاقة أكثر بكثير، ويضعف التآكل تدريجياً ويتلاشى.

يتحول المنحدر تحت الماء من منحدر عميق إلى منحدر ضحلٍ تتراكم عليه الرواسب وتبدأ الأشكال التراكمية - الإرسابية في التكون - حيث تنتفخ وتكبر تحت الماء وفوقه. في هذه الحالة ، يتم دفن المصطبة المغطاة بالرواسب، وبالتالي فإن نشاط كشط البحر بطريقة طبيعية يمكن استبداله بنشاط تراكمي - إرسابي .

على العموم تؤدي عمليات التآكل (الكشط وغيره) والتراكم (الإرساب) في الظروف الطبيعية إلى تسوية الساحل، من خلال قطع الرؤوس البارزة في البحر وملء الخلجان بالرواسب.

2.1.7. تضاريس السواحل الناتجة عن عمليات المد والجزر :

تحدث حركات المد والجزر في الماء بسبب تأثير الجاذبية (الجذب) للقمر والشمس على دوران الأرض. في الوقت نفسه ، فإن قوة المد والجزر للقمر بسبب قربه من الأرض ، أقوى بمرتين من القوة الجاذبية الشمسية.

إن معظم السواحل (باستثناء البحار الداخلية) تغمرها المياه وتتحسر عنها مرتين في اليوم نتيجة المد والجزر الذي يحدث على جميع سواحل البحار والمحيطات المختلفة.

كما تتراوح سرعتها المعتادة (سرعة المد والجزر) من 3-4 إلى 10-18 كم / ساعة، كما يختلف ارتفاع المياه أثناء المد من بضعة سنتيمترات إلى (أقل من 10-15) متراً.

تحدث أعلى الارتفاعات المدية مرتين شهرياً في فترة التزاوج أو الإقتران القمري (من اليونانية - **Cyzygia** بمعنى إقتران) التي تحدث خلال الفترات التي يتماشى فيها القمر والشمس مع الأرض ، وتُجمع قوى الجاذبية الخاصة بهما في اتجاه واحد. تحدث عمليات المد والجزر الأدنى خلال الفترات التي تكون فيها مدارات القمر والأرض في مستويين متعامدين بشكل متبادل، ثم يضعف تأثير القمر بفعل قوة تشكل المد الشمسي.

ممرات النوات (Watt) والمارش (Marsch):

على السواحل المعرضة لتيارات المد والجزر ، يحدث نقل الرواسب إلى الساحل أثناء ارتفاع المد. عموماً فخلال المد والجزر تكون سرعتها (الرواسب) كقاعدة عامة ، أقل من سرعة تيارات المد والجزر ، ولا تعود كل كتلة المواد التي تم إحضارها سابقاً إلى البحر. نتيجة لذلك ، يحدث تراكم مستمر للمواد في شريط المد والجزر ، مما يؤدي إلى تكوين شكل تراكمي محدد يُطلق عليها بالمسالك الترابية (النياسم) أو ممرات النوات (مشتقة من المفردة الألمانية **Watten&Goll** في الانجليزية تصبح ⁽¹⁾**Wadden** وهي بمعنى - الشواطئ الساحلية الضحلة) (الشكل 10.7 A) و(الشكل 11.7) .

(1) بحر وادن **Wadden Sea**: هي منطقة تقع جنوب شرق بحر الشمال في أوروبا وقد ادرجتها اليونسكو عام 2009 على لائحة التراث العالمي، وهي مكونة من أراض رطبة ساحلية ومسطحة نسبياً تتسم بمناخ معتدل من تفاعلات متشابكة بين العوامل الطبيعية والبيولوجية التي أفضت إلى وجود الكثير من الموائل المتداخلة ذات القنوات المدية الجزرية، وتراكم المياه الضحلة .

أما على الشواطئ الضحلة ، فيتكون الخندق من طبقات رملية متراسة من المواد الرملية (تمثل أحياناً الرمال المتحركة) ، مما يعكس إيقاع الترسيب (إذ يتم ترسيب الرمال أثناء عمليات المد والجزر المرتفعة ، ويترسب الطمي أثناء المد المنخفض).

إن معدل الترسيب في الأراضي الجافة هو عدة سنتيمترات في السنة ولكنها و بمرور الوقت، ونتيجةً للتراكم المستمر لهطول الأمطار يرتفع سطحها هذا، ويبدأ في الفيضان فقط خلال المد الربيعي المرتفع ، ويتحول إلى ممرات سير أو نياسم (وهي مشتقة من المفردة الألمانية **Marsch** بمعنى : المكان المنخفض). إن الشواطئ المنخفضة المغطاة بالمروج أو المستنقعات ، غالباً ما يتم فصل أو ممراتها الجافة (الوات) وممرات السير (المارش) بواسطة أسوار ساحلية (الشكل 10.7 B).

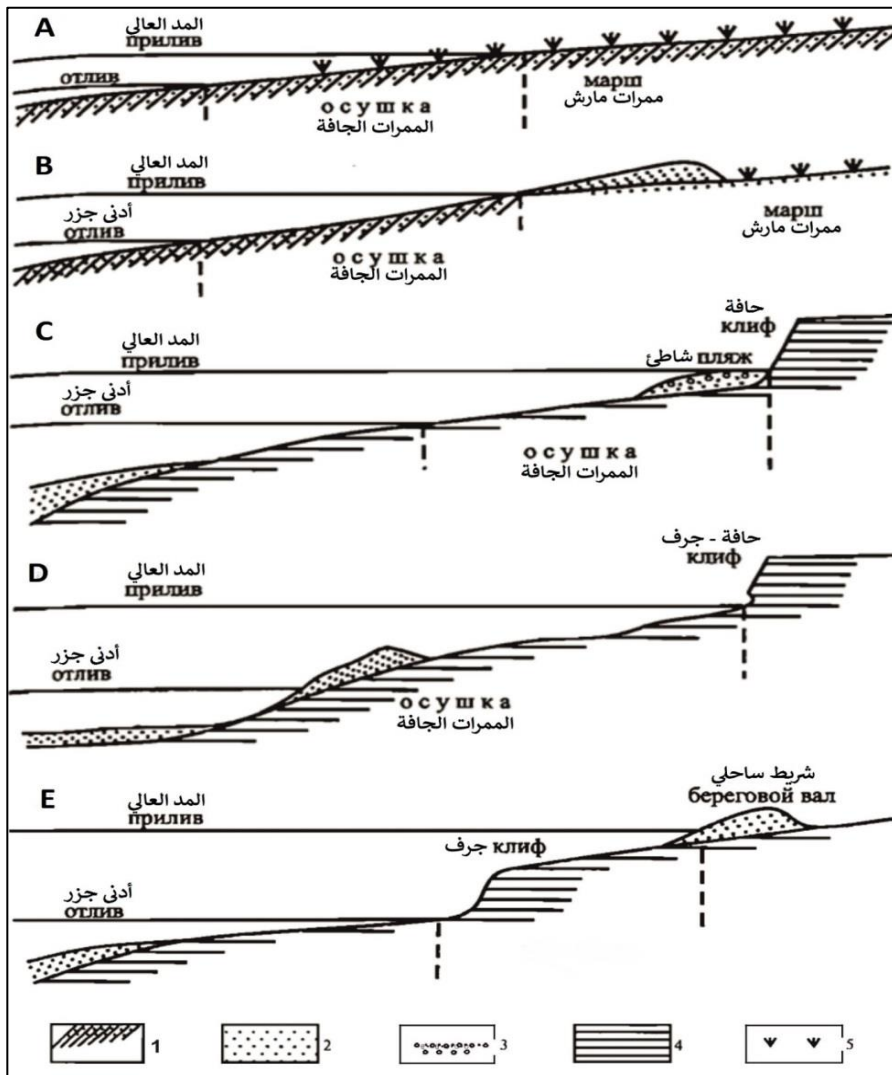
على سواحل التآكل - الكشط مع المصاطب، تتشكل أرض صخرية جافة عند سفح الجرف ، حيث يتم تطوير الشاطئ أحياناً، كما موضح في (الشكل 10.7 C) ، وعند مستوى المد المنخفض يتم تشكيل شريط ساحلي (الشكل 10.7 D). يتشكل الشريط الساحلي أيضاً عند ارتفاع المد على سطح الجرف إذا كان تحت الماء (الشكل E 10.7) .

يفسر نشاط تيارات المد والجزر تكوين حواف رملية قاعية كبيرة ، موجهة على طول التيار مفصولة بأفجاج (وديان ضيقة)، وهي تمتد لعشرات الكيلومترات وتشكل حقولاً شاسعة. الأشكال الأصغر - موجات الرمال - تكون موجهة بشكل عمودي على التيارات.

فيما تتشكل الأشكال الساحلية المشابهة جيومورفولوجياً لمظاهر تشكل الوات والمارش أثناء التيارات المفاجئة التي تسببها الرياح القوية. هذه الظاهرة نموذجية للسواحل المنخفضة شبه الأفقية المسطحة ، على سبيل المثال في بحر قزوين تكون هذه

المظاهر الجيومورفولوجية واضحة. تسمى المناطق التراكمية الناتجة عن ذلك بـ مجففات الرياح، وقد تشكلت أكبرها التي تشبه المارش أثناء تيارات العواصف.

مصبات الأنهار (من الكلمة اللاتينية **aestuarium** - بمعنى : **مصب النهر المغمور**) قد تشكل خلجان عميقة على شكل قمع عند مصبات بعض الأنهار على السواحل ، حيث تعمل تيارات المد والجزر. حيث يتباطأ تدفق المد والجزر، الذي يلتقي مع تدفق النهر الموجه نحوه ويفقد سرعته ، مما يؤدي إلى تراكم الرواسب الغرينية والبحرية على حد سواء والناتجة عن تدفق المد والجزر. على العكس من ذلك، فإن تدفق المد والجزر ، الذي يتوافق مع تدفق النهر ، يكتسب سرعة وطاقة كبيرين ولا يعيد المواد المترسبة إلى البحر فحسب ، بل يؤدي أيضًا إلى تآكل قاع النهر وضافه، نتيجة لذلك تتشكل مصبات الأنهار.



الشكل (10.7) أنواع سواحل المد والجزر وفقاً ل

(O.K. Leontiev, . L.G.Nikiforov & G. A. Kavianov)

حيث إن : A ، B : ضحلة - C ، D ، E : عميقة ؛ 1 - رواسب الطمي ؛ 2 - انجرافات الرمال ؛ 3 - رواسب الحصى ؛ 4 - حجر الأساس ؛ 5 - ممرات المروج او المستنقعات



الشكل (11.7) صورة لسواحل الواتس (الوات - Watt) عند إنخفاض المد

3.1.7. المدرجات البحرية وخطوط السواحل :

تتشكل المدرجات البحرية نتيجة التقلبات في مستويات البحار والمحيطات أثناء تغير المناخ والحركات التكتونية للسواحل. إذ تسبب التغيرات المناخية تقلبات في مستوى البحار والمحيطات أثناء التبريد العالمي وتطور التكتلات الجليدية الرباعية (العصور الجليدية)، مما ينتج عنه تناقص مستوى المحيطات والبحار المرتبطة بها ، حيث يذهب حجم كبير من الماء إلى الصفائح الجليدية، وخلال فترات الاحترار أو فترات ما بين العصر الجليدي (الفترات الدافئة)، عندها يذوب الجليد ويرتفع المستوى .

مع مكانة منخفضة معينة لمستوى سطح البحر ، يمكن أن يتشكل سطح تراكم (إرسابي) أو سطح كشط - تراكم (اعتمادًا على هيكل الساحل) في شريطه الساحلي ، والذي سيتم غمره ودفنه مع هطول الأمطار أثناء الارتفاع اللاحق في المستوى،

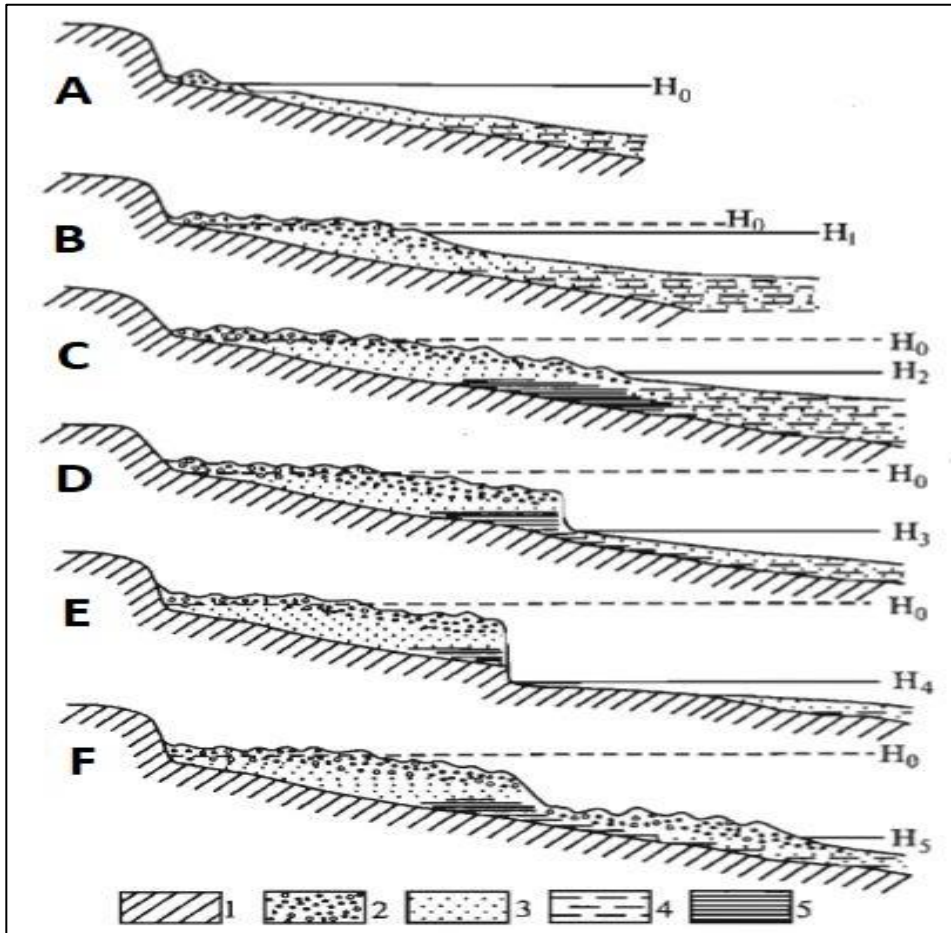
وبدرجة أو بأخرى ، تزداد أو تتقدم مياه البحر نحو الأرض كنتيجة لتغير المناخ، أو ان يحدث ذلك بسبب الحركات التكتونية حيث يرتفع هذا السطح فوق مستوى سطح البحر.

ستؤدي دورة جديدة من التغيرات المناخية إلى إحداث إنخفاض ثم إرتفاع لاحق في مستوى سطح البحر، مما يتسبب في تكوين مظهر جيومورفولوجي تراكمي - إرسابي جديد أو مظهر تآكلي - تراكمي من أشكال المدرجات (Terraces) والرواسب . ونتيجةً للحركات التكتونية المستمرة ، سيتم رفعها أيضًا جنبًا إلى جنب مع الشرفة التي تم تشكيلها مسبقًا. نتيجة للتطور الطويل للحركات التكتونية لقشرة الأرض والتغيرات المناخية ، فإن سواحل المحيطات والبحار تكتسب بنية متدرجة (الشكل 12.7).

إن الدرجات (steps) والمدرجات البحرية (Marine Terraces) عبارة عن مصاطب بحرية من مختلف الأعمار والارتفاعات ، وعادة ما تكون المدرجات السفلية أصغر عمراً من المدرجات الأعلى. عمر المدرجات يكون رباعي (Quaternary) بشكل أساسي ، وغالبًا ما يكون القليل أقدم من عصر البليوسين (Pliocene). وهو ما يتم تحديده من خلال الحيوانات البحرية من الرخويات والحيوانات الدقيقة وما إلى ذلك، تمامًا كما هو الحال في الأنهار تتميز الدورة الجيومورفولوجية للمدرجات البحرية المحلية.

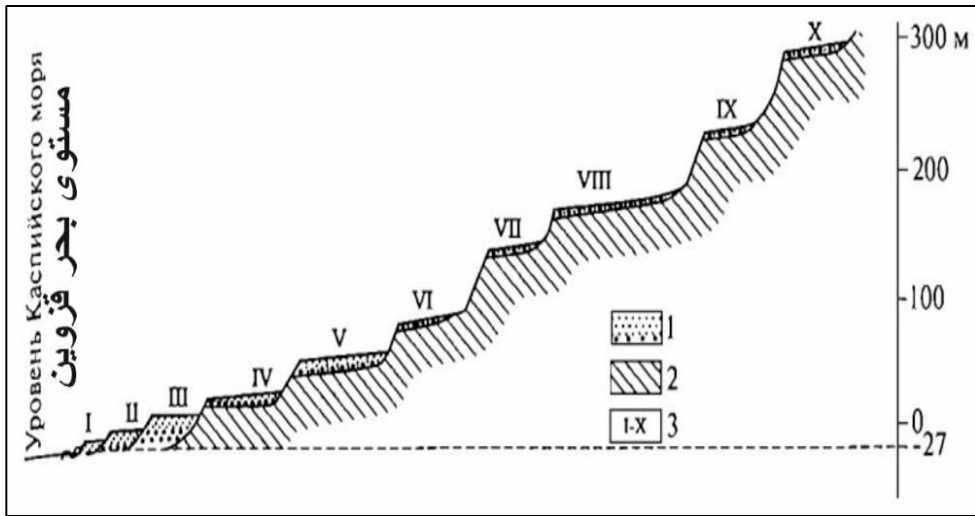
تنشأ المصاطب البحرية الدورية على مساحات طويلة جدًا من السواحل بسبب التغيرات العامة المتزامنة في مستوى البحر (المحيط) في عملية الانحدار والتغيرات العالمية التي تسببها التغيرات المناخية الدورية والحركات التكتونية. عادةً لا يوجد سوى خمسة أو ستة مدرجات متدرجة تشكلت في العصر الرباعي ، وهي من نفس العمر على سواحل البحار والمحيطات المختلفة. من بين هذه المدرجات البحرية غالبًا ما يتم التعبير عن المدرجات القديمة العالية بشكل سيئ بسبب التعرية والتآكل والتشوه اللاحق بها نتيجة العمليات الجيومورفولوجية المختلفة .

تتم مقارنة دورات المدرجات البحرية ومطابقتها مع دورات المدرجات النهرية لوديان الأنهار، والتي يرتبط تطورها ، كما ذكرنا سابقاً ، ارتباطاً مباشراً بالتغيرات المناخية والقلبات في القواعد الرئيسة للتعرية (المحيطات والبحار).



الشكل (12.7) رسم تخطيطي لتشكل المدرجات البحرية التراكمية - الإرسابية في ظل ظروف الارتفاع النسبي المتساوي للساحل ، وفقاً لـ (A.S. Ionin & P.A. Kaplin) حيث إن : A - F هي مراحل منفصلة لتشكل المدرجات البحرية؛ 1- صخور الأساس؛ 2 - رواسب الحصى الناعم والحصى؛ 3 - الرمال؛ 4 - الطمي؛ 5 - الطمي المضغوط H_0 هو مستوى سطح البحر الأولي ؛ H_1 / H_5 - مستوياتها اللاحقة

كذلك تتشكل المدرجات البحرية المحلية على أقسام منفصلة من السواحل التي تشهد ارتفاعات تكتونية محلية. وقد لا يكون هناك نفس العدد من هذه المدرجات في أجزاء مختلفة من السواحل البحرية، وهذا يتوقف على مدة وكثافة ونظام الرفع الأرضي الذي شهدته كل منطقة. إن المدرجات - المصاطب البحرية، مثلها مثل المدرجات النهرية، فهي أشكال جيومورفولوجية إرسابية - ركامية أو ناتجة عن تراكم (إرساب) تآكلي (الصخور القاعدة)، أو بواسطة الكشط والتآكل (الشكل 13.7).



الشكل (13.7) رسم تخطيطي لهيكل المدرجات البحرية على الساحل القوقازي لبحر قزوين وفقاً لـ (P.V. Fedorov)

حيث إن : 1 - الرواسب البحرية؛ 2 - صخور الأساس؛ 3 - أرقام المدرجات I-X؛
المدرجات البحرية؛ (I-III تراكمي - إرسابي IV-X؛ كشط - تراكم). عمر المدرجات: I -
New Caspian (Q_{IV}); II-IV - Late Khvalynian (Q_{III}^2); V-VI - Early
Khvalynian (Q_{III}^1); VII-IX - early Khazar (Q_{III}^1); X - Baku (Q_1)

عادة ما يكون سطح المدرجات يميل قليلاً نحو البحر وفقاً لمنحدر القاع السابق والجزء الموجود فوق الماء من الساحل. كما يحدد التماس الخلفي للشرفات أو المدرجات مكانة مستوى سطح البحر - موقع الخط الساحلي في وقت الانتهاء من تشكيل سطح المدرجات.

في هذا الصدد ، يتم قياس ارتفاع الشرفة من مستوى سطح البحر الحالي وليس إلى مستوى حافتها ، كما هو الحال في مصاطب النهر ، ولكن إلى خط التماس الخلفي. في الاجزاء الخلفية لشرفات الكشط ، يتم أحياناً الحفاظ على منافذ التآكل. إن حافة المصطبة او الشرفة هي انعطاف لسطحها بالنسبة إلى الحافة ، وهي جرف يعود تاريخه إلى حقبة تشكيل مصطبة او شرفة منخفضة وأصغر سنا.

وهكذا بالنسبة لمصاطب - شرفات أمور ، وكذلك للمصاطب النهرية ، حيث تم تشكيل المصطبة في وقت سابق ، وانخفض مستوى الحافة في وقت لاحق بالفعل في الدورة التالية من مستوى سطح البحر، أي أن منصة الشرفة والحافة (الجرف السابق) بجوار خط التماس الخلفي، لها نفس العمر (دورة واحدة).

تتكون المدرجات التراكمية - الإرسابية والمتراكمة من الكشط للرواسب البحرية - الحصى أو المكثلات ، والرمل ، والطين ، وكذلك الاجزاء العضوية والكيميائية. اعتماداً على أي جزء من الساحل سواء كان بجزئه المتمثل ب الشاطئ أو تحت الماء - يشكل سطح المصطبة - الشرفة. نظراً لأن سطح المصطبة كان جزءاً من الشاطئ أو منحدرًا تحت الماء ، فقد يكون له طابع التلال بسبب الضفاف الرملية - الساحلية أو تحت الماء. كذلك فقد كانت أسطح المدرجات المتآكلة عبارة عن منحدرات أو مصاطب سابقة تحت الماء ، وبالتالي ، يتم الحفاظ على أنقاض الصخور (الجلاميد) على صخور الاساس المتواجد عليها.

إعتماداً على الهيكل والتكتونية المحلية للساحل قد يختلف نوع المصطبة - الشرفة، فقد تتنوع المصاطب من النوع التراكمي - الإرسابي ومن خلال التبديل باثر العمليات الجيومورفولوجية إلى النوع التآكلي - المتراكم أو إحدى أنواع الكشط .

كذلك يشتمل الخط الساحلي على مجموعة من الأشكال الجيومورفولوجية التي تشكلت على مستوى معين وفقاً لـ موقعها من البحر أو المحيط أو تبعاً لـ مستوياته المختلفة.

وهذه تشمل الانتفاخات الساحلية وتحت المائية، الدرجات ، المنحدرات ، المدرجات او الشرفات ، ويمكن فصل كل هذه الأشكال عن بعضها البعض على مسافات كبيرة ، كما هو ملاحظ في الوضع الحالي .

لذلك ، كما لاحظ (O.K Leontiev et al.) ، يجب تسمية هذا التعقيد الجيولوجي - الجيومورفولوجي المركب بالنطاق (Zone) بدلاً من الخط (خط الساحل). أحياناً يتم غمر نطاقات او مجمعات أشكال السواحل القديمة هذه إلى أعماق مختلفة ، مما يشير بدوره إلى انخفاض مستويات سطح البحر في الماضي. لذلك وفي كل مكان تقريباً ، يتم تمييز هذا الخط المغمور على عمق يتراوح بين 80 - 100 متر. لقد تشكلت منذ (15 - 20) ألف سنة خلال الانحدار خلال إنحسار العصر الجليدي المتأخر في البلايستوسين. وبسبب الارتفاع اللاحق في مستويات سطح البحر نتيجة ذوبان الجليد والثلج ، فقد تم غمرها بالفيضان نتيجة لذلك.

على عمق يصل إلى نحو 200-250 مترًا ، قد يكون هناك مظاهر جيومورفولوجية أقدم تشكلت أثناء انحسار البحار والمحيطات خلال عصر التجمد الجليدي الأوسط (Middle Pleistocene glaciations).

4.1.7. السهول الغرينية - البحرية (Alluvial-marine plains) او دلتاوات الأنهار (River Deltas):

عندما تتدفق الأنهار إلى البحار والمحيطات ، تتشكل انواع معينة من السهول وتتكون هذه بدورها من الرواسب الغرينية والبحرية وهو ما يطلق عليها ب تسمية الدلتا (مشتقة من الحرف الكبير Δ للأبجدية اليونانية - بمعنى: دلتا). من خلال الدلتا وكذلك مصبات الأنهار ، تدخل كمية هائلة من المواد الرسوبية سنوياً إلى الرفوف البحرية.

لتشكيل دلتا فيجب توفر الشروط التالية الضرورية:

1 - كمية كافية من الرواسب التي يحملها النهر

- 2 - عمق ضحل لشاطئ البحر
- 3 - غياب أو ضعف تأثير البحر الممتد وتيارات المد والجزر.
- 4 - تؤدي عمليات التخفيض التكتوني للساحل إلى إبطاء نمو مناطق الدلتا ، بينما تؤدي عمليات الرفع التكتوني العكس من ذلك ، أي إلى زيادتها.

عموماً، يعتمد تطوير دلتاوات الأنهار على عمليات التوازن بين كمية المواد التي يجلبها النهر ومعدل إعادة توزيعها في الخزان البحري (على الرف القاري). فيما يُلاحظ بأن أنهار ساحل البحر الأسود في القوقاز لا تشكل دلتاوات نهريّة، لأنه يوجد هنا هبوط شديد لا يعوضه هطول الأمطار وكميات الرسوبيات الواصلة؛ بالإضافة إلى ذلك ، يتم نقل جزء من المادة بعيداً عن المصب بواسطة التيارات الساحلية. على ساحل بحر قزوين في القوقاز تتحرف التيارات عن دلتا نهر كورا⁽¹⁾ في الجنوب.

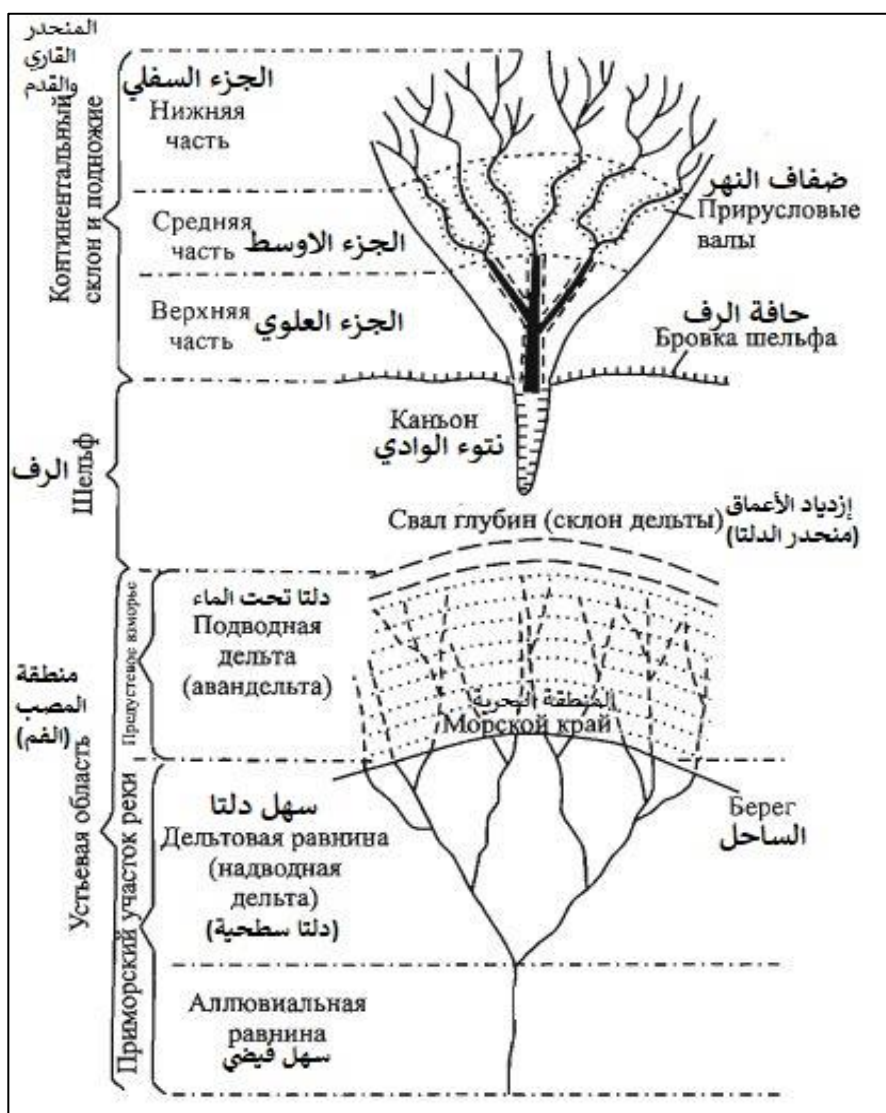
هناك نوعان شائعان من انواع الدلتاوات النهريّة وهما: الدلتاوات المثلثة ودلتاوات النوء او الحدباء وفقاً لـ (O.K. Leontiev ، و L.G. Nikiforov ، و G.A. Safyanov ، و V.N. Korotaev ، وآخرين). تتشكل دلتا التنفيذ بالقرب من نهر يتدفق إلى خليج، حيث إن نمو مثل هذه الدلتا محدود في الطول بسبب وجود ضفيرة إرسابية ساحلية (lagoon) تُغلق الخليج وتحوله إلى بحيرة داخلية. يحدث تدفق مياه النهر إلى البحر من خلال قناة واحدة أو عدة قنوات صوب الخليج ، وتمتلئ هذه البحيرة تدريجياً بالطين الذي يحمله النهر. في الواقع ، فإن مثل هذه الدلتا هي سهول فيضية تتشكل بهيئة معينة لذلك فإنها تقع ضمن نوع (جزيرة التدفق)، لقد تم

(1) الكُرُّ أو كورا هو نهر ينبع من شمال شرق تركيا ويعبر الأراضي الجورجية وعاصمتها تبليسي وصولاً إلى جمهورية أذربيجان حيث يصب في بحر قزوين إلى الجنوب من مدينة باكو بحوالي 140 كم وإلى الشمال من خليج كيروف. والنهر يلتقي مع نهر آراس ويحتفظ بنفس التسمية لأن كمية مياهه أكبر من نهر آراس قبل أن يصب في بحر قزوين .

تطوير هذه الجزر جيومورفولوجياً على نطاق واسع، وهي مفصولة بفروع وقنوات ومحاطة بأسوار أو ضفاف مجرى النهر العالية، كما انها تضم بحيرات مختلفة المساحة تتحول تدريجياً إلى منطقة مياه ضحلة ، ثم إلى مستنقعات (أراضي فيضان).

ومن الأمثلة على ذلك دلتا نهر كوبان الواقعة في روسيا الاتحادية، حيث تتدفق مياه هذا النهر في خليج بحر آزوف ، والأودر ، وفيستولا ، ونيمان ، والتي تتدفق جميعها إلى الخلجان في بحر البلطيق . و بسبب التدفق المنخفض لرواسب النهر إلى البحر (معظمه يبقى في الخليج) ، فإن الجزء المجاور من البحر يكون ضحلاً في بعض الأحيان ، حيث يحدث التآكل. وبمرور الوقت ، تصبح البحيرة أرضاً جافة ويبدأ النهر في نقل المواد إلى ما وراء الخليج صوب البحر. بحيث يتم نقل المواد إما بعيداً عن طريق التيارات الشاطئية أو تشكيل دلتا نهريّة بارزة. كما تشكل الدلتا البارزة كبيرة الحجم مجموعة تضم العديد من الأنهار، بالإضافة إلى تلك التي شكلت الدلتا المثلثة.

إن شكل هذه الدلتا يظهر كـ مثلث كما في المخطط - وتظهر على شكل منقار طائر، فإذا كان النهر يتدفق إلى البحر بفرع واحد (نهر التيبير) ، أو متفرع على شكل مخالب طائر (نهر ميسيسيبي) ، أو متعدد الأذرع في الشكل للعديد من الفروع المتباينة على شكل مروحة (نهر الفولغا). ووفقاً لتضاريسه ، يتم تمييز الظروف الهيدرولوجية والترسيبية في منطقة المصب بالوادي الذي يشكل دلتا النتوء - المحدبة، والمناطق السطحية وتحت المائية (وفقاً لـ I.V. Samoilov ، الشكل 14.7).



الشكل (14.7) مخطط هيكل دلتا النهر وفقاً لـ (I.V.Samoilov)

1. تشتمل منطقة السطح على أقسام المصب من النهر، ففي منطقة مصبات الأنهار لم يتغير شكل الوادي بعد ولم يتم تقسيم القناة بعد على فروع، ولكنه يحافظ على النظام الهيدروديناميكي التقليدي .

يبدأ نظام تدفق القناة في التأثر بتقلبات مستوى سطح البحر الناتجة عن عمليات المد والجزر و الرياح الشديدة المتمثلة بـ (الأعاصير). اعتماداً على ذلك ، تتباطأ سرعة

التيار عند ارتفاع المد وتزداد عند انخفاض المد، وهذا يؤدي إلى تناوب عملية ترسيب الرواسب الناعمة والخشنة في هذا النطاق.

يتم تحديد العمليات الرئيسية من خلال نشاط تدفق المياه في القناة، والأشكال الرئيسية للتضاريس الأرضية هنا تتمثل بالأشكال الجيومورفولوجية الغرينية، مثل: السهول الفيضية مع ضفاف الأنهار والمدرجات. كذلك تهب الرياح على الأسوار أو ضفاف النهر فتحولها بمرور الزمن إلى تلال ذات أصل ريحي أو كتبان رملية. كذلك يتم تحديد ديناميكيات المياه وتراكم الرواسب في قسم مصب النهر أو منطقة الدلتا ، من خلال تفاعل تدفق النهر وحوض الإستقبال لكن عمليات النهر لا تزال سائدة.

وبسبب الانحدار الطفيف يتباطأ التيار المائي وتتفرع القناة النهرية إلى قنوات وفروع ، وتغير موضعها أثناء امتلائها بالإرسابات، ويزداد عددها باتجاه حافة الدلتا. لذلك ، هناك ما يصل إلى 900 قناة نهريّة صغيرة على دلتا نهر الفولغا.

أما في المقاطع الصاعدة (**rising sections**)، فيتم فصل الجزر وشبه الجزيرة عن طريق القنوات والفروع المحززة التي تحدد بشكل عام الحافة غير المستوية للدلتا، فتموت بعض القنوات ويتحول الجريان السطحي إلى مناطق أقل.

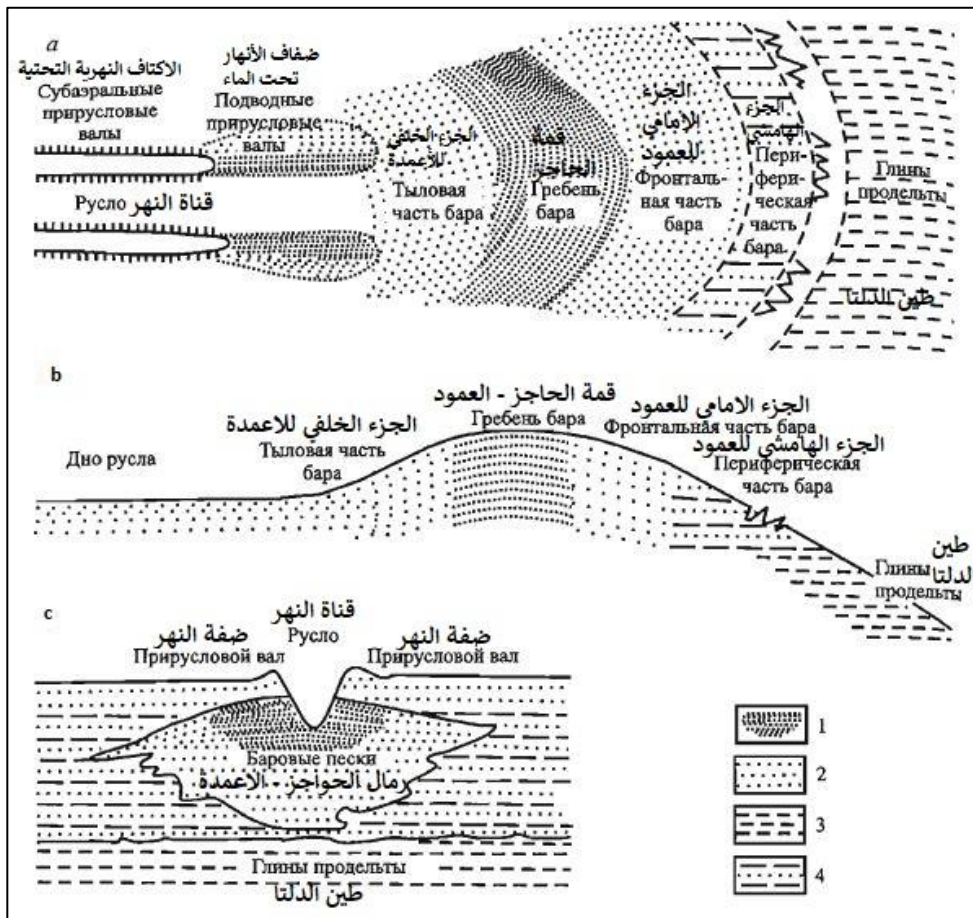
2. منطقة الدلتا تحت الماء، وهي تشمل شاطئ البحر قبل مصب النهر ووادياً تحت الماء ومخروطاً داخل المياه العميقة. تتفاعل أمواج البحر ويتدفق النهر الموجه نحوها على الشاطئ، و نتيجة لانخفاض سرعات تدفقات الأنهار والبحر ، يحدث ترسيب مكثف لكل من رواسب النهر والبحر مما يتسبب في ضحالة البحر ، وتشكيل الضفائر وأعمدة المصب (الفم)، التي تسد العديد من القنوات تحت الماء وبسبب هذا ، تُضطر الأخيرة إلى تغيير الموقف باستمرار.

إن الأعمدة غير متماثلة في أبعادها، فالجزء الخلفي منها يكون أكثر انحداراً ويتكون ، مثل القمة من رمال خشنة الحبيبات، أما الأجزاء الأمامية والمحيطية للشريط المواجه

للبحر فتكون لطيفة الانحدار وتتشكل من رواسب أنعم وأدق، كما موضح في (الشكل 15.7).

وفقًا للطبوغرافيا السفلية فيمكن أن يكون شاطئ البحر عميقًا ، مع منحدر شديد نحو الأعماق او منحدر خفيف. فالنوع الأول يتميز بانحدارٍ سفلي كبير وتدفقٍ منخفضٍ للمواد. إنه منحدر تحت الماء لنشأة الضفائر أو الحواجز الجزرية (الاعمدة). على العموم يتشكل شاطئ البحر مع منحدر الأعماق على قاع عميق في البداية ، ولكن ومع وفرة من المواد الغرينية يقل عمقه ودرجة إنحداره. كذلك يتم تصريف الرواسب مباشرة إلى أفواه القنوات وتتشكل مناطق ضحلة تحت الماء على طول المنحدر الأمامي الذي تتدرج فيه المادة الرسوبية إلى الأسفل ، وبالتالي تتحرك الدلتا أكثر فأكثر في البحر.

يعتبر شاطئ البحر الضحل المنحدر بلطف من سمات الساحل الضحل، زهر الامر الذي يمكن عملية تتبع تدفق مياه الأنهار تحت الماء لفترة طويلة في شكل "أخاديد". كما يتم تكوين منطقة مياه ضحلة مشتركة والتي ترتفع إلى السطح لاسباب شتى ومنها تراكم الرسوبيات، وتتحول إلى جزر، في الوقت نفسه تتحرك حافة الدلتا في البحر. إن السمة المميزة لهذه المناطق هي الاعمدة الرملية المتشكلة تحت الماء والتي تتشكل من العمل الجيومورفولوجي للأمواج عندما تتحرك المواد نحو الشاطئ.



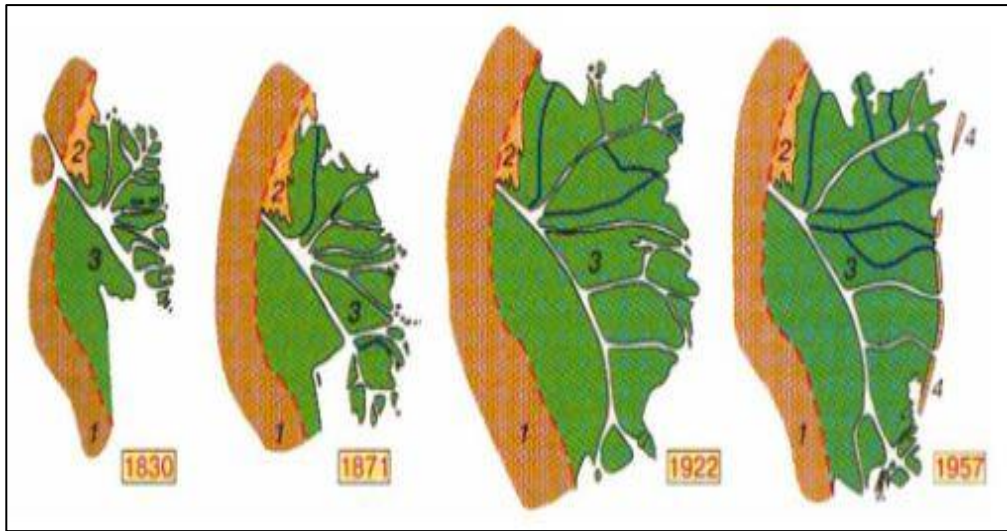
الشكل (15.7) تشكيل حاجز او عمود عند مصب فرع نهري وفقاً لـ (L. Wright):

حيث إن : a - مخطط؛ b - الملف الشخصي الطولي ؛ c - المقطع العرضي المبسط.
 الرسوبيات : 1 - رمال خشنة الحبيبات ؛ 2 - رمال دقيقة الحبيبات ؛ 3 ، الطمي والطين ؛
 4 - تداخل الرمل والطيني

تتمو الدلتاوات النهرية بقوة نتيجة العمل الجيومورفولوجي للأنهار ، وتندمج لتشكل سهولاً طميية بحرية أو سهول دلتا شاسعة، كما هو الحال في أنهار (هوانغي ويانغتسي في الصين ، والغانج ، وبراهاپوترا في الهند ، إلخ).

إن الأشكال المتمثلة بالوادي المغمور ومخروط المياه العميقة ، بعيدان بالفعل عن الدلتا ، لكنهما يمثلان الأشكال الجيومورفولوجية النهائية في سلسلة طويلة من عمليات حركة الرواسب من الأرض إلى البحر أو المحيط (انظر الفصل 17).

قد تنمو وتتطور الدلتا النهرية بصورة سريعة أو عكس ذلك، وفقاً للكثير من العوامل الجيومورفولوجية والتي من أبرزها كمية الرسوبيات التي تحملها مجاري الانهار الى مصباتها، فضلاً عن الحركات التكتونية الحديثة (الرفع الارضي أو الهبوط التكتوني). وهي الامور التي تجعل الدلتا النهرية تظهر بوضوح خلال مدة وجيزة أو خلال مدة زمنية كبيرة، كما موضح في الشكل (16.7) .



الشكل (16.7) مخطط يوضح مراحل التطور الجيومورفولوجي لدلتا الفرع النهري كيليا عند مصب نهر الدانوب

- حيث : 1 - ساحل البحر الأسود قبل بداية تكوين الدلتا (منتصف القرن الثامن عشر) ،
2 - ضفيرة البحر المكونة من الرمال والأصداف المكسورة ، 3 - جزر الدلتا المنخفضة
المليئة بالقصب ، 4 - البحر الرملي ساحل الدلتا

3. يتشكل وادٍ تحت الماء على إمتداد القناة الموجودة تحت الماء على المنحدر القاري، حيث يتم نقل الرواسب من مقدمة الدلتا إلى مخروط أعماق البحار.

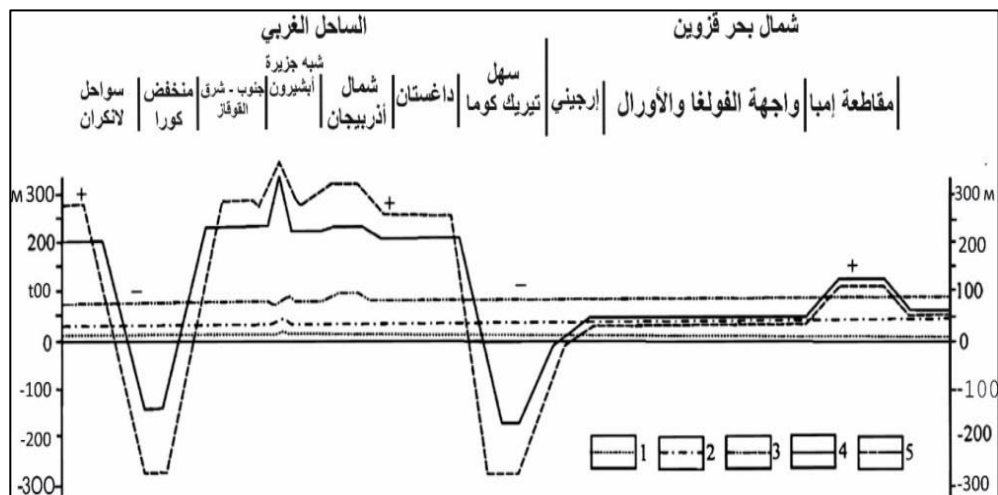
4. يتشكل مخروط المياه العميقة عند سفح المنحدر القاري، وعلى الرغم من أن نظام البحر المفتوح هو المهيمن هنا ، إلا أن شكل المخروط يشبه أشكال الأرض من حيث: نفس القنوات المتفرعة بعمق تمتد لعشرات الكيلومترات ، مما يحد من حواجز - أعمدة القناة القريبة (انظر الفصل 17).

2.7. تأثير التنشيط النيوتكتونيك المحلي

(Local Neotectonics) في تشكيل السواحل البحرية :

إذا لم تكن هناك حركات وتشوهات تكتونية لقشرة الأرض وسطحها ، فإن المدرجات البحرية من نفس العمر على سواحل البحار المختلفة ستكون على نفس مستويات الارتفاع. ومع ذلك ، ففي العديد من الأماكن عالمياً، يتم رفع المدرجات من نفس العمر إلى إرتفاعات مختلفة فوق مستوى سطح البحر الحديث. وهكذا ، فعلى الساحل القوقازي لبحر قزوين تقع مصاطب - شرفات الزمن الرباعي المبكر والاوسط (Middle and Early Quaternary) على إرتفاع 100-400 متر فوق مستوى سطح البحر، التي لم يرتفع مستوى سطح البحر إليها أبداً.

حدث هذا بسبب عمليات الرفع التكتوني الحديث والمكثف للساحل، فعلى الساحل الشرقي المقابل لبحر قزوين توجد نفس المدرجات ولكنها تقع على ارتفاعات منخفضة. أما في مناطق الهبوط التكتوني ، فتتخفض المدرجات بل وتغرق تحت مستوى سطح البحر ، كما هو الحال على سبيل المثال ، في مناطق سواحل بحر قزوين والبحر الأسود (الشكل 17.7).



الشكل (17.7) مخطط بياني للتشوهات الموجبة (+) والسالبة (-) الناتجة عن الحركات التكتونية للسواحل القديمة لبحر قزوين وفقاً لـ (P.V. Fedorov)

الخطوط وأعمارهم: 1 - ; Upper Khvalynian - 2 New Caspian (Q_{IV}) ;
Lower Khazar (Q_{II}^1) ; - 4 Lower Khvalmskaya (Q_{II}^1) ; ; (Q_{III}^2) 3 - ;
Upper Khazar (Q_{II}) - 5

في غرب القوقاز ، وتحديدًا في منخفض ريون ، فإن الساحل يغرق بمعدل 1 مم / سنة ، الأمر الذي يميز هذه المنطقة بانخفاض مدرجاتها - شرفاتها وهبوطها تحت مستوى سطح البحر، فضلاً عن هيمنة عمليات التراكم - الإرساب وزيادة سمك الرواسب البحرية هنا.

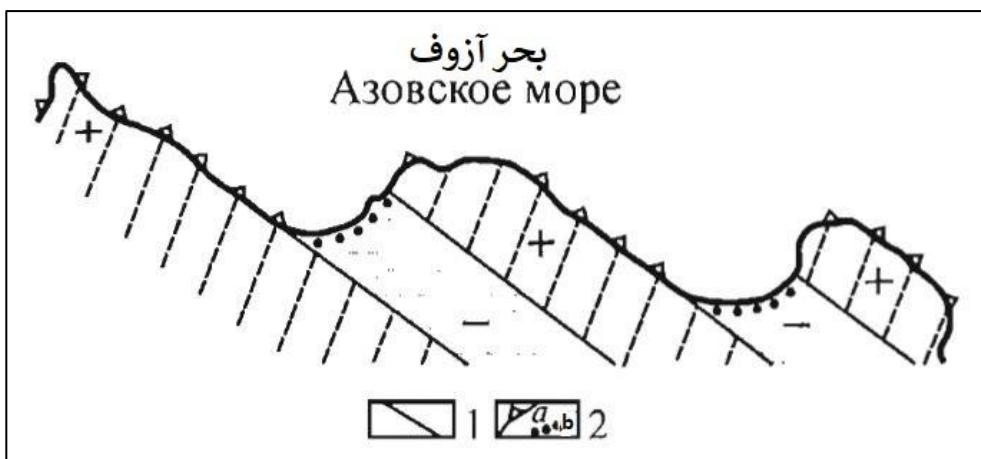
تفرض الحركات التكتونية الحديثة عمليات التقلبات في مستوى البحار والمحيطات (**Eustatic Sea Level**) ، مما يقوي أو يضعف تغييراته العامة. كذلك يتسبب ارتفاع الساحل في نفس التغييرات التي حدثت فيه مثل انخفاض مستوى سطح البحر في المناطق المرتفعة ، نظراً لنمو الطيات المحدبة ، الظهور - **Horst** ، وغالبًا ما تتشكل الرؤوس التي تكون بارزة في اتجاه البحر (الشكل 18.7) ، كذلك فإن هناك نمو مفرط للأشكال الأرضية في سلسلة طويلة من عمليات حركة الرواسب من اليابسة صوب البحر أو المحيط (انظر الفصل 17). ومثل الضفاف الساحلية ، تهب عليها الرياح وتتحول إلى كثبان ساحلية وكذلك تتحول البحيرات إلى بحيرات منعزلة مقطوعة عن البحر (لاغونات)، وعندما تجف الأخيرة تتشكل مستنقعات ملحية ، كذلك فإن المنحدرات أو الحافات الميتة⁽¹⁾ والخلجان الميتة مظاهر جيومورفولوجية مميزة للسواحل البحرية.

كذلك تتشكل المدرجات التراكمية ومظاهر التآكل المحلية، ومع الارتفاع الحالي في مستوى المحيطات والبحار بمتوسط يقدر بنحو 1 ملم/سنة . ومن أجل رؤية العلامات

(1) المنحدرات الحية: هي تلك الموجودة على الساحل الذي لا يزال نشطاً جيومورفولوجياً ، أي الذي يتآكل وينحسر.، وعلى النقيض من ذلك فإن "الجرف الميت" هو الذي لا تصل إليه إلا الموجات البحرية العالية جدًا ، وبالتالي لا يخضع إلا لتغير ضئيل للغاية

المورفولوجية للارتفاع التكتوني فمن الضروري أن يتجاوز معدل معدل ارتفاع مستوى سطح البحر، ويلاحظ بأن العديد من السواحل ترتفع بمعدل عام يبلغ نحو 1-4 ملم / سنة (P. V. Kaplin).

خلاف ذلك ، على الشواطئ ، على الرغم من ارتفاعها ، سيتم تقليل شريط الشواطئ أو المقاعد (إذا انخفض مستوى المحيطات والبحار ، فسيكون هناك تأثير معاكس). على الساحل البحري للشمال الروسي فحوالي 45% منه ناتج عن عمليات الرفع الارضي للسواحل ، ومعدل الارتفاع في جميع الاحتمالات يتجاوز معدل ارتفاع مستوى سطح البحر الحديث.



الشكل (18.7) تأثير أحدث الحركات التكتونية على مورفولوجيا الساحل الشمالي الشرقي لشبه جزيرة كيرتش

(حيث تمثل رموز المخطط): الكتل الصاعدة (+) التي تشكل الرؤوس ، بينما تمثل الكتل المتساقطة (-) وهي مرتبطة بالخلجان ؛ 1- فواصل 2 - شواطئ شديدة الانحدار (a) ، منخفضة التراكمية (b) أشكال تراكمية ، تحت الماء تنتفخ تدريجياً على السطح

يؤدي هبوط السواحل الناتج عن التنشيط التكتوني إلى تضخيم تأثير إرتفاع مستوى سطح البحر. ففي المناطق الهابطة داخل السلاسل المتشابكة النامية ، تتشكل الخنادق ، ويتقدم البحر في الخلجان وتتشكل الخلجان (انظر الشكل 18.7 ،

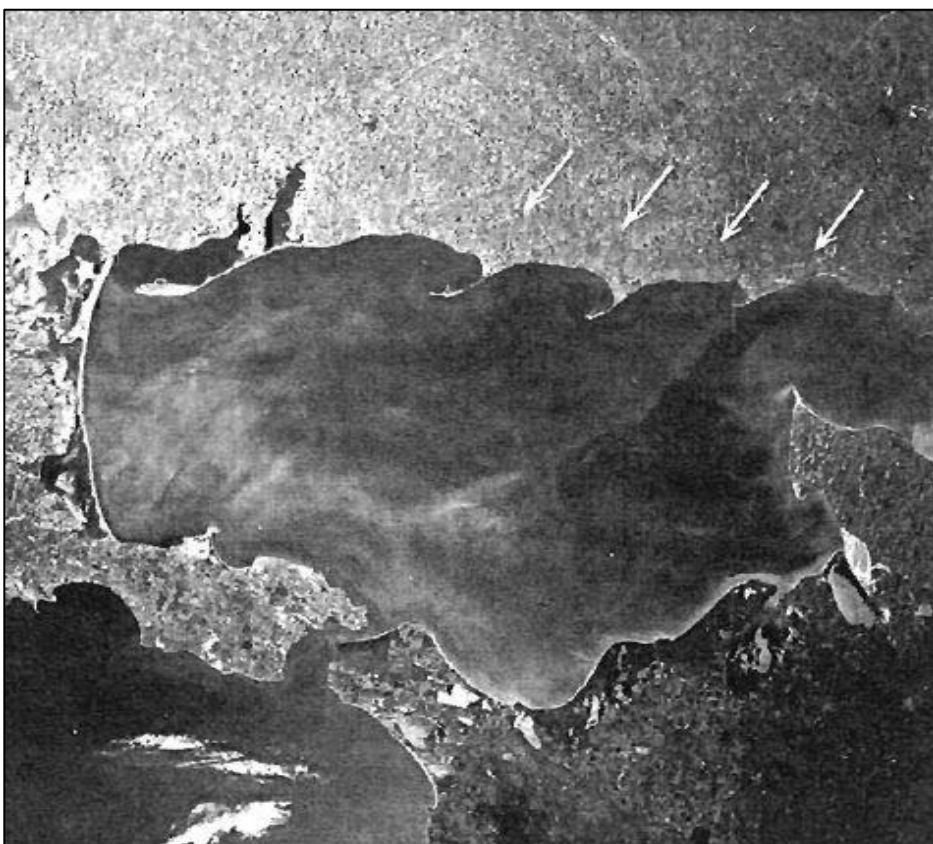
19.7)، يتكثف التآكل - الكشط، وتغسل الشواطئ ، وتتم إزالة المواد ومن ثم ترسيبها على المنحدر تحت الماء ، والدفن المتشكل مسبقاً سيتضخم ، وستتطور الاعمدة - الحواجز الرملية، فيما تُغمر المروج وتحولها إلى ممرات الوات.



الشكل (19.7) صورة لخليج محصور في أحدث طية مقعرة على الساحل الشمالي للبحر الأيوني (اليونان) (تصوير V. E. Makarov)

هذه الأخيرة تعد نموذجية لسواحل البحار الشمالية ، والأبيض ، وبارنتس ، وبرينج ، وأوكوتسك ، وغيرها من البحار. اما في البحار الاستوائية ، في مناطق الهبوط تحديداً حيث تغمرها أشجار المانغروف ، وتتراكم فيها هياكل الشعاب المرجانية ، لتصل إلى سمك كبير .

تتسبب الفوالق - الصدوع (Faults) في تكوين ضفاف او سداد مستقيمة شديدة الانحدار (انظر الشكل 18.7)، كمثال على ذلك الساحل الشمالي لشبه جزيرة كولا وعلى الساحل الشمالي لبحر آزوف ، حيث يشير الاتجاه المكاني المنتظم لسلسلة كاملة من الضفائر الارسابية (30-40 درجة إلى الشمال الشرقي) إلى ارتباطها المحتمل بالصدوع القاطعة التي يمكن تتبعها على الأرض في شكل خطوط مميزة الملامح (انظر الفصل 19) (الشكل 20.7).



الشكل (20.7) الضفائر الإرسابية - الرذاذ الإرسابي على الساحل الشمالي لبحر آزوف ،
موجهة بالخطيات (الموضحة بسهم ابيض) من جهة المضرب الشمالي - الشرقي (صورة
القمر الصناعي)

يشير سلم غريب من المدرجات - الشرفات البحرية الرباعية المطورة على السواحل،
بوضوح تام إلى زيادة تباين التضاريس في مناطق تقاطع الأحواض البحرية والمحيطية
مع الأرض.

في سلاسل هذه المدرجات (Stairs of the Terraces)، تكون الدرجات العليا
قديمة وتقع على مسافة أبعد من البحر مقارنةً بالمدرجات المنخفضة الأصغر عمراً،
مما يشير إلى حدوث بعض التوسع الإقليمي للأرض وإنها تقدمت على البحر.

إن هذا يعد مؤشراً لما يسمى بـ الفترات الجيوقراطية⁽¹⁾ (Geocratic periods)، أي ميل تطور الأرض في المرحلة البليوسينية الرباعية الناجمة عن الحركات التكتونية. ومع ذلك، يوجد حالياً إرتفاع في مستوى البحار والمحيطات بسبب الظروف المناخية - نوبان الأنهار الجليدية. لذلك فإن تشكيل تضاريس السواحل يعكس الصراع بين العمليات الداخلية والخارجية بصورة واضحة. ويجدر بالذكر بأن الفترات الجيوقراطية تكون عملها بالعكس تماماً من الفترات التالاسوقراطية⁽²⁾ (Thalassocratic periods).

(1) فترات جيوقراطية - Geocratic periods : هذا المصطلح مشتق (من اليونانية القديمة Geo : بمعنى الأرض و kratos strength بمعنى قوة كراتوس) وهي تمثل الفترات الجغرافية من تاريخ الأرض عندما كان هناك توسع كبير في مساحة الأرض. وعادة ما تتزامن الفترات الجيوقراطية مع النصف الثاني من الدورات التكتونية، عندما تزيل ارتفاعات قشرة الأرض المميزة لها أجزاء مهمة من سطح الأرض من تحت مستوى سطح البحر، وعلى العموم يتناقض هذا المصطلح مع مصطلح فترات تالاسوقراطية. يمكن أن تشمل الفترات الجيوقراطية: نهاية العصر السيلوري وجزء مهم من العصر الديفوني ، ونهاية العصر الكربوني ، والبرمي وجزء من الفترات الترياسية ، ونهاية عصر النيوجين والأنثروبوجين (بما في ذلك العصر الحديث).

(2) فترات تالاسوقراطية - Thalassocratic periods (من اليونانية - thalassa بمعنى : البحر و - kratos بمعنى: القوة) في تاريخ الأرض حدثت فترات التوسع الكبير في منطقة البحار (التعدي) على اليابس، وهي تتزامن مع منتصف الدورات التكتونية عندما ساد الهبوط التكتوني معظم سطح الأرض. وهذه الفترات هي على النقيض من الفترات الجيوقراطية، إذ تشمل الفترات التالاسوقراطية العصور المبكرة السيلورية ، والوسطى ، والديفونية العليا ، والكربوني الأسفل ، والطباشيري الأعلى.

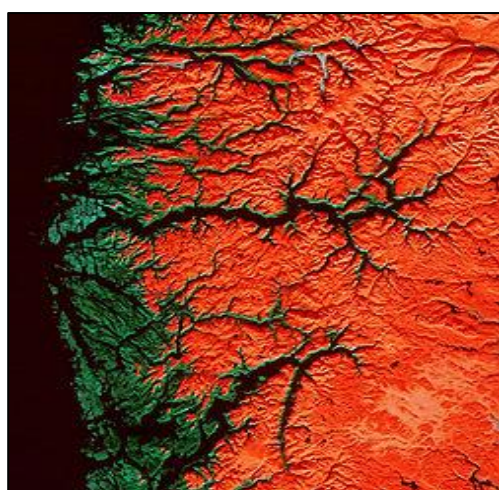
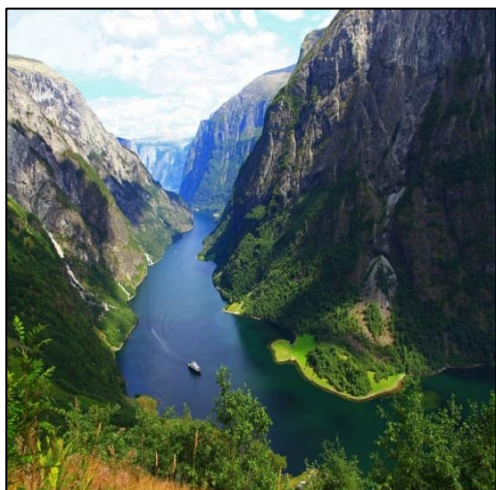
3.7. الأنواع الرئيسية للسواحل البحرية (Main Types of Sea

(Coasts

إعتمادًا على المناخ والتركيب الجيولوجي وأحدث الحركات التكتونية ونسبة العمليات البحرية وتحت الجوية ، يتم تمييز أنواع عديدة من السواحل البحرية ، وهي مقدمة في تصنيفات العديد من المؤلفين وبرزهم: (V. P. ، E. Martinov ، D.Johnson ، O. K. Leontive ، Zenkovich ، إلخ).

أكثر أنواع السواحل تميزًا هي كما يلي :

1 - شواطئ المضائق او الفجوردات (Fjord shores - Фьорд) : هي سمة من سمات المناطق الجبلية التي تخترقها خلجان ضيقة عميقة بارزة بعيدًا في داخل الأرض - المضائق ، وهي أودية جليدية (أحواض) يغمرها البحر . يبلغ طول امثال هذه المضائق عشرات ومئات الكيلومترات ، وتمتد على طول الرف القاري (انظر الفصل 17) ، وعرضها يبلغ نحو بضعة كيلومترات وعمقها يصل إلى مئات الأمتار (الشكل 21.7).



الشكل (21.7) على اليمين : مرئية فضائية لوديان او خلجان المضائق - الفجوردات في النرويج، حيث تظهر الثلوج باللون الاحمر; ومن اليسار : صورة فوتوغرافية ل احد خلجان المضائق - الفجوردات في النرويج

كثير من هذه الفيوردات أو التي تُعرف أحياناً بتسمية (الوديان الخَلَّالِيَّة : لان مياه البحر تتخلل الأرض من خلالها) واضح ومباشر ، نظرًا لأنهم محصورون في مناطق الصدوع والخطيات الكبيرة المنقطعة، والبعض الآخر له شكل متفرع.

كل شواطئ المضائق - الفيوردات لديهم شواطئ شديدة الانحدار وجدران صخرية متآكلة، وتعتبر وديان المضائق هذه نموذجية بالنسبة لشواطئ الشمال والنرويج وبارينتس وساحل ألأسكا وكندا وأيسلندا وتيرا ديل فويغو وما إلى ذلك. خلال فترة التجمعات الجليدية ، تتحدر الأنهار الجليدية في الوادي من اليابسة إلى مستوى سطح البحر المنخفض ، وهي سمة من سمات العصور الجليدية العميقة، ومع ذوبان الأنهار الجليدية ، ارتفعت مستويات سطح البحر وغُمرت هذه الوديان الجليدية بمياه البحار والخلجان .

2. السواحل المنحدرة أو سواحل سكار **Skerry** (من **skår** السويدية بمعنى: المنحدرة) وهي ترتبط أيضًا بالتجمعات الجليدية. وسواحل سكار هذه عبارة عن جزر صخرية صغيرة ومجموعات من الصخور تحت الماء، يملؤها نهر جليدي (متعرج ومتضرس) ، وهي تضم مجموعة كبيرة من الأشكال الأرضية المعروفة بـ "الصخور الغنمية أو جباه الغنم" (يُنظر في ذلك الفصل الخامس) وهي صخور كبيرة يغمرها البحر الضحل. في بعض الأحيان تغمر البحار أيضًا الأشكال الجيومورفولوجية التراكمية - الإرسابية للأنهار الجليدية والمياه الجليدية من امثال : رُكام الثعبان - **Eskar** (يُنظر في ذلك الفصل الخامس) وصخور الكامي أو المقبض - **Kames** (عبارة عن شكل جيومورفي من اشكال الأرض الجليدية ، وهو تل على شكل غير منتظم يتألف من رمال وحصى ويتراكم في منخفض على نهر جليدي متراجع ، ثم يتم ترسيبه على سطح الأرض مع مزيد من ذوبان الجليد، وهذا النوع من السواحل النموذجية موجود بكثرة في فنلندا والسويد والنرويج وألاسكا وكندا. كما يجدر بالذكر وجود مظهر جيومورفولوجي ساحلي يدعى بـ الدروملين - **Drumlin** ، وهي تلال

ممدود من الرواسب الجليدية أودعت موازيةً لتدفق الجليد، عادةً ما يتراوح طولها ما بين 1 إلى 2 كم، وهو يتكون بمُختلف الأشكال والأحجام.

3 - تعد سواحل التآكل الحراري من سمات البحار الشمالية، وهي سواحل تتشكل نتيجة لعمليات التآكل الحراري التي تعتمد شدتها على محتوى الجليد في الصخور ، بالإضافة إلى درجة حرارة مياه البحر. يتم تدمير الأجزاء البارزة من الشاطئ التي تتكون من رواسب طينية - طميية بسرعة أكبر ويرافق تدميرها تكوين الحواف، ويتم تطوير منافذ التآكل الحراري هذه في الصخور الصلبة.

إن المعدل المعتاد للتآكل الحراري هو 5 - 6 أمتار في السنة ، ومع ذلك ، ووفقاً لـ **G. A. Safyanova ، L.G Nikiforov ، O.K Leontiev** ، فإن معدلات التآكل التي تتجاوز 100 م / سنة معروفة على سواحل البحار الشمالية لروسيا الاتحادية تشكل نحو 20% من شواطئ التآكل الحراري هذه. في بعض المناطق الشمالية، يتم تطوير مسطحات الجداول على نطاق واسع - وهي سواحل صخرية مستوية، يرتبط تكوينها بالطقس الفيزيائي شديد البرودة، بشكل أساسي متجمد ، مع مشاركة العمليات الجليدية (التجميد والذوبان) في ظل الظروف المحيطة بالجليد.

4 - النوع الحيوي من السواحل النموذجية للبحار الاستوائية : تبرز هنا شواطئ المرجان والمنغروف، إذ تتطور تراكمات الشعاب المرجانية أو الشعاب المرجانية في ظل ظروف معينة متمثلة بـ : مياه دافئة نسبياً (لا تقل عن 18-20 درجة مئوية) ، وملوحة طبيعية (27-38%) ، وإنارة ضوء شمس جيدة حتى عمق 40-50 متراً.

في المنطقة الساحلية تتميز الشعاب الساحلية والداخلية، حيث تنمو الشعاب الساحلية، الهدبية وكذلك الشعاب الواقعة داخل الساحل بالقرب من السواحل ، وتشكل بالتالي ما يُعرف بـ المدرجات المرجانية لأنها تتوسع في عرض حافتها الخارجية أو البحرية، وغالباً ما تبدأ في النمو على مناطق الرفع الأرضي (uplifts) والتي قد يصطلح عليها أحياناً بالمصاعد تحت الماء.

تُغطى الشواطئ الضحلة للبحار الاستوائية أحياناً بأشجار المانغروف (غابات المانجروف) ، مما يمنع تدمير الساحل بفعل موجات العواصف الشديدة، وتحتل أشجار المانغروف المناطق الساحلية حيث يترسب الطمي. يصل عرض منطقة المانغروف إلى 3-5 كيلومترات وهي معروفة جيداً على سواحل إفريقيا وأستراليا والصين والهند الصينية وعلى الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية ، إلخ.

5. تتشكل ضفاف رياس (**Rias – Риасовые берега**) وهو مصطلح مشتق (من كلمة **Rias** الإسبانية – وهي جمع **ria** – وتعني مصب النهر) عندما يغمر البحر أجزاء مصب وديان الأنهار في المناطق الجبلية. سواحل الرياس – هي خلجان طويلة ضيقة متعرجة ناتجة عن دخول البحر إلى مصبات وديان الأنهار.

تم تطويره في الشمال الغربي من شبه الجزيرة الأيبيرية ، وسواحل الصين وكوريا وبريموري والجزء الجنوبي من جزيرة سخالين وشبه جزيرة القرم الروسية (خليج سيفاستوبول) ، إلخ. كما يمكن وصف نوع ضفاف رياس من الساحل كنوع من الساحل المغزلي المرتفع للكتل الصخرية المتبقية والجبال المتبقية، التي تم تشريحها بفعل العمل الجيومورفولوجي التآكلي للأنهار ثم تعريضها لدخول البحر. عادةً ما يُظهر الرياس النموذجي تطوراً طفيفاً في التكوينات الغرينية، خاصة على سواحل المحيط الأطلسي في أوروبا التي تخضع لارتفاع المد، يلحظ بان شواطئ رياس منتشرة على نطاق واسع.

6. شواطئ فيرث (**Лиманные берега – Firth shores**) هي سمة من سمات الشواطئ المنخفضة المسطحة التي تعاني من الهبوط التكتوني. الليمان أو شاطئ الفيرث عبارة عن خلجان مستقيمة أو متعرجة ذات ضفاف منخفضة ، تكونت نتيجة للفيضان بالبحر (أو البحيرة) من أفواه الأنهار والأخاديد المسطحة.

كمثال نموذجي على هذا النمط من السواحل يتمثل بالساحل الشمالي الغربي للبحر الأسود، وهي سواحل مغلقة مفصولة عن البحر بجسر رملي مائل، وفتحت باتجاه

البحر مرة اخرى، وهي تخضع لتيارات المد والجزر، وهذا الأخير يسمى بالخلجان ومصبات الأنهار.

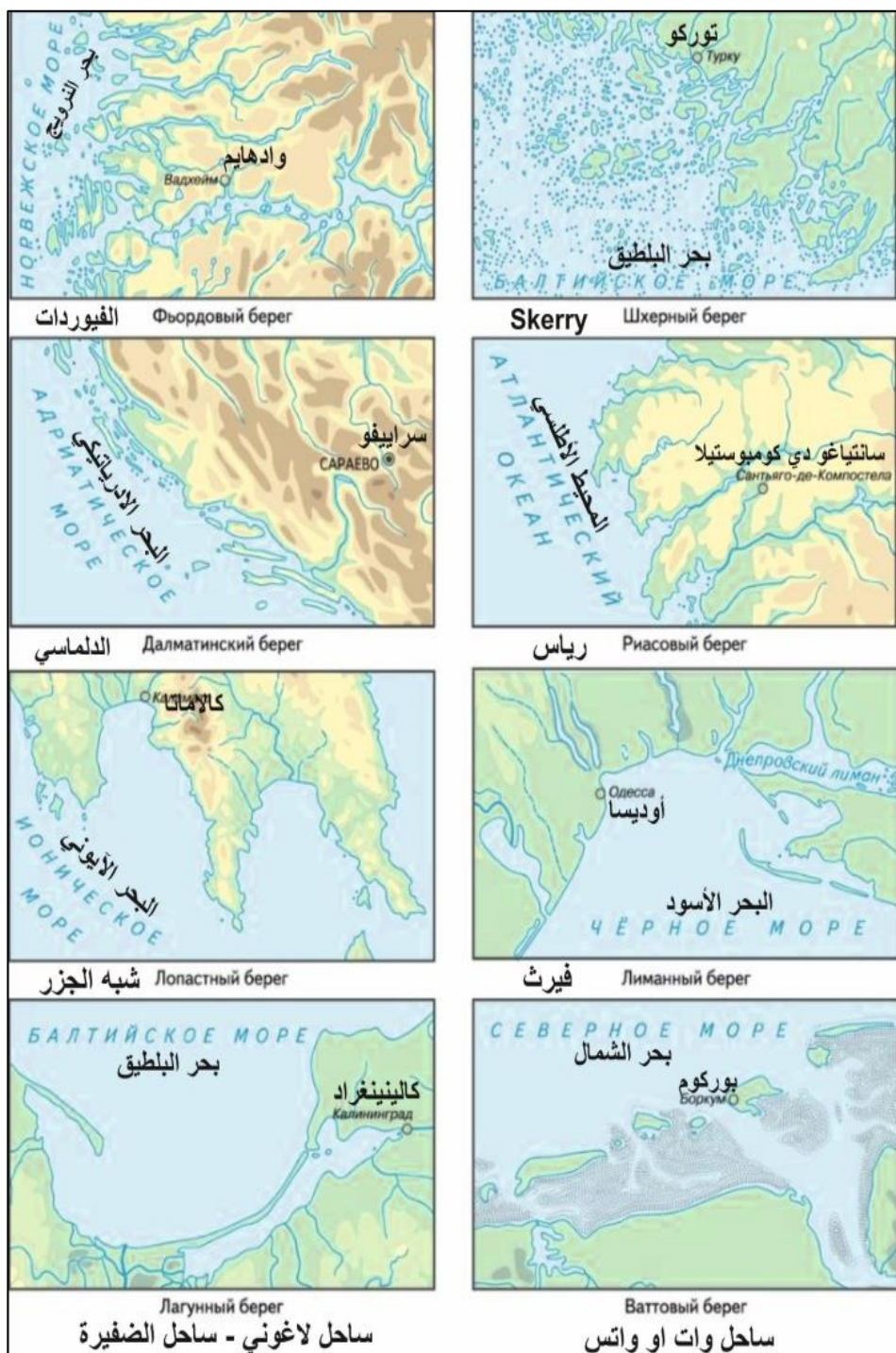
ان العديد من الأنهار الكبيرة مثل انهار أوب و ينسي (Ob و Yenisei) وغيرها - لها شفاة بارزة بعمق (مصبات عميقة) في الأرض يبلغ طولها مئات الكيلومترات. تعتبر مصبات الأنهار المغمورة أيضاً من سمات شواطئ البحيرة ، مثل إيسيك كول في شمال تيان شان (انظر الشكل 15.19).

7. الساحل الدلماسي : يرجع نوع الساحل الدلماسي (Dalmatian coast - Далматинский тип побережья) إلى خصائص التركيب الجيولوجي. وهو يمثل الهياكل المطوية المغمورة تحت الماء، وعادة ما تمتد بصورة موازية للساحل أو بشكل غير مباشر بالنسبة له.

في الوقت نفسه ، تظهر السمات الهيكلية للطيات المحدبة (anticlines) في شكل شبه جزيرة وجزر ، بينما تكون الخلجان محصورة داخل الطيات المقعرة (synclinals). والجزر والخلجان ممتدة على طول الساحل. كما ان هذا النوع من السواحل له طابع وعر (متضرس) مثال على ذلك الساحل الدلماسي للبحر الأدرياتيكي (ساحل دالماتيا) و ساحل جزيرة نوافيا زيمليا الجنوبية.

بالإضافة إلى أنواع السواحل المذكورة أعلاه ، هناك العديد من السواحل الأخرى - مثل سواحل الدلتا والبركانية والبحرية وغيرها (الشكل 22.7).

الجزء الثالث (الفصل السابع): الأشكال الأرضية التضاريسية لسواحل البحار والمحيطات



الشكل (22.7) اشكال السواحل الشائعة

4.7. التأثير البشري في تشكيل السواحل :

خلقت الطبيعة أفضل وسيلة لحماية سواحل البحر من التدمير بفعل أمواج الشاطئ، فعلى الشاطئ تتكسر الأمواج قبل الوصول إلى منحدرات الأساس الصخري. وعادة ما يتم توفير الجزء الرسوبي الرئيس من مادة الشاطئ عن طريق الأنهار.

يؤدي بناء السدود على الأنهار إلى تقليل إزالة المواد الصلبة مختلفة الأحجام (الرسوبيات) إلى البحر، وغالبًا ما يزداد هذا العجز عن طريق سحب هذه المواد بواسطة (التعدين) لمواد الشاطئ الإقتصادية مثل (الرمال والحصى) لأغراض البناء، كل هذا يؤدي إلى زيادة التآكل الساحلي.

على سبيل المثال فعلى البحر الأسود في منطقة أوديسا، زاد معدل التآكل ضمن مدى 25 عامًا (1960-1985) من 0.35 إلى 2.7 م / سنة ، بينما انخفض حجم الشواطئ بمقدار الضعف. اما على ساحل آزوف ، فقد أدت إزالة الكتل الصخرية من الشواطئ والصفائر الحاجزية الرملية (ما يصل إلى مليون طن سنويًا) إلى زيادة التآكل، وفقًا لـ (N.M. Gubkin). كما يؤدي إنشاء الهياكل الهندسية (السدود ، وحواجز الأمواج) في المنطقة الساحلية ، واعتراض وتغيير تدفق الرواسب على طول الشاطئ ، إلى تآكل الشواطئ والسواحل في بعض الأماكن وتراكم الرواسب في أجزاء أخرى من الساحل. مثال على ذلك منطقة بيتسوندا على ساحل البحر الأسود في القوقاز، عندما تم نقل مصب النهر إلى السدود ، حيث تغير الاتجاه على طول التيار الساحلي ، وبدأت جميع المواد في الترسيب على شاطئ البحر في مناطق معينة منه وبدأ التآكل الكارثي للساحل إلى الشمال الغربي في منطقة المنتجع.

غالبًا ما يؤدي النشاط البشري إلى تدمير الشواطئ الحيوية، وبالتالي يتم تدمير غابات أشجار المانغروف والشعاب المرجانية بسبب التلوث النفطي (الخليج العربي) ، وتصريف المواد الكيميائية السامة (الهند الصينية) ، إلخ.

كذلك يؤدي إرتفاع مستوى سطح البحر إلى تآكل الشواطئ وتدمير الشواطئ ، ويمكن أن يؤدي ارتفاع 1 ملم فقط إلى تآكل الشاطئ بمعدل (1 - 3) متر في السنة. في الوقت الحاضر، يتم تسجيل إرتفاع في مستوى سطح البحر بسبب ذوبان الجليد والغطاءات الجليد في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية ، وغرينلاند والأنهار الجليدية الجبلية.

وفقًا لعالم الجيومورفولوجيا الأمريكي المعروف بـ براون (P. Brown)، فعلى الساحل الأطلسي للولايات المتحدة يرتفع مستوى المحيط بمعدل 1-4 ملم / سنة ، ويصل إلى 10 ملم / سنة في بعض المناطق المترهلة، أما على ساحل المحيط الهادئ فيرتفع المستوى بمعدل 2 مم / سنة. في الوقت الحالي ، فإن أكثر من 70٪ من السواحل الرملية للبحار معرضة للتآكل ، وحوالي 10٪ فقط من السواحل تتطور في ظل ظروف التراكم - الترسيب، خاصة حيثما زادت تدفقات الرواسب الصلبة.

لحماية شواطئ يتم استخدام التجديد الاصطناعي للشواطئ بالحصى والرمل من أجل استعادتها والمحافظة عليها. وعلى بعض السواحل المترهلة بشكل خاص، يتم بناء السدود لحماية الأراضي المنخفضة الساحلية الواقعة تحت مستوى سطح البحر وتلك الاجزاء التي تمثل المستنقعات الناتجة من الفيضانات، ولكن في بعض الأحيان فان هذه الاراضي المنخفضة يتم إستغلالها بشرياً في الزراعة والإستصلاح ويتم توزيعها بشكل رئيس في الدنمارك وهولندا وألمانيا.

الفصل الثامن

أشكال تضاريس المنحدرات

المنحدرات هي الأسطح التي تحدث فيها حركة المواد بشكل رئيسي تحت تأثير الجاذبية، وإن سطح الأرض بأكمله تقريباً عبارة عن مزيج من المنحدرات ذات الانحدار المتنوع. إذا استبعدنا الأسطح الأفقية والمنحدرة بلطف شديد القريبة منها ، سيتضح لنا بأن المنحدرات تشغل حوالي 90 ٪ من سطح الأرض.

مع هذا التوزيع والانتشار الواسع لأشكال المنحدرات التضاريسية، من الواضح أن حياة الإنسان وأنشطته العملية مرتبطة بالمنحدرات.

توجد العديد من الهياكل الهندسية والأراضي الزراعية المختلفة المنشأة على المنحدرات، في الوقت نفسه هناك عدد من العمليات الخارجية الخطرة التي تعمل على هذه المنحدرات ، تتمثل بـ : الانهيارات الأرضية، الانزلاقات، الانهيارات الجليدية، والجريان السطحي الذي يؤدي إلى تآكل التربة ، وما إلى ذلك.

تحدث تعرية المنحدرات فوق المنحدرات من خلال حركة المواد الفتاتية من الأشكال الأرضية الموجبة إلى السالبة، حيث تتراكم هذه المادة أو تنتقل بواسطة عوامل خارجية أخرى: كالأنهار والبحار والأنهار الجليدية والرياح، كما إن معظم المواد المنقولة هي نتاج التجوية.

عموماً، فإنه من الضروري الإطلاع ومعرفة المسببات والحقائق الأساسية، التي تعمل على إستقرار مظهر المنحدر **Profile Slope** أو على التسبب بتكوين الإنهيار. فهناك نوعان من القوى تعمل في المادة التي تشكل المنحدر، وهما يتمثلان بـ :

1 - المجموعة الأولى من القوى: تمثل مجموعة **إجهاد القص - Shear Stress**، التي تعمل على التسبب بنشوء حركة المواد الى أسفل المنحدر.

2 - المجموعة الثانية من القوى : تمثل مجموعة قوى المتانة - Shear Strength، التي تعمل بدورها على مقاومة الحركة الى أسفل المنحدر.

تتشكل المادة الفتاتية نتيجة التراكم على المنحدرات وعند قاعدتها، وتسمى بـ الكولوفيوم⁽¹⁾ - kolluvium (مشتقة من اللاتينية colluvio - وهي بمعنى: التراكم ، الكومة غير المنتظمة). جنباً إلى جنب مع نتاج التجوية، تتحرك أيضاً بعض المعادن المفيدة، بما في ذلك المعادن - الذهب، والقصدير وما إلى ذلك لتشكل المكثبات المنحدرة (placer) - (ينظر في ذلك الفصل 6) أو تجديد المكثبات الغرينية أو الساحلية البحرية. كما أنها تشير إلى المصادر المحتملة لمكثبات الغرين - الرواسب الأولية التي تتكشف على المنحدرات.

وبالتالي ، فإن دراسة المنحدرات لها أهمية خاصة من أجل البناء الآمن وتشغيل الهياكل الهندسية وفي استخدام الأراضي الزراعية (بسبب تآكل التربة) وفي البحث عن المعادن.

تتشكل المنحدرات تحت تأثير العديد من العمليات الخارجية ، والتي يتم تحديد مجموعها في كل مكان وفي وقت معين حسب الظروف المناخية، وكذلك بحسب أحدث الحركات التكتونية (التي تخلق الأشكال الرئيسية للتضاريس الأرضية ، وبالتالي عدم استواء سطحها وتشكل ظاهرة المنحدرات)، وكذلك أيضاً بحسب السمات المادية والهيكلية للركيزة الجيولوجية التي تتكون منها المنحدرات.

يحدد المناخ نوع ومعدل عمليات التجوية والتعرية ، أي نوع وكمية المادة الفتاتية المتكونة على مستجمعات المياه والمنحدرات، وعمليات حركتها على طول المنحدرات،

(1) الكولوفيوم بالمعنى الواسع - يشمل جميع رواسب المنحدرات الناشئة عن تراكم نواتج تدمير الصخور التي تم إزاحتها أسفل المنحدر وتشكيل أعمدة تستند إلى الجزء السفلي من المنحدرات. وبمعنى أضيق - تشمل فقط الانهيارات الأرضية الحصوية الخشنة وتراكمات الكاحل التي تشكلت عند سفح المنحدرات الشديدة ؛ في هذا المعنى فإنه يعارض الدوفيوم - deluvium.

كما أنها تعتمد على التركيب الجيولوجي - التركيب المادي للصخور وظهورها. وبالتالي ، فإن تكوين المنحدرات يحدث في تفاعل وثيق لجميع هذه العوامل التي تحدد عمليات تشكيل المنحدرات الرئيسية وأشكال التضاريس.

1.8. تصنيف المنحدرات

1.8.2. مورفولوجيا المنحدرات

تختلف المنحدرات في الشكل والتكوين والعمر، وتشمل مورفولوجيتها الانحدار والشكل والطول. وينقسم انحدار المنحدرات على النحو التالي:

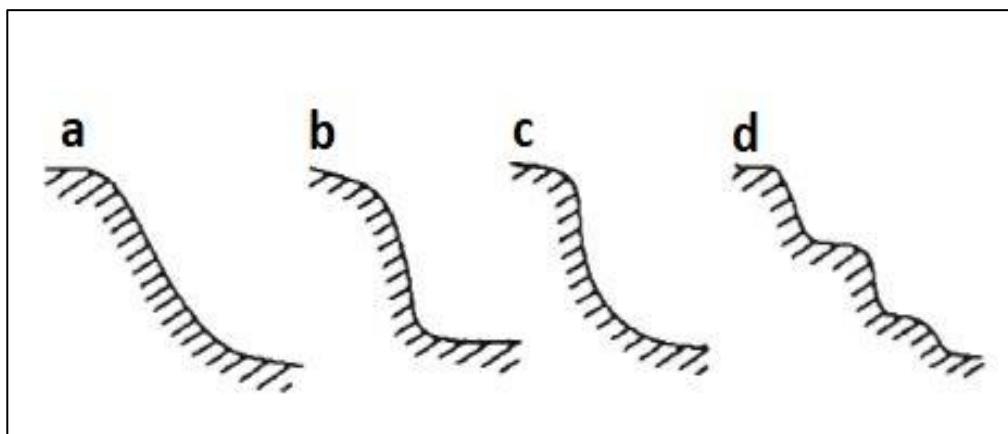
- 1 - حاد : أكثر من 35 درجة
- 2 - انحدار متوسط : 15 - 35 درجة
- 3 - لطيف : 5 - 15 درجة
- 4 - لطيف جدًا : 1 - 5 درجة
- 5 - قريب من الأفقي - أقل من 1 درجة وفقاً لـ (S. S. Voskresensky).

بشكل عام ، تسود المنحدرات اللطيفة والناعمة جدًا على سطح الأرض بنسبة تقدر بـ (حوالي 60%)، فيما تعد المنحدرات شديدة الانحدار ومتوسطة الانحدار من السمات المميزة للمناطق المرتفعة الممزقة بالتعرية الشديدة بشكل رئيس، على الرغم من أنها توجد أيضًا في السهول خاصة على طول ضفاف الأنهار والبحار. في الجيولوجيا الهندسية هناك مفهوم يعرف بـ زاوية الراحة - الإسترخاء أو الزاوية الحرجة للإسترخاء⁽¹⁾، وهذه هي الزاوية القصوى لميل المنحدر ، بحيث تكون الصخور

(1) زاوية الإسترخاء أو الزاوية الحرجة للإسترخاء للمادة الحبيبية هي أشد زاوية نزول أو تراجع بالنسبة للمستوى الأفقي الذي يمكن أن تتكدس فيه المادة دون التراجع أو الإنزلاق، في هذه الزاوية ويمكن أن تتراوح هذه الزاوية من 0° إلى 90 درجة.

المكونة له في حالة توازن ، أي إنها لا تنهار ولا تنزلق. بالنسبة للصخور ذات التكوين والحالة المختلفة (رطبة ، جافة ، إلخ) ، حيث إنها تكون مختلفة في موضوع إنزلاقها على المنحدرات، فبالنسبة للرواسب الجافة السائبة فهي تنزلق عند 35 - 43 درجة.

وفقًا للشكل (الشكل 8.1)، تكون المنحدرات بأشكال مختلفة منها : مستقيمة ، محدبة، مقعرة ، منحدرات ، متدرجة . يشير وجود المنحدرات المحدبة إلى نشاط عمليات التعرية خاصة عند الارتفاعات، فيما تُشير المنحدرات المقعرة إلى خمولها، اما المنحدرات المتدرجة فهي من المظاهر المميزة لكل من المناطق الجبلية والمسطحة.



الشكل (1.8) مخطط يبين الاشكال المختلفة للمنحدرات

حيث : a - الخط المستقيم b ; - المحدب c ; - المقعر d ; - المتدرج (السلمي)

يختلف أصل الخطوات التي تتسبب بتنوع المنحدرات، من عمليات تآكل - تعرية (على سبيل المثال ، المنحدرات المتدرجة لوديان الأنهار وسواحل البحر) ، وعمليات التعرية ، والعمليات التكتونية (خطوات او سلاسل الكتل التكتونية - steps of tectonic blocks).

ووفقاً لطول المنحدرات، يتم تقسيم المنحدرات بشكل مشروط على ما يلي : منحدرات طويلة (أكثر من 500 متر)، ومنحدرات متوسطة (500-50 مترًا) وقصيرة (أقل من 50 مترًا).

2.1.8. نشأة المنحدر :

معظم المنحدرات عبارة عن تضاريس متعددة الاصول، حيث يتم إعادة تشكيلها باستمرار. إذ يتم استبدال بعض العمليات - التعرية أو التراكمية - بأخرى بسبب تغير المناخ أو بسبب الحركات التكتونية. من بين العمليات المتضمنة لتكوين المنحدرات، هناك عمليات أولية لتشكيل المنحدرات وعمليات انحدار مناسبة ، والتي تحدد تحولها الإضافي وفقاً لـ (A. I. Spiridonov).

تتشكل المنحدرات الخارجية من خلال عمليات مختلفة متمثلة بعمليات التعرية التي ينتج عنها (منحدرات وديان الأنهار، الوديان، الأخاديد، المدرجات وغير ذلك) ، كذلك فانها تؤدي الى تشكيل المنحدرات الجليدية (كمنحدرات السيرك الجليدي ، الحلقات ، الأحواض ، الركاب ، التلال الجليدية وما إلى ذلك) ، والبحرية والبحيرية (كمنحدرات حواف التآكل ، التلال الساحلية وما إلى ذلك) ، اما تلك ذات الاصل الريحي فهي متمثلة بـ (منحدرات الحواجز الرملية ، الخانات ، الأحواض انفجارية وما إلى ذلك) ، وما ينتج من منحدرات في بيئة التربة الصقيعية (كمنحدرات القمع الكارستية الحرارية، التراكمات المائية وما إلى ذلك) ، وعمليات التعرية الجوفية التي ينتج عنها (منحدرات الكهوف الكارستية ، الممرات وما إلى ذلك). كما تشارك الكائنات الحية في ذلك لتنتج (منحدرات الهياكل المرجانية) والبشر لهم مشاركة اوسع وخطر في تكوين وإنشاء المنحدرات (كمنحدرات أكوام المناجم والمحاجر والسدود وما إلى ذلك).

تم خلق وإنشاء معظم المنحدرات من خلال عمليات التعرية (التعرية ، التآكل ، النحت، إلخ) ، بينما تم إنشاء الجزء السفلي من خلال العمليات التراكمية - الإرسابية

(على سبيل المثال ، منحدرات تلال الركام ، والمنحدرات تحت الماء في دلتا الأنهار ، وأجسام الانهيارات الأرضية).

إن المنحدرات الأولية من أي نشأة في شكلها النقي غير موجودة عمليا، حيث يتم تحويلها على الفور من خلال عمليات ثانوية لحركة المواد الفتاتية تحت تأثير الجاذبية. ووفقاً لطبيعة حركة المواد الركامية - الفتاتية **clastic** ، تتميز المنحدرات:

- الجاذبية المناسبة التي تتسبب بـ (الانهيار والانهدام ، ركام الحصى أو الركام الصخري - **Scree**، الإنزلاقات الأرضية وتدفق التربة - **landslides**) ؛

- تدفق أو إنزلاق التربة المتشعبة بالمياه - المنتفخة (**Solifluction**) هي تدفق التربة أو زلق التربة أو الزحف التدريجي للتربة، هي أسماء جماعية لحركة تدريجية بطيئة لتربة رطبة فوق طبقة متجمدة تمنع تسرب المياه. وبمعنى آخر هو عبارة عن حركة انسياب بطيئة للتربة وبعض مفتتات الصخور المشبعة بالمياه الناتجة عن ذوبان الثلوج، لذلك فهي لا تحدث إلا في المناطق الجليدية وشبه الجليدية.

- التدفق المستوي (تمدد - **diluvial**) ، وفقاً لـ (**S.S.Voskresensky & A.I. Spridonov**).

بالإضافة إلى ذلك، فهناك منحدرات بنوع معقد من حركة المواد، أي انها تكون ناتجة عن التأثير المشترك لعدة عمليات، وبالتالي فإن الجاذبية هي العامل الرئيس الذي يحول باستمرار المنحدرات الأولية (أو الابتدائية) لتشكل أنواعاً جديدة منها. كذلك، فمن المرجح أن مصطلح (**DSGSDs**) الذي يعني تشوه منحدرات الجاذبية العميقة - **deep-seated gravitational slope deformations** "يستخدم لأول مرة من قبل (Malgot - 1977) لوصف حالة إنزلاق وانتشار المواد الصخرية بتأثير الجاذبية على نطاق واسع للصخور الهشة والبركانية الجديدة التي تغطي صخور

عصور الباليوجين - Palaeogene و النيوجين - Neogene ، في جبال الكاربات الغربية في سلوفاكيا، كما يوضحه الشكل (2.8) .

عموماً، على جميع المنحدرات يوجد جزئين احدهما تعروي (التعرية) ، وهو الجزء الأكثر انحداراً والذي تتم إزالة المواد منه بواسطة عمليات التعرية المختلفة. فيما يوجد جزء تراكمي (إرسابي) مسطح حيث تكثر عمليات التراكم .

3.1.8. تحديد عمر المنحدرات وبداية تكوينها :

دائماً ما يكون للمنحدرات أساس التعرية - السطح الذي ترتكز عليه والذي يتم نقل وتجميع المواد الفتاتية المتحركة او المنحدرة فوقه من الجزء العلوي للمنحدرات. هذه القواعد هي حواف الأنهار والبحيرات والبحار وسطح السهول الفيضية والمدرجات (النهر، البحيرة والبحر) وقاع السيرك والثلاجات الجليدية وسطح الأنهار الجليدية. وعادةً ما يتوافق عمر منحدرات التعرية مع عمر السطح الذي تستقر عليه، لذلك ، على سبيل المثال ، إذا كان عمر الشرفة - المصطبة التي يقع عليها منحدر وادي النهر هو العصر الجليدي الأوسط ، فسيكون عمر هذا المنحدر هو نفسه أيضاً.

ينتج هذا عن حقيقة أن منحدر القطع الناجم عن التعرية وسطح المصطبة المرتبط به، هما أشكال تشكلت خلال دورة تآكل (تعرية) - تراكم (ترسيب) واحدة (انظر الفصل 6). ومع ذلك ، لا يتم اتباع هذا المبدأ دائماً في كل الحالات، فهناك حالات تم فيها قطع أساس التعرية التي شكلت المنحدر ، وبدأ المنحدر في الاستلقاء على سطح أقل عمراً وبالتالي أكثر شباباً. في هذه الحالة ، يكون الجزء العلوي من المنحدر أقدم والجزء السفلي أصغر ، على الرغم من أن الحدود بينهما ليست واضحة دائماً.

إن المنحدرات المستندة على الأسطح القديمة - البليوسين ، الميوسين ... إلخ ، لها عمر وبنية تركيبية جيولوجية هو أكثر تعقيداً. من ناحية ، فيمكن اعتبار العصر الجليدي أو الميوسيني على التوالي ، بداية تكوينهما ، ومن ناحية أخرى ولفترة طويلة

حتى الوقت الحاضر ، فإنهما يستمران في التحول ، والتقطيع ، والتسطيح ، والتراجع ، وما إلى ذلك. يجب تحديد عمرهم ، بالمعنى الدقيق للكلمة ، على أنه بليوسين-هولوسين **Pliocene-Holocene** ($N_2 - Q_4$) ، أو ميوسين-هولوسين **Miocene** ($N_1 - Q_4$) -Holocene .

يتوافق عمر منحدرات التضاريس الإرسابية - التراكمية إلى حد كبير مع عمر الرواسب التي تتكون منها هذه الأشكال، فعلى سبيل المثال ، فمنحدرات تلال الركام هي من نفس عمر الرسوبيات الجليدية (المورينات) التي تتكون منها.



الشكل (2.8) أمثلة على أنماط $DSGSD_s$ التي تحدث بشكل متكرر في أنواع مختلفة من أشكال التضاريس الأرضية

حيث إن: A - حافة - المنحدر العلوي الذي يؤثر على الجرانوديوريت في جبل (Salatín - سلوفاكيا)

B ؛ - حوض جاذبية غاطس غير متماثل (تظهر إزاحة التلال إلى اليسار) التي تؤثر على الجزء SE من (سلسلة جبال Salatín ، سلوفاكيا)، الحالات A و B هي أمثلة على DSGSDs الواقعة في الجبال التي تعرضت للعمل الجيومورفولوجي الجليدي بشدة خلال العصر الجليدي المتأخر (الإنحلال النهائي كان قبل حوالي 11 ألف سنة من الآن)

C ؛ - سلسلة من التلال المزدوجة يبلغ طولها ما يقرب من 3 كم على تضاريس غير جليدية (جبل باريفاتسو ، شمال ألبانيا ، إيطاليا)

D ؛ - سلسلة من المنحدرات التي تتجه صعودًا في ممر جيليت (آلاسكا ، الولايات المتحدة الأمريكية) أنتجها زلزال دينالي فولت عام 2002 (الصورة: هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية - صورة بيتر هايسلر)

E ؛ - نشأة خندق - Trench في الجزء العلوي من DSGSD داخل الحجر الجيري الجوراسي - الكارستي في جبال القرم (روسيا الاتحادية)

F ؛ - انتشار جانبي على مستوى الجبال للحجر الجيري الترياسي المدفوع فوق صدع معكوس، من العصر الطباشيري المبكر والطفل الصفائحي (السجيل الزيتي - shales) (يظهر في التضاريس غير الجليدية في جبل روزوتيك في سلوفاكيا)

G ؛ - الانهيار الأرضي عميق الجذور - قصير المدى، في المنحدر الجنوبي الشرقي لجبل بيتروش نشأ داخل تكوينات الدهر الوسيط - Mesozoic (الكاربات الشرقية ، أوكرانيا)

H ؛ - مثال من خارج الأرض عن DSGSD، مرئيات Google Earth للحوض الصدعي (graben) على جبل (Geryos) في المريخ .

2.8. أصل أنواع المنحدرات المحولة وتضاريسها

1.2.8. أصل وأنواع منحدرات الجاذبية :

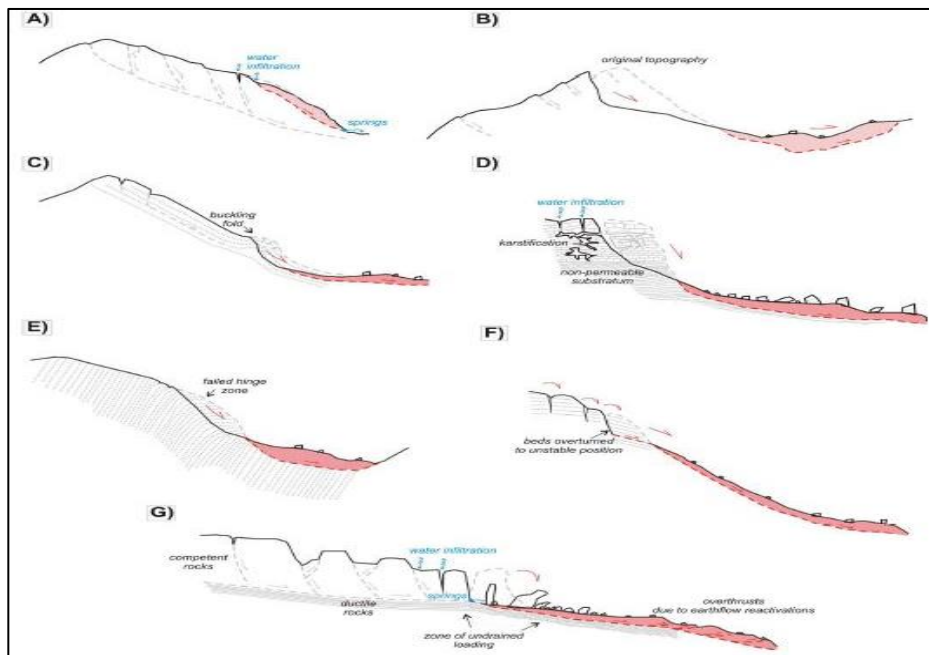
تشمل أنواع الانهيارات الأرضية، الركام الصخري أو ركام الحصى - **Scree**، التساقط الصخري - **Rock Full** والانهيارات الجليدية . إن من أبرز شروط نشأة وتطور هذه الأشكال الأرضية والعمليات المسببة لها هي وجود درجة إنحدار كبيرة للمنحدر (أكثر من 35 وحتى 43 درجة) ، حيث إن زيادة الجاذبية تؤثر على قوى التماسك في كتلة الصخور والتسبب بإزاحتها أسفل المنحدر، كما في الشكل (8.3) . تحدث هذه العملية الأخيرة نتيجة لعمليات التجوية وتفكك الصخور، أو نتيجة للرطوبة الزائدة والتغيرات في خصائص قوتها ، أو حتى كنتيجة لزيادة انحدار المنحدر (قطع المنحدرات بمجاري الأنهار ، البحر ، القنوات ، إنشاء الطرق وما إلى ذلك) ، أو نتيجة الاهتزازات الزلزالية والاهتزازات التكنولوجية (**Technogenic vibration**).

1.1.2.8. منحدرات ركام الصخور أو ركام الكاحل (Scree slopes) :

عند مقارنة تساقط الصخور (أو إنهيار وإزاحة شظايا الصخور أو الحصى) ، تتشكل شظايا صغيرة جدًا أثناء التجوية وغالبًا ما تكون نتيجة للتجوية الفيزيائية ، فيؤدي ذلك إلى أن تتدحرج هذه الشظايا الصخرية والحصى إلى أسفل، ومن ثم تتراكم عند قاعدة المنحدر. هذه هي الطريقة التي تتشكل بها النتوءات على شكل مخاريط شديدة الانحدار (الشكل 2.8) ، وغالبًا ما تندمج هذه الركامات الصخرية في أعمدة واسعة عند قاعدة المنحدرات التعرّوية لوديان الأنهار.

عموماً فإن مخاريط الفتات الصخري **Scree Cones** عبارة عن مادة متفرقة بأحجام مختلفة تتراكم عند سفح منحدر شديد الانحدار ، بما في ذلك المنحدرات أو الجدران الصخرية أو الأقماع البركانية أو منحدرات الوادي شديدة الانحدار، حيث يتم

ترسيب المواد الصخرية الفتاتية المختلفة والتي تتعرض لعوامل التجوية المختلفة (الفيزيائية والكيميائية) أو التآكل.



الشكل (3.8) الأنماط المحتملة للفشل الكارثي في منحدرات التجلس الجذبي العميقة
DSGSDs وفقاً لـ (Pánek & Klimeš, 2016)

حيث إن : A - يوضح نشأت الانهيارات الأرضية بسبب الضعف التدريجي لتعديل الطبقة الصخرية للتضاريس (نتيجة الانحدار ووجود الجريان السطحي للخنادق) في الجزء السفلي من DSGSDs

B - إنهيارات صخرية واسعة النطاق مهياة لوجود صدوع متعددة;
C - الانزلاقات الصخرية والانهيارات بسبب تجاوز المنحدرات وتطور شقوق الشد فيما يتعلق بنمو ثنيات التواء.

D - انهيار DSGSDs المرتبطة بالكتل الصخرية نتيجة العمليات الكارستية لفترات طويلة.
E - قد يؤدي الانقلاب الانكساري إلى نشأة منطقة مفصلة محددة بواسطة سطح الانزلاق عند أقصى انحناء للطبقات. في مثل هذه الظروف ، قد تحدث الإنزلاقات الأرضية الدورانية التي تتحول في النهاية إلى انهيار كارثي في المنحدرات الصخرية

F ؛ - يؤدي إسقاط الكتل إلى إنهيار المنحدر عن طريق قلب الانقطاعات إلى وضع غير مستقر

G ؛ - قد يؤدي الانتشار الجانبي للصخور التي تعلو التكوينات الطينية إلى تدفقات متكررة، بسبب انهيار الألواح الصخرية الصلبة والحمل غير المصقول داخل المواد الهشة.

تؤدي هذه العمليات إلى تكوين مخاريط الحصى - **Cones Scree** (مادة صغيرة الحجم) ورواسب رخوة ⁽¹⁾ (مادة فتاتية كبيرة غالباً على شكل كتل) في أسفل المنحدر. عادة ما يتم فرز المخاريط **Scree** في الجزء العلوي ، حيث يتم تشكيلها من مواد أصغر، وفي الجزء السفلي فإنها تتشكل من مواد clastic أكبر (الشكلين 4.8، 5.8).



الشكل (4.8) مخروط Scree (مخروط فتات صخري) مع فرز واضح للمواد الفتاتية (clastic) الفتات في الجزء القمي - صغيرة الحجم ، في الجزء المحيطي والسفلي - كبيرة الحجم

(1) الرواسب الرخوة - Colluvium : هو اسم عام للرواسب الرخوة غير المجمعة التي ترسبت عند قاعدة سفوح التلال إما عن طريق غسل المطر أو غسل الصفيحة أو زحف الهبوط البطيء المستمر أو مجموعة متغيرة من هذه العمليات. تتكون هذه الرواسب عادة من مجموعة غير متجانسة من أنواع الصخور والرواسب تتراوح بين الطمي إلى شظايا الصخور بأحجام مختلفة.



الشكل (5.8) صورة لمخروط صخري Scree Cone عند سفح جبل في حديقة ماونت كوك الوطنية في نيوزيلندا

مواد الركام الصخري أو رواسب الكاحل ، أو رواسب التشتت (من الكلمة اللاتينية: **Chezregro** بمعنى الإنهيار) ، فهي عادة لا تكون مستديرة، كما لوحظ وجود شظايا مستديرة في الركام الصخري، في بعض الحالات عندما تنهار المادة المستديرة في البداية من الحصى ومكونات المكثلات الصخرية - المدملكات الصخرية (Conglomerates).

تحدد صخرية صخور الركام الصخري هذا (Lithology of the Rocks) شكل شظايا الصخور (نوع الشكل الزاوي الحاد أو غير ذلك) وبالتالي حتى حجم شظايا الركام والكتل. كما يوجد هناك أيضاً ركام رملي تم تطويره عند نتوءات الرواسب الغرينية ، النهرية ، الريحية والبحرية.

في مخروط الركام الصخري أو ركام الحصى، يكون فرز المواد حسب الحجم مرئياً بوضوح، حيث تتدرج الشظايا الأكبر إلى أسفل أكثر وتشكل الجزء السفلي - المحيطي من المخروط ، بينما تبقى الشظايا الأصغر في الجزء القمي منه.

في الجزء العلوي من هذه المنحدرات، عادة ما يتدرج الحطام إلى أسفل الأحواض والأخاديد المحصورة في الأجزاء والاقسام المكسورة من المنحدرات، كذلك ففي الجزء العلوي من القنوات المتفرعة يكتسب الركام صفة التشجر (الشكل الشبيه بالشجرة).

غالبًا ما تقتصر حركات او عمليات إزاحة الركام الصخري - الحصوي على طول الصدوع - الفوالق (Faults) ، وهي الحركات التي تتسبب بشكل دوري في تنشيط الركام الصخري وبالتالي حركته الإزاحية. يتم تطوير أعمدة من الركام الصخري تكون سميكة بشكل خاص (حيث تصل إلى نحو 20 - 30 مترًا) في المرتفعات على منحدرات الأحواض ووديان الأنهار ، أي على منحدرات التعرية الأولية و منحدرات التعرية.

في كثير من الأحيان يتم تشبع المادة الركامية الصخرية clastic من الحصى والشظايا الصخرية بالماء بسبب ذوبان الثلوج والمطر وتبدأ في التحرك بشكل حركة تدفقية ، وتشكيل تيارات حجرية تحتل قاع الوديان المنحدرة بشدة الانجراف في الروافد العليا (الشكل 6.8).

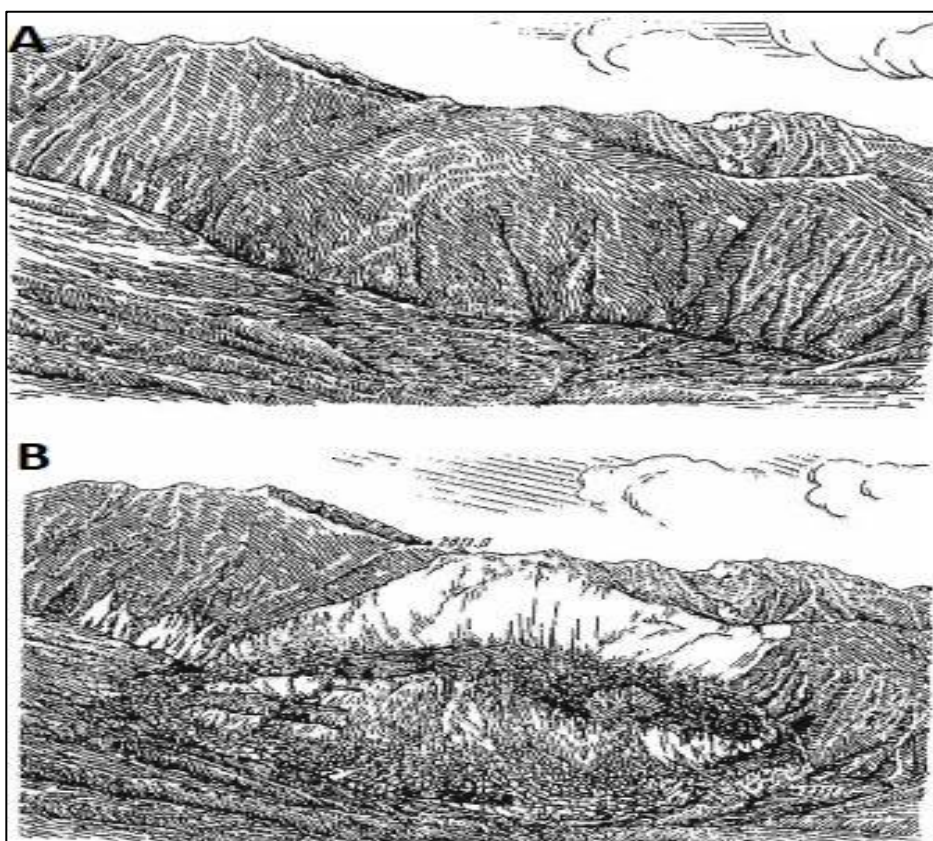


الشكل (6.8) صورة فضائية تُظهر : (1) الركامات الصخرية المشبعة بالمياه متخذة الشكل الشجري; (2) ممرات توريد الشظايا الصخرية لتيارات ركامات الصخور المتعرضة للإزاحة نحو الأسفل

الركام الصخري الحديث المتحرك بالإزاحة، فضلاً عن الركام الصخري القديم، ستعلوه الكثير من غبار التربة الناعمة التي تم غسلها أثناء هطول الأمطار أو ذوبان الجليد ، وسيصبح هذا الركام غير متحرك، ويكسو الأرض جزئياً ، ويصبح سطح الأقماع مسطحاً.

2.1.2.8. تكوينات الإنزلاقات الصخرية – landslide formations :

تحدث الإنزلاقات الأرضية عند انهيارات كميات كبيرة (كتل) من الصخور الصلبة، حيث يتم سحق الأخير أثناء الانهيار، في حين أن هيكل الصخر ولمسه يتعرضان للاضطراب ، وغالباً ما تتحول الصخور إلى كتلة متكسرة. تسمى تشكيلات الإنزلاقات الأرضية بتكوينات الاضطرابات (وهي مشتقة من اللاتينية **deruere** بمعنى السقوط). في الجبال غالباً ما ترتبط الإنزلاقات الصخرية بمناطق الصدوع النشطة والزلازل، فالإنهيارات الزلزالية التي تسببها القوى الداخلية الأرضية – **Tectonic** تكون كارثية بشكل خاص. ففي حالة الزلازل ، يحدث الإنهيار الفوري للكتل الصخرية أو الكتل الجبلية بأكملها (الشكل 7.8)، وغالباً ما تتحرك كتل الإنزلاقات –الإنهيارات الأرضية من المنحدرات إلى أسفل الوديان أو المنخفضات.

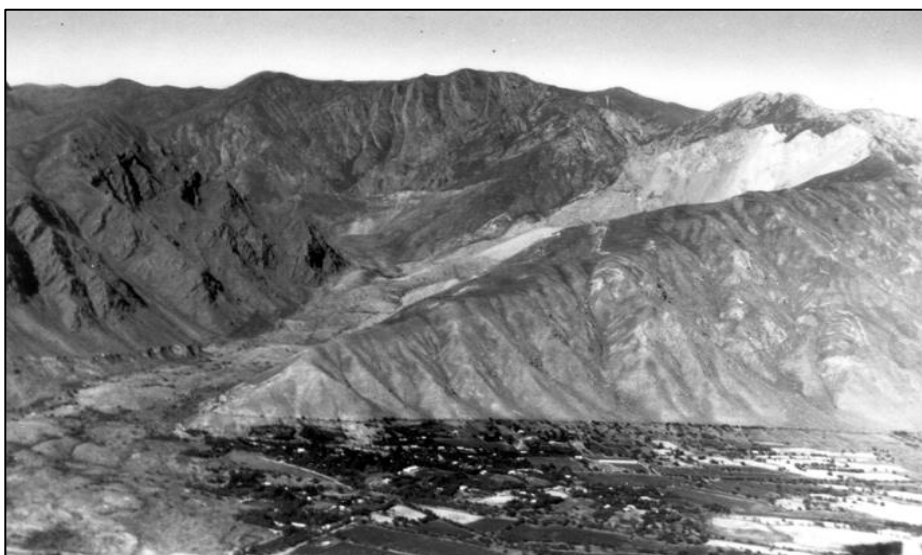


الشكل (7.8) تغيير التضاريس الأرضية اللحظية أثناء حدوث زلزال قوي (Gobi Altai) وفقاً لـ G.F. Ufimtsev :

A- التضاريس الأرضية قبل الإنهيار B ؛ - كتلة الانهيار الأرضي

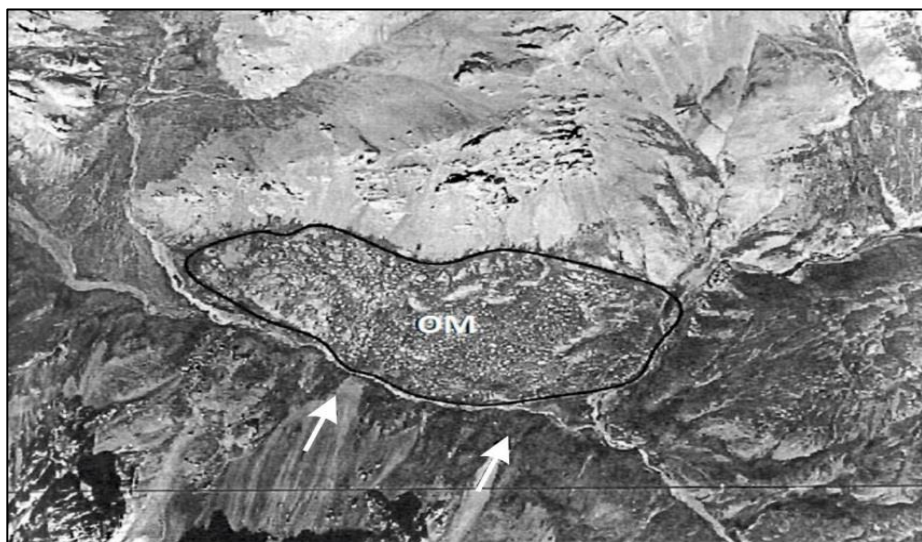
ومن الأمثلة على ذلك الإنزلاق الأرضي الضخم الذي حدث في عام 1947 نتيجة لزلزال قوي في الروافد العليا لوادي نهر **خيٲ** (خويٲ)⁽¹⁾ - **Khait or Hoit** landslide في جنوب تيان شان في طاجيكستان التي كانت جزءاً من جمهوريات الإتحاد السوفييتي آنذاك، الشكل (8.8). حيث ملأت كتلة الإنزلاق الأرضي الوادي لعدة كيلومترات ودفنت القرية التي تحمل الاسم نفسه مع سكانها.

(1) "خيٲ" هو تحويل صوتي من الروسية Хаит : ؛ التهجئة المحلية الحديثة Хоит : Hoit : من الطاجيكية .



الشكل (8.8) منظر لإنزلاق وادي نهر خيط يظهر الندبة على جبل شكارك والانهييار الأرضي الذي اجتاحت قرية خيط جنوب تيان شان في طاجيكستان

إن شكل تضاريس كتل الإنزلاقات الأرضية غير متساوٍ أو متعرج أو مرتفع و كما يوضحها (الشكل 9.8).



الشكل (9.8) كتلة الإنزلاق الأرضي في (OM) أحد الوديان (وسط تيان شان) (صورة جوية)، تظهر الأسهم البيضاء المنحدر الذي حدث منه الإنهييار

كما تمتلئ الفجوات بين التلال أحياناً بالماء، نظراً لأن بعض الكتل الأرضية الكبيرة المنزلقة تغير شكل الوديان، أو قد تغلق وادي النهر تماماً ، مما يؤدي إلى تكوين بحيرات ضخمة. لذلك ، ففي عام 1911 في وادي نهر مرغاب⁽¹⁾ في بامير ، تسببت كتلة أرضية إنزلاقية نتجت عن حركة زلزالية، بلغت كتلتها نحو 76 مليار طن (3 كم³) في تكوين بحيرة ساريز الكبيرة (يُنظر في ذلك الفصل 6)، والتي لا تزال موجودة حتى اليوم. في العديد من المناطق الجبلية تكون كتل الصخور ذات الأحجام الكبيرة معروفة على نطاقٍ واسع .

في شبه جزيرة القرم ، تشمل الانهيارات الزلزالية كتلاً من الإنزلاقات الأرضية على منحدرات جبل جنوب دميردجي (Демерджи – Demerdzhi) ، والتي تشكلت نتيجة للزلازل المتكررة بقوة 6 - 8 وصولاً إلى 10 نقاط التي حدثت في القرنين التاسع عشر والعشرين. العديد من الإنزلاقات الأرضية التي حدثت عند سفح المنحدر الجنوبي من أول اقدم سلسلة جبال القرم هي مرتبطة بالزلازل. هنا ، الجدار شبه الكامل للجبال هو منطقة الانهيار الأرضي. عموماً يوجد نظامان من الشقوق (cracks) موازيان وعموديان على مضرب (strike) الحافة الجبلية يسهلان تكسير الكتل وانهيارها، ومن بين هذه الإنزلاقات تبرز الأجيال القديمة والشابة لهذه المرتفعات.

ترتبط الإنزلاقات الأرضية الصدعية - Fault landslides وفقاً لـ (V. P. G.F. Ufimtsev ، Solonenko وآخرون) بالحركات على طول الصدوع، وهي تحدث على طول المنحدرات التكتونية شديدة الانحدار من المناطق المعرضة لعمليات الرفع الأرضي ، العمل الجيومورفولوجي لوديان الأنهار ، وشواطئ البحر والبحيرات

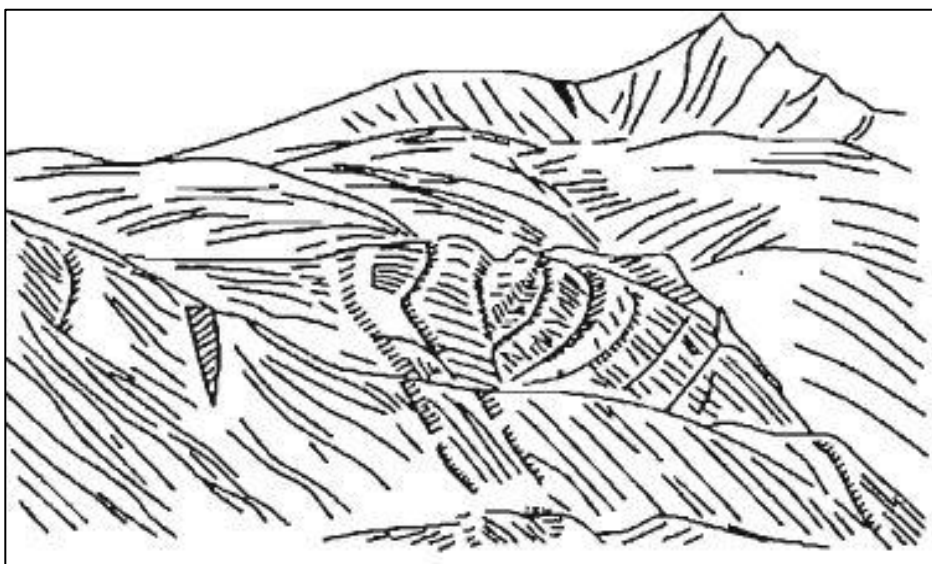
(1) مرغاب أو مرغاب (نهر مرغاب) الفارسي / البشتو: مرغاب ، مراقب: اسم نهر بمرور الشاهجان، طوله 850 كم. ينبع في شمال غرب أفغانستان ثم يتجه إلى الشمال الغربي ويصب في صحراء قره قوم في تركمانستان. كان يشكل الحدود الغربية للدولة الفارسية الساسانية، وتقع بعده بلاد الترك، كما ان أول من عبره من المسلمين كان قتيبة بن مسلم الباهلي.

خاصة في ظل ظروف الامتداد. يحدث الإنزلاق على طول التمزقات والخنادق التكتونية، وتتوسع تحت تأثير العمليات الخارجية (الشكل 10.8). في هذه الحالات ، تتزامن جدران الإنزلاقات الأرضية مع مستويات الصدع (fault planes) التي هي السطح المستوي (المسطح) الذي يحدث على طوله الإنزلاق الأرضي أثناء الزلزال .

كما يوجد نوع خاص من التكوينات الجذبية – **gravitational formations** هي وديان الأنهار، ان جزء نهر Delbichindas الواقع في الجزء الشمالي من سلسلة جبال بايكال (وفقاً لـ (G.F Ufimtsev) قد تم تحديده بشكل تكتوني ، والأوليستستروم – **olistostromes**⁽¹⁾ هي الانهيارات الأرضية التي تشكلت أثناء انهيار الأجزاء العلوية شديدة الانحدار من المنحدرات ، والتي تمثل "أقنعة" السلاسل الجبلية .

تقع هذه الكتل الممزقة عند قاعدة المنحدرات الشديدة للتلال وفوق المنخفضات المجاورة، عادة ما تكون منافذ انزلاقاتها محصورة في الصدوع التي تمتد على طول المنحدرات وفقاً لضربة الجبال. تتكون الكتل الصخرية الضخمة المنزلقة نفسها من مواد مجزأة بشكل مكثف (وصولاً إلى حالة الأرض الدقيقة) ، وقد تم إزاحتها نتيجة التأثير والاضطراب التكتوني الزلزالي غالباً من ارتفاعات كبيرة على مسافة عدة كيلومترات. مثال على ذلك هو الإنزلاقات الأرضية العملاقة التي نشأت عند سفح نطاقات سلاسل جبال تيان شان – **Tien Shan** و بامير – **Pamir** ، كما موضح في (الشكل 11.8). وهذه الظاهرة معروفة في العديد من الأنظمة الجبلية الأخرى: في جبال الألب، في القوقاز ، في كورديليرا ، وجبال الأنديز وغيرها .

(1) أوليستوستروم هي رواسب رسوبية مكونة من كتلة فوضوية من مواد غير متجانسة ، مثل الكتل الصخرية والطين ، والمعروفة باسم أوليستوستيروم ، والتي تتراكم كجسم شبه سائل بواسطة الإنزلاق الأرضي الناتج عن الجاذبية أو هبوط الرواسب غير المجمعة.



الشكل (10.8) المرحلة الأولية لانهيار وإنزلاق الصدع: الخنادق والحواف التي تقطع الجزء العلوي من المنحدر. الضفة اليسرى لوادي نهر Delbichinda - р. Дельбичинды في الجزء الشمالي من سلسلة جبال بايكال (وفقًا لـ (G.F. Ufimtsev)

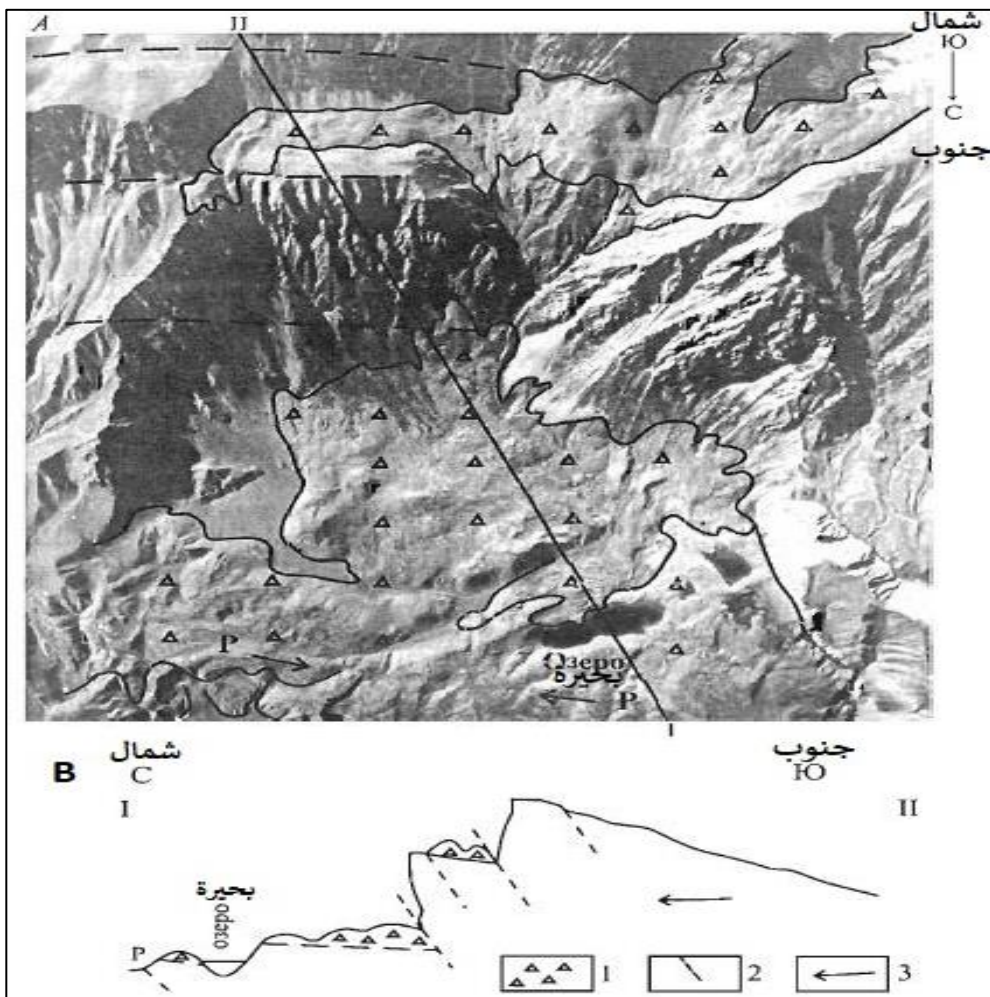
3.1.2.8. منحدرات الانهيار الجليدي :

الانهيارات الثلجية هي الانهيار المفاجئ والحركة السريعة للكتل الثلجية على المنحدرات الجبلية. ان السبب الرئيس في حدوثها يرجع لتراكم كتل كبيرة من الثلج عند درجة حرارة حوالي 0 درجة مئوية ورطوبة عالية وانحدار كبير ناتج عن التعرية أو المنحدرات. لكن الانهيارات الجليدية تنتج أيضًا عن الزلازل وبشكل مصطنع عن طريق تفجير المنحدرات.

وفقًا لتصنيف G.K. Tushinsky و S.S. Voskresensky ، تنقسم الانهيارات الثلجية إلى :

- 1 - قزمية - بحجم 10-50 متر مكعب ؛ 2 - متوسطة - بحجم 500-700 ألف متر مكعب ؛ 3 - عملاقة - بحجم يزيد عن مليون متر مكعب.

ووفقاً لطبيعة حركة الكتل الثلجية ، فهي تختلف: الإنهيارات الجليدية السريعة التي تنزلق على منحدرات شديدة الانحدار ، وتتحرك على طول منحدر مسطح غير مقسم، بحيث تتدفق ، وتتحرك على طول التجاويف، وتقفز من الحواف الشفافة، كما تتراوح سرعة الانهيار الجليدي من 10 - 20 وصولاً إلى 80 - 100 م / ث.



الشكل (11.8) إنزلاق كتلة أرضية كبيرة عند سفح أحد جبال وسط تيان شان ، وهي عبارة

عن أوليستوستروم رباعي - Quaternary olistostromes

حيث إن : A - صورة جوية ، B - مقطع تخطيطي ؛ 1 - الإنزلاقات الأرضية ؛

2 - الانقطاعات (الصدوع العكسية - reverse faults) ؛ 3 - اتجاه الضغط

اما من حيث التكوين فتتميز هذه الانهيارات الثلجية ، التي تتكون من ثلوج جافة وألواح ثلجية ، ورطوبة ، مشبعة بالمياه المنبعثة أثناء ذوبان الثلج أو التساقط المطري، على غرار التدفقات الطينية. جنبا إلى جنب مع الثلج يتم نقل كمية كبيرة من الحطام وكتل الصخور التي تم التقاطها بواسطة الانهيار الجليدي.

في فصل الشتاء ، تشكل الانهيارات الجليدية الخطر الطبيعي الرئيسي في الجبال، ففي بعض الأحيان يكون للانهارات الثلجية عواقب وخيمة. لذلك، في فبراير 1999 أدى انهيار جليدي وزنه 170 ألف طن إلى تدمير قرية جالتور في النمسا بشكل كامل ، مما تسبب في مقتل 30 شخصا. بعض السنوات تكون كثيفة بشكل خاص بالانهيارات الجليدية عندما تنهار في أماكن كثيرة، فعلى سبيل المثال تم تسمية موسم شتاء عام 1950-1951 بـ شتاء الإرهاب.

في التضاريس الجبلية، تتميز هذه المنحدرات بوجود نطاقات ضيقة شديدة الانحدار ومصقولة تتحرك على طولها الانهيارات الجليدية. فهي خالية من الغطاء النباتي، وتشكل جسوراً صخرية، أسوار تتكون من شظايا صخرية أو حفر تشكلت عندما ضربت كتل الانهيار الجليدي قاع الوديان وعادة ما تكون مليئة بالمياه بحيث يتم تطويرها جيومورفولوجياً في قاعها.

في أجزاء المصببات أو الفم من المجاري التي تتفتح على قاع الوديان، تتشكل مراوح غرينية مشابهة لتكوينات الكاحل أو تكوينات الركام الصخري، فهي تتكون من مواد غير مفرزة غالباً مع جذوع الأشجار وبقايا النباتات الأخرى. فيما تعتبر منحدرات الانهيار الجليدي من سمات جميع الهياكل الجبلية. في روسيا ، تحتل المناطق المعرضة للانهارات الثلجية نحو 18٪ من أراضيها، وتقع معظمها في القوقاز ، في خيبيني ، سايان ، ألتاي وجبال أخرى.

إن منحدرات الانزلاق الأرضي أو منحدرات نزوح الكتل، تتشكل على المنحدرات التي يزيد انحدارها عن 15 درجة، وغالباً ما تحدث الإنزلاقات الأرضية للكتل الصخرية بحجم عشرات ومئات الأمتار المكعبة نتيجة لترطيبها الشديد الناتج عن اسباب شتى.

كما تسمى تشكيلات الإنزلاقات الأرضية بـ **Delapsy** (من اللاتينية **delabi** بمعنى: الإنزلاق). وتتشكل الإنزلاقات الأرضية في كل من الجبال والسهول وغالبًا في مواقع المدن والبلدات والمنشآت الصناعية والاتصالات ، مما يتسبب في حدوث أضرار جسيمة لها ، او قد يتسبب في حدوث دمار شامل لتلك المنشآت .

4.1.2.8. الظروف المؤثرة في تكوين الإنزلاقات الأرضية

يعتمد تكوين الإنزلاقات الأرضية على الشروط والظروف المتمثلة بالتالي: الهيكل الصخري ، الوضع الهيدروجيولوجي ، الوضع الجيومورفولوجي او ظروف من صنع الإنسان.

تشمل الظروف الصخرية الهيكلية التركيب المادي للصخور التي يتكون منها المنحدر، درجة التجوية ، القوة او الصلابة، اللدونة ، طبيعة الطبقات والظهور او التكتشف الصخري.... إلخ.

كما يحدث الانزلاق على المنحدرات المكونة من صخور متجانسة وغير متجانسة ، مترابطة بشكل مختلف ، فضفاضة ، لدنة أو قوية ، وفي الغالب فإنها ترجع إلى العصر الوسيط (**Meso-Cenozoic age**) ، ونادرًا ما تحدث الانزلاقات الأرضية في صخور الباليوزويك. كما إن الظروف المواتية بشكل خاص للانزلاقات الأرضية هي وجود الطين أو الطمي بين الصخور التي تشكل المنحدر ، وكذلك منحدر(سقوط) الطبقات أسفل المنحدر، كما تساهم الانقطاعات والتشققات والتفتت في طبقات الصخور بتطور عملية الزحف والإنزلاق .

يلعب أيضًا دور إنحدار المنحدرات ، الذي يتم تحديده غالبًا بواسطة البنية التكتونية الحديثة، بطبيعة الحال، على المنحدرات الشديدة التي يحدث فيها الانزلاق بشكل متكرر.

تحدث العديد من الانزلاقات الأرضية خاصة في الجبال ، بسبب الزلازل التي يطلق عليها بـ الإنزلاقات الأرضية الزلزالية.

5.1.2.8. الظروف الهيدروجيولوجية

يرتبط الانزلاق دائماً بالفيضانات الذي يحدث على الصخور التي تشكل المنحدر، أو بارتفاع مستويات المياه الجوفية أو الجوية (زيادة الأمطار ، المياه الذائبة ، المياه الجوفية). فتؤدي عملية الترطيب المفرط للصخور خاصة في السنوات المائية ذات الرطوبة العالية، إلى تغيير خصائصها (يقلل من القوة ويزيد من اللدونة)، كما يؤدي إلى إحداث وزن كبير للكتل الصخرية بسبب تشبعها بالمياه.

إن الجمع بين زيادة ترطيب الصخور الذي يسهل بدوره تكسيرها وتفتيتها مع ظروف أخرى ، خاصة مع وجود طبقة المياه الجوفية المرتفعة ، سيتسبب بالإنزلاق الأرضي. ويمكن تلخيص أبرز الأسباب المساهمة في حدوث الإنهيارات والإنزلاقات الأرضية (وفقاً لـ باسل إحسان القشطيني و ندى شاكر جودت، 2013) في التالي :

- 1 - أمطار غزيرة / تربة مشبعة + إهتزاز أرضي مختلف المصادر.
- 2 - أمطار غزيرة / تربة مشبعة + تجويف.
- 3 - أمطار غزيرة / تربة مشبعة + إزالة الغطاء النباتي الطبيعي خاصة.
- 4 - ارتفاع مناسيب المياه (في الروافد والسواقي والمجاري النهرية) .

6.1.2.8. الظروف الجيومورفولوجية

غالبًا ما تحدث الإنزلاقات الأرضية على المنحدرات الساحلية أو ضفاف وديان الأنهار والبحيرات والبحار نتيجة تآكل (تعرية) المنحدر وفقدان الاستقرار. فعندما تقطع الأنهار تلك المنحدرات ، يزداد انحدار المنحدرات ، وعندما يرتفع منسوب الماء تزداد تعريتها ، أو تأكلها كنتيجة لتشبعها بالماء. كل هذا يساهم في تكوين الإنزلاقات

الأرضية. ومن الأمثلة على ذلك ما يحدث في منحدرات العديد من وديان الأنهار (موسكو ، فولغا ، إلخ) ، سواحل البحر الأسود والبحار الأخرى.

7.1.2.8. العامل التكنولوجي

تحدث العديد من الإنزلاقات الأرضية بسبب المعالجة التكنولوجية للنشطة للبيئة الجيولوجية والتضاريس. على سبيل المثال، تفقد المنحدرات ثباتها وتبدأ في الإنزلاق بسبب قطعها أثناء إنشاء الطرق والقنوات والخنادق وإعادة توزيع تدفقات المياه السطحية والجوفية والفيضانات وما إلى ذلك يسبب الإنزلاقات الأرضية. على أراضي سوتشي الكبرى (Sochi) في 1975-1985 ، حدثت 17 إلى 68 حالة من حالات الإنزلاق الأرضي سنوياً (A. A. Makhorin).

في مناطق المستوطنات الكبيرة والمراكز الصناعية، يتم تسهيل تكوين الإنزلاقات الأرضية من خلال الفيضانات الكبيرة لسلاسل الجبال بسبب تسرب المياه من الطبقات الحاملة للمياه نتيجة وجود الخزن الاصطناعي وغير ذلك، كما إن إحداث الاهتزازات التكنولوجية (الاهتزازات الزلزالية الدقيقة) يتسبب بذلك أيضاً. اما على سواحل الخزانات المائية الكبيرة في (Volgogradskoe ، Tsimlyanskoe ، إلخ) ، ونتيجة للارتفاع الاصطناعي للمياه والتآكل الذي زاد بسبب هذا ، فقد تشكلت العديد من الإنزلاقات الأرضية الجديدة في هذه الجهات .

8.1.2.8. تضاريس منحدرات الإنزلاقات الأرضية

تم تطوير المظاهر الجيومورفولوجية لتضاريس الإنزلاقات الأرضية على نطاق واسع في سفوح القوقاز وتيان شان وجزر الأورال والقرم والكاريبات ومناطق أخرى. ففي سهول شرق أوروبا ومناطق أخرى ، تم تطوير تضاريس الإنزلاقات على سفوح العديد من وديان الأنهار (موسكو ، فولغا ، إلخ) وكذلك على سواحل البحار والبحيرات. إن لمنحدرات الإنزلاقات الأرضية شكل مميز. إن تضاريس كتل الإنزلاقات الأرضية

تتمثل بـ التلال ، المهوي ، الأعمدة ، والحافات وعادة ما تكون موجهة بصورة موازية للمنحدرات (الشكل 12.8).



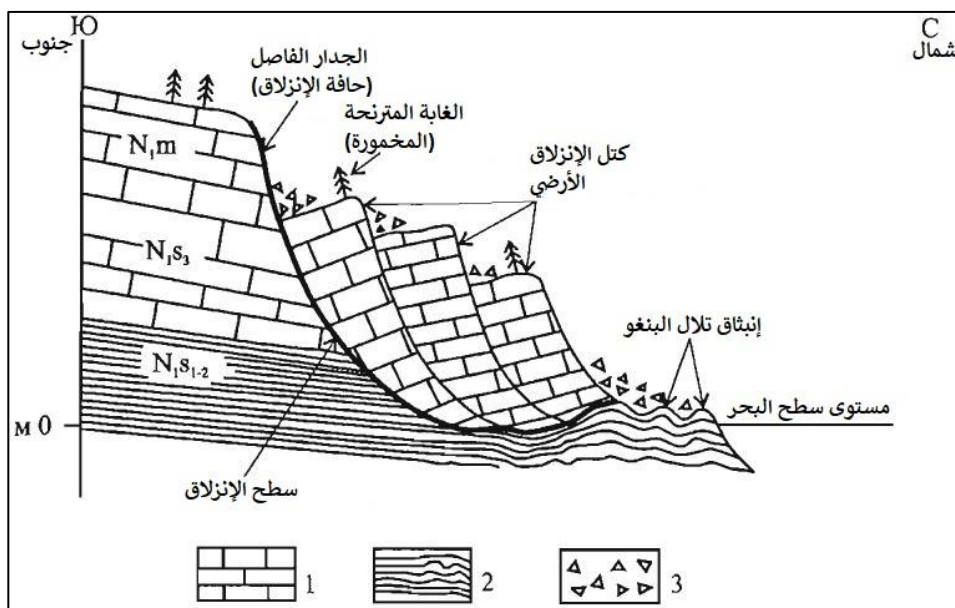
الشكل (12.8) التضاريس الجبلية غير المتساوية لكتلة الإنزلاق الأرضي (الساحل الجنوبي لشبه جزيرة القرم) - تصوير (A. A. Zarshchikov)

وفيما بين تلك التضاريس اعلاه توجد المنخفضات والأجواف والأحواض ذات الأحجام والأشكال المختلفة ، وغالبًا ما تكون مستنقعية أو مشغولة بالمسطحات المائية ، كما يتكرر وجود الشقوق العميقة.

خلال فصل الشتاء يتراكم الثلج في الشقوق والمنخفضات الأخرى ، والتي تذوب ببطء وتعمل على ترطيب الرواسب وتشبعها بالماء مما يؤدي إلى إنزلاقها عند اقرب ظرف موات.

تشكل كتل الإنزلاقات الأرضية الكبيرة بشكل خاص خطوات ضخمة (huge steps) على المنحدرات في كتلة الإنزلاق الأرضي العادية. كما يتم تمييز الجزء التراكمي - الإرسابي من جسم الانهيار الأرضي ، أو كتلة الانزلاق الأرضي ، و سطح

الإزاحة ، وفي منطقة التعرية العلوية لمنحدر - جدار أو مكان أو شرفة بدء الإنزلاق المناسبة، إذا كان للجدار شكل مقوس وكما موضح في المخطط (الشكل 13.8).



الشكل (13.8) الإنزلاقات الأرضية المدمرة على المنحدر الشمالي لشبه جزيرة كازانتيب - Kazantip (في القرم - روسيا الاتحادية)

حيث إن : 1 - الحجر الجيري الميوسيني (سارماتيان العلوي N_1s_3 ، الميوسين N_1m) ؛
2- طين (سارماتيان الاسفل والاوسط N_1s_{1-2} ؛ 3 - إنهار - إنزلاق شظايا الحجر الجيري

غالبًا ما يميل سطح كتلة صخرية ساحقة تسمى بـ شرفة الإنزلاق - الانهيار الأرضي نحو المنحدر (بسبب دوران وتحرك بعض اجزاء الكتلة الصخرية المنحدرة) ، كنتيجة للمنخفض الناتج عن الإنزلاق فعادة ما يتكون مستنقع فيه، ويتم ملاحظته في التماس الخلفي لمثل هذا الشرفة. كما تقتصر مسارات الخنق أو الكارست على الاجزاء الخلفية لشرفات الإنزلاقات الأرضية لاسيما إذا كانت الصخور الكارستية قريبة ، كما هو الحال على سبيل المثال في مدينة أوبا في جمهورية باشكورتستان - روسيا الاتحادية.

كذلك تميل الأشجار على الإنزلاقات الأرضية لتشكّل ما يعرف بـ **الغابة المترنحة** " **الغابة المخمورة** ⁽¹⁾ - وكأنها في حالة سكر " (**Drunken trees**). وأثناء التحضير لإنزلاقٍ أرضيٍّ جديدٍ ، تظهر شقوق وفجوات من الهبوط أو الانفصال على طول حافة المنحدر. فتصبح هذه المنحدرات عرضةً للانهييار الأرضي. أما في الإنزلاقات الأرضية القديمة فقد تمّ تنعيم التضاريس التلالية الأولية بالتآكل والتعرية، وفي العموم تتشكل العديد من الإنزلاقات الأرضية الحديثة على أجسام الإنزلاقات الأرضية القديمة.

(1) الأشجار المخمورة أو الأشجار المائلة أو الغابة المخمورة هي مجموعة من الأشجار تدور من محاذاتها العمودية العادية، تحدث هذه الظاهرة في غابات التايغا الشمالية (روسيا) وهي الغابات ذات التنوب الأسود التي تنوب تحتها التربة الصقيعية غير المستمرة أو أسافين الجليد ، مما يتسبب في إمالة الأشجار في زوايا مختلفة، ونفس الحالة تحدث حينما تصل أرضية هذه الغابات إلى مرحلة الإنزلاق الأرضي .

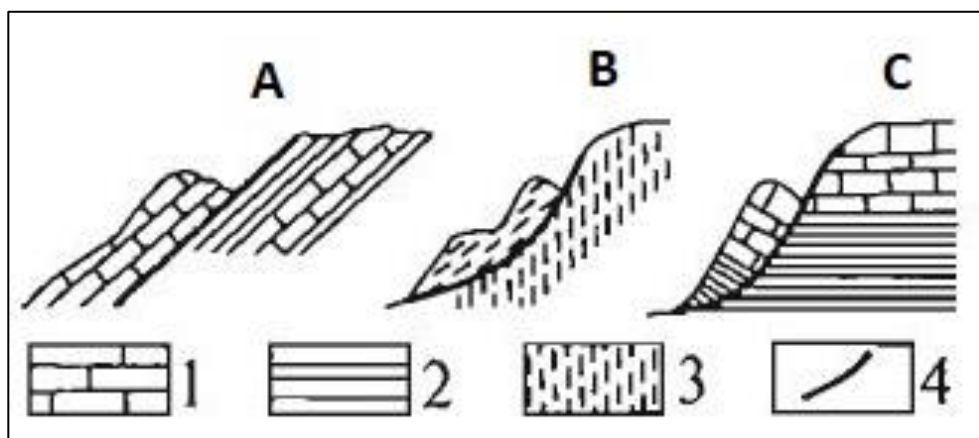
3.8. أنواع الإنزلاقات الأرضية

اعتمادًا على نسبة إنحدار السطح للإزاحة (الانزلاق) وتأثيرها في الطبقات الصخرية وفقًا لـ (Savarensky F.P.) ، يتم تمييز الإنزلاقات الأرضية المتتابعة (التراتبية) – **consequential** إذا كانت الكتلة الصخرية المكونة للمنحدر لها بنية ذات طبقات وتميل الطبقات نحو قاعدة المنحدر حينذاك تحدث الإزاحة عادةً على طول واجهة الطبقات.

أما ما يعرف بـ الإنزلاق التدريجي (إنزلاق القطع – **incremental**) فهو يحدث في تلك التي يعبر فيها سطح الإنزلاق حدود الأجسام الجيولوجية. في مثل هذه الانزلاقات الأرضية ، يرث السطح المنزلق مناطق ضعيفة مرتبطة بتكسير الصخور ووجود الصدوع .

فيما يتشكل الإنزلاق المعروف بـ غير المتكافئ – **asequential** في طبقات الصخور المتجانسة غير متعددة الطبقات (غالبًا في الطين عندما تكون مشبعة بالماء)، يحدث انزلاق كتلة الانزلاق الأرضي عن طريق القص ، لذلك يتم دمجها تحت الاسم العام لانهيئات أرضية القص، وكما موضح في (الشكل 14.8).

في الإنزلاقات الأرضية اللاحقة، يتزامن السطح المنزلق مع السطح العلوي لطبقة الصخور الأساسية، فيما تحدث الإنزلاقات الأرضية المتسلسلة في الصخور المتجانسة غير الطبقيّة ، مثل اللويس – **loess**.



الشكل (14.8) أنواع الإنزلاقات الأرضية وفقاً لـ (F.P. Savarinsky)

حيث إن : A - الإنزلاقات المتتابعة (التراتبية) B - الإنزلاق التدريجي (إنزلاق القطع)
 c - الإنزلاق غير المتكافئ ; 1 - حجر الكلس - 2 limestones - الطين
 3 - طمي اللويس - 4 loessy - سطح الإنزلاق

في الانزلاقات الأرضية الكتلية ، تحتفظ الصخور في معظم الحالات بهيكلها سواء في الكتل الصخرية أو في الصخور اللينة (Pavlov A.P.) . في وقت مبكر من نهاية القرن التاسع عشر قسم بافلوف الإنزلاقات الأرضية حسب نوع الحركة إلى الانزلاق الحر أو إنزلاق القص (في الممارسة الهندسية يطلق عليهم الانهيارات الأرضية القصية ، حيث يتم فصل جسم الانهيار الأرضي قبل الانزلاق) وإنزلاقات الدفع ، إنزلاق البثق و الإنزلاقات الحطامية (من اللاتينية - **detrusio** بمعنى التصادم).

النوع الثاني يختلف عن الأول في أن نتوءات البثق تتشكل في الجزء الأمامي من كتلة الانهيار الأرضي، وهي تنشأ بسبب صخور الطين اللدنة الموجودة في الجزء السفلي من منحدر الانزلاق الأرضي تحت ضغط الصخور الأكثر كثافة المنزلقة التي يتم ضغطها وسحقها في طيات ، لتشكيل أكوام أو أعمدة على السطح (انظر الشكل 10.8). في هذه الحالة غالبًا ما يكون السطح المنزلق أو الانهيار الأرضي أسفل مستوى قاعدة التعرية - مستوى النهر أو البحر، بحيث يتم تطوير الإنزلاقات الأرضية

من هذا النوع هنا. على سبيل المثال ، على طول ضفاف نهري موسكو ونهر الفولغا، على ساحلي بحر آزوف والبحر الأسود ، وما إلى ذلك، ومع ذلك فإن معظم الإنزلاقات الأرضية المعروفة هي من النوع المائل. إن أكبر الإنزلاقات الأرضية على سبيل المثال ،إنزلاقات جبل **Koshka** على الساحل الجنوبي لشبه جزيرة القرم أو جبل جنوب **Demerdzhi** المنفصلة عن هضبة **Demerdzhi** الشمالية.

على ضفاف الأنهار والبحار والخزانات الإصطناعية وحتى الطبيعية منها، تتجرف المنحدرات باستمرار أو تقطع وتتشكل الإنزلاقات الأرضية. في هذه الحالة ، تتشكل الإنزلاقات متعددة المراحل لأجيال من مختلف الأعمار، أي بسبب أنها تحدث بشكل متكرر. لذا فقد تشكلت الأجيال الأقدم خلال الموقع العميق للتالوك في أوائل عصر البليوسين ووديان العصر الجليدي المبكر ، والتي دُفنت الآن.

كما يعد تشكيل الإنزلاقات الأرضية الكتلية نموذجياً لمنحدرات مناطق الرفع الأرضي (المساعد - **Uplift**) الموجودة في ظروف مجال الضغط الطبيعي ، وعلى وجه الخصوص فوق نطاقات الصدع - الانثناء (**flexure-fault zones**) .

1.3.8. الإنزلاقات الأرضية الناتجة عن تأثير عوامل الجاذبية - التكتونية (gravitational-tectonic)

وهي متصلة ببعضها البعض بواسطة فواصل أو شقوق سطحية (تسطيح بعمق)، بحيث تم تطوير مجموعات كبيرة من هذه الإنزلاقات الأرضية على طول الضفة اليمنى شديدة الانحدار لنهر الفولغا في منخفض بحر قزوين، وهذه إحدى أنواع الانهيارات الأرضية المتدفقة (شديدة اللزوجة). أثناء تكوين هذا النوع من الإنزلاقات الأرضية ، تكون الكتل الصلصالية أو الصلصالية المشبعة بالماء في حالة من اللدونة اللزجة. وتكون هذه الإنزلاقات الأرضية نموذجية للمناطق التي يبلغ متوسط هطول

الأمطار السنوي فيها أكثر من 800 ملم (G.S. Zolotarev) . وعادةً ما تتشكل على منحدرات تتكون من صخور شديدة التجوية ، الصخر الزيتي ، الحجر الرملي ، الطين ، والطميية الشبيهة باللوس وتقتصر على التجاويف المنحدرة. في بعض الأحيان تكون ناجمة عن تشبع الكتل الصخرية بالمياه وتدفقها بالتالي إلى الشقوق المحتملة ومناطق الصدوع العميقة.

ووفقاً لآلية الإزاحة ، تنقسم الإنزلاقات - الانهيارات الأرضية للتيار إلى إنزلاقات أرضية ، تيارات و تسلق، وغالباً ما يكون كل منها مصحوباً بضخ أو إزالة الجزيئات الدقيقة بواسطة المياه الجوفية. اما وفقاً لسرعة الحركة ، تتميز السوائل (اللحظية) والسريعة بالبطء ؛ وسرعة الأخير من متر واحد إلى عدة أمتار في السنة.

تتشكل تدفقات الإنزلاقات الأرضية بشكلٍ أساسي في صخور طينية رملية مشبعة بالمياه أو صخور طينية أو طينية مغمورة بمياه الأمطار أو المياه الجوفية. فيحدث الإنزلاق ببطء أو بسرعة كارثية خاصةً على المنحدرات شديدة الانحدار. في هذه الحالة يتم تشكيل كتلة الإنزلاقات الأرضية أولاً ، حيث تعمل المادة التي تؤدي إلى تسهيل كتلة الإنزلاق إلى تدفقها على المنحدر بسرعات مختلفة. ويمكن أن يصل طول هذه التيارات إلى عدة عشرات ومئات الأمتار، وأحياناً عدة كيلومترات.

إن السمة المميزة للتضاريس هنا هي الحركة العرضية للاتجاه والأعمدة المحدبة في اتجاه مجرى النهر ، أو "إمتداد التجاعيد" في اجزاء معينة منها. تدمر هذه الإنزلاقات المنازل والطرق ، وتتسبب في تحويل وديان الأنهار إلى برك أو بحيرات، كذلك تشمل تدفقات الإنزلاقات العديد من الانهيارات الأرضية على الساحل الجنوبي لشبه جزيرة القرم (الإنزلاق الأرضي في تشيرنوبوجورسك ، وكوتشوكوي ، وما إلى ذلك)، كما إن حركتهم مستمرة بشكلٍ متقطع حتى الوقت الحاضر.

تتشكل الإنزلاقات في الجبال المنخفضة على حواف شديدة الانحدار نسبياً ، حيث يتم تغطية صخور الأساس ، ومعظمها من الصخور الكثيفة بغطاء من الرواسب الفضفاضة اللدنة - مثل رواسب اللوس والطيني الأخرى، التي تنزلق أسفل السطح الصخري والتي تكون بمثابة طبقة مائية تعمل على التسبب بالإنزلاق واستمراره حتى أسفل المنحدر.

تتراوح درجات انحدار المنحدرات بين 15-30 درجة، وعمق التقاطع المنحدر عن طريق الإنزلاق الأرضي يتراوح بين 2-5 م (سمك الغطاء السائب)، في المخططات، يمكن ان يكون لمثل هذه الإنزلاقات شكلٌ دائري. اما طبقة الانحدارات فإنها تمثل شرائح صغيرة من طبقة رقيقة (0.3 - 1.5 متر) من التربة أو التربة الهشة التي تنزاح أسفل المنحدر. في الوقت نفسه غالباً ما يتم الحفاظ على استمرارية وجود العشب فيها. اما التدفق فانه يحدث بشكل تدريجي، والسبب في ذلك هو عملية الترطيب المفرط بالمياه للطبقة العليا من التربة ، وأحياناً طبقة التربة السطحية فقط أثناء ذوبان الجليد في الربيع أو بواسطة المياه الجوفية. شكلياً، تكون هذه المنحدرات متدرجة.

في منطقة السهوب يساهم الرعي في زيادة عملية تآكل المنحدرات ، مما يزيد من الحمل على التربة ، الامر الذي يساهم في إزاحتها. ونتيجة لذلك يتم تشكيل نوع من تمويج المنحدر او ما يعرف بـ "مسارات البقر". كما ترتبط فترات تكوين الإنزلاقات الأرضية الشديدة بكل من الحركات التكتونية الحديثة (زيادة ارتفاع وانحدار المنحدرات) وزيادة الزلازل، كذلك مع المناخ وتغيراته. إذ ينعكس تأثير هذا الأخير، أولاً وقبل كل شيء في زيادة الرطوبة وبالتالي تشبع الصخور التي تشكل المنحدرات بالمياه، وكذلك في انخفاض أو زيادة مستوى البحار والبحيرات والأنهار المتدفقة، وبالتالي تغير مستوى قواعد التعرية الرئيسية، كل هذه التغيرات تؤدي إلى تفعيل الإنزلاقات .

إن السبب المباشر للإنزلاق الأرضي هو التغيير في الحالة الفيزيائية وإضعاف قوة الكتلة الصخرية على الثبات، كما إن العامل الأكثر أهمية هو وجود صخور قابلة للاختراق تحتها طبقة من الطين مقاومة للماء، ولا يخفى فإن عملية ترطيب الرواسب الطينية يمنحها حالة لدنة تشبه الحالة البلاستيكية ، لذا فإنها ستبدأ في العمل "كمواد تشحيم" للطبقات التي تغطيها. ولكن إذا كان المنحدر يتكون فقط من صخور حاملة للماء مع وجود انحدار وارتفاع كافيين للمنحدرات ، فإن الانهيارات الأرضية ستحدث حتمًا.

تحدث الإزاحة في هذه الحالة على شكل تدفق لزج أو لدن لزج ، ويكون حجم الإزاحة على السطح أكبر من حجم قاعدة الانهيار الأرضي. وتتطور هذه الانزلاقات الأرضية اللزجة في ظروف رطبة على منحدرات تتكون من صخور فضفاضة قادرة على الزحف، فعندما تنزلق الكتل اللدنة المشبعة بالرطوبة على طول التجاويف ، تحدث الانهيارات الأرضية - او التدفقات .

تسمى شرائح التربة الأكثر قوة في حالة شبيهة بالطين ، والتي تنشأ بسبب رطوبة التربة القوية (مما يؤدي إلى كسر الروابط الهيكلية بين جزيئات التربة)، وتحدث هذه الحالة في منطقة التربة الصقيعية أثناء ذوبان التربة ، وأثناء هطول الأمطار الغزيرة (بما في ذلك الظروف الاستوائية) والأسباب الأخرى لتشبع التربة بالمياه. ونظرًا لأن الإزاحة مرتبطة في جميع الحالات المذكورة أعلاه بتغير في التناسق (بسبب زيادة المحتوى المائي لصخور المنحدر عند دخول المياه السطحية أو الجوفية ، أو الذوبان الموسمي) ، يتم دمجها في انهيارات أرضية متسقة.

بشكل عام ، وفقًا لخصائص الديناميكيات يتم دمج الانهيارات الأرضية في مجموعتين كبيرتين هما: الانزلاقات والتدفقات التيارية (التيارات).

يمكن أن تحدث الانهيارات الأرضية بسبب تأثير العوامل الخارجية: الزلزال ، التأثير البشري على المنحدرات (قطعه ، زيادة الحمل بسبب المباني ، إلخ) وتدابير الهندسة الهيدروليكية التي تؤدي إلى تغيير في مستوى المياه الجوفية. غالبًا ما يحدث تنشيط عمليات الانهيار الأرضي بعد الفيضانات الطبيعية والفيضانات بسبب النشاطات البشرية: فعندما يرتفع منسوب المياه في الخزان المائي للسد مثلاً، يرتفع مستوى المياه الجوفية أيضًا ، وبعد انتهاء الفيضانات أو الإرتفاع في مناسيب المياه، يظل الضغط الهيدروديناميكي المتزايد للمياه الجوفية لبعض الوقت وحتى عند خروجها على سطح المنحدر. نتيجة لذلك ، يتم ضغط الجزء المنحدر من الخزان الجوفي ، مما يؤدي إلى هبوط الجزء العلوي من المنحدر، الشكل (15.8) .

من بين الانهيارات الأرضية المرتبطة بالعوامل التكنولوجية ، ينبغي تمييز الانهيارات الأرضية للتميع المفاجئ. التي يكون سببها هو تسهيل الصخور الطينية المضغوطة بشكل ضعيف والصخور الرملية المشبعة بالمياه تحت تأثير الاهتزاز التكنولوجي (الانهيارات الأرضية للتميع غير الزلزالي) أو الصدمات الزلزالية (الانهيارات الأرضية للتسهيل الزلزالي). فتتطور مثل هذه الانزلاقات الأرضية في شكل تدفق لنج سريع للتربة السائلة أسفل المنحدر.

كما تحدث إزاحة الانهيارات الأرضية عندما يتم انتهاك التوازن المحدود للكتل الصخرية - توازن قوى القص والضغط التي تعمل في صخور المنحدر. حيث تشمل قوى القص المكون العرضي للجاذبية (وزن الصخور والهياكل الموجودة فوق السطح المنزلق) ، الموجهة نحو الإزاحة المتوقعة للانهيار الأرضي ، وقوى الترشيع (في وجود طبقة المياه الجوفية) ، والقوى الهيدروستاتيكية ، والأحمال الاهتزازية والزلزالية. وتنتمي قوى مقاومة التربة للقص (معامل الاحتكاك الداخلي والتصاق الصخور) ومكوّن قوة الجاذبية ، الموجهة على طول الخط الطبيعي لسطح الإزاحة المقترحة ، إلى قوى التقييد.



الشكل (15.8) شقوق مشكلة حديثاً (يصل إرتفاعها إلى مترين) مرتبطة بحركات التجلس العميق للجاذبية، والتي صاحبت زلزال الأصدانام في الجزائر-1980، حيث نشأ جزء منه بسبب إنزلاق الجاذبية على شكل قوس (وهو المؤشر بأسهم داخل الصورة) كتعديل في الجاذبية مدفوعاً بالإهتزاز الزلزالي وتدرج الجاذبية بإتجاه مضيق واد شليف المجاور - الجزائر

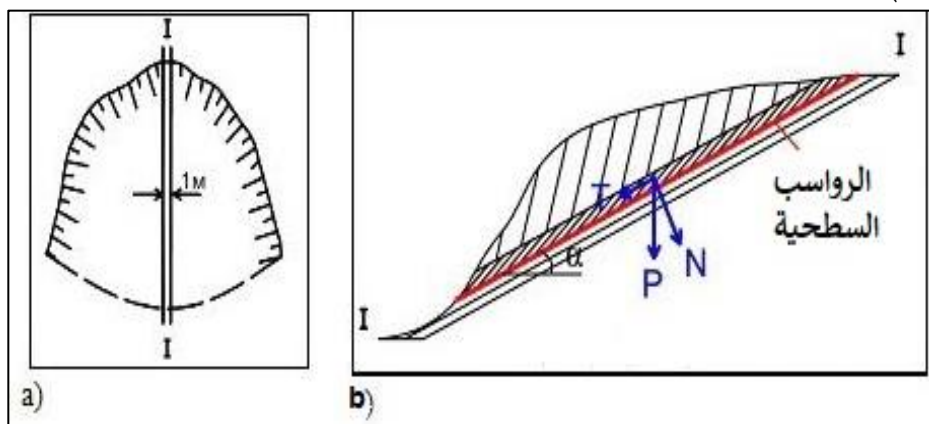
المؤشر الكمي الرئيسي في تقييم وتوقع استقرار المنحدر هو معامل الثبات (عامل الاستقرار) ، وهو نسبة مجاميع قوى التمسك والقص (أو نسبة لحظات نفس القوى) التي تعمل على السطح المفترض إزاحة جسم الانهيار الأرضي.

$$\text{معامل ثبات المنحدر} = \frac{\sum fN + CL}{\sum T}$$

حيث إن: معامل ثبات المنحدر = SSF ;

فيما يمثل T عنصر الجاذبية (وزن الصخور P) الذي يميل إلى إزاحة الصخور ؛ N هو عنصر الجاذبية الذي يميل إلى الحفاظ على توازن الصخور ؛ f هو معامل تصميم الاحتكاك الداخلي للصخور (f = tgj) ، حيث j هي زاوية الاحتكاك الداخلي)؛ اما C فهو يمثل التماسك المحسوب للصخور، $\frac{tf}{m^2}$ ؛ L هو طول السطح المنزلق بالمتر (م). فإذا كان معامل ثبات المنحدر اكبر من قيمة (1) ، في $SSF > 1$ (Kust.) فإن المنحدر في حالة مستقرة ، اما إذا كانت قيمته اقل من (1) ، في $SSF < 1$ (Kust.) - أي إن المنحدر غير مستقر وعندها يختل توازن القوى ، يتحدث إزاحة الجاذبية.

يتم إجراء حسابات ثبات المنحدرات وفقاً للأقسام الجيولوجية الهندسية (والتي تحتوي ، بالإضافة إلى الهيكل الجيولوجي ، على معلومات حول الهياكل الهندسية) ، وموجهة وفقاً للاتجاهات الأكثر احتمالية لتطوير عملية الانهيار الأرضي ، ويتم تقليلها إلى حل شق مشكلة - يعتبر قسم (الملف الطولي) - شريط منحدر بعرض 1 متر (الشكل 16.8).



الشكل (16.8) موقع ملف المنحنى الطولي في منطقة الانهيار الأرضي (a) ؛ المنحنى الطولي المحسوب على طول خط I-I (b)

يجب إجراء تقييم كمي لاستقرار منحدرات الانهيارات الأرضية بناءً على تصنيف الانهيارات الأرضية وفقاً لآلية عملية الإنهيار الأرضي، مع مراعاة العوامل التي تؤثر على استقرار المنحدر المدروس.

عموماً، فبالإضافة إلى الإنزلاقات الأرضية، لوحظ أيضاً وجود تكوينات أكثر تعقيداً في الطبيعة - تكوينات الإنزلاقات الأرضية، حيث تشارك كتل الإنزلاق في تكوينها والتي تتسلل بعد ذلك بدورها بعد تشبعها بالماء، ومن هذا النوع فغالباً ما تشغل هذه التكوينات مساحات شاسعة في المناطق الجبلية.

2.3.8. منحدرات الإنزياح الكتلي للمواد الفتاتية

سمة من سمات مناطق عمليات التربة الصقيعية واسعة النطاق هذه هي منحدرات solifluction. العملية الرائدة في حركة المواد على طول المنحدرات هي solifluction أي التدفق الثقالي للمواد الصخرية اللدنة واللزجة لطبقة التربة العلوية المذابة والمشبعة بالرطوبة فوق سطح الصخور المجمدة غير المذابة، وتسمى الرواسب المتكونة في هذه الحالة بالمواد المتدفقة أو المنزلقة - solifluctional .

كما يمكن تعريف زحف التربة solifluction ، بأنها عملية تدفق التربة المشبعة بالمياه إلى أسفل منحدر حاد، نظراً لأن التربة الصقيعية غير منفذة للماء لذا فقد تصبح التربة التي تغطيها مفرطة التشبع وتنزلق إنحداراً تحت تأثير الجاذبية. التربة التي تم فتحها وإضعافها بفعل الصقيع هي الأكثر عرضة للإصابة ، يبلغ الحد الأقصى للحركة بضع بوصات في اليوم ، مما يؤدي في النهاية إلى إنتاج منحدرات ناعمة ولطيفة ومقعرة، فيما تصبح الطبقات الأصلية للتربة ملتوية إذا لم يتم تدميرها بالكامل، الشكل (17.8) .

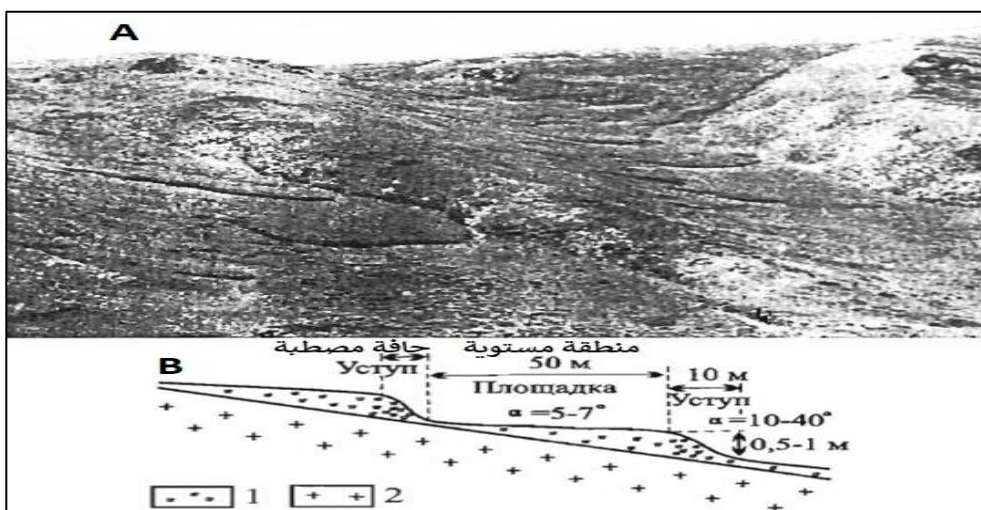


الشكل (17.8) صورة لعملية تدفق التربة **solifluction** في الحديقة الوطنية السويسرية

يتم تطوير عملية إنزلاق وتدفق التربة الطينية المنتفخة **solifluction** من خلال وجود نسبة غالبية قد (تصل إلى 50-70%) من التربة الناعمة الرخوة (الطين أو المواد الطفيلية) في تكوين التربة ، فضلاً عن تشبعها العالي بالمياه ، بالإضافة لوجود درجة إنحدار للمنحدرات تتراوح من 2 إلى 3 درجات وتصل إلى 20-30 درجة.

إن التدفق البطيء (سننيمترات في السنة) - ناتج عن الذوبان البطيء وهو يحدث في الربيع والصيف على منحدرات لطيفة جداً ذات درجة إنحدار بسيطة. اما على المنحدرات شديدة الانحدار فتزداد سرعة التدفق إلى عدة أمتار في السنة- وهو ناتج ايضاً عن الذوبان السريع للثلوج.

مع تدفق مادة **solifluction** للتربة ، تتشكل قشور صغيرة أو مدرجات على المنحدرات ، والتي يتم إنشاؤها بواسطة مدرجات متلبدة صغيرة (رواسب صلبة سيليسية أو كلسية غالباً) تشبه المقياس غير المتماثل، فيما يبلغ إرتفاع الحافة الأمامية المقوسة لهذا الأخير ما يصل إلى 1-2 متر (الشكل 18.8).

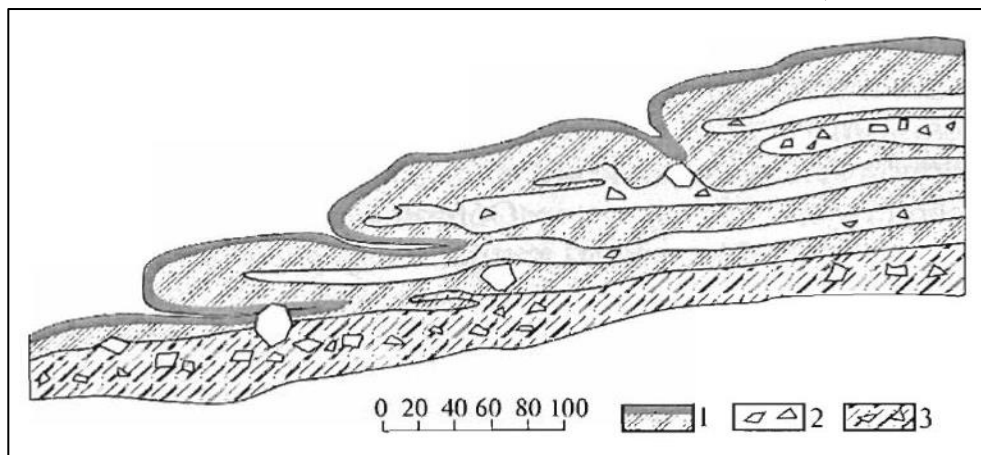


الشكل (18.8) رواسب التربة المنزلقة Solifluction على المنحدرات (جبال تيان شان)

حيث إن : A- الصورة بواسطة (A.V. Korzun) B- قسم من المدرجات اللبيدة (وفقاً لـ S. S. Voskresensky) ؛ 1- شظايا في الأنقاض والإرسابات الطينية ؛

2 - صخور الأساس

في أقسام هذه الأشكال عادةً ما تكون آفاق التربة الرديئة مرئية ، وتظهر أثناء التدفق ، كما موضح في (الشكل 19.8). بينما يكتسب المنحدر بأكمله نمطاً مرقطاً مميزاً (الشكل 20.8).



الشكل (19.8) هيكل مدرجات - مصاطب solifluction ، وفقاً لـ (V.S. Savelyev ،

مع التبسيط):

حيث إن : 1 - طبقة تربة رديئة مع آفاق دبال مدفونة ؛ 2 - تربة الطمي بالحصى والحجر المسحوق ؛ 3 - التربة الطميية بشظايا الاحجار المكسرة والرمل



الشكل (20.8) المنحدرات ذات النمط غير المكتمل المميز لخطوط solifluction والمدرجات (منطقة التندرا الجبلية الوسطى) - (صورة جوية)

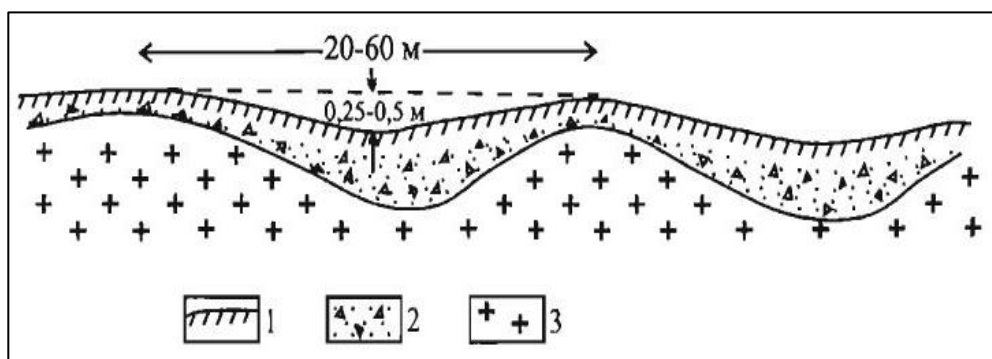
تشكل الخطوط الكبيرة تدفقات **solifluction** التي تنزلق أسفل التجاويف الضحلة أو المنخفضات على طول المنحدرات. وهي تتميز بسطح غير مستوي متجدد ، مع حواف عرضية محدبة على طول التدفق ، مفصولة بانخفاضات-مجوفة غالبًا ما تكون مملوءة بالماء .

في التندرا الجبلية ، غالبًا ما يكتسب تدفق المواد على طول المنحدرات طابعًا طينيًا، حيث يتم تشكيل خطوط وأحاديث متوازية ممدودة على طول المنحدرات ذات الأطوال والأعماق المختلفة (من بضعة سنتيمترات إلى بضعة أمتار)، يعطي تطورها المساحي للمنحدرات نمطًا مخططًا يشبه التحرز (الشكل 21.8).



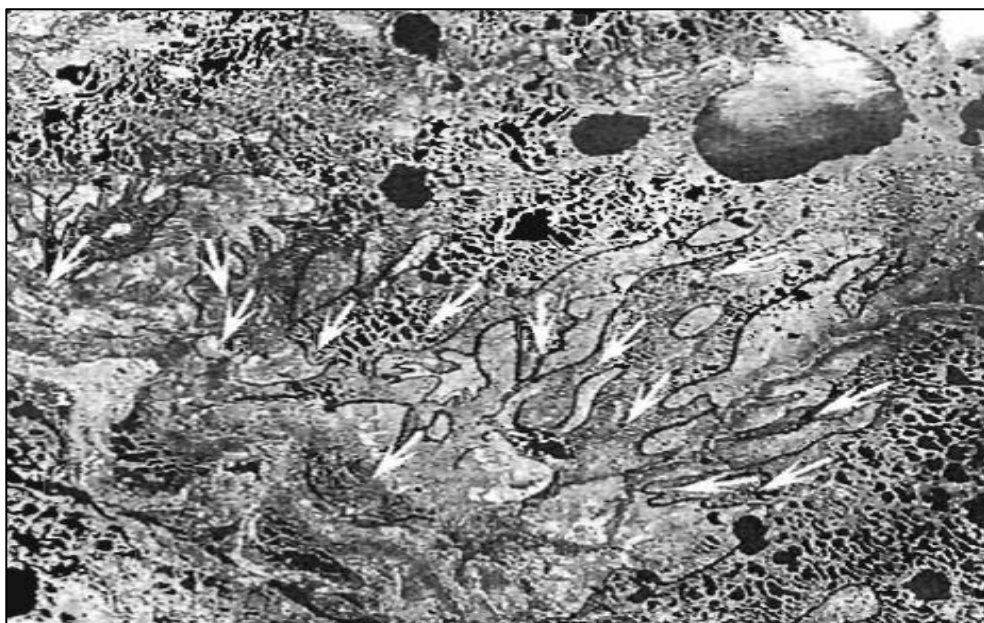
الشكل (21.8) شكل متدفق من solifluction على سفوح وديان الأنهار، حيث تظهر فيها شبكة من الأحواض المتوازية أو المحززة (صورة جوية)

يذكر ان عرض اخاديد او حزوز هذه الاحواض المحززة من الممكن ان يصل الى نحو 20-60 متر ، فيما يبلغ سمك المواد المتدفقة - solifluction من 0.2 - 0.6 وحتى 1 متر وفقاً لـ (S. S. Voskresensky)، كما موضح في الشكل (22.8).



الشكل (22.8) المقطع العرضي لـ حزوز الاحواض المحززة او المتوازية ، المقياس العمودي مبالغ فيه مقارنة بالأفق بمقدار 20 مرة، وفقاً لـ (S. S. Voskrssensky) حيث إن : 1- التربة ؛ 2 - تحويل رواسب المنحدرات ؛ 3 - صخور الأساس

يتم إنشاء منخفض غريب من خلال **solifluction** ليصبح المستنقع الذي تتجمع فيه التراكومات - الإرسابات على طول المنحدرات بسيطة الانحدار التي تتخلله العديد من التجاويف - المنخفضات الضيقة الممتدة على طوله، والتي غالبًا ما تكون متعرجة وملئية بالمياه ، ومفصولة بحواف وتلال من التربة المنزقة. فيما يتم تمديد كل من التجاويف والتلال على طول المنحدر (الشكل 23.8).



الشكل (23.8) خث المستنقعات او خث **solifluction** وتدفق التربة في شكل تيارات (منطقة التندرا الجبلية المنخفضة) (صورة جوية)

في الظروف المناخية القاسية لمناطق التربة الصقيعية الدائمة، تتشكل منحدرات كوريم - **kurim slopes** (مشتقة من التركية القديمة: بمعنى قطع الأغنام وفي مصادر اخرى انها مشتقة من التركية وتحديدا من كلمة : **kurum Yakut** : بمعنى حجر الياقوت الكريم) ، وهي مغطاة بعباءة مع تراكومات من الأنقاض وكتل يصل حجمها إلى 2-3 م مع تجاويف بين الكتل. يضمن هذه الظروف القاسية عملية تكسير الصخور الجبلية ، ومعظمها صخري ، فضلاً عن حدوث تغلغل عميق في الطبقات الصخرية من التجوية الباردة وبالتالي تدمير الصخور وتكسيروها .

معظم منحدرات الكوريم لديها تغذية داخلية بسبب الانتفاخ المبرد وتجميد الأجزاء لأعلى، فتتوسع ظاهرة الكوريم على مادة الجاذبية للانهياريات الأرضية والحصى وهي أقل تطوراً، حيث تحدث حركة المواد الفتاتية **clastic** على منحدرات لطيفة (5-15 درجة) ومتوسطة الانحدار (20-35 درجة). فيما يتم غسل الأتربة الدقيقة من الأجزاء العلوية من عباءة المواد الفتاتية وتتراكم عند قاعدتها، و نظراً لكونه مشبعاً بالماء المتسرب من الأعلى ، فإنه يصبح لدناً (بلاستيكياً) بشكل خاص ويساهم في الانزلاق البطيء للمواد الخشنة فوقها.

بالإضافة إلى ذلك ، يتم تسهيل حركة الكوريم أيضاً من خلال التفاعل الديناميكي ("الدفع بعيداً") وإزاحة الكتل الفردية ذات الأحجام المختلفة نتيجة للتغيرات في درجات الحرارة ومن ثم في أحجامها ، وكذلك عمليات الرفع الدورية (الرفع من أسفل إلى أعلى) من المادة الفتاتية **clastic** الكبيرة والمكتلة.

يؤدي التجميد إلى حقيقة أن جزءاً من المادة الفتاتية المفككة **clastic** يدخل من الأسفل ، ويخترق الكتلة الكتلية القريبة من السطح وبالتالي يخلق قوى إضافية موجهة ليس فقط بشكل متعامد إلى المنحدر ، ولكن أيضاً على طول سطحه. فيما تتجلى حركة الكوريم في الأسوار الموجهة أسفل المنحدرات، وطبيعة التلبيد الصدفي للأجزاء الهامشية من الكوروم ، والأشجار المائلة. لذلك توجد هناك حقول شاسعة من الكوروم - "بحار حجرية" و كوروم التدفق الخطي - "الأنهار الحجرية" كما يوضحها (الشكل 24.8).

كما يتراوح طول هذه التيارات (خطوط الكوريم) من 200-500 م إلى 1 كم ، والعرض عشرات ومئات الأمتار ، وسرعة الحركة 0.2 - 1.5 م / سنة. كذلك تم تطوير منحدرات كوروم على نطاق واسع في جبال الأورال الشمالية وشرق سيبيريا وترانسبايكاليا وجبال سايان والشرق الأقصى وألتاي والعديد من المناطق الأخرى من العالم.

إن حركة الكوريم تعقد بشكل كبير بناء وتشغيل الطرق والاتصالات الأخرى، نظراً لتباين مواد **solifluction** في المناطق الرطبة والساخنة عن **solifluction** الاستوائية. فأتشاء هطول الأمطار الاستوائية الغزيرة ، تبدأ التربة المشبعة بالمياه في التدفق ، وتشكل مصاطب ملبدة على المنحدرات، قد يبلغ ارتفاعها من 10-40 سم أو أكثر ، ويصل طولها إلى 50 مترًا ، ويعتبر الطين المادة المفضلة للإنزلاق.

تشمل منحدرات الإزاحة الكتلية للمواد الفتاتية أيضًا منحدرات الانكماش والخفض عند درجة انحدار 10-35 درجة. اما الانكماش - **Defluxation** (من اللاتينية: **defluo** بمعنى التدفق) ، أو الزحف ، الحركة البطيئة لكتلة صخرية لدنة لزجة (بصفات بلاستيكية) من التربة ، والتي تحدث تحت تأثير الجاذبية تحت العشب أو غطاء الطحالب، وتحدث هذه الحركة فقط عندما تبلل أو ترطب التربة خلال تساقط الامطار او ذوبان الجليد.



الشكل (24.8) نهر الحجر - كوريم او كوروم (منطقة شرق سيبيريا - روسيا) (تصوير

(D.O. Sergeev)

يجدر ذكر، أن سرعة الحركة منخفضة تقدر بنحو (2 - 5 م/ سنة)، اما رواسب الانكماش - رواسب الكاحل- رواسب الهجر **Deserption** (مشتقة من اللاتينية **deserptio-** بمعنى : انزلاق ، خفض)، وهو نوع من الرواسب القارية (المنحدرة) التي تتشكل على منحدرات جبلية رطبة قليلاً مع انحدار يتراوح بين 3 - 15 درجة، كما موضح في الشكل (25.8). تتحرك المادة الفتات التي تشكل رواسب الهجر وتتراكم عندما تكون زاوية الانحدار أقل من زاوية استقرار الصخور التي تتكون منها، في هذه الحالة ، هناك حركة بطيئة (1-10 سم في السنة) للحطام أسفل المنحدر، كما إن سبب الانزلاق هو تغير متعدد في حجم الحطام وعمل الجاذبية. لقد تم تحديد هذا النوع من الركام الإرسابي لأول مرة كنوع ترسيبي مستقل بواسطة (B.V. Ryzhov) في عام 1966.

يجدر ذكر ان الظروف المواتية لتراكم ترسبات الهجر هو مزيج من عاملين: وجود صخور الأساس الصخرية وشبه الصخرية على المنحدرات بزاوية 15-25 درجة، وبالتالي ولادة تيار صخري ركامي يدعى تيارات كتل الانقراض الجافة التي تتحرك أسفل المنحدرات أيضًا وهو المعروف لنا باسم الكوريم (**kurums**). كما يذكر بان المركز العلمي الرائد لدراسة الكوروم في الاتحاد الروسي هو جامعة لومونوسوف (جامعة موسكو الحكومية) .



الشكل (25.8) ترسبات ركام صخري من نوع الهجر **Deserption** (اليمين)، تيار صخري - الكوريم **kurim slopes** (يسارا)

ترسبات الهجر تمثل حركة المادة الجافة التي تحدث نتيجة التغير في حجمها أثناء تقلبات درجات الحرارة اليومية أو السنوية. تتميز منحدرات الانكماش والتصحر بطابع مدرجات دقيقة أولها تم تطويره في المناطق الرطبة ، والثاني في المناطق شبه القاحلة والقاحلة (السهوب ، شبه الصحراوية والصحراوية). في الحالة الأخيرة يصل الفرق بين درجات الحرارة ليلاً ونهاراً إلى 40-60 درجة مئوية أو أكثر.

3.3.8. منحدرات الانجراف - الإنزلاق المستوي

في هذه الحالة ، نحن نتحدث عن المنحدرات المائلة قليلاً والمنحدرة قليلاً التي لا يتم فيها جريان المياه السطحية (المطر والذوبان) في شكل تدفقات (قناة) مركزة ، ولكنها مشتتة في العديد من الحزوز الصغيرة وحتى التدفقات المسطحة (المساحية) ، تغطي بشكل عام أسطح المنحدرات الكبيرة. يتم تنفيذ التنظيف والغسل المستوي بواسطة مياه الأمطار وذوبان الثلوج، حيث تتدفق تيارات رقيقة من الماء على سطح المنحدرات في شكل شبكة كثيفة ، وتغسل الجزيئات السائبة من سطح المنحدر وترسبها في شكل

أغطية تشبه الوشاح عند قاعدة المنحدرات. تغطي الرواسب الناتجة المنحدر بأكمله، ولكنها تتراكم إلى حد كبير في الجزء السفلي منه على شكل عمود. كذلك يتم تطوير الانجراف المستوي على نطاق واسع في مناطق السهوب والغابات والسهوب والمناطق الجبلية.

يتم تحديد نشاط التدفق المستوي بالعوامل التالية:

- 1) كمية وطبيعة هطول الأمطار (بمعنى طاقة المياه المتدفقة أو بعبارة أخرى كمية وسرعة المياه المتدفقة إلى أسفل المنحدر).
- 2) درجة إنحدار المنحدر.
- 3) خصائص الصخور التي يتكون منها المنحدر (حجم الجسيمات ، رخاوتها ، إلخ) .
- 4) درجة تطور الغطاء النباتي.

كلما زادت كمية الماء وسرعته ، زادت شدة التدفق، وفي هذه الحالة تعتمد سرعة تدفق المياه بشكل أساسي على زاوية ميل المنحدر، بالرغم من أن نسبة نشاط هذه العوامل من مكان إلى مكان ومن وقت لآخر تتغير. لذلك ، على سبيل المثال ، قد لا يكون المطر الناعم المطول مصحوباً بغسل مستوي، في حين أن كمية أقل من الماء ، ولكن هطلت على شكل انسكاب (على شكل دُش) ، يمكن أن يتسبب في انجرافٍ شديدٍ للتربة. وكلما كانت الرواسب أكثر مرونة، وكلما احتوت التربة على ذرات تربة دقيقة ، كلما زادت كثافة الانجراف، اما على المنحدرات المكونة من الصخور فيكون الانجراف ضئيل.

كذلك فإن هذه العملية لا تظهر إلا في حالة عدم وجود غطاء نباتي مستمر يمنع التطور السريع للتعرية الخطية، يتم تحقيق أفضل الظروف في المناطق شبه القاحلة من السهوب والسافانا ، وكذلك في الأراضي المحروثة. اما في ظل ظروف الغابات الطبيعية وعلى الأسطح ذات الأجزاء العشبية الكثيفة ، لا يتطور الغسل اللطيف حتى على المنحدرات الشديدة.

الغطاء النباتي ، مثل الدروع ، يحمي الطبقات من الانجراف بعيدًا ، خاصةً إذا كان العشب كثيفًا. في الوقت نفسه ، يحتفظ الغطاء النباتي بجزء من الماء ولا يصل إلى التربة. لذلك تحتفظ مناطق الغابات والنباتات العشبية بحوالي 30٪ من منتجات الانجراف من منطقة المنبع، مقارنةً بالمنحدرات العارية وخاصة المحروثة منها ، حيث يكون الانجراف هنا أكبر 50 مرة من المنحدرات ذات الغطاء النباتي. في مناطق السهوب، حيث تكون كثافة الغطاء العشبي منخفضة ، يكون الانجراف أكبر مما هو عليه في الغابات. يمكن أن يؤدي الإقلال الجزئي للمنحدر بوجود أنواع مختلفة من المنخفضات إلى إبطاء الجريان السطحي وبالتالي إضعاف الانجراف.

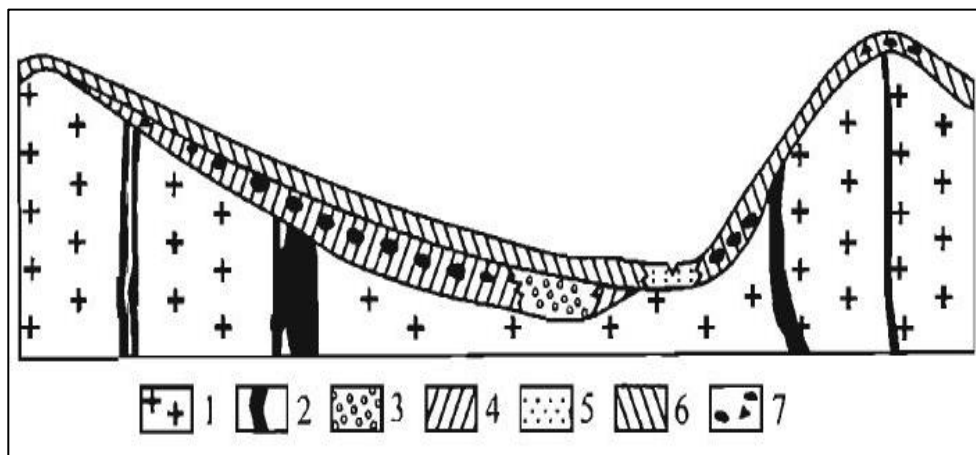
تؤدي عملية التنظيف أو الغسل المستوي إلى تسطیح المنحدرات بسبب هدم المواد السائبة من سطح المنحدر ونقل الترسبات عند قاعدته. في الوقت نفسه ، تظهر تجاويف الجريان السطحي على سطح المنحدر والمعروفة بـ **delli** (مشتقة من الألمانية **Delle** بمعنى التعميق أو الخفض) وهي تجاويف ذات قاع مسطح ممدود خطيًا بدون مجرى مائي ثابت ، وأحيانًا مع قناة بدائية على شكل حروز و أخاديد يبلغ طولها بضعة أمتار وعمقها عدة سنتيمترات. هذه الأشكال الجيومورفولوجية المائية من الممكن ان تتعمق لتصل إلى (2 متر) وعرض (حتى 3 أمتار) وتكون طويلة ، والتي بدورها ومع زيادة الجريان السطحي ، يمكن تحويلها إلى وديان - أشكال من التدفقات المؤقتة للقناة بالفعل. عموماً تتشكل الوديان نتيجة للنشاط المشترك لمياه الذوبان والأمطار وانزلاق التربة (بسبب الانحدار وعمليات الانحدار الأخرى).

يتراوح طول أخاديد **delli** من عشرات إلى 1000 متر وعرضها يصل إلى 20 مترًا وعمقها يصل إلى متر واحد ، ولا يتم التعبير عنها بوضوح في التضاريس وغالبًا ما تكون ملحوظة فقط بسبب التغيير في طبيعة الغطاء النباتي. ان ظاهرة مجاري **Delli** هي شكل انتقالي من الانجراف المستوي إلى التآكل الخطي.

كذلك تكمن المادة المهدمة (الركامية) بهيئة وشكل أعمدة ، تتدلى من المنحدر ، كما ان سمك الرواسب صغير (الرمل و الحصى الصغير وغيره) قد يصل سمكها إلى 10-20 م. في نفس الوقت ، في الجزء العلوي من العمود ، يكون سمك الرواسب ضئيلاً ، ويزداد باتجاه القاعدة وينخفض مرة أخرى نحو المحيط. اما في هيكل الأعمدة الكبيرة (التي يمكن أن يصل طولها إلى مئات الأمتار - بضعة كيلومترات) ، يُلاحظ تقسيم الرواسب: بالقرب من المنحدر ، توجد المواد ذات الحبيبات الخشنة ، وعندما تتحرك بعيداً عن المنحدر ، تصبح أكثر دقة.

يتم تطوير أعمدة الغمر (Deluvial plume) ضمن نطاقٍ واسعٍ على منحدرات وأسطح المدرجات في مناطق الأراضي المنخفضة في الغابات ، مما يؤدي إلى تلطيف وتنعيم مدرجات الأنهار القديمة ، وتشكيل منحدر فوقها على غرار منحدرات المدرجات في مناطق التندرا (انظر الشكل 18.6).

يرتبط تكوين غرينيات المكيث (deluvial placers) بالغسيل المستوي للمواد على المنحدرات، حيث تنشأ غرينيات المكيث هذه من أجسام خام - السدود ، عروق كوارتز ، كتل صخرية متداخلة - أو من المكيث الاقدم نفسه، ويتشكل الأخير مباشرة فوق مخرج المصدر الأساسي إلى السطح (الشكل 26.8).



الشكل (26.8) حالات تشتت المعادن الخام في رواسب المنحدرات (وفقاً لـ S. S. Voskresensky)

حيث إن : 1 - صخور الأساس; 2 ، مناطق خام (Ore deposits zone) ; 3 - الطمي القديم ; 4 ، رواسب المنحدرات القديمة ; 5- الطمي الحديث; 6 - رواسب المنحدرات الحديثة ; 7- رواسب المنحدرات المخصصة بشظايا صخور من مناطق الخام او المكث الاقدم

من وجهة نظر واضحة، فإن غرينيات المكث الغاطسة لها شكل قطاع أو نطاقات إنتشارٍ معينة، حيث تقل كمية المكونات المفيدة بالإبتعاد عن المصدر الأساسي. ونادراً ما يتجاوز سمكها (0.5 - 1 م) وفقاً لـ (S. S. Voskresensky) على الرغم من تعدد غرينيات المكث ، إلا أنها نادراً ما تكون ذات أهمية صناعية، ويبدو ان مرجع ذلك يعود الى قلة سمكها في هذه الجهات.

عموماً فالجدول (2) يوضح تصنيف رواسب المنحدرات وفقاً لـ (E.V. Shantser)

الجدول (2) تصنيف رواسب المنحدرات (E.V. Shantser)

النوع	المجموعة	الاصل النوعي genetic type	الاصل النوعي الفرعي genetic subtype
المنحدر Slope	الجاذبية gravitational	رواسب غرينية رخوة Colluvium	الإنهيار الأرضي (الإنهيار، الإنهيار الزلزالي) الركام الصخري Scree
		الإنزلاق الأرضي Landslide (delapsion)	كتل كبيرة (منزقة) التدفق (التيارات أو الانهيار الفلوري)
		رواسب الهجر - الإنكماش Deserption	اصل برودة (تجمد) اصل حراري (من الحرارة)
		رواسب التربة المتدفقة Solifluction	اصل مائي لزجة بطيئة slow solifluction
			سريعة Rapid solifluction
		الترسبات الطينية المغسولة deluvium	
		الترسبات النهرية الطينية *	

ملحوظة: * المجموعة الدلفيوم في عدد من التصنيفات تشير إلى سلسلة الاصول الإرسابية
(الجينية) النهرية - fluvial genetic series

4.3.8. المنحدرات والأنواع المركبة من حركة المواد الفتاتية الركامية

هذه الظاهرة تتشكل نتيجة للعمل المشترك للعديد من عمليات التعرية والتراكم (الترسيب). لذلك، على سبيل المثال ، في الجبال في منطقة التطور الجيومورفولوجي للتربة الصقيعية الدائمة أو الموسمية ، تتشكل منحدرات شديدة الانحدار (حوالي 35 درجة) تحت تأثير مشترك من عمليات الجاذبية (scree) و (solifluction) منحدرات الجاذبية ، والمنحدرات (15 درجة أقل) ، فتجتمع تحت تأثير هذه العوامل المختلفة مجموعة ترسبات متراكمة مختلفة ومعقدة كنتيجة لذلك.

على المنحدرات شديدة الانحدار ، حيث يترافق تساقط المواد مع الطمي وانجراف المواد العضوية أيضا ، ثم تتشكل منحدرات الجاذبية. اما في المناطق القاحلة ، فيحدث الانجراف المسطح غالباً بالتزامن مع إنجراف المواد أو مع الانجراف الخطي عن طريق التدفقات المؤقتة. كما إن أعمدة المنحدرات الغرينية الناتجة عن الجاذبية الأرضية المتكونة، في هذه الحالة يكون لها منحدر أكبر من أعمدة الانحدار أو الإنجراف الغريني البحت. في بعض الأحيان على منحدرات وديان الأنهار ، لوحظ وجود مزيج أكثر تعقيداً من عمليات المنحدرات مع العمليات الأخرى.

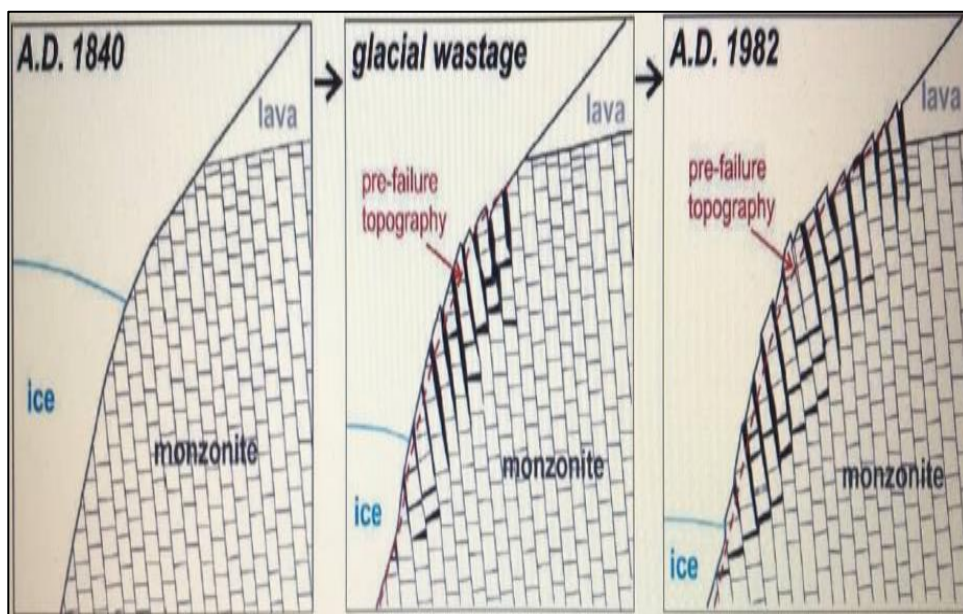
لذلك ، وبسبب متوسط الانحدار لمنحدرات التعرية لوادي نهر بيلايا (النهر الأبيض) داخل مدينة أوا الذي يكون مضطرباً نتيجة الإنزلاقات -الانهيارات الأرضية بشكل مكثف وعميق بسبب الوديان ، اما في الأجزاء الخلفية من الإنزلاقات هذه فتظهر الخنادق أو الممرات الكارستية ، حيث يتم تطوير الخنادق الكارستية بشكل واضح .

4.8. التطور الزمني للمنحدرات

كما ذكرنا سابقاً، تخضع المنحدرات لعمليات تحولٍ مستمرة ، فهي تتطور جنباً إلى جنب مع التضاريس الاخرى، والتي تعد جزءاً مهماً منها. كذلك فإن التوزيع المكاني ونظام الحركات التكتونية بمختلف الرتب والأنواع ، والتي تشكل العامل الأساسي لتطور وتغير تضاريس سطح الأرض ، لا تظل ثابتة بمرور الوقت.

كذلك تتغير الظروف المناخية أيضاً ، والتي تحدد مسبقاً عمليات التحول الخارجي للنواتج التضاريسية التكتونية. تبعاً لذلك ، تتطور المنحدرات باستمرار وان أحد ابرز المظاهر الشائعة لهذا التطور في هذه التضاريس هو ظهور خطوات ومصاطب المنحدرات ، الذي يميزها من حيث المدة والتفاوت في العمليات، بما في ذلك توقف عمليات الرفع الارضي (processes uplift) والتعرية (erosion-denudation processes) في القارات.

وفقاً لهذه الخلفية العامة ، تغيرت طبيعة العمليات الجيومورفولوجية على المنحدرات التي تم إنشاؤها مسبقاً. وهكذا ، فأثناء ارتفاع درجة حرارة المناخ ، تحولت حدود المناطق الباردة إلى الشمال ، وبدأت المنحدرات التي تشكلت في وقت مبكر تحت تأثير العمليات المرتبطة بذلك ، على سبيل المثال ، مع التربة الصقيعية (solifluction) ، وما إلى ذلك) ، في التحول بفعل العوامل الأخرى ، وعلى سبيل المثال ايضاً عملية الغسل المستوي ، والتساقط ... إلخ. اما في فترات تبريد المناخ (العصور الجليدية) فقد سارت العملية في الاتجاه المعاكس، الشكل (27.8).



الشكل (27.8) شكل تخطيطي عن الانقلاب التراجعي بعد ترقق النهر الجليدي، الذي حدث بعد ذروة العصر الجليدي الصغير (AD ~ 1840) في جبال الساحل (كولومبيا البريطانية - كندا) تؤدي جميع عمليات تعرية المنحدرات إلى تسطحها وقصها وتراجعها التدريجي بالتوازي مع نفسها، حيث يتم تسهيل ذلك عن طريق القطع الجانبي من خلال تدفقاتها المؤقتة أو الدائمة. نتيجة لذلك، تتشكل الأسطح المائلة قليلاً - الأقواس المغطاة بغلاف رقيق من مادة الفتات - أمام منحدرات شديدة الانحدار (انظر الفصل 13). وبهذا فإن عمليات تحويل المنحدرات المتماثلة والمتنوعة متواجدة في كل مكان، وبذلك فإن جميع المنحدرات، في جوهرها هي تكوينات متعددة الأصول ومتعددة الأزمنة .

5.8. الإنهيارات والإنزلاقات الأرضية الناتجة عن التدخل البشري

في معظم الأحيان، يكون تدخل الإنسان في بيئته تحقيقاً لمصالحه الإقتصادية في غير صالحها، أي ينتج عن تدخله غير العقلاني نتائج كارثية وخيمة، يترتب عليها تخريباً للبيئة قد يصعب أو لا يمكن إصلاحه. يتمثل هذا التدخل البشري على وجه الخصوص في موضوع "التوازن البيئي"، لاسيما عندما يكون التوازن لمناطق السفوح والمنحدرات (المناطق الجبلية وشبه الجبلية) في اخرج حالاته، وينطبق الحال ايضاً على مناطق التلال وحافات الهضاب.

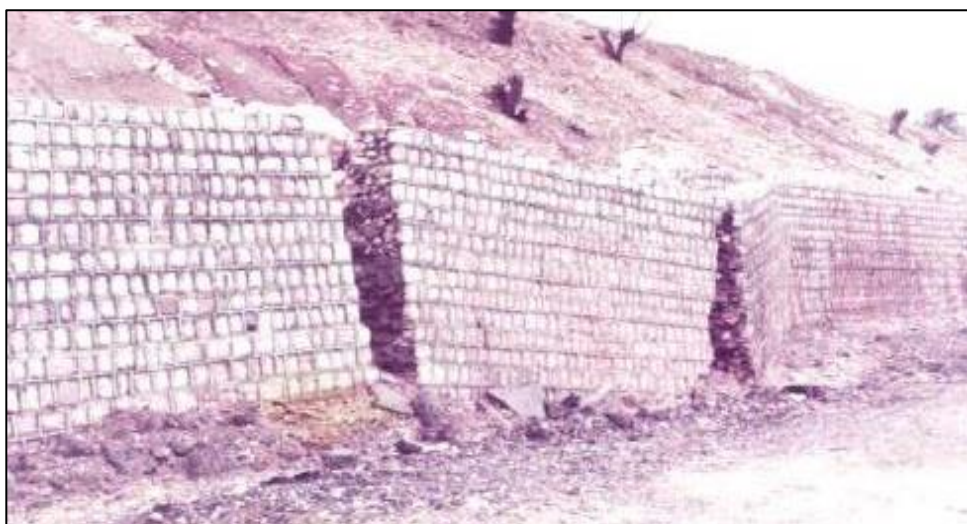
يتمثل هذا التدخل البشري غير المحسوب عواقبه بدقة بإنشاء الطرق وإقامة المنشآت السياحية الثقيلة، فضلاً عن التوسعات الكبيرة في الرقع السكنية الموجودة أصلاً، كما هو الحال في القرى الفلاحية التي تتحول بمرور الزمن إلى مدن صغيرة وتستمر بالتوسع على حساب الارض وتغيير إستعمالاتها بعد أن كانت على أقل تقدير مراعي جبلية في حالة توازن مستقر الى حدٍ ما مع الظروف البيئية.

وفي هذا الصدد، فإن ابرز الأمثلة المحلية التي توضح هذه الحالة وعملية الإخلال بالتوازن البيئي في البيئات حرجة التوازن، يمكن ان نستشهد بها في حالات من العراق فمثلاً، قد تم التخطيط لأنشاء طريقان في محافظات شمال العراق عند نهاية السبعينات من القرن الماضي من قبل وحدات الأشغال العسكرية، وكان أحد الطرق رئيسي يربط مركز قضاء رانية بقضاء راوندوز (أربيل)، ممتداً فوق سلسلة جبال سبيلك ومشرفاً على مضيق كلي علي بك على الجانب الأيسر من حوض الزاب الكبير.

فيما كان الطريق الثاني يربط بين مركز قضاء عقرة وخليفان (الموصل) ماراً بالجبال المحيطة بسد بخمة على الجانب الأيمن من حوض الزاب الكبير، لينتهي الى الطريق القديم الذي يربط بين مدخل كلي علي بك بإتجاه راوندوز.

لقد بوشر العمل بإنشاء الطريقين منذ أوائل الثمانينات تحديداً منذ عام 1980، وقد إنتهى العمل بطريق (رانية - سبيك - راوندوز) عام 1984، فيما إنتهى العمل بإنشاء الطريق الثاني (مبكراً قبل الطريق الأول) وهو طريق [عقرة - دير كبره (نهلة) - بخمة - خليفان] عام 1982.

وقد تمثلت النتيجة المؤلمة للطريق الأول، في إن أجزاء كبيرة منه قد إنهارت مباشرة بعد التشييد، بسبب الإنزلاقات والتخسفات والأنجرافات عند الموسم الأول للأمطار، فيما لم تقاوم الأجزاء المتبقية منه موسماً ثانياً للأمطار، وكانت النتيجة النهائية ان تم فقد هذا الطريق كلياً. أما الطريق الثاني، فإنه لم يقاوم واقعاً إلا موسماً مطرياً واحداً فقط، حتى إن الطريق ودعاماته الجانبية الساندة في عدة مواضع قد تصدعت وتعرضت أجزاء منه الى الأنجراف التام عند الموسم المطري لعام 1983 وفقاً لـ (باسل إحسان القشطيني و ندى شاكِر جودت، 2013)، كما موضح في الشكلين (28.8 ، 29.8).



الشكل (28.8) صورة تُظهرالتصدعات التي حصلت في جدران الحماية للسفوح الشديدة والمتوسطة الإنحدار (45°) على طريق دير كبره في عقرة - محافظة نينوى لعام 1982



الشكل (الشكل 29.8) صورة توضح الإنهيار الكامل للجدار الذي يحمي السفح وإنجراف كامل للسفح الذي يحمل الطريق بعد موسم مطري واحد (عقرة - محافظة نينوى)

1.5.8. طرق معالجة أو وقف العمليات الهدمية للمنحدرات

يمكن إيجاز مايمكن عمله للوقاية من أخطار عمليات الإنزلاقات الأرضية التي تحدث على السفوح والمنحدرات في حال بدئها وحسب درجاتها المختلفة التي يمكن ان لا يتمكن الإنسان من عمل اي شئ تجاهها إذا ما حدثت (باسل القشطيني ، 2013). وهذا الامر يحتم علينا معرفة التالي بشأن هذه الحالات :

أولا - مظاهر حتمية الوقوع : فمثلا عند وجود ظاهرة التدفق أو السيلان الطيني على منحدر ما، فإنه من الصعب جداً وقف هذه الظاهرة. لاسيما عندما تكون زاوية الإحتكاك الداخلية أقل من زاوية إنحدار السفح فإن التوازن يفقد وينتج عن هذا حركة فورية عندما تقل قوى التلاصق بين الجزيئات بفعل وصول الماء الناتج عن التساقط المطري او غيره، عليه فإنه من الصعوبة بمكان إعادة الإستقرار لمثل هذه السفوح والمنحدرات عند حدوث ذلك .

ثانياً - المعالجات الوقائية وأنواعها : إن القوى الداخلة المنشئة لهذه الظواهر (متمثلة بـ إنزلاق التربة والإنهيارات) تكون قليلة، عليه يتوجب قبل كل شيء منعها من الحدوث، نظراً لأن حدوث مثل هذه الكارثة يكون ناتجاً عن مجموعة أحداث صغيرة ثانوية تتجمع دفعة واحدة وتتضخم حتى تشكل الكارثة. لذلك، فإن التدخل منذ البداية يمكن إيقاف بعض هذه القوى المؤثرة في تشكيل ونشأة هذه الظاهرة.

لذلك يمكن ان تكون المعالجة الوقائية على ثلاثة أنواع متمثلة بالآتي :

1 - يجب ان يتم تحديد نشاطات وفعاليات كافة العمليات التخطيطية ذات الأهداف الإقتصادية - البشرية المختلفة بالوضع الجيولوجي للمنطقة المستهدفة (لاسيما مايتعلق منها بالبنية الصخرية)، أو على وجه الدقة وضعها الجيومورفولوجي (تطور التضاريس من البنية الصخرية). عليه، فيجب إعداد الدراسات المسبقة الضرورية عن هكذا مشاريع ومناطق إنشائها، بحيث تستند هذه الدراسات على المعرفة الكاملة بالموقع والموضع لكل الطرق والمنشآت الواقعة على المنحدرات ذات التوازن غير المستقر أو الحرج، وفي مناطق تواجد المياه بأنواعها السطحية والجوفية.

2 - يجب العمل على إعداد و توفير جرد دقيق بالمناطق الخطرة جيولوجياً، على ان يكون ذلك متعدياً من جانب هيئة علمية متخصصة بهكذا مواضيع جيولوجية - جيومورفولوجية. عليه فبعض هذه الإعدادات ستمكن المنفذين من تهيئة الأمور الوقائية اللازمة لهكذا احتمالات خطيرة، وبعبكسه فإن التخطيط الإعتباطي والتنفيذ لهكذا مشاريع سيلحق الضرر الكبير بالإنسان وموارده .

3 - ضرورة عمل خرائط للأخطار البيئية مستندةً بدورها على الخرائط الطبوغرافية التي تهيئ إمكانية تمثيل البيانات الديناميكية لتطور البيئة الجيومورفولوجية، كذلك الخرائط الإيكولوجية وخرائط النبات الطبيعي للموقع المستهدف، للمناطق التي فيها غطاء نباتي ذي أهمية بيئية أو إقتصادية. وتستخدم لهذا الغرض خرائط بمقياس 1/50000 أو أكبر من هذا المقياس حسب مساحة المنطقة المستهدفة لإقامة تلك المشاريع مختلفة الاهمية الإقتصادية والوظيفية.

ثالثاً - التخطيط غير المجدي والتحديات: توجد أنواع من التخطيطات والإجراءات التي إتبعت وتُتبع في موضوعات معالجات الإنزلاقات والإنهيارات الارضية والتي يجب العمل على الحد منها. من هذه الإجراءات العقيمة غير المجدية :

أ- إقامة وإنشاء الحواجز والسدود: يجب التوقف عن إستخدام السدود لحجز المياه أو السيول الطينية على المنحدرات، حيث أن السد يمكن أن يترك المواد التي يحتجزها إذا ماوردت اليه مع مواد اخرى متحركة. كما إن الوحل الطيني السائل عند تجمعها خلف السدود، فإنه سيبقى رطباً ولن يجف بسرعة، مما يؤدي إلى تكون جيوب ارضية سرعان ماتعمل على تصديع السد فيتولد عندها جريان طيني مركز. وهذا ما يمكن أن يتسبب بحدوث أخطارٍ جسيمة، مقارنة بالانتشار السطحي العام للمواد الطينية التي تتوقف عند جفافها التدريجي. كما إن السدود الترابية مثلاً، يجب تعويضها بإنشاءات أكثر خفة وذات فتحاتٍ تسمح للماء أن يترشح عبرها، وتعمل على ان تحجز المواد الكثيفة. كما يُفترض أن تكون لهذه الفتحات القدرة على إمرار المواد الثقيلة إذا ما دعت الحاجة لذلك تحت طائلة الدفع الشديد لمواد السيل الطيني. لذلك، فإن إنشاء سلسلة من هذه الإنشاءات الشبيهة بالسدود الموضوعة واحداً تلو الآخر، ستكون بلا شك ذات فائدة كبيرة أكبر بكثير من سدٍ ترابي واحد.

ب - إقامة وإنشاء الجدران الحاجزة : حيث تعمل مثل هذه الإنشاءات على إيقاف تدفق المياه التي ترطب التكوينات المحجوزة خلفه، وعادة ماتحتوي الجدران الموضوعة على المنحدرات بجانب الطرق على فتحات صغيرة لإمرار المياه، لكن غالباً ماتتشكل جيوب سائلة خلف هذه المواقع ويكون عندها الضغط (الدفع) كبير جداً مما يتسبب في هدم مثل هذه الجدران .لذلك يجب أن تكون الأنشاءات لهذه الجدران ذات منافذ لإمرار المياه المتجمعة ممايجعلها أكثر فاعلية وأطول عمراً.

ج - إنشاء القنوات المائية : من المفارقات في أحيانٍ كثيرة بأن تكون السفوح كثيرة التعرض للمياه السطحية الناجمة عن التساقط المطري او ذوبان الثلوج وغيره، مما

يزيد من تولد الحالات الحرجة للسفوح وحدث الإنزلاقات الأرضية عليها. لذلك فإن الحل الواجب تبنيه في هذه الحالة، هو توجيه المياه المتجمعة وطردها الى أسفل المنحدر عبر قنوات مائية ما أمكن ذلك. وخلاف ذلك، فإن الإنتفاخات الحاصلة للتربة ستأخذ مجراها ولايمكن وقف هذه المرحلة حيث ستتولد بالتعاقب إنتفاخات أخرى فيما بعد.

الإستنتاجات

إن تضاريس سطح الأرض هي تكوينات جيولوجية، وهي إنعكاسٌ طبيعي للحركات التكتونية والهياكل الجيولوجية التي أنشأتها ونشأت عنها، ومن ثم فإنها قد تحولت إلى أشكال أخرى مختلفة بواسطة عمليات خارجية. وبالتالي تعكس التضاريس الأرضية تفاعل الغلاف الصخري (العمليات الداخلية) مع الغلاف المائي والغلاف الجوي والمحيط الحيوي (العمليات الخارجية).

لقد خلق عمل القوى التكتونية التضاريس الرئيسة، ومن خلال العمليات الخارجية والأشكال التي أنشأتها ، تظهر بشكل مباشر أو غير مباشر بنية تكتونية - تركيبية تتكون من عناصر قديمة وحديثة. وبالتالي فإن أشكال التضاريس الأرضية هي مؤشر على الحركات التكتونية والهياكل التي أنشأتها. كذلك يُحدد المناخ توزيع العمليات والأشكال الخارجية على سطح الأرض ، لذلك تختلف مؤشرات الحركات التكتونية والهياكل في كل منطقة مناخية.

إن تضاريس سطح الأرض عبارة عن مجموعة معقدة من أشكال مختلفة الرتبة والنشأة والعمر، ففي التضاريس الحديثة ، تتواجد الأشكال الأرضية المختلفة في نفس الوقت، وتتشكل في أوقات مختلفة وتحت ظروف مختلفة.

التضاريس الأرضية ليست شيئاً جامداً وثابت الشكل، لأنه يتغير باستمرار. كما إن العديد من الأشكال التي تشكلت منذ ملايين السنين تحت تأثير بعض العمليات وتحت ظروف هيكليّة ومناخية معينة ، ووقعت في ظروف أخرى ، نجدها تتحول تحت تأثير عمليات أخرى. كل هذا ينعكس في خصوصية واحدة أو أخرى من أشكال التضاريس الأرضية (الأشكال الجيومورفولوجية) .

نظراً لأن التغيير في الظروف التكتونية والمناخية يحدث بشكل دوري أو إيقاعي (الدورات التكتونية الصخرية ، الطبيعة المستمرة لكن المتغيرة للحركات ، والتبريد والاحتراق (العصور الجليدية- الدافئة) الدوري، لذلك فإن التطور الدوري والإيقاعي هو أيضاً سمة من سمات الأشكال الأرضية المختلفة. وهي تتجلى بشكل واضح في تكوين وديان الأنهار، المدرجات البحرية وتضاريس الأنهار الجليدية، حيث تتجلى الدورة والإيقاع في تطوير أسطح التسوية من مختلف الأنواع والأعمار ، والتي تحدد الهيكل المتدرج للتضاريس ، في أشكال كارستية ، ريحية ، ليس فقط على السطح ، ولكن أيضاً على شكل اشكال جيومورفولوجية مدفونة. هذا الأخير يعكس العصور القديمة لتشكل التضاريس، وبالتالي، فإن الاشكال الارضية التضاريسية هي ناقل للمعلومات حول تاريخ الأرض ماضياً وحاضراً ومن ثم مستقبلاً .

تُغير الأشكال الأرضية المتشكلة من نفس التكوين في مختلف الظروف المناخية والهيكلية مورفولوجيتها ، وتكتسب ميزات تعكس هذه الظروف. وهكذا ، فإن بُنية وديان الأنهار في التندرا تتأثر بالعمليات الجليدية الباردة، وفي الصحاري بعمليات الظروف الصحراوية القاحلة.

وديان الأنهار والأنهار الجليدية والأشكال التضاريسية النهرية الأخرى لها أشكال مختلفة في المناطق الجبلية عنها في الجهات المستوية. كما يترافق تكوين التضاريس مع تكوين رواسب مترابطة (من نفس العمر) ، وكذلك تضاريس معينة مما يعكس ظروف تكوينها المختلفة. ويحتوي كل شكل أرضي تقريباً على نوع خاص به من الرواسب ، والذي يتكون من هذا الشكل (إما السهول الفيضية او المراوح الغرينية وما إلى ذلك) ، أو يقع بالقرب منه ، أو يتم إزالته على مسافة ما. تتمثل إحدى مهام الجيومورفولوجيا في معرفة وإنشاء هذا الارتباط واستخدامه في تحديد عمر التضاريس، وفي البحث عن المعادن وفي حل المشكلات العملية الأخرى.

مترابطة الأشكال الأرضية من نشأة مختلفة مع بعضها البعض. يستلزم تكوين بعض الأشكال تكوين أشكال أخرى. هذا هو الأساس لتخصيص سلاسل أو سلاسل زمنية أو سلاسل ، حيث تترابط الأشكال الرئيسية للتضاريس - الجليدية والرسوبية والبحرية والرواسب المقابلة لها. ترتبط جميع أشكال التضاريس الأخرى - المنحدر ، الريحية ، وغيرها - بهذه الأشكال من التضاريس. لذلك فإن معرفة هذه السلسلة مهمة لتحديد عمر التضاريس ، والترسبات المترابطة وإعادة بناء تاريخ التحول الشكلي للتضاريس على سطح الأرض.

تُعد التضاريس الأرضية (الأشكال الجيومورفولوجية المختلفة) مكوناً مهماً من مكونات البيئة البشرية ويتم استخدامها أو أخذها في عين الاعتبار في جميع أنشطته الاقتصادية وغيرها. فهي مصدر مهم للمعادن، حيث إن جميع التضاريس تقريباً هي وعاء لبعض المعادن ، بما في ذلك الماء. عموماً تتشكل المعادن في وقت واحد مع التضاريس ، وتمثل هذه المعادن وتجمعاتها رواسب مترابطة مع الأشكال الأرضية المختلفة.

على سبيل المثال ، الصخور الرسوبية والبحرية وما ينتج عنها من طبقات من الحصى الناعم والحصى و الجلود الذي يستخدم كمواد بناء وغيرها خير مثال على ذلك. يجدر بالذكر فان بعض المكونات الغرينية المفيدة تتحرك جنباً إلى جنب مع الرواسب المترابطة ، مثل رسوبيات الطمي ، أو تتركز في التضاريس الموجودة (كالبوكسيت في الخسفات الكارستية ، والنفط في الحواجز المدفونة والدلتا ، وما إلى ذلك). كما تشكل التعرية أو أشكال التعرية الأخرى أجسام خام مفتوحة ، وخزانات مائية جوفية تقع على أعماق مختلفة.

يتم أخذ اشكال سطح الارض التضاريسية في عين الاعتبار من قبل المؤسسات والاشخاص المسؤولين عند إختيار مواقع الاستيطان والتخطيط لها. في الوقت نفسه، فإن الجانب الجمالي للتضاريس الأرضية ليس له أهمية كبيرة، حيث إن الإمكانيات التقنية المتاحة للإنسان تمكنه من استثمار مختلف الاشكال الأرضية وإضفاء الطابع الجمالي عليها والذي يكون كبيراً جداً في حال كان التخطيط متوافقاً مع البيئة.

المصادر والمراجع

1. Arp, C. D., Whitman, M. S., Jones, B. M., Grosse, G., Gaglioti, B. V., & Heim, K. C. (2015). Distribution and biophysical processes of beaded streams in Arctic permafrost landscapes. *Biogeosciences*, 12(1), 29–47.
2. Davydov V. I. et al. Radioisotopic and biostratigraphic constraints on the classical Middle–Upper Permian succession and tetrapod fauna of the Moscow syncline, Russia, April 29, 2020
3. Jolivet, M.; Dominguez, S.; Charreau, J.; Chen, Y.; Li, Yongan; Wang, Qingchen (2010). "Mesozoic and Cenozoic Tectonic History of the Central Chinese Tian Shan: Reactivated Tectonic Structures and Active Deformation" *Tectonics*. 29 (6): 1–30.
doi:10.1029/2010TC002712.
4. Obruchev, V.A., (1948): Osnovnye cherty kinetiki plastiki neotektoniki. Izv. Akad. Nauk, Ser. Geol., 5: 13–24.
5. Pánek, T., & Klimeš, J. (2016). Temporal behavior of deep-seated gravitational slope deformations: A review. *Earth–Science Reviews*, 156, 14–38.

6. Robert S. Tye; James M. Coleman (1989). "Depositional Processes and Stratigraphy of Fluvially Dominated Lacustrine Deltas: Mississippi Delta Plain". *SEPM Journal of Sedimentary Research*. 59. doi:10.1306/212f90ca-2b24-11d7-8648000102c1865d.
7. Shrestha, A. B., Eze, G. C., Adhikary, R. P., & Rai, S. K. (2012). *Resource manual on flash flood risk management. Module 3: structural measures*. International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD).
8. Wang, Bo; Shu, Liangshu; Faure, Michel; Jahn, Bor-ming; Cluzel, Dominique; Charvet, Jacques; Chung, Sun-lin; Meffre, Sébastien (16 November 2011). "Paleozoic tectonics of the southern Chinese Tianshan: Insights from structural, chronological and geochemical studies of the Heiyingshan ophiolitic mélange (NW China)". *Tectonophysics*. 497 (1–4): 85–104. doi: 10.1016/j.tecto.2010.11.004.
9. Whalley, WB (1984). "Rockfalls". In Brunsden, D.; Prior, DB (eds.). *Slope Instability*. Chichester: John Wiley and Sons. pp. 217–256.
10. В.Н.Михайлов. (2002): изменчивые речные дельты, МГУ – Россия;

http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/04_02/DELTA.HTM

11. В.Н.Михайлов. (2002): изменчивые речные дельты, МГУ — Россия;
http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/04_02/DELTA.HTM
12. Вагнер Б. Б., Манучарянц Б. О. Геология, рельеф и полезные ископаемые московского региона. Учебное пособие по курсу «География и экология Московского региона». — М.: МГПУ, Географический факультет, 2003/ — 81 с.
13. Игорь Николаевич Рыжов. Неотектоника Европейского Севера СССР. — Наука. Ленингр. отд-ние, 1988-01-01. — 100 с.
14. Н. А. Агаджанян, И. Б. Ушаков, В. И. Торшин, П. С. Турзин, А. Е. Северин, Л. И. Дубовой, Н. В. Ермакова. М.: "КРУК", 1997 .Экология человека. Словарь-справочник. Под общей редакцией академика РАМН Н.А. Агаджаняна. Авторы-составители ,208 с.
https://popovgeo.sfedu.ru/lecture_6
15. Н. А. Агаджанян, И. Б. Ушаков, В. И. Торшин, П. С. Турзин, А. Е. Северин, Л. И. Дубовой, Н. В.

- Ермакова. М.: "КРУК", 1997 .Экология человека. Словарь-справочник. Под общей редакцией академика РАМН Н.А. Агаджаняна. Авторы-составители ,208 с.
https://popovgeo.sfedu.ru/lecture_6
16. Николай Иванович Николаев, В. А. Пуура, Анто Раукас. Тезисы докладов Всесоюзного совещания "Проблемы неотектоники и современной динамики литосферы". — Ин-т геологии АН ЭССР, 1982-01-01. — 212 с.
17. Попов, Ю. В., & Пустовит, О. Е. (2016). *Курс «Общая геология»: «Карст»*. москва-берлин. Directmedia.
18. منذر علي طه الخالدي و ياسر محمد عبد (2018). إستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في تصنيف الوحدات الجيومورفولوجية لحوض مدينة السليمانية، مجلة ديالى- العدد 78.
19. باسل إحسان القشطيني ، ندى شاكر جودة (2013). المظاهر الجيومورفولوجية الديناميكية على السفوح المنحدرة ومخاطرها والآثار المترتبة عليها، دراسة للمظاهر في كردستان العراق، كلية الآداب - قسم الجغرافية / جامعة بغداد، ص 14 .
20. <https://www.ancient-origins.net/ancient-places-americas/finding-badlands-guardian-canada-0010803>
21. https://en.wikipedia.org/wiki/Turpan_Depression

22. <https://www.britannica.com/science/hypsometric-curve>
23. http://burbank.faculty.geol.ucsb.edu/Site/Publications_files/Lu%20Alluvial%20sequence%20in%20the%20north%20%20piedmont%20of%20the%20Chinese%20Tian%20Shan%20Palaeo3%202010%20copy.pdf

ملحق الصور والأشكال



صدع زاحف في اسكتلندا

حيث تتكون الكتلة الرمادية غير المنتظمة من صخور النيس القديمة (**Archaean or Paleoproterozoic Lewisian gneisses**) التي تم دفعها وإزاحتها فوق صخور كوارتزيت الكامبري (**Cambrian quartzite**) جيدة الفرش (**well-bedded**)، على طول الجزء العلوي من الوحدة الأصغر عمراً

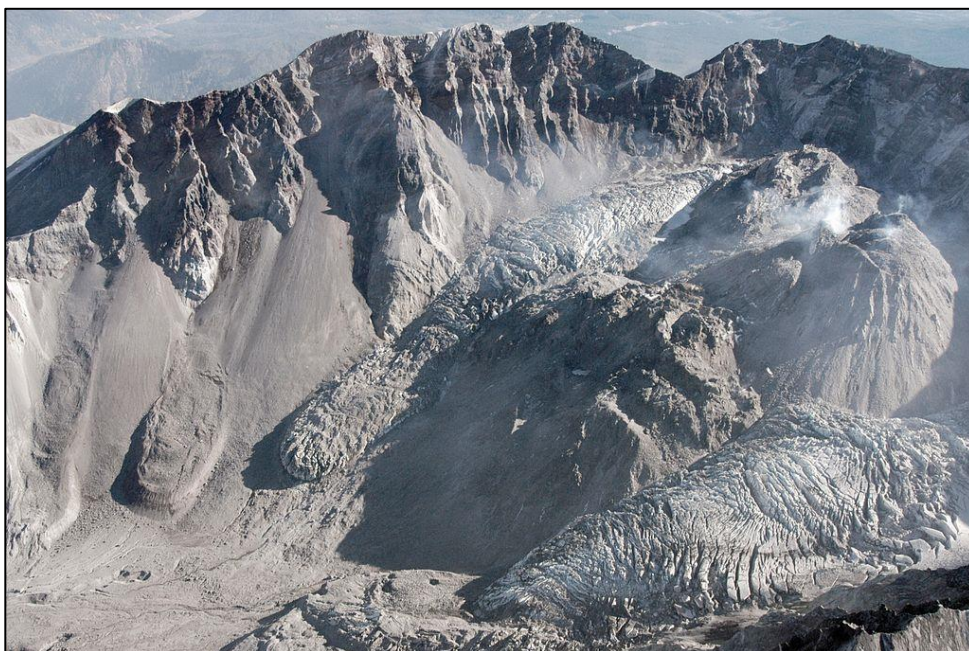


**نهر اليتش الجليدي – Aletsch Glacier الذي يعد أحد أطول الأنهار الجليدية
في سويسرا**

حيث يبلغ طوله حوالي 23 كم وقد تم تصنيفه كأحد مواقع التراث العالمي وفقا
لليونيسكو، وقد تم العثور على هذه الأنهار الجليدية في الجزء الغربي الجنوبي من
سويسرا في منطقة أليتش.

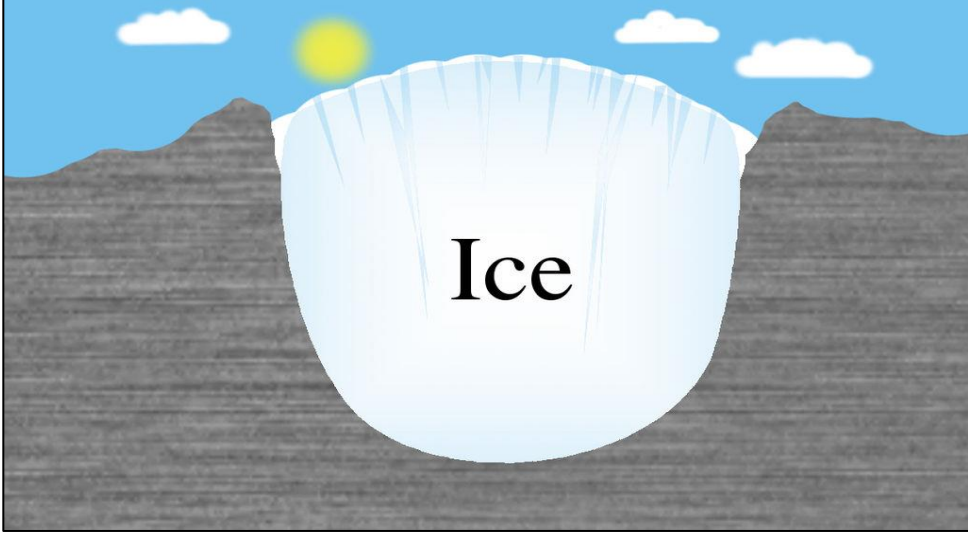


الصورة بتاريخ مايو 1982: يُلاحظ تراكم الثلوج في مآزر الحطام من الانهيارات الثلجية المتكررة من جدران الحفرة البركانية - **crater walls** (خلف قبة الحمم البركانية المتصاعدة في الثمانينيات)



الصورة في أكتوبر 2006: تُبين الأنهار الجليدية في فوهة جبل سانت هيلينز

حيث يتشكل نهر كريتير الجليدي على شكل حدوة حصان حول القباب الجديدة التي تطورت في فوهة البركان - **crater** ، ويظهر الفص الغربي للنهر الجليدي في أسفل اليمين ويمكن رؤية نهريين جليديين آخرين على يسار الفص الشرقي



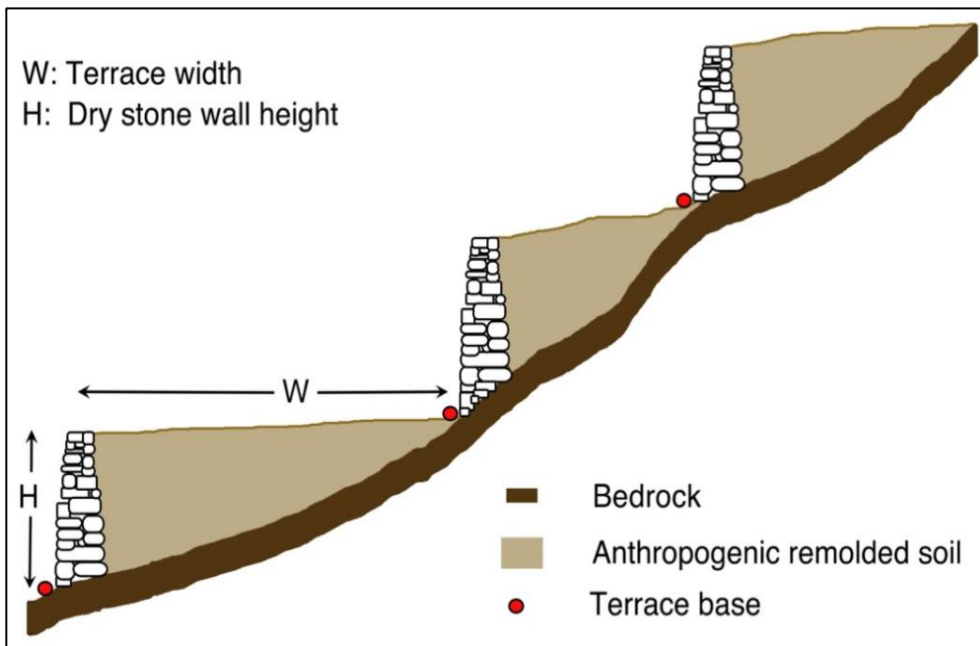
رسم توضيحي لوادي جليدي على شكل حرف U وهو قيد التكوين والتشكل



صورة تُظهر الحافة الغربية من Skei ofarár sandur في آيسلندا مبينةً قنوات الصرف النموذجية المنتشرة في سهول الإنجراف - سهول ساندور



صخر غمي في آيسلندا



مخطط توضيحي لبعض أجزاء مكونات المدرجات - المصاطب النهرية

نبذة عن سيرة المؤلف



د. أحمد سعيد ياسين الغريري

الولادة : عام 1975 في العراق – محافظة القادسية – الدغارة (رسمياً) ، مدينة الناصرية (منطقة الحبوبي) – محافظة ذي قار (فعلياً) .

نال درجة الماجستير في الجيومورفولوجيا النهرية من جامعة بغداد – كلية الآداب عام 2000، بعدها قام بإتمام خدمة العلم (الخدمة العسكرية). وبعد ذلك، إنتقل إلى الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى (ليبيا) عام 2001 للعمل في جامعاتها ومعاهدها العليا بصفة عضو هيئة تدريس – أستاذ جامعي، تحديدا في شعبية المرقب – مدينة زليتن (مدينة الشيخ عبدالسلام الأسمر – "رض")، في قسم الجغرافية للمعهد العالي لإعداد المعلمين (كلية التربية حالياً) في سوق الثلاثاء.

عاد إلى العراق بعد الإحتلال الأمريكي مباشرة عام 2003، وعمل بصفته أستاذاً جامعياً في جامعة القادسية – كلية الآداب – قسم الجغرافية لتدريس مادة علم الأشكال الأرضية \ الجيومورفولوجيا – **Geomorphology** منذ عام 2003 وحتى الآن.

أثناء خدمته الجامعية داخل العراق حصل على زمالة دراسية لنيل شهادة الدكتوراه من إحدى الجامعات الروسية عام 2013، وبعد إنجازه لكورس اللغة الروسية، تم قبوله في الجامعة الروسية الحكومية للتنقيب الجيولوجي – موسكو والمعروفة بـ "سيرغو اورجين كيدزي" في ايلول – 2014، فحصل على شهادة الأسيرانت في الجيولوجيا عام 2018، فيما حصل على درجة الكانديدات (وهي تعادل درجة الدكتوراه مع اللقب العلمي – أستاذ مساعد) عام 2019 – 2020 بتخصص علم الأرض (دكتوراه في علم الجيولوجيا والمعادن) .

ما زال د. أحمد الغريري يعمل بصفته العلمية – أستاذاً جامعياً في جامعة القادسية لتدريس المواد الدراسية في تخصص الجيومورفولوجيا والجيولوجيا، فضلاً عن تطبيقات الجيوماتكس .

