

علم الجيوهورفولوجيا

تعريفه، تطوره، مجالاته وتطبيقاته

الجزء الأول

تأليف

الدكتور وفوجين الخشاب

أستاذ الجغرافية العامة

كلية التربية - جامعة بغداد

الدكتور مهدي محمد علي الصفاف

أستاذ الجغرافية الساعية

كلية التربية - جامعة بغداد

الدكتور أحمد سعيد حديد

أستاذ الجغرافية العامة

كلية التربية - جامعة بغداد

سأعدت جامعة بغداد على نسبه

رقم تسجيل الترخيص ١٠ السنة الدراسية ١٩٧٧ - ١٩٧٨



١٨٢٥٠



الباب الاول

١ - تعريف الجيومورفولوجيا :

تعرف الفيزيوجرافيا بأنها ذلك العلم الذي يدرس المجالات الطبيعية الثلاث للكرة الأرضية : اليابس والغلاف الغازي والمحيطات . تشكل دراسة الأرض علم الجيومورفولوجيا ، اما دراسة الغلاف الغازي فأنها تكون من اختصاص علم الاقواء وتقع دراسة الغلاف المائي ضمن مجال علم المحيطات (١) .

ان معظم الكتب التي نشرت في مجال الفيزيوجرافيا قد شملت في محتوياتها هذه المواضيع الثلاث ، على ان من المتعارف عليه ان تختص الفيزيوجرافيا بدراسة اليابس ، لذلك يصبح من الاجدر تسمية ذلك الجزء من الفيزيوجرافيا الذي ينطوي على دراسة اليابس بأنه علم الجيومورفولوجيا .

Lobeck, A.K.: Geomorphology. an introduction to the study of (١) landscapes. London, 1939, P. 3.

ان كلمة جيومورفولوجيا Geomorphology كلمة اغريقية تتألف من ثلاثة مقاطع geo ومعناها الارض و Morph ومعناها الشكل او التكوين و logy ومعناها منطق أو علم أو دراسة . لذلك يصح أن نعرف هذا العلم بأنه العلم الذي يبحث في دراسته تكوين الاشكال الارضية . على ان هذا ليس التعريف الوحيد لهذا العلم ، فقد ذكر سباركس Sparkes بأن كلمة جيومورفولوجيا تعني دراسة شكل الارض رغم ان هذا العلم لا يهتم في الواقع سوى اجزءه المخصوص من هذا التعريف الواسع . (٢) فضمن هذا العلم توجد مجالات مختلفة للدراسة . ثم بسط تعريف هذا العلم بحيث اخذ يشمل دراسة العلاقة بين اشكال الارض والصخور التحتية . وربما كان هذا ايسر واول تعريف لهذا العلم باعتباره يمثل وجهها من اوجه الجغرافيا الطبيعية وقد ورد مصطلح الجيومورفولوجيا على انه دراسة لتطور المظهر الارضي .

كما ذكر كنتك King بأن هذا العلم يعني بدراسة شكل الارض وتوضيح العمليات التي تعمل على سطحها ، وفي نفس الوقت ذكر كل من كوك Cooke دوركامب Doornkamp بأن الجيومورفولوجيا تعني بدراسة اشكال اليابس وعلى الاخص طبيعتها وعمليات تكوينها والمواد التي تتكون منها (٣) .

٢ - علاقة الجيومورفولوجيا بالعلوم الاخرى :

لقد ذكر لوبيك Lobeck بأن الجيومورفولوجيا هي فرع من فروع علم الجيولوجيا ، وأشار بأنه في كثير من الاحيان يتماشى هذا الموضوع مع علم دراسة المعادن وعلم الصخور ، وان كل من جيولوجية البنية والجيولوجيا

Sparks, B.W., Geomorphology, Geographies for Advanced Study, (٢) Second Edition, 1972; P. 2. كنتك لاحظ

Cnchlain, A.M., and King; Techniques in Geomorphology, London: 1967, P. 1.

R.N. Cooke, J.C. Doornkamp; Geomorphology in Environmental (٣) Managment; A Introduction: 1974. P. 1.

الديناميكية يسهمان في تفهم علم الجيومورفولوجيا لأنهما يفسران تطور العالم سطح الارض (٤). اما بالنسبة لعلاقة الجيومورفولوجيا مع الجغرافية فان هذه العلاقة تتحدد بشكل واضح عند تعريف علم الجغرافية وتحديد مجالاته، فالجغرافية بمعناها الواسع تعني دراسة العلاقات المتواجدة بين الحياة والبيئة الطبيعية فدراسة البيئة الطبيعية لوحدها لا تشكل علم الفيزيوغرافيا وان مثل هذه الدراسة لاتسمى بالجغرافية الطبيعية، كما ترد في اغلب الاحيان فعلم الجغرافية يمثل حقولا يعرج فيها علم الفيزيوغرافيا على علوم اجتماعية وبايولوجية. فالفيزيوغرافيا سواء أكانت جيومورفولوجيا او علم مناخ او محيطات انما تفسر البيئة التي تتحدد إلى درجة ما توزيع ووضعية العالم الانسانية والحيوانية والنباتية ويذكر سباركس بأن العلاقة بين الجيومورفولوجيا والجغرافيا هي ادق بكثير من العلاقة بين الجيومورفولوجيا والجيولوجيا وذلك لان الجغرافية تدرس مثل الجيومورفولوجيا العالم الموجودة على السطح بدلا من دراسة الرواسب (٥). كذلك كثيرا ما يجد المتبع في علم الجيومورفولوجيا نفسه بحاجة إلى معلومات رياضية وطبيعية وعلى الاختص حينما يعكف على دراسات حركات من مختلف الانواع سواء اكان سبب هذه الحركات الماء او الجليد او الرياح فقد ساهم علماء اخرون بما يتوفر لدينا من معرفة عن مثل هذه العمليات. لقد عمد الطبيعيون على دراسة حركة الجليد، كما درس المتخصصون بعلم المياه في حين اهتم مهندسو البناء بدراسة التغيرات التي تحصل على الغطاءات الصخرية المفككة الموجودة على المنحدرات. لذلك يبدو بأن في علم الجيومورفولوجيا لا توجد حدود تقليدية اذ انه يشمل مواضيع تخص الجيولوجيا وعلم المياه والهندسة والرياضيات والفيزياء والجغرافية وعلم التربة (٦). واخيرا نوكد كما اشار لوبيك (٧) بأنه لا يوجد علم من

Lobeck, A.K. P. 3.

Sparkes, B.W. P. 5.

R.N. Cooke and J.C. Doornkamp; P. 7.

Lobeck, A.K. P. 3.

Sawyer, K.E. Landscape; P. 7.

(٤) ذكر المصدر سابقاً

(٥) ذكر المصدر سابقاً

(٦) وقد ذكر المصدر سابقاً

(٧) وقد ذكر المصدر سابقاً

كذلك لاحظ

العلوم يتفوق ضمن حدود معينة الا أنه يكون في تطور مستمر بحيث يستفي مايراه مناسباً من العلوم الاخرى التي تساعد على تطوره وشموله .

٣- تطور علم الجيومورفولوجيا :

لقد تطور هذا العلم من خلال الكتابات التي قام بها الجيولوجيون والمختصون بعلم المياه وذلك في القرنين الثامن والتاسع عشر (٨) . وقد استعرضت اراء هؤلاء الباحثين بخصوص هذا الحقل من حقول المعرفة في الكتاب الذي وضعه كورلي وبيكنسيل ودن Chorley, Beckinsale and Dun وكان ذلك في عام ١٩٦٤ . لقد نحكم في تطور الافكار الجيولوجية والجيومورفية في اوربا بمدى تقبل فكرة النسقية uniformitarianism التي ظهرت لأول مرة في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر ، ثم اكد عليها كل من جارس ليل في كتابه اسس الجيولوجيا الذي طبع لأول مرة في عام ١٨٣٠ (٩) .

تستند فكرة النسقية على الاعتقاد بأن الحاضر هو مفتاح الماضي وان العمليات التي تعمل في الوقت الحاضر قد عملت ايضا خلال الازمنة الجيولوجية وان التغيرات في اشكال سطح الارض رغم انها بطيئة فانها في الواقع تكون فعالة فعند توفر الوقت اللازم فان مظاهر سطح الارض برمتها يمكن ان تنشأ وتتلاشى مرة ثانية بواسطة قوى بطيئة العمل الا أنها مستمرة في هذا المجال لقد كانت هذه الفكرة تقدماً كبيراً بالنسبة للافكار المتعلقة بالخرجات الفجائية Catastrophic ومن ناحية اخرى يمكن الاستمرار بفكرة النسقية إلى مدى أبعد من ذلك .

فمن السهولة الاعتقاد بأن الفيضانات الشديدة التي تحدث بشكل نادر قد احدثت تغيرات في وديان الأنهار أكثر مما يحدثه جريان المياه بشكل اعتيادي في السنوات الواقعة بين فيضانين من هذا النوع .

(٨) Chorley, Beckinsale. and Dun; The study of land forms or the development Geomorphology 1964.

C.A.M. King; P. 1.

(٩) ذكر المصدر سابقاً

لقد وضع جيمس هتون James Hutton الذي عاش في المدة الواقعة بين ١٧٢٦ و ١٧٩٧ اسسا استند عليها علم الجيومورفولوجيا في العصر الحديث . لقد درس هتون في اول نشأته علم الكيمياء والطب الا أنه تولع بعد ذلك بالزراعة التي دفعته بدورها إلى دراسة التربة والعمليات الجيولوجية وكان اول من نشر في هذا الصدد مقالة المشهور نظرية الارض (the theory of the Earth) وذلك في عام ١٧٨٥ وفي عام ١٧٩٥ نشر كتابا في جزئين تحت عنوان نظرية الارض مع البراهين والمصورات .

لقد اظهرت هذه الكتابات مدى تأثير هتون على كتابات وافكار جي ، أج تولن الذي تناسى كثير من المختصين في هذا الموضوع مدى مساهمته في تطويره وتوضيح حدوده . لقد تقبل تولن فكرة النسقية معتقداً بأن العمليات البطيئة اذا مااستمرت مدة كافية . فانها يمكن ان تؤدي إلى تغيرات واسعة . وفي عام ١٨٠٢ عمّد بليفيير Playfair إلى نشر كتابه الموسوم مصورات عن النظرية الهتونية عن الارض . وقد اثر هذا الكتاب تأثيراً بالغاً على جارلس ليل . وفي هذا الكتاب دأب بليفيير على توضيح آراء هتون و اضاف إليها بعضاً من عندياته . لقد كان بليفيير عالماً بالطاقة الموجودة في الانهار والثلاجات للقيام بعملية النحت ، وقدر كذلك الدور الذي يلعبانه في المواد المتخلفة عن عمل هذه الظواهر .

وقد تعجب بليفيير كذلك بالتوازن الموجود بين القوى التي تعمل على تكوين التربة والقوى التي تؤدي إلى الحركة انكتلية التي يتكون بواسطتها سمكا متناسقاً من التربة تحت غطاء من النباتات . وكانت لدى بليفيير افكار حول اصل الوديان تفوق ماكان سائداً من الافكار في عصره ففي ذلك الوقت كانت الوديان تعتبر مستقلة عن الانهار التي تجري فيها . الا بليفيير بين بأن في مقدور الانهار تكوين مقاطع متدرجة كما تتضمن اعمال هذه الانهار اعمال الانطباع واعمال سابقة .

وقد كتب جارلس عن اسس الجيومورفولوجيا متبعاً نفس الخطوات التي سار عليها بليفير الا أن افكاره التي وردت ضمن هذه الاسس لم يتم فهمها على الوجه الصحيح سوى في النصف الاخير من القرن التاسع عشر وربما كان سبب ذلك ان ليل اكد في كتاباته الاخيرة على التعرية البحرية وفي الكتاب الذي نشره سي . جي جرينوود بالانكليزية تحت عنوان المطر والانهار (١٠) J.Greenwood ظهر اطراء واضح لافكار هتون وليفير وقد اطلق على جرينوود C.G.Greenwood اسم مؤسس ومكتشف فكرة التعرية السطحية الحديثة Modern Subaerialism كما انه اشار إلى اهمية الانهار في عمليات النقل الجيومورفية .

وكانت كتابات جي . كي جلبرت (J . K . Gilbert) مهمة كاهمية استخدامه الطرق العلمية في دراسته وتحليلاته . وقد استخدم في دراسته اربعة عناصر هي : اولا ملاحظة المعالم التي تجب دراستها ثم تنظيم ملاحظاته عنها بطريقة ترتيبية ثم ثانيا : يضع بعد ذلك فرضية لتفسير الخصائص السابقة لهذه المعالم وثالثا - يبدأ باستخلاص النتائج المتوقعة من فرضياته ، واخيرا يبدأ بأختيارها مقابل ملاحظات اخرى جديدة . وبهذا يكون جلبرت قد وضع طريقة التحليل الجيومورفي لحديث Method of Geomorphological analysis على اساس منطقي سليم .

لقد ولد وليم موريس ديفز في امريكا الا أنه كان كثير السفر والتنجوال وقد وضع اهم كتاب له بالجيومورفولوجيا باللغة الالمانية في عام ١٩١٢ . وقد اثر في تطور هذا الموضوع في بريطانيا ومناطق اخرى وذلك من خلال كتاباته وزياراته . فقد قام بتدريس هذا الموضوع في جامعات كبرج واكسفورد وبرلين وباريس فضلا من المكانة التي احتلها لتدريس هذا الموضوع في جامعة هارفرد . وقد كتب عن كثير من المواضيع الجيومورفية ، ابتداء من المظاهر الجليدية وحتى الجزر المرجانية والصحارى . لقد برزت في جميع

هذه الكتابات العقلية التحليلية التي كان يتحلى بها - . فقد قال اس دبليو وولدرج عنه بانه قد فاق (s.w.woldrich) السابقين والتالين كجبل منفرد يرتفع شامخاً فوق سهلة التحاتي . وكانت ابرز مساهمة في تطوير علم الجيومورفولوجيا هي كما قال هو عن نفسه تنسيق تعاقب الاشكال في دورة مثالية والتوصل إلى المصطلحات الخاصة بالجيومورفولوجيا .

ان فكرة دورة التعرية لم تكن فكرة جديدة ، الا أنه عمل تنسيق الفكرة ووصف اشكال ممثلة لها تتميز بوضوحها في كل مرحلة وبعد ان عمل على تطوير ما اسماء بالدورة العادية « Normal Cycle » او الدورة المائتة استمر في تكوين دورات جليدية وجافة وكارستية (١١) .

وربما كانت من ابرز أرائه وفكرته التي وضعت تأكيداً على ثلاثة عوامل يعتمد عليها تكوين المظهر الارضي . فالمظهر الارضي كما يراه ديفز انما هو من عمل البنية Structure والعملية Process والزمن Time . ويكون للعامل الاخير قيمة عملية كبيرة في الوصف الجغرافي في حين تكون البنية اساساً يبني عليه المظهر الارضي . ومن الانتقادات الرئيسية التي توجه إلى دراسات ديفز هي انه اهمل دراسة « العملية » وهي العامل الثاني من العوامل التي ذكرها بنفسه ، وبقي على الجيومورفين المحدثين معالجة هذا النقص .

ان التعميمات والتبسيطات التي اطلقها ديفز واتباعه لم ترق للجيومورفين الالمان الذين كانوا يهدفون إلى الشمول في دراسة الجيومورفولوجيا . فقد نشر اف فان ريشفون بالانكليزية الذي عاش في المدة الواقعة بين ١٨٣٣ و ١٩٠٥ (F.van Richfon) في حوالي عام ١٨٨٦ كتاباً في دراسة اشكال سطح الارض من حيث النشأة عنوان الكتاب بالعربية (المعالجة

الوراثية للتضاريس) Genetic treatment of Land forms

وقد ابد بذلك الفكرة القائلة بأن السهول المتواجدة دون طفيان الماء انما هي

King, C.A.M., PP. 2-7

(١١) لقد ذكر المصدر سابقاً

Davis, W.M., Geographical Essays, وما بعده P. 253. كذلك لاحظ :

سهول بحرية في اصلها . وقد تكونت هذه السهول عندما كان مستوى البحر البحر يرتفع بصورة بطيئة . وكان من ابرز الناقدين هم : البرخت والتر بنك فقد نظر والتر بنك خلافا لديفز إلى دراسة اشكال سطح البحر من وجهة نظر جيولوجية ، وكان الهدف من دراسته هو تحديد القوى الداخلية وذلك عن طريق دراسة المظاهر الارضية الحالية التي عملت في الماضي وتعمل في الوقت الحاضر على هذه المظاهر . وقد عمل بنك على تقسيم هذه القوى إلى قسمين : قوى خارجية تعمل على سطح الارض وقوى داخلية تعمل بصورة داخلية ضمن ارض وتتمثل في الحركات التي تشتمل عليها قشرة الارض . وتتمثل في الحركات التي تشتمل عليها قشرة الارض . وكان من ابرز ماساهم به بنك إلى علم الجيومورفولوجيا هي تركيزه على دراسة كيفية نشوء السفوح Slopes لقد كانت فكرته عن طريقة تكوينها تمثل مظهرا لتفسير وضعه هو للحركات الداخلية في القشرة الارضية ومن الممكن القول بان بنك قد خدم علم الجيومورفولوجيا خدمة جليلة وذلك بتوجيهه الانتباه إلى اشكال السفوح والعمليات التي تؤثر فيها، كما اظهر في نفس الوقت نقاط الضعف التي وردت في قسم من افكار ديفز .

لقد ادت الكتابات الاولى التي ظهرت في مجالات علم الجيومورفولوجيا إلى ظهور طرق مختلفة لدراسة هذا الموضوع برز على اثرها مدارس مختلفة من الافكار الجيومورفية . وهناك ثلاث مدارس رئيسية : ظهرت المدرسة الاولى اثر الدراسات التي قام بها والتر بنك ، ويمكن ان يطلق عليها اسم مدرسة الافكار الحركية ، اما المدرسة الثانية فانها تعطي افضلية لعامل المناخ عند درائة خصائص المظهر الارضي ، في حين استندت المدرسة الثالثة بشكل اساسي على فكرة الارتباط ، ويمكن ان تسمى كذلك فكرة الثبات (Eustatic View) .

وقد افترضت الافكار التي اتى بها بوركارت Bourcart حول التعرجات القارية حدوث حركات في اليابس بدلا من الماء ويدخل ضمن هذا الصنف كذلك الكتاب الفرنسيون والسوفييت الذين يؤيدون وجهة النظر هذه وقد

توضح هذا في الكتابات التي نشرها كل من كيلوكس Cailleux وتركارتر Tricart في عام ١٩٥٤ . وقد نظرت هذه المدرسة إلى ان مظاهر سطح الارض المألوفة هي التي يتوازن فيها معدل ارتفاع قشرة الارض مع التعرية ، بحيث انها تؤدي إلى وجود مظاهر ارضية معتدلة التضاريس .

وقد ظهرت في الاونة الاخيرة مدرسة جيومورفية حديثة تركز اهتمامها حول اهمية التغيرات المناخية في تعليل مختلف معالم الارض . ومن ابرز من كتب في هذا المجال هويلتير Peltier حيث قسم الارض إلى مناطق مختلفة الاشكال استنادا إلى التغيرات التي حصلت في اوضاع المناخ . ومن الملاحظ كذلك ان ال سي كينك (L.C.King) قد وضع العملية Process في مبادئ ديفز الثلاثة بالمرتبة الاولى ، وتبع ذلك ان اصبح المناخ احد العناصر المهمة في تحديد نوع المظهر الارضي ، وسبب ذلك ان العملية تعتمد بصورة جزئية على وضعية المناخ .

وأعقب ذلك اعتبار الاختلافات بين مظاهر الارض في الجهات المعتدلة والجلافة وشبه الجلافة انما هي اختلافات بالدرجة .

لقد عمل المؤتمر الجغرافي العالمي في عام ١٩٢٦ على ايجاد ترابط واسع المدى بين المستويات الثابتة البحرية والمائية في عصرى البليوسين والبليوستوسين ومن ابرز الكتاب في هذا المجال هو أ . ح . بولنك حيث كتب عن الهضبة الوسطى في فرنسا ، واصبحت هذه الكتابات جزءا من بحوثه العامة عن تغيرات مستوى البحر ، وكان لهذه الافكار اثر مهم على تطور علم الجيومورفولوجيا في بريطانيا .

٤ - مجال علم الجيومورفولوجيا - قشرة الارض والغلاف الصخري :
ذكرنا فيما سبق ان علم الجيومورفولوجيا يعني بدراسة الاشكال والهيئات التي يتخذها سطح الارض . لذلك فان مجال هذا العلم ان يتحدد بالقشرة الارضية وهي الجزء الصلب من الارض . تشكل هذه القشرة الكتل اليابسة

اضافة إلى قيعان المحيطات . ويطلق على هذه القشرة اصطلاح الغلاف الصخري Lithosphere . تعني كلمة Litho باللغة اليونانية صخر . يتكون هذا الغلاف من صخور متعددة ، ويشكل كلا من الجيولوجيين والجغرافيين كلمة صخر لا للإشارة إلى شيء صلب بل للذكر المواد التي تتكون منها قشرة الارض سواء اكانت هذه المواد هشة ام صلبة وهكذا يكون البوغاء (أو الطين) (Clay) والرمل صخورا كما هي الحال في الكرانيت والحجر الرملي .

وبالنظر لوجود البراكين التي تقذف صخورا او حمما ذات درجات حرارية عالية فقد اصبح من المعتقد ان باطن الارض كان كتلة من الصخور المصهورة تحيط بها قشرة رقيقة كما ان التواء هذه القشرة انما جاء نتيجة لتقلص كتلة باطن الأرض عندما اصبح اقل حرارة . فاذا صح هذا الاعتقاد فان الارض في المستقبل سوف تكون اكثر برودة مما هي عليه الان رغم عدم وجود دليل مقنع عن ذلك . وقد بين الفيزيائيون بان مركز الارض يجب ان يكون شديد الصلابة واصبح بإمكانهم التوصل الى الوزن التقريبي للارض ، وقد وجد هؤلاء ان وزن جميع الكرة الارضية يساوي ٥,٥ مرة وزن كتلة مساوية من الماء الا ان معدل كثافة الصخور في القشرة الارضية هي ٢,٥ مرة فقط لذلك حتى يتمكن التوصل الى الرقم السابق يجب ان تكون كثافة مركز الارض في حدود ٧ مرات لذلك فقد سمي هذا المركز غلاف الثقيل .

ومن المعتقد ان مركز الارض يتكون بشكل اساسي من معدن الحديد مع نسبة من النيكل وكميات قليلة من المعادن الاخرى . ويلاحظ نفس هذا التركيب في بعض الشهب والنيازك التي سقطت على الارض بين اونة واخرى ومن الدراسات التي اجريت على الزلازل قد بأن سمك قشرة الارض يتراوح بين ٧٠٠ و ١٠٠٠ ميل (١٢)

ومن المعتقد ان القشرة الارضية تشتمل على عدة طبقات فيوجد تحت الصخور لرسوبية الموجودة على سطح طبقة السيلكا الخارجية وتسمى سيال Sial او سال . وهذه تتشابه مع صخور الكرانيت من حيث التركيب . ويقع تحتها صخور اكثر كثافة (طبقة السيلكا الداخلية) وتسمى سيماً Sima وهي تتشابه مع صخور البازلت من حيث التركيب . ويقع تحت الاخيرة طبقة مختلطة من هذه المكونات . ومن المعتقد في نفس الوقت بان الصخور الموجودة تحت قيعان المحيطات هي اكثر كثافة / من الصخور الممتدة تحت القارات (١٣).

ويطلق على المياه في المحيطات والبحار والتي تحيط بالغلاف الصخري ومتقطعة احياناً اسم الهيدروسفير Hydrospher . وتعني كلمة Hydro باليونانية كلمة ماء اى الغلاف المائي . ويحيط بالغلافين مع بعضهما خليط من الغازات على شكل غلاف يسمى بالغلاف الغازى . وفي منطقة التقارب بين الغلاف الغازي والغلاف الصخري يوجد الغلاف الرابع وهو الغلاف الحيائي الذي تمثل فيه شتى صور الحياة (١٤)

٥ - الصخور وبنيتها :

تعتبر الصخور مادة اساسية بالنسبة للشخص المتخصص بعلم الجيولوجيا وذلك لانها تشكل المواد تحفر فيها اشكال الارض . ومن الضروري اعتبار اى صخرة نتاجاً للبيئة التي توجد فيها ، فعندما تتغير البيئة فان الصخور تتغير كذلك .

ومن الملاحظ بصورة عامة ان الصخور تتكون في بيئتين فهي اما تتكون تحت قشرة الارض او على سطحها . فتكون الاولى صخوراً نارية اما الثانية فهي صخور رسوبية وعندما تنكشف الصخور العميقة إلى السطح او عندما تتعرض الصخور الموجودة على السطح إلى ظروف اتيه من اعماق

Ibid; P. 7.

Ibid; P. P 5-8.

(١٣) المصدر السابق

(١٤) المصدر السابق

الارض فان كلا النوعين السابقين من الصخور يتعرضان إلى التغير . على ان هذا التغير يكون في الغالب جزئياً ويتج عنه مايسمى بالصخور المتحولة (١٥) ان مايمهم المتبع لتطور الاشكال الارضية هو مقدار التغير الذي يجري للصخور السطحية بالنسبة لعملية التجوية . فاذا كانت هذه التغيرات كيميائية / وفيزيائية يصبح من الضروري دراسة الهيئة الكيميائية وحالة البنية في هذه الصخور .

فصخور الجرانيت مثلاً وغيرها من الصخور النارية ذات الحبيبات الخشنة تتغير؟ بسرعة حيثما يكون تغير درجة الحرارة كبيراً. لذلك كانت هذه الصخور قليلة المقاومة للتغير في الجهات الصحراوية وعلى قمم الجبال . اما في المناطق الرطبة فانها تكون أكثر مقاومة من الصخور الأخرى (١٦) .

ان الصخور المتحولة مثل صخور الشيست والتايس تكون ذات مقاومة عالية للتغيرات الكيميائية ويظهر ضعف هذه الصخور في ميلها إلى الانشطار او التشقق على ان مثل هذه الظواهر لا تؤدي إلى تكوين مفتحات صغيرة . كما يحدث عند تفكك الصخور النارية مثلاً .

اما بالنسبة للصخور الرسوبية فان صخور الكوارتزيت تأتي في رأس القائمة وذلك لان هذه الصخور لا تخضع إلى التغير الكيميائي او الفيزيائي وبذلك فانها تكون أكثر مقاومة من الصخور البلورية التي ذكرت في الأمثلة السابقة ويكون الحجر الرملي ذو مقاومة عالية لنفس السبب السابق الا انه لا يتماسك مع بعضه في أي كتلة كراتيية لذلك فانه قد يستجيب لتفكك بصورة سريعة (١٧) .

اما صخور الطفل فانها تشبه صخور البوغاء اذ هما يتكونان على السطح بصورة كلية لذلك فانه لا يتعرض إلى التغيرات الكيميائية اذ ما انكشف على السطح . ومع ذلك فان هذا الصخر يعتبر قليل المقاومة لانه يتكون من حبيبات ناعمة غير متماسكة بشكل جيد فسرعان ماتحملها عوامل التعرية المختلفة (١٨) .

(١٥) ذكر المصدر سابقاً P.29 وما بعدها . Lobeck, A.K., Geomorphology .

Ibid; P.64 .

Ibid; P.30 .

Ibid; P.39 .

(١٦) ذكر المصدر السابق

(١٧) ذكر المصدر السابق

(١٨) ذكر المصدر السابق

وربما كان الحجر الجيري من اضعف الصخور وذلك بسبب قابليته الشديدة على الذوبان الا انه يكون ذو مقاومة واضحة في المناطق الجافة وذلك لقلة احتمال تغيره عند التغير في درجات الحرارة ، لا كما يحدث للصخور الاخرى . اما بالنسبة لبنيات الصخور فان بالامكان تقسيمها إلى بنيات رئيسية وتشمل : مختلف انواع الالتواءات والانكسارات ونظم الفواصل وعدم التجانس وإلى بنيات ثانوية هي : في الطبقات المتقاطعة ونيم الرمال والشقوق والدرنات الصخرية . ومن النادر ان تكون هذه البنيات ذات اهمية طوبوغرافية في حين تتحكم البنيات الرئيسية في نمط المعالم الطوبوغرافية التي تنتجها عوامل التعرية .

٦- انواع الصخور :

يتكون الجزء اليابس من الارض من انواع مختلفة من الصخور ويمكن تعريف الصخر بأنه كل مادة تتكون اساساً من معدن واحد او خليط من معادن عديدة وتشترك في بناء جزء اساسي من القشرة الارضية. وتوجد ايضاً بعض الصخور التي تتكون من أصل عضوي (غير معدني) مثل صخور الفحم والصخور العضوية المتكونة من تكس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية (١٩) .

ان بعض هذه الصخور تشكل كتلا قوية كما ان بعضها يكون قليل المقاومة وتكون بعض الكتل الصخرية كبيرة واسعة في حين تكون اخرى صغيرة؛ لذلك فان طبيعة الصخر وانتظامه ووضعه وبنيته تشكل عوامل مهمة في التأثير على سلوكية الانهار والعوامل الظاهرية الاخرى خلال عملية تعرية كتل اليابس . فالمعالم السطحية التي تكونها عوامل النحت والارساب تعتمد إلى حد كبير على طبيعة الصخور التي تقع تحت المنطقة المعنية (٢٠)

(١٩) الدكتور محمد عبد الوهاب الشناوي ، مقدمة في علم البلورات والمعادن الأخرى والصخور . الطبعة الاولى دار المعارف مصر- من ٢٦٤ وما بعدها

(٢٠) ذكر المصدر سابقاً Lobeck , A. K ; Geomorphology.P.14.

وعلى هذا الاساس فان الصخور تختلف اختلافاً بيناً اعتماداً على نوع المعادن المكونة لها وعلى نسبة المعادن المشتركة في تكوينها اضافة الى كيفية نشأتها وطريقة تواجدها Mode of Occurrence .

ويمكن تقسيم الصخور حسب طريقة نشأتها الى ثلاثة اقسام هي : الصخور النارية والرسوبية والمتحولة . ويطلق على الصخور النارية والمتحولة احياناً اسم الصخور البلورية . ان هذا التصنيف الثلاثي للصخور يكون ملائماً ومناسباً في كثير من الاحيان .

وتعتبر الصخور النارية مادة الاصل لكثير من انواع الصخور . تنتج هذه الصخور من برودة المواد المصهورة . فاذا ما بردت مادة الصهير على سطح الارض فانها تشكل جسماً سطحياً اما اذا توغلت هذه المادة من خلال صخور اخرى ثم بردت في داخل القشرة الارضية فانها تكون جسماً صخرياً داخلياً . تتباين الصخور النارية بشكل واضح من حيث تركيبها المعدني والكيمائي والنسيج وطريقة تواجدها في الطبيعة فالصخور النارية الداخلية لا يمكن رؤيتها الا بعد ان تعمل عوامل التعرية على ازالة الصخور الواقعة فوقها ، ويؤثر تركيب الصخر ونسيجه وبنيته وشكله في الاشكال النحائية التي تتكون فوقه .

وتتواجد الصخور الرسوبية في العادة على شكل طبقات من :

١- الرواسب الفيزيائية التي تلقى عادة في الماء او الهواء - وهي تتكون من جزيئات صغيرة من الرمل والبوغاء تحملها الانهار او تكتسي الرياح الى مناطق التجمع حيث تكون الحجر الرملي والطفل والمجمعات الصخرية وانواع معينة من الحجر الجيري .

٢- رواسب كيمائية وهذه تكون اقل انتشاراً من الرواسب السابقة . ترسب هذه نتيجة التبخر او سبب آخر ، من المحاليل الموجودة في الماء كما هي الحال في الجبس ورواسب الكهوف وكاربونات الكلس المتبلورة .

٣- رواسب عضوية مثل المرجان والصخور البحرية والطباشير والنفط

وقد كونت مثل هذه الرواسب حيوانات مجهرية نباتية وحيوانية
م ترسبت في الماء او الهواء .

تشكل الصخور الرسوبية في الوقت الحاضر جزءاً واسعاً من سطح الارض
وفي كثير من الاحيان لاتظهر الصخور الرسوبية في الطبيعة بالشكل الذي
تكونت فيه .

وتشكل الصخور المتحولة النوع الثالث من الصخور ، وهذه صخور
نارية او رسوبية في اصلها تحولت بواسطة الضغط والحرارة او نتيجة ترشح
مواد اخرى بحيث زالت الخصائص الاصلية للصخور و احدث محلها خصائص
اخرى .

وتظهر في معظم الصخور المتحولة بنية بلورية كما يكون بعضها شديد
المقاومة - لعمليات التجوية والتعرية . تعتبر صخور الشيست والنايس والمرمر
صخوراً متحولة شائعة الانتشار .

ويمكن التمييز بين هذه الانواع الرئيسية الثلاثة من الصخور بشكل مبني
فالصخور الرسوبية تكون في الغالب على هيئة طبقات قد تكون متجانسة
او متباينة وقد تحتوى كل طبقة من هذه الطبقات على بقايا حيوانية ونباتية
قديمة تسمى الحفريات (fossils) . وتنعقد هذه الميزة تماماً في الصخور
النارية ومن النادر ان توجد هذه الحفريات في الصخور المتحولة وذلك لانها
تشوه نتيجة للضغط والحرارة ، وتتميز الصخور النارية بهيئة كتلية
لاطباقية ولكنها غالباً ماتكون في حالة متبلورة في حين يندر وجود مثل هذه
المكونات المتبلورة في الصخور الرسوبية كما تظهر البلورات في كثير من
الصخور المتحولة اذ تتكون بلوراتها من جديد وترتب نفسها بشكل صفائحي
يتناسب مع الاحتفاظ بكيانها تحت تأثير الضغط المرتفع الذي تعرضت له .

٧- الصخور النارية

تتكون هذه الصخور من برودة وتبلور مادة الصهير التي تتواجد

في اعماق بعيدة عن سطح الارض . وقد تضطر هذه المواد المنصهرة في ظروف معينة الى الصعود في اعماق قشرة الارض حيث تتداخل مع الصخور المكونة لهذه القشرة ، وقد تصل أحياناً إلى سطح الأرض. وتعرض مادة الصهير في كل حالة عن هذه الاحوال إلى فقدان الحرارة فتتجمد وتبلور أما في باطن الأرض أو على سطحها: لذلك أصبح بالامكان تقسيم الصخور النارية حسب طريقة تكوينها إلى :

١ - صخور باطنية وتنقسم هذه إلى قسمين :

أ - صخور جوفية

ب - صخور تحت سطحية

٢ - صخور سطحية ، صخور بركانية

أ - الصخور الجوفية

تتكون الصخور الجوفية على أعماق بعيدة من جوف الأرض حيث تبلور مادة الصهير تبلوراً تاماً نتيجة البرودة البطيئة والضغط المستمر .

توصف المعادن المكونة لهذه الصخور بأنها كاملة التبلور (Holocrystalline) . أما الهيئة الناتجة عن الحجم النسبي وشكل وطريقة ترتيب بلورات المعادن المكونة للصخر الناري ينطلق عليها اسم النسيج Texture .

فالصخور الجوفية إذن تتميز بنسيج كامل التبلور أي بلورات واضحة المعالم (٢١) ويوصف النسيج في هذه الحالة بأنه كبير الحبيبات أو كرانيتي . وتواجد الصخور الجوفية في هيئة كتل ذات حجم كبير وتغطي مساحات قد تصل إلى مئات الأميال . وفي المعادن تكون هذه الصخور اسقفا مخروطية الشكل ذات جدران شديدة الانحدار لاتتفق كلياً مع صخور الأقاليم التي توجد فيها . ويطلق على هذه الكتل الضخمة من الصخور النارية الجوفية

(٢١) الدكتور محمد عبد الوهاب الشاوي ، مقدمة في علم البلورات والصخور ، ذكر المصدر

اسم باثولث (Batholith) في حين يطلق على كتل اصغر منها اسم ستوك (Stock) (٢٢) .

ب- صخور تحت سطحية

وقد تصعد المادة المصهورة أحياناً إلى داخل القشرة الأرضية وتتسرب إلى مناطق الضعف في صخور الأقاليم وخاصة الصخور الرسوبية منها.

وينتج عن ذلك تقوس الطبقات الموجودة فوق الصهير المتداخل فتتخذ شكل قبو وتسمى مثل هذه الكتل من الصخور النارية والمتداخلة باسم لاكلث Laccolith . على أنه في بعض الأحيان تتداخل المادة المصهورة بين الطبقات الرسوبية بشكل أفقي حيث تتصلب في هيئة سدود أفقية (Sills) وفي أحيان أخرى تتداخل المادة المصهورة مع طبقات الصخور الرسوبية بحيث تتخذ شكلاً مائلاً أو عمودياً بعد برودتها وتسمى هذه الكتل من الصخور النارية بالسدود القاطعة أو الرأسية (Dylkes) (٢٣)

٢ - الصخور السطحية أو البركانية :

تتكون هذه الصخور نتيجة لتدفق الحمم من أفواه البراكين أو الشقوق أو الفواصل التي تتواجد في طريق الحمم الصاعدة ، حينئذ تتجمد الحمم بسرعة فائقة بحيث لا يفسح المجال أمام مكوناتها إلى أن تتخذ الأشكال البلورية الخاصة بها ، وتكون أثر ذلك مادة زجاجية عديمة التبلور ، وفي بعض الأحيان قد تتجمد هذه الكتل الكبيرة الحجم بسرعة فتشكل طبقة زجاجية خارجية في حين يتجمد داخلها ببطء بحيث يكون الجزء الداخلي منها ذو نسيج دقيق خفي - التبلور. وفي الغالب تحتوي الحمم البركانية على غازات وابخرة ممتدة على شكل فقاعية كبيرة سرعان ما تتطاير بمجرد تعرضها للجو تاركة فراغات فقاعية من الصخور فتكون نسيج صخري

(٢٢) ذكر المصدر سابقاً P.44 Lobeck, A.K., Geomorphology.

(٢٣) المصدر السابق .

فقاعي (Vesicular Texture) وقد تمتلئ هذه الفراغات في بعض الأحيان بمواد معدنية أخرى لاحقة كما تظهر على شكل لوزي ويوصف نسيج الصخر حينئذ بأنه نسيج لوزي Amygdaloidal Texture وفي بعض الأحيان تكون هذه الفقاعات صغيرة ومتجمعة مع بعضها . وبمجرد زوالها فإنها تترك الصخور البركانية على هيئة نسيج اسفنجي (Spongy Texture) (٢٤) .

تظهر الصخور البركانية في الطبيعة على أشكال مختلفة اعتماداً على تركيبها الكيماوي ودرجة حرارتها ومقدار لزوجتها . وتغذف البراكين قطع الحمم إلى ارتفاعات مختلفة في هيئة كتل بركانية أو كتل بيضوية بالقنابل البركانية أو أنها تتطاير في هيئة مفتتات صغيرة تعرف بالرماد البركاني (Volcanic Ash; Dust) . ثم تتساقط هذه المقذوفات فتكون الرواسب النارية

البركانية (Pyroclastic Debris) ومن هذه (٢٥) .

١ - المجمعات البركانية Volcanic Breccia وتتكون هذه من قطع بركانية صغيرة مستديرة الشكل .

٢ - البريشيا البركانية Volcanic Agglomerate وتتكون من قطع بركانية حادة الحافات .

٣ - التوفا البركانية Volcanic Tuff وتتكون من الرواسب البركانية الدقيقة التي يتكون منها الرماد البركاني (٢٦)

٦ - ٢ - التركيب المعدني للصخور النارية :

تختلف الصخور النارية اختلافاً كبيراً فيما بينها من حيث تركيبها المعدني وبالتالي في تركيبها الكيماوي . فلا يتوقف لون نوع الصخور النارية على مجرد صفة البلور بل يتوقف كذلك على التركيب الكيماوي لمادة الصهير

(٢٤) الدكتور محمد عبد الوهاب الشناوي ومقدمة في علم البلورات والصخور .

ذكر المصدر سابقاً ص ٢٧

(٢٥) المصدر نفسه ، ص ٢٧١

(٢٦) المصدر السابق ص ٢٦٤ - ٢٧٠

(26) Lobeck, A. K., P. 44.

كذلك : ذكر المصدر السابق

والحمم البركانية ويمكن تقسيم الصخور النارية على أساس تركيب معدني أي حسب نسبة مادة السيليكا التي يحتويها الصخر إلى :

١ - صخور حامضية Acidic Rocks وهذه تحتوي على أكثر من ٦٦٪ من السيليكا ونسبة قليلة من الحديد والمغنسيوم . لذلك يكون لون هذا الصخر فاتحاً ، ومن أمثلة هذه الصخور الكرانيت وصخور ابلات وصخور الرايولايت.



(شكل ١٨ أ) .مقطع رقيق من حجر الناييس

٢ - صخور متوسطة Intermediate Rocks تتواجد السيليكا في هذه الصخور بنسبة تتراوح بين ٦٥ ٪ و ٥٢ ٪ في حين تزداد فيها نسبة الحديد والمغنسيوم . يكون لونها متوسطاً ولكنه اشد دكنة من الصخور الحامضية ، ومن امثلة هذه الصخور صخور الدايورائيت وصخور انديزائيت وصخور تراكايت .

٣- صخور قاعدية Basic Rocks وتتراوح نسبة السيليكا في هذه الصخور بين ٥٢٪ و ٤٥٪ وتكثر فيها نسبة الحديد والمعادن المغنيسية ويكون لونها في العادة قاتماً يميل الى السواد ومن امثلة هذه الصخور صخر الجابرو والبازلت .

٤- صخور مافوق القاعدية Ultra - Basic Rocks تقل نسبة السيليكا في هذه الصخور عن ٤٠٪ وتتكون بشكل اساسي من معادن تحتوي على نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم ومن امثلة هذه الصخور صخر الدونايت والمورنبلند .

٦- ٣- بنيات الصخور النارية :

فبالإضافة الى الكتل الكبيرة التي تظهر بها الصخور النارية في الطبيعة ، هناك ايضاً بنيات صغيرة من هذه الصخور تؤثر على معالم انعرية التي تتكون منها .

وكما ان الصخور النارية تفتقر الى الترتيب المنتظم الذي يظهر في التكوينات الرسوبية فان تأثير الضغط والاضطرابات يظهر في الصخور النارية لاعلى شكل النوءات فقط بل عن طريق الانكسارات والفواصل بصورة تكاد تكون كلية .

وتكون الفواصل اكثر انتشاراً بالقرب من السطح مما هي عليه في اعماق القشرة الارضية مادامت تتوفر للصخور فرصة للتمدد على السطح بتأثير قوى التجوية . فتميل الفواصل في هذه الجهة الى ان تكون اكثر عرضاً بحيث تبدو واضحة رغم انها تستمر في داخل القشرة على شكل بنيات متماسكة قليلة الظهور .

ان القوى التي تؤدي الى ظهور الفواصل في الصخور النارية تشمل عمليات التقلص بفعل برودة الكتل النارية وعملية التمدد والانكماش نتيجة لعمليات

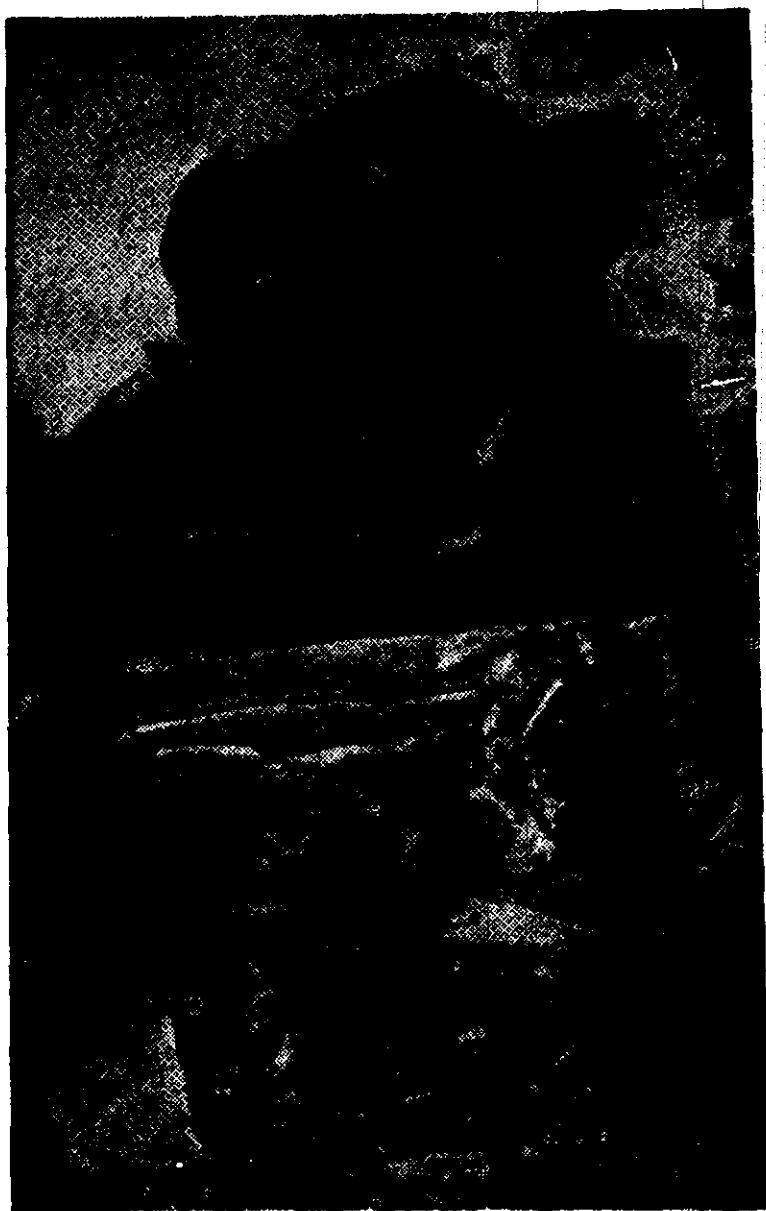
التجوية والضغط الناتج من حدوث انبثاقات اضافية عادة الصهر ، اللافا (Lava) . وتحدث هذه الفواصل عادة على شكل مجموعات متوازية وتتقاطع هذه المجموعات في العادة مع بعضها البعض بزوايا تكاد تكون قائمة وتكون الفواصل في غالب الاحيان على شكل سطوح مشوية ، على انها قد تكون في الكتل النارية الكبيرة المتجانسة مقوسة او مجمدة . وتتخذ معظم الفواصل شكلاً عامودياً خصوصاً ما يرجع سبب تكونها الى حركات في القشرة الارضية هذا فضلاً عن وجود عدد من الفواصل تتخذ شكلاً افقياً (٢٧)

وتكون الفواصل الناتجة عن الانكماش بفعل البرودة عمودية الوضع على سطح التبريد ، فتكون هذه الفواصل في انسيابات اللافا وغطائها عمودية الوضع ويكون هذا الوضع سبباً في ظهور البنية العمودية (Coulmnar or Palisade Structure) المتواجدة في التكوينات البازلتية .

تمتلئ الفواصل في بعض الاحيان بمادة معدنية قد تعمل على مقاومة عملية التجوية بشكل اكثر تأثيراً ورضوخاً من كتلة الصخر فيها . وتظهر مثل هذه العروق او السديدات (Dikelets) على شكل اضلاع او سلاسل صغيرة على سطوح الصخور التي تعرضت لعملية التجوية . ان معظم السدود تكون كما ذكرنا اقوى بكثير من الصخور المتداخلة معها ، لذلك فانها تظهر في كثير من الاحيان على شكل حيطان وسلاسل وتلال غير منتظمة عندما نتعرض الى عوامل التعرية .

(٢٧) ذكر المصدر سابقاً

Lobeck, A. K; Geomorphology . P. 46.



فواصل في صخور الكرانيت

G . Gorshkov, A. Yakushova p 62

المصدر :

ومثل الانكسارات ، مثلها مثل الفواصل ، مناطق وسطوح ضعف في الصخور . ومن المحتمل أن تتركز التعرية على طول هذه السطوح وتسمى الوديان أو المنخفضات التي تتبع خطوط الانكسارات باسم وديان خط الانكسار (Faultline faults) تكون مثل هذه الوديان مستقيمة لمسافات طويلة وتتصل مع روافدها بزوايا تكاد تكون قائمة وذلك بسبب النمط المتقاطع من الفواصل ، وفي الواقع يمكن ارجاع تكون نمط تصريف مائي قائم الزاوية في الجهات التي تنتشر فيها الصخور النارية إلى وجود نظام محكم من الانكسارات والفواصل (٢٨) .

٧ - الصخور الرسوبية :

وإذا أخذنا سطح الأرض بنظر الاعتبار وبشكل كلي فإن الجزء الذي يتكون من صخور رسوبية يكون أوسع بكثير من الجهات التي تتواجد فيها الصخور النارية والمتحولة بصورة مجتمعة . ويشير هذا إلى أن مناطق واسعة جداً من الجهات القارية كانت في وقت من الأوقات مغمورة تحت سطح البحر ومع ذلك هناك تكوينات رسوبية واسعة لم تتكون بفعل الارساب تحت الماء . ومن أمثلة ذلك السهول الرسوبية الواسعة تصل إلى مئات الأميال التي تكونت عند قدمات الجبال . وقد يبلغ سمك رواسبها في بعض الأحيان إلى الاف الأقدام .

تتكون الصخور الرسوبية من تجمد وتماسك الرواسب الصخرية وذلك بالتحام مكوناتها مع بعضها تحت تأثير الضغط الناشئ من ثقل الرواسب الأخرى التي تعلوها ، أو قد يتم التماسك والتجمد بواسطة مادة لاصقة أو لاحمة مثل كاربونات الكالسيوم أو السيليكات أو أكاسيد الحديد التي قد تتواجد بين هذه الرواسب تتكون الصخور الرسوبية من مواد ذات اصل متعدد وتركيب كيميائي أو معدني متباين وتحت ظروف متنوعة

Lobeck. A. K; Geomorphology . P. 37.

(٢٨) ذكر المصدر سابقاً

وبيئات مختلفة . وتؤدي مثل هذه الوضعية إلى تعدد أنواع هذه الصخور وتقسم الصخور الرسوبية حسب طريقة تكوينها وظروف نشأتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية هي :

١- صخور رسوبية ميكانيكية النشأة : وتشمل هذه المجموعة كل الصخور الرسوبية التي تتكون من قطع ومفتتات الصخور السابقة والتي تم نقلها بواسطة المياه والرياح أو الثلجات أو بفعل الجاذبية الأرضية ، دون أن يطرأ عليها أي تغير كيميائي ومن ثم ترسب بطريقة آلية وتتماسك وتلتحم .

٢- صخور رسوبية كيميائية النشأة : تتكون هذه الصخور نتيجة ترسيبها من محاليل تحتوي على مواد مذابة وذلك عندما ترتفع درجة تركيزها وفقاً للظروف الطبيعية المحيطة بها . أو قد تتكون من الرواسب نتيجة تفاعل كيميائي يجري بين مكونات هذه المحاليل .

٣- صخور رسوبية عضوية النشأة : تتكون الصخور العضوية من تكدر البقايا الصلبة الحيوانية والنباتية المتخلفة من الكائنات الحية بعد موتها من مثل الهيكل العظمي والمحارات والاصدف الحيوانية ثم تماسكها وتجمدها بعد ذلك ، هذا إضافة إلى أوراق النباتات وجذوع الأشجار وأغصانها التي قد ترسب بين طبقات الصخور الرسوبية الأخرى ثم تتحلل وتتفحم .

الصخور الرسوبية ميكانيكية النشأة : يمكن تمييز الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة في ثلاثة أنواع رئيسية تتوقف على حجم الحبيبات المكونة لها كما يلي :

(أ) صخور رسوبية ميكانيكية النشأة كبيرة الحبيبات وتتكون هذه من حبيبات كبيرة الحجم وذات قطر لا يقل عن ٢ ملم وقد يصل أحياناً إلى بضعة سنتيمترات وتعرف هذه عامة بالحصى ومن أهم هذه الصخور الكونكومات وصخور بريشيا .

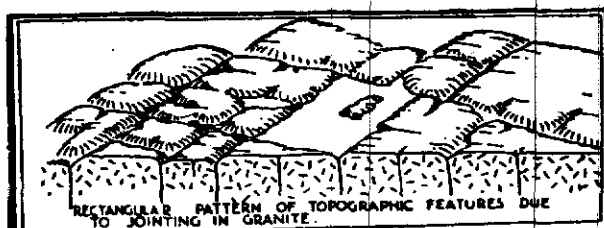
(ب) صخور رسوبية ميكانيكية النشأة متوسطة الحبيبات وهنا يختلف حجم الحبيبات ويتراوح قطرها ما بين ٢ إلى ١/١٦ من المليمتر. وتعرف هذه الصخور عامة بالصخور الرملية حيث انها تتكون من حبيبات معدنية يسودها الرمل الذي يصعب تأثره بعوامل التعرية ، ومن اهم انواع الصخور الرملية الحجر الرملي والحجر الرملي الجيري والحجر الرملي الكلسي والحجر الرملي الحديدى (٢٩). ويضاف إلى هذه الانواع حجر الجريت حيث تتماسك حبيبات هذا الصخر بمادة جيرية او سيليكية او حديدية . وكذلك حجر الاركوز (Arkose) والاخير حجر رملي تزيد فيه نسبة حبيبات معادن الفلسبار وفي الغالب تتماسك حبيباته بمادة سيليكية لاحمة وكذلك حجر جرايوك (Greywacke) وهو حجر رملي يحتوي على نسبة عالية من المعادن السيليكاتية القاعدية مثل الهورنبلند والاولجيت والكلورايت

(ج) صخور ميكانيكية النشأة دقيقة الحبيبات ، تتكون هذه الصخور من حبيبات دقيقة لا يزيد قطرها على ١/١٦ ملم . تنتج هذه الحبيبات من تحلل وتفتت المعادن وخاصة معادن السليكات ومنها سيليكات الالمونيا المائية ويمكن تمييز نوعين من هذه الحبيبات حسب حجمها او قطرها هما: القرين او الطمي وهذه حبيبات كبيرة نسبياً يتراوح قطرها بين ١/١٦ إلى ١/٢٥٦ ملم والطين وهو عبارة عن حبيبات دقيقة جداً لا يزيد قطرها عن ١/٢٥٦ ملم وقد تحتوي الصخور الطينية على بعض البقايا العضوية المتحللة مثل الدبال او بقايا نباتات متفحمة ومن اهم انواع الصخور الطينية هي الطين والحجر الطيني ويتحول الطين إلى حجر طيني عندما يفقد الجزء الاكبر من محتوياته المائية نتيجة للجفاف او زيادة الضغط الواقع عليه كذلك الطفل (Shale) وهو يتكون من الحجر الطيني نتيجة لزيادة الضغط الذي يفقده كل محتوياته من الماء ويكسبه خاصية الترتيب الصفحي او الترتيب الورقي (Lamination) كذلك حجر المارك والاخير هو حجر طيني يحتوي على نسبة عالية من الجير .

(٢٩) الدكتور محمد عبدالوهاب الشناوي ، مقدمة في علم البلورات والصخور ذكر المصدر

سابقاً . ص ٢٨٩ .

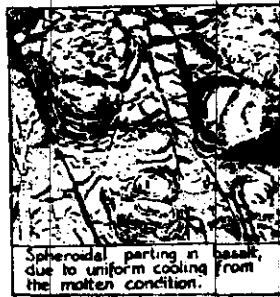
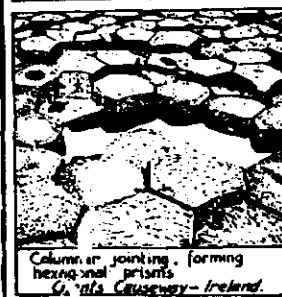
(١)
النمط المستطيل للمعالم
الطوبوغرافية نظراً
لوجود الفواصل في
صخر الكرانيت .



(٢)
بنية لوسية نظراً
لفواصل الافقية في
الكرانيت .



(٣)
الفواصل الممدانية
مكونة من منشآت سداسية



(٤) انفصال صفحي في القسم الملوي من طفح اللافا وبنية عمدانية في الاسفل .
(٥) انفصال محوري في صخور البازلت نظراً للبرودة المتناسقة من الحالة السائلة .

المصدر : Lobeck;P.46

(٢) الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة: ويمكن تمييز الانواع التالية من هذه الصخور وذلك على أساس تركيبها :

(أ) الصخور الرسوبية الجيرية : وتتكون هذه الصخور نتيجة ترسب كاربونات الكالسيوم من المحاليل الجيرية المحتوية على بيكاربونات كالسيوم ذائبة من هذه الصخور - الحجر الجيري غير العضوي والحجر الجيري البطروخي وصخر الترافرتين (Travertine) والاخير هو رواسب جيرية تتكون حول الينابيع الحارة، ويضاف إلى ذلك احجار الاستلاكتات والاستلاكتات وهذه اعمدة جيرية مخروطية الشكل تتدلى من سقوط الكهوف او ترتفع على اراضيها . ومن هذه الصخور ايضاً حجر الدولوميت (Dolomite) وهذه الصخور تتكون من كاربونات الكالسيوم وكاربونات المغنسيوم بنسب مختلفة في اي منها وذلك نتيجة تبادل كيميائي يحصل بين الكالسيوم والمغنسيوم .

(ب) صخور رسوبية سليكية : وتتكون هذه الصخور من ترسب مادة السيليكا مثل حجر الصوان (Flint) وهذا خليط من السيليكا المتبلورة وغير المتبلورة تكون على هيئة عقد او درنات وكذلك حجر شيرت (Chert) وهو نوع من الصخور السيليكية غير النقية لأنها تحتوي على نسبة عالية من الجير . ومن هذه الصخور السيليكية الكاؤولين ، ويتكون الاخير من سيليكات الالمنيوم المائية المتبقية من تفتت وتحلل معادن الفلسبار .

(ج) صخور رسوبية ملحية : وذلك ان تبخر مياه البحيرات والبحار المغلقة يؤدي الى تركيز المحاليل الملحية الموجودة فيها ثم ترسيبها في هيئة طبقات متعاقبة ومن اهم الصخور الرسوبية الملحية هو صخر الجبس (Gypsum) يتكون هذا الصخر من حبيبات دقيقة من كبريتات الكالسيوم المائية التي ترسب في هيئة طبقات او صفائح او حتى كتل ذات هيئة ليفية ويدخل ضمن هذا النوع كذلك صخور انهدرايت (Anhydrite) وترسب هذا الصخر الاخير من ترسبات كبريتات الكالسيوم اللامائية اضافة الى الصخور

الملحية الاخرى مثل : الجبس وملح الطعام والملح الصخري . يتكون هذا الصخر في حالة النقية نتيجة ترسيب كلوريد الصوديوم من مياه البحيرات بسبب ارتفاع درجة التبخر اضافة الى ترسبات ملحية بوتاسية .

(٣) الصخور الرسوبية العضوية : تنشأ هذه الصخور نتيجة تراكم بقايا الكائنات الحية الحيوانية منها والنباتية على شكل طبقات سميكة ومن ثم تحلل هذه البقايا بفعل وتأثير الفطريات والبكتريا خلال مدة زمنية طويلة ، ثم تعود هذه المواد فتماسك مع بعضها في هيئة صخور ، وذلك اما نتيجة الضغط والتفحم . وهناك نوعين من هذه الصخور :

(أ) صخور عضوية حيوانية : وتتكون هذه الصخور من مواد عضوية جيرية سيليكية او فوسفاتية مثل الحجر الجيري العضوي والاخير صخر واسع الانتشار يتكون من تحلل قشور وهياكل الحيوانات البحرية وتراكمها وتسمى الصخور الجيرية حسب نوع الحفريات التي قد تكون سائدة الانتشار فيها مثل : الحجر الجيري المرجاني (Coral Limestone) والحجر الجيري الفوراميفيري الصدفي (Shelly Limestone) (٣٠) . ومن هذه ايضا الصخور العضوية السيليكية وتتكون الاخيرة من ترسب وتراكم بقايا الحيوانات ذات الهياكل العظمية السيليكية مثل الرواسب الراديولارية (Radiolarian ooze) ، وذلك نسبة الى الحيوانات البحرية المسماة راديولاريا . ومن هذه الصخور كذلك الصخور العضوية الفوسفاتية وتتكون هذه اساسا من فوسفات الكالسيوم الناتج عن افرازات بعض الطيور او من تكلس الهياكل العظمية الفوسفاتية لبعض الحيوانات البحرية . ومن انواع هذه الصخور هو حجر الكوانو (Guano) وصخر الفوسفات .

(ب) صخور عضوية نباتية : وتنتج هذه الصخور عن تكلس البقايا

(٣٠) الدكتور محمد عبد الرهاب الشناوي . مقدمة في علم البلورات والصخور

ذكر المصدر سابقاً ص ٢٨٩

النباتية ثم تعفننها وتحللها وتفحمها وتتكون هذه اما من مواد سيليكية او مواد كربونية ومنها كذلك الرواسب الدياتومية وهي بقايا طحالب معروفة باسم دياتوم وكذلك الرواسب الكاربونية وتتكون الاخيرة نتيجة تفحم نباتات المستنقعات او الغابات ومنها كذلك فحم الكنايت وتتراوح نسبة الكاربون فيه من ٥٥٪ الى ٧٢٪ والفحم القطراني (Bituminous Coal) وفحم الانتراسايت (Anthracite) ويعتبر الاخير من اصطب انواع الفحم واكثرها جودة ويحتوي على نسبة عالية من مادة الكاربون قد تصل الى ٩٨٪ من مجموع وزنها الكلي (٣١) .

٧ - ١ - بنية الصخور الرسوبية :

الالتواءات : من النادر ان تتواجد الصخور الرسوبية في طبيعة بشكل افقي تماماً ، فقد يؤدي التجعد البسيط في اي منطقة رسوبية الى تكوين قباب واحواض تتراوح احجامها من بضعة اميال الى مئات الاميال او قد تزيد على ذلك . وقد يؤدي الضغط في بعض الاحيان الى تكوين التواء اعتيادي وتظهر اثر ذلك تموجات متوازية تتعاقب على شكل اقواس ومنخفضات وتسمى هذه الاقواس بالالتواءات المحدبة (Anticlines) ، في حين تسمى الجهات المنخفضة منها الالتواءات المعقرة (Synclines) ومن النادر ان تستمر هذه الالتواءات الى مالا نهاية اذ انها سرعان ماتستدق، وتنتهي ان الالتواءات المحدبة تتشابه في شكلها مع شكل السيكار، ذلك انها سرعان ماتستدق في النهايتين في حين تكون الالتواءات المحدبة مشابهة لقارب صغير اذ تنحدر نهايتاه نحو الجزء الاوسط المقعر ، ويقال عن الطبقات الصخرية المنحوتة التي تظهر حافاتها على سطح الارض بأن تعكس ظهوراً (Strike) عبر منطقة تواجدها .

هذا الظهور انما هو في واقع الامر الانجاء الذي تتخذه الطبقة الصخرية

(٣١) المصدر السابق، ص ٢٧٨ - ٢٩١

عبر جهة مستوية من تلك المنطقة . ومن الضروري ان يكون لمثل هذه الطبقة ميلان ايضاً (Dip) . ويعرف بأنه عدد الدرجات التي تنحدر الطبقة فيها نحو الاسفل في شكل بحيث انها تبتعد عن الطبقات الافقية . ومن الضروري ان تقاس هذه الزاوية دوماً عن طريق زاوية تتخذ شكلاً قائماً بالنسبة لمنطقة الظهور حتى يمكن التوصل الى الزاوية العليا للمنحدر او السفح وقد تعكس الالتواءات في بعض الاحيان تأثير الضغط الشديد بحيث تتخذ هذه الالتواءات شكلاً زاحفاً اي مائل مستلقي غير منتظم . ان هذا الوضع يؤثر بشكل خاص على طبيعة الاشكال التي سوف تتكون بفعل عوامل التعرية المختلفة بعد ذلك (٣٢) .

الانكسارات :

قد يؤدي الضغط المتطرف في شدته الى انكسار الالتواء بحيث يتكون أثر ذلك ما يسمى الانكسار المستلقي (Thrust fault) . وفي الطبيعة لا يكون سطح مثل هذا الانكسار كثير البعد عن الوضع الافقي ، ويمكن تصور هذه الحالة فيما لو تعرف السلسلة الصخرية الاولى بعد رفعها بحيث اصبحت تبدو على شكل سطح مستو يغطي بالرواسب بعد ذلك فاذا ما تكونت سلسلة ثانية بعد ذلك فان العلاقة بين السلسلتين المتباينتين من طبقات السلسلة تسمى بعلاقة عدم التوافق (Unconformity) (٣٣) .

وتظهر في بعض جهات عدم التوافق اختلافات واضحة في الزوايا المتواجدة بين طبقات الصخور الواقعة نحو الاعلى او نحو الاسفل في منطقة الزاوية . اما اذا كانت طبقات هاتان السلسلتان متوازية فاننا لانتوقع اي مظهر من مظاهر عدم التوافق ، والمصطلح الشائع لمثل هذه الحالة هو عدم التجانس (Disconformity) .

(32) Lobeck, A.K., Geomorphology . P. 50

(٣٢) ذكر المصدر السابق

(٣٣) ذكر المصدر السابق

(33) Lobeck, A.K., Geomorphology . P. 50

ومن بين البنيات الثانوية التي تظهر في الصخور الرسوبية كذلك هي الطبقات المتقاطعة وكذلك النيم (Rilppes) وتشقق الطمي ومختلف انواع التكتلصات . ومن الواضح في الطبيعة انه ليس لمثل هذه البنيات اهمية فيزيوغرافية مباشرة . ولما كانت الاسس الفيزيوغرافية الواسعة ترجع دوما الى التفاصيل الجيولوجية الصغيرة ، بغية تفهمها ، فان هذه الظواهر قد تكون ذات اهمية فيزيوغرافية ملحوظة ولكن بشكل غير مباشر .

٨ - الصخور المتحولة :

تتحول الصخور النارية والرسوبية كما ويعاد بناؤها نتيجة تغير الظروف الطبيعية، من قبل التغيرات الحاصلة في درجات الحرارة والضغط أو كليهما، وغالباً ما يؤدي إلى تغير نوع النسيج في الصخور الاصلية أو في تركيبها المعدني ، ومن المعلوم أن الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى تحول الصخور هي الحرارة العالية أو الضغط العالي أو كليهما ، كما يساعد وجود الماء أو المحاليل المائية بصورة عامة على اتمام عملية التحول هذه . وهناك أنواع عديدة من التحول هي :

١ - التحول الحراري أو التماسي Thermal or contact metamorphism

ويحدث هذا التحول في المنطقة الملاصقة أو المجاورة لمادة الصهير وهذه منطقة محدودة محلياً وتعرف حلقة التحول (Metaor phisic au roole) لذلك قد يعرف هذا التحول باسم التحول المحلي (Local Metamorphism)

٢ - التحول الموضعي أو التحول بتغير الاوضاع : فيؤدي الضغط المرتفع إلى تغير أو تحول طفيف نسبياً في الصخور الموضعية الواقعة على جانبي الكسور أو الصلوع الناتجة عن هذا الضغط .

٣ - التحول الاقليمي أو التحول الدايناميكي (Regional Metamorphism

or Dynamic metamorphisim) فيؤدي الضغط المرتفع المصحوب بدرجات حرارة عالية والناتج عن حركات القشرة الارضية إلى تحول واسع النطاق يمتد في أقاليم كبيرة ومساحات واسعة .

وقد يؤدي التحول الحراري إلى تكوين صخور متحولة من أصل رسوبي رملي ، كما هو الحال في صخور الكوارتزيت التي تتكون من تحول الحجر الرملي ، أو يؤدي إلى تكوين صخور متحولة من أصل رسوبي طيني كما هي الحال في صخر المورنفلس ، ويتبع الأخير من التحول الحراري للصخور الطينية والطفلية . وقد يؤدي هذا التحول إلى تشكيل صخور متحولة من أصل جيري كما هي الحال في تكون الرخام . إذ تتحول الصخور الجيرية النقية إلى رخام أبيض اللون ذو نسيج موزايكي فتنظم يتكون من حبيبات دقيقة أو متوسطة الحجم من معدن الكالسيت بشكل أساسي . وقد يؤدي التحول الاقليمي الدايكتانيكي (التحول الضغطي الحراري) أي ترتيب المعادن المكونة للصخور الأصلية قبل التحول (صخور نارية أو رسوبية) في نظام يناسب الظروف الجديدة التي تلازم التحول . وقد تشتد وطأة التحول إلى درجة تزول معها معالم الصخر الأصلي تماماً كما تنفتت الصخور الأصلية أو قد تنصهر وتلوب ثم تستعيد كيانها من فتكون متبلورة ومرتبة بحيث ينتج عن هذا الترتيب تجمع المعادن . في هيئة طبقات رقيقة أو شرائط (Bands) أو ورقات (Folia) أو صفحات (Laminae) متوازية ومتعامدة على اتجاه الضغط . ويوصف النسيج الصخري عندئذ بأنه شريط (Banded Texture) أو ورقي (Foliate) أو صفحي (Laminare) من أهم أنواع الصخور المتحولة بالضغط والحرارة هي صخور الارداواز (Slate) وهذا صخر متحول عن الصخور الطين الرسوبية نتيجة ضغط مرتفع وحرارة منخفضة نسبياً . ويتميز هذا الصخر بظاهرة التشقق (٣٤) ومن هذه الصخور أيضاً صخر النابس وهو صخر متحول من أصل ناري . يتكون هذا الصخر من حبيبات كبيرة متبلورة مرتبة ومصفوفة في هيئة شرائط مميككة قد تكون متقطعة أو عدسية (٣٥) ومن الصخور المتحولة كذلك من أصل ناري

(٣٤) الدكتور محمد عبد الوهاب الشناوي . مقدمة في علم البلورات والصخور .

ذكر المصدر سابقاً ص ٢٨٩

(٣٥) المصدر السابق ، ص ٢٩١ - ٢٩٨ .

كذلك لاحظ

(Loebeck. A.K., Gemorphology

ذكر المصدر سابقاً ، ص ٥٣ - ٥٥

هي صخور الشيست وهذا صخر يتكون من صفائح رقيقة متشابهة في تركيبها المعدني ومتصلة أي غير متقطعة كما في صخر الناييس . تتكون هذه الصفائح غالباً من معادن قشرية (Flaky Minerals) مثل المايكا والكلوراييت والتالك والمورنيلند .

٩- توزيع القارات والمحيطات وتضاريسها العامة :

لقد قدرت المساحة واليابس في الكرة الأرضية بحوالي ٢٩٪ من مساحتها العامة في حين احتلت احواض المحيطات حوالي ٧١٪ من هذه المساحة وإذا تم تصريف مياه المسطحات المائية يظهر لنا بأن هناك مساحات واسعة بالقرب من شواطئ القارات تغطي بمياه ضحلة يقل عمقها عن ٥٠٠ او ٦٠٠ قدم وتسمى هذه الجهات والضحلة بالارصفة القارية (Continental Shelves) . واعتباراً من هذه الارصفة القارية الضحلة تنحدر قيعان المحيطات بصورة سريعة الى اعماق تزيد على الاف الاقدام . لذلك تبدو المحيطات وكأنها احواض مملوءة بالمياه بحيث انتشرت هذه المياه الى حافات اليابس التي تشكل اجزاء من القارات . فاذا فرضنا جدلاً ان مستوى مياه المحيطات قد انخفض حوالي ٦٠٠ قدم (ما يقرب من ١٠٠ قامة) فان مساحة القارات سوف تزداد بمعدل ٣٥٪ في حين تتناقص مساحة المحيطات الى ٦٥٪ مما كانت عليه في السابق .

وتظهر في المحيط الاطلسي بعض الخصائص النموذجية لاحواض المحيطات والقارات فيمتد الرصيف القاري في هذا المحيط على طول الحافة الشرقية من امريكا الشمالية . ويبدو هذا الرصيف على شكل سهل معتدل الانحدار يتراوح عرضه بين ٧٥ و ١٠٠ قدم ويصل عمقه الى حوالي ١٠٠ قامة (٦٠٠ قدم تقريباً) في حافته الخارجية . ان هذا الرصيف رغم انه جزءاً من القارة يعتبر في الواقع منطقة لارساب طبقات من الصخور الرسوبية التي تتكون من مواد جاءت من الولايات الشرقية في الولايات المتحدة بواسطة الانهار ثم انتشرت على قاع المحيطات بفعل التيارات البحرية . ويبدأ الرصيف القاري في النهاية

الخارجية بالانحدار بشكل سريع نحو قاع المحيط الحقيقي الواقع على عمق حوالي ٢٠٠٠ قامة (١٢٠٠ قدم تقريباً) وتصبح هذه الجهة منطقة المنحدر القاري وفيها عدد من الخوانق البحرية لازال يشك في اصلها على انه يبدو ان هذه الخوانق قد تكونت بواسطة التعرية بفعل الانهار . ومن المحتمل ان كانت مياه هذه الانهار طموية بحيث اطلق عليها اسم تيارات العكرة ، وقد يكون سبب تكون هذه التيارات ، كذلك هو حدوث الزلازل التي ادت الى حركة الرواسب المتواجدة في اعالي هذه الخوانق . وتحرك هذه الانسيابات الارسابية فوق المنحدر القاري وذلك لان كثافتها اكثر من كثافة مياه البحار المحيطة بها . وحالما تنتشر تيارات العكرة على قاع البحر فانها سرعان ما تهدأ وتستقر ولكن على شكل تدريجي . تنتشر هذه الرواسب على شكل طبقات وترجع في اصل تجمعها الى ملايين سابقة من السنين . وتعمل هذه الرواسب على تغطية المعالم غير المنتظمة الموجودة في قاع البحر فتكون سهولا عميقة مشوبة وواسعة (٣٦) فيوجد في حوض المحيط الاطلسي الواسع قاع شديد الاستواء يقع على عمق يزيد على ٣٠٠ قامة (١٨,٠٠٠ قدم) وترتفع من قاع المحيط بشكل فجائي سلاسل جبلية بحرية يطلق عليها اسم الروابي البحرية (Seamaunts) وقد يكون فيها اثر لبراكين سابقة . وتمتد في وسط المحيط الاطلسي سلسلة عظيمة من الجبال البحرية هي سلسلة اواسط المحيط الاطلسي (Mid-Atlantic Ridge) وهذه تشابه سلسلة جبال روكي من حيث الحجم ونوع التضاريس الا انها تكون غاطسة كلياً فيما عدا جزر الازورر . ان هذه السلسلة هي مجرد سلسلة منفردة تمتد في وسط المحيط وحتى المحيط الاطلسي الجنوبي والمحيط الهندي وجنوب وشرق المحيط الهادي والمحيطات القطبية ، ويبدو ان هذه السلسلة هي تعبير عن نظام انكسار رئيسي حدث في قشرة الارض في وقت من الاوقات .

ومن المعالم التضاريسية الأخرى التي تتواجد في قيعان المحيطات هي الخوانق (Trenches) أو (Fore deeps) وهذه منخفضات طويلة وضيقة تصل أعماق قيعانها إلى ٤٠٠ أو ٥٠٠ قامة (٣٧) .

ويعتقد بعض الجيولوجيين بأن هذه الخوانق تمثل مناطق مقعرة الالتواء صاحبت في تكوينها الحركات المكونة للجبال . لقد كان تراكم الرواسب في قيعان هذه الخوانق بطيئاً إلى درجة بحيث أن هذه المنخفضات لم تمتلئ إلى حد الآن على عكس ما كان سيحدث فيما لو تواجدت هذه المنخفضات على سطح اليابس فوق مستوى سطح البحر .

يعتقد الجيولوجيون والجيوفيزيائيون بأن القارات والمحيطات قد بقيت في مكانها طوال ما هو معروف من الأزمنة الجيولوجية وأن التجمع الذي حصل في القشرة الأرضية لم يؤد إلى تبادل مكانيهما . ويظهر الدليل على مثل هذا الاعتقاد في أن معظم الصخور الرسوبية التي تكونت في عصور جيولوجية سابقة والموجودة على القارات هي من النوع الذي قد ترسب في أعماق ضحلة في المياه ، في حين تكون الرواسب البوغائية الواسعة الانتشار والناعمة (ooze) والتي استقرت فوق الروابي البحرية والسلاسل الجبلية البحرية مفقودة في التكوينات الرسوبية الجيولوجية الموجودة في القارات وتبين نماذج بعض النوى البحرية التي تصل إلى عمق ٣٠ قدم في مثل هذه الرواسب البوغائية ، وجود بعض الطبقات البوغائية الرقيقة التي ترجع إلى ما قبل ١٠٠ مليون سنة بحيث تشير بشكل غير مباشر إلى أن استقرار الرواسب في مياه المحيطات كان بطيئاً جداً إذا ما قورن بمعدل سرعة الارساب على الارصفة القارية والبحار القارية الداخلية . ومع ذلك تتواجد في جهات أعمق من أحواض المحيطات رواسب يصل سمكها آلاف الأقدام وهي البوغاء الطباقية والرمل وقد حملتها إلى هذه الجهات تيارات العكرة آتية من حافات القارات .

Ibid. P. 291. Fig. 20. 7.

(٣٧) المصدر السابق

تتوزع عملية تكوين الجبال في الوقت الحاضر بالقرب من حافات أحواض المحيطات على امتداد مناطق طويلة وضيقة ومحدبة تسمى بالاقواس الجزرية (Island arcs) . ويمثل كل قوس من هذه الاقواس منطقة التواء أو ضغط شديدتين كما وانها تتصل بشكل وثيق مع جهات تواجد وانتشار الزلازل والبراكين . وبصورة عامة تتواجد الجهات الشديدة العمق في المحيطات على الجانب الخارجي من هذه الاقواس الجزرية (٣٨) .

١٠ - معالم التضاريس في القارات :

ربما كانت الاقواس الجبلية من أبرز التضاريس الموجودة في القارات وتشابه هذه في أصلها وشكلها إلى حد كبير مع الاقواس الجزرية (٣٩) . ويبين الشكل التالي تخطيطاً للاقواس الجبلية في أوراسيا . سواء أكانت هذه الجبال قديمة أم حديثة . تشمل الاقواس الجبلية الحديثة على طبقات من الصخور الرسوبية المتتوية أو المنكسرة . وقد تحولت هذه الرواسب الحديثة في بعض الأماكن إلى صخور شისტ وسلت وتواجد في أعماق هذه السلاسل بعض الاندفاعات من الصخور الكرانيتية كما يوجد فيها عدد من البراكين في أجزاء خاصة منها . ويطلق على الحركات والعمليات المكونة للجبال . مصطلح (orogeny) وكما يطلق على السلاسل الجبلية المتكونة بهذه الطريقة اسم (orogenic Belts) .

وعلى النقيض من هذه الاقواس الجبلية توجد مساحات واسعة من الصخور الجيولوجية القديمة التي يطلق عليها اسم الدروع (sheilds) (٤٠) . وعلى الرغم من أن هذه الدروع قد تغطت في بعض أقسامها بطبقات من الصخور الرسوبية وتكون هذه الصخور أحدث منها من حيث التكوين وتكون هذه من الصخور المتحولة إلى حد كبير وقد تكون صخور نارية تكونت أثناء الحركات التي عملت على بناء الجبال في تاريخ قديم جداً . وقد توفر الزمن المناسب لعوامل التحت والتعرية لتخفيض هذه الدروع وتحويلها إلى سهول تحتية منخفضة

Strahler : op. cit. pp. 288-291.

(٣٨) المصدر السابق

(٣٩) وكذلك : شكل رقم 20.9 الموجود في صفحة ٢٩٤

Strahler, A. op. Cit. P. 295. Fig 20. 10.

(٤٠) ذكر المصدر سابقاً

بحيث انكشفت الصخور النارية والمتحولة على السطح بعد أن كانت تتواجد على عمق بضعة أميال إلى الداخل . وقد تعرضت هذه الدروع بالإضافة إلى ذلك إلى حركات واسعة النطاق من الرفع والانخفاض بحيث شملت هذه الحركات قارات برمتها . ولم ينتج عن التجعد السطحي بقشرة الأرض سوى دلائل قليلة معدومة وذلك على النقيض من الانكسار والالتواء الشديد في اللذان صاحبا الحركات التي أدت إلى تكوين الجبال . وعندما تكون الحركات الغائرة تهبط عندئذ أجزاء واسعة من الدروع فتصبح على شكل بحار ضحلة أو أرضة قارية وقد فسحت مثل هذه الحركات مجالا لترسب طبقات من الصخور الرسوبية فوق الصخور النارية والصخور المتحولة كما أدت حركات موجبة ، حركات رافعة ، حدثت بعد ذلك إلى رفع غطاء الصخور الرسوبية فوق مستوى سطح البحر حيث تعرضت منذ ذلك الحين إلى الحفر بواسطة الأنهار فتحولت إلى تلال وهضاب .

تظهر الدروع بشكل واضح في نصف الكرة الشمالي فيمثل الدرع اللورنسي قلب أمريكا الشمالية في حين يظهر الدرع الروسي البلطقي وكأنه قلب قارة أوروبا . وقد يطلق على الدرع الأخير أحيانا اسم الدرع الفلندي الاسكندنافي ترجع الصخور في هذين الدرعين إلى أقدم الأزمنة الجيولوجية . وتحتل دروع مماثلة أجزاء من قارة استراليا وجنوب أفريقيا والقارة القطبية الجنوبية (٤١).

١١ - العوامل والعمليات الجيومورفية

ان العملية الجيومورفية (Geomorphic Process) هي وسيلة التأثير على صخور القشرة الأرضية وما يتكون عليها من أشكال أرضية (Land forms). تشمل كل عملية جميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي يكون لها في تخوير أو تكوين أو ازالة أشكال السطح . أما العامل الجيومورفي (Agent) الذي تصبح العملية الجيومورفية مؤثرة بموجبه فانه يعني أي وسيط طبيعي قادر على نحت ونقل وارساب المادة التي تتكون منها قشرة الأرض ، الصخور

على اختلاف انواعها، وعليه فان المياه الجارية المتجمعة غير المتجمعة، والمياه الباطنية والثلجات والحركات التي تحدث في المسطحات المائية كالامواج وتيارات المد والمرتجات الكبرى كلها - عوامل جيومورفية رئيسية. وقد يطلق على هذه العوامل في بعض الاحيان اسم العوامل المتحركة وذلك لانها تقوم بتحريك المواد من جزء معين من قشرة الارض وتنقلها وترسبها في جزء آخر. ومن الملاحظ أن هذه العوامل الجيومورفية تنشأ في جو الارض وتوجهها قوة الجاذبية على أن الجاذبية لا تعتبر عاملاً جيومورفياً لأنها تستطيع تحت تأثير ونقل المواد تنشأ هذه العوامل والعمليات التي تقوم خارج قشرة الارض لذلك فقد سماها والتر بنك بالعوامل الظاهرية وهناك عمليات أخرى ضمن القشرة الارضية اطلق عليها كذلك اسم العوامل الباطنية .

ويمكن تلخيص مجمل العمليات الجيومورفية التي تحدث في القشرة الارضية وذلك على الوجه التالي :

العمليات الظاهرية وتشمل :

التجوية Weathering

الانهيال Masswasting

التسوية Gradation

النحت Degradation

التعرية (اضافة النقل) Erosion وتشمل فعل :

المياه الجارية

المياه الباطنية

الامواج والتيارات البحرية والمد والامواج البحرية العظمى

الرياح

الثلجات

البناء Aggradation : بفعل

المياه الجارية
المياه الباطنية
الامواج والتيارات والمد والامواج البحرية العظمى
الرياح
الثلاجات
عمل الكائنات العضوية بما في ذلك عمل الانسان
العمليات الباطنية

- حركات القشرة الارضية (Diastrophism)
- النشاط البركاني (Vulcanism)
- العمليات التي تنشأ خارج الغلاف الغازي (Extraterrestrial)
- سقوط النيازك

ولسوء الحظ هناك التباس متباين المدى في استخدام المصطلحات التي تسمى بها العوامل والعمليات الجيومورفية الشائعة . ويرجع هذا اللبس الى حدما، الى اختلاف في الرأي عما يجب ان تشمله عملية جيومورفية معينة . وتستعمل كلمة التسوية لتشمل جميع العمليات الجيومورفية التي تعمل على جعل سطح القشرة الارضية بمستوى واحد تشمل عملية التسوية بمجموعتين من العوامل : عوامل تعمل على تخفيض مستوى قشرة الارض وتسمى هذه بعمليات الهدم ، وعوامل اخرى تعمل على رفع مستوى قشرة الارض وتسمى بعمليات البناء .

وقد تستعمل كلمة التعرية كما لو كانت مرادفة لكلمة التسوية ولما كانت هذه الكلمة تشمل ازالة المادة فليس من المنطق ادخال ظاهرة الارساب ضمنها لقد استخدمت هذه الكلمة للدلالة على تكوين السهل النحائي (Peneplain) بنفس معنى التسوية . وكلمة التعرية مصطلح . شامل يطلق على مختلف الطرق التي تحصل بموجبها العوامل المتحركة على المفتتات الصخرية ونقلها . وقد ينحصر تعريف التعرية اذا اردنا ان نكون على درجة كبيرة من الدقة بأنها خضوع المادة لعامل متحرك وبناء على ذلك لا يعتبر النقل جزءاً منها . ورغم ذلك نلاحظ ان معظم الجيولوجيين يميلون الى اعتبار النقل جزءاً متمماً لعملية التعرية

وتستعمل كلمة الانهيار للدلالة على نقل كتل كبيرة الحجم من المفتتات. الصخرية بفعل تأثير الجاذبية المباشر نحو اسفل المنحدرات . ويساعد وجود الماء في الغالب على حدوث الانهيار . ولكن كمية المياه المتواجدة لاتكون من الوفرة بحيث تعتبر وسطاً ملائماً للنقل .

ومما لاشك فيه ان معنى التجوية قد توسع الى درجة كبيرة لكي تعتبر هذه العملية جزءاً من التعرية علماً بأن ذلك يحدث غالباً وبدون مبالاة فالعمليتين السالفتين متميزتين عن بعضهما كلياً . فقد تحدث التجوية دون ان يترتب فيها حدوث تعرية كما ان التعرية ممكنة دون تجوية سابقة . فالتجوية في الحقيقة عملية اعداد قد تجعل التعرية اكثر سهولة الا انها ليست من متطلباتها وليس من الضروري ان تبقى تعرية بعدها (٤٢) .

١٢ - عامل الزمن في العملية الجيومورفية (الزمن الجيولوجي) :

ان بحث الاشكال الارضية في القارات والمحيطات يحتاج الى اشارة ولو مختصرة الى الحوادث التي جرت في الازمنة السابقة حتى ان تفسير اشكال سطح الارض التي تكونت في فترة حديثة نسبياً يتطلب بعض المعرفة لمدى طول وتواتر الفترة الزمنية التي كانت مطلوبة لتكوينها . فالعامل الجيومورفي او حتى مجموعة العوامل الجيومورفية لايمكن من انجاز العملية الجيومورفية الا في مدى زمني طويل يسمى هذا الزمن بالزمن الجيولوجي . وفي العادة يتعدى مقياس هذا الزمن مدى عمر الانسان الى حد كبير . (٤٣)

فدراسة مظاهر سطح الارض يتطلب اخذ عامل الزمن بنظر الاعتبار وفي قياسنا لعامل الزمن يجب ان نستخدم مقياساً يختلف عن المقياس الزمني الذي ننظر به الى الاحداث البشرية ورغم ان بعض العمليات الجيومورفية قد تتم بصورة سريعة وفجائية مثل توازن بعض البراكين وحدث هزة ارضية الا ان هذا هو الشذوذ وليس القاعدة ذلك لان معظم مظاهر واشكال سطح الارض

Thornbourny, W.D; Principles of Geomorphology. (٤٢)

لاحظ الكتاب المترجم تحت عنوان اسس الجيومورفولوجيا « ترجمة الدكتور وفیق حسین الخشاب ١٩٧٥ مطبعة جامعة الموصل ص ٤٩ - ٥٣

Strahles A; Physical geography. P. 292. (٤٣) ذكر المصدر سابقاً

تشكل بطريقة بطيئة وبمرور حقب جيولوجية بحيث لا يتمكن الانسان ان يلحظ التغيرات التي تحدث خلالها .

يقدر علماء الجيولوجيا العمر الارضي منذ ان اصبحت كوكباً صلباً له باطن وقشرة بحوالي ٣٠٠٠ مليون سنة ومن هذه المدة نجد ان حوالي ٨٥ ٪ منها يكاد يكون غامضاً لا يعرف عنه سوى التزر القليل . على ان هناك وفرة من المعلومات عن الارض في الفترة الاخيرة من تاريخها وهي المدة التي تبلغ ٥٠٠ مليون سنة (١٤) وفي واقع اخر ان معظم مظاهر سطح الارض البارزة حالياً ترجع الى هذه الفترة المتأخرة من تاريخ الارض . وتوضح في جدول نثال الحوادث المهمة والاقسام الرئيسية والثانوية اللازمة للجيولوجية . يمثل الجزء العلوي من هذا الجدول الحوادث التي جرت في فترة حديثة نسبياً . ويقسم هذا الجدول الزمني الجيولوجي كذلك الى فترات زمنية صغيرة وفي حين يؤدي التعمق في مجالات هذا الزمن الى ان تصبح وحداته اكبر واشمل واكثر عمومية . وسبب ذلك ان السجل الجيولوجي للازمنة القديمة مبعثر وغير مترابط ويصبح هذا السجل اكثر تفصيلا كلما اقتربنا من الزمن الحديث . لقدورد ذكر العصور المطلقة في الجدول المذكور وفقاً لتحاليل كيمائية وتعتمد على مواد معدنية شعاعية قبلها الجيولوجيون بشكل عام علماً بأنها تخضع الى نسبة معينة من الخطأ . ففي كل عصر من اي زمن جيولوجي كانت هناك تجمعات واسعة من الطبقات الرسوبية تشمل كل طبقة في واقع الامر على السجل الجيولوجي ذاته وتشكل هذه الطبقة الدليل الوحيد للوضعيات المناخية والجغرافية في ذلك الوقت . وتحتوي كل طبقة على الاغلب على متحجرات متخلفة عن الحياة النباتية والحيوانية . وبصورة عامة يمكن القول بأن كل وحدة زمنية كبرى قد ظهرت نتيجة لحركات ادت الى تكوين سلاسل جبلية بحيث يمكن ان نستخدم على مثل هذه الحركة كلمة ثورة جيولوجية (Revolution) نظراً لان مثل هذه الحركات انما تعرقل من تتابع

(١٤) الدكتور يوسف عبد المجيد فايد ، جغرافية السطح . دار النهضة العربية ، بيروت -

بقاء الرواسب ان اطول فترة جيولوجية هي الزمن (Era) ومنها الازمنة الثلاثة الاخيرة السينوزيك والميزوزيك والباليوزيك وذلك تتابعاً مع الزيادة الحاصلة في الزمن . وقد سمي الزمن الذي سبق هذه كلها على انه زمن ما قبل الكمبري (Pre - Cambrian Time) - . كما امكن تمييز عصور في هذه الازمنة فلما قبل الكمبري على ان الدلائل عن العصور الاخيرة تكون في العادة مشتتة ومضطربة . وتوجد سبعة من هذه العصور ضمن زمن الباليوزيك وثلاثة منها ضمن زمن الميزوزيك واثنان في زمن السينوزيك وتعتبر الحقب الجيولوجية (Epoches) وحدات جيولوجية اقل زمناً وقد وردت في الجدول المذكور انفاً بالنسبة لزمن السينوزيك فقط .

لقد اقترح الاستاذ أي . سادويك في عام ١٨٣٨ اسل الباليوزيك كما اقترح الاستاذ دبلو . فيليس تسمية الميزوزيك والسينوزيك في عام ١٨٤٠ . وفي كثير من الاحيان تأتي التسميات من المواقع التي توجد فيها رواسب مماثلة لمواصفات ما حدث في الزمن او العصر او الحقبة . الا انها قد تأتي من طبيعة تركيب الرواسب ذاتها . وهكذا فان اسم الكمبري قد جاء من التسمية القديمة لمنطقة ويلز في انكلترا وقد اشتق اسم السيلوري . مثلاً من الاسم القديم لقبيلة سيلوزر الكلثية وكذلك جاء اسم الديفوني من اسم مقاطعة ريفونشير في انكلترا . أيضاً . وقد سمي العصر الكاربوني كذلك نظراً لوفرة ما تواجد من رواسب الفحم الحجري فيه . وقد جاءت تسمية العصر البرمي من اسم مقاطعة برم حيث تكونت وانتشرت رواسب هذا العصر . اما تسمية الترياسك من كون الرواسب المماثلة في اوربا قد ظهرت على شكل نظام ثلاثي متميز (الترياس . وتعني الثلاثي) . وقد جاءت تسمية الجوارسك وفقاً لاسم جبال الجورا في سويسرا . وقد تميز العصر الطباشيري (كريتاسيوس) بكثرة الرواسب الطباشيرية البيضاء . وتعكس الاسماء المتواجدة في نظام السينوزيك مدى التطور الذي حصل في العالم العضوي بالنسبة للحيوانات الفقرية واللافقرية (٤٥) .

جدول التاريخ الجيولوجي - الحوادث الجيولوجية
الرئيسية في الولايات المتحدة على تتابع زيادة العمر

العصر الزمن	العصر المطلق الحقبة بالتسويات قبل الوقت الحاضر / الحديث	الملاحم الرئيسية للحياة النباتية والحيوانية
السينوزويك	١٠,٠٠٠	ظهور الحفصارات
الليوسين		تغيرات طفيفة في اشكال سطح الارض بفعل الانهار والامواج والرياح . اربعة مراحل من انتشار الغطاءات الجليدية القارية والتلججات الجليدية . الحركات التي ادت الى تكون جبال الكاسكية ، رفع سلاسل جبال الكاسكية وسييرا نيفادا ونشوء البراكين
كواترنري	١,٠٠٠,٠٠٠	ظهور الانسان ، اقتراض الحيوانات اللبنة الضخمة التطور المبكر للانسان انتشار الفيلة والخيول وحجوانات ضخمة آكلة اللحوم - ظهور الحيتان والخفاش والقرود .
الليوسين	٣٥,٠٠٠,٠٠٠	
الليوسين	١٢,٠٠٠,٠٠٠	
الليوسين	٢٥,٠٠٠,٠٠٠	
الليوسين	٣٥,٠٠٠,٠٠٠	

عصر الباليان

الحركة الاراميدية المكونة للجبال ، تكون

الايوسين ٦٠.٠٠٠.٠٠٠

جبال روكي

تكون الباليان البدائية .

نحو الحشاش والجيوب

القاء راسب بحرية على السهول المظلة على

المحيط الاطلسي والخليج وفي مناطق المقبرة

من سلاسل جبال روكي .

الباليوسين ٧٠.٠٠٠.٠٠٠

الحركة التبقادية المكونة للجبال وطفح الكتل

النارية في منطقة زيفادا .

كريتاسيوس ١٣٠.٠٠٠.٠٠٠

الزهرية

القاء الرواسب البحرية في البحار الواقعة

غربي الولايات المتحدة القاء الراسب

الصعراوية في هضبة كلورادو الحركة

البالسيدية الانكسار الكتلي في شرق الولايات المتحدة .

الميزوزويك

ترسب الطبقات الحمراء في الأحواض

الواقعة في شرقي الولايات المتحدة

وفي الأحواض الضحلة في غربي الولايات

المتحدة .

جوارسيك ١٦٥.٠٠٠.٠٠٠

جدول التوزيع الجغرافي / توزيع

عصر الاسماك الاسماك	منطقة نيو كلاند في شرق وغرب الولايات المتحدة الباس ، والحيوانات التي تستيقظ الهواء تكون الاسماك	البابوزريك
عصر الحيوانات فقط ، انتشار الرخويات اللافقرية البحرية	في شرق الولايات المتحدة وفي نيكاد ، وروطا . القار واسب طافية بحرية سمكة في الانواع المتفرقة في شرقي وغربي الولايات المتحدة.	الديفوني ٣٦٥.٠٠٠.٠٠٠ السيلاوري ٣٥٠.٠٠٠.٠٠٠ الاوردفيشي ٤١٠.٠٠٠.٠٠٠ الكامبري ٥٠٠.٠٠٠.٠٠٠
لا يعرف سوى قليل من المتحجرات	عصور عديدة من القاء الراسب مع أقدم أنواع الحياة المروقة تعاقب الحركات الكونية للجبال	ما قبل الكامبري ويرجع عمره إلى حوالي ٣ بلايين سنة سابقة .

ويقابل المقياس الدولي العام للآزمدة الجيولوجية اقسام ثانوية لطبقات الارض الرئيسة والملحقة : المسلسلات والتكوينات والمناطق ... الخ . تساعد مثل هذه التقسيمات على دراسة البنية الجيولوجية في كل جهة وكما انها تساعد على سهولة تتبع الاحداث الجيولوجية في منطقة معينة وسهولة رسم خرائط جيولوجية تفصيلية لها . ويبين الجدول التالي هذه التقسيمات كما اقترحها معهد البحوث الجيولوجية في لينينغراد في عام ١٩٥٤ (٤٦) .

مقياس نسبي لافسام طبقات الارض
الرئيسية والملحقة

المقاييس والاقسام الملحقة	تقسيمات على اساس طبقات الارض	تقسيمات على اساس التسلسل الجيولوجي
المقياس (الدولي) العام	مجموعة نظام قسم	زمن عصر حقبة
المقياس الاقليمي	مرحلة منطقة	عمر زمن
المقياس (المنطقي) المحلي	مسلسلات (تكوينات) عضو	زمن (كل قسم ثانوي)
الاقسام الثانوية الملحقة	شبه مجموعة ، شبه نظام ، شبه مرحلة ، شبه قسم ، شبه منطقة طبقة ، منطقة مالية رافق ، منطقة جبلية .	زمن التسلسل الحالي (لكل قسم ثانوي)

G. Gorshkov , A. Yakushoba; Physical Geology Mescow, 1967. (٤٦)
Trannslated from Russian .
by A. Gurevich . P.27 .

ان جميع المعلومات المطلوبة عن تاريخ منطقة معينة ، او حول تتابع الاحداث فيها يمكن جمعها عن طريق دراسة الصخور والمتحجرات النباتية والحيوانية الموجودة فيها اعتباراً من الاسفل وباتجاه علوي اي من الاقسام القديمة الى الاقسام الحديثة . ومن المؤلف ان يقدم هذا المقطع على شكل عمود طباقى توضع عليه المعلومات التي تم التوصل اليها من خلال دراسة المعروضات الطبيعية او القاطع او الصخور التي يمكن التوصل اليها بواسطة الحفر .

لقد كان تمكن الاستاذ ياكوشوفا (Yakushova) من وضع جدول للتاريخ الجيولوجي للارض تظهر فيه العصور الزمنية التي يمكن تقسيم عمر الارض ومظاهرها بموجب هذا المقياس تقسيم الرواسب التي تشكل الاقسام الخارجية للارض الى خمس مجموعات (اكبر الوحدات) . تتطابق هذه المجموعات مع عصور معينة كما موضح في ادناه :

الرواسب	العصر
مجموعة السينوزويك	سنوزويك (عصر الحياة الحديثة)
مجموعة الميزوزويك	ميزوزويك (عصر الحياة الوسطى)
مجموعة الباليوزويك	باليوزويك (عصر الحياة القديمة)
مجموعة البروتروزويك	بروتروزويك (عصر حياة اقدم)
مجموعة ارجوزويك	ارجوزويك (عصر الحياة العتيقة) .

ومن ثم عن جي . جورشكوف ياكوشوفا الى تقسيم كل مجموعة من هذه المجاميع الى نظم (Systems) وقسم هذه النظم الى عصور (Periods) ومن ثم قسم تلك العصور الى مراحل . فأصبح يوجد لكل مجموعة من هذه المجاميع عصر يقابلها في حين يتطابق اي نظام من النظم التي اوردها مع حقبة زمنية (Epoches) معلومة ومرحلة مرموقة توصل عمر معين في تتابع عمر الارض . لقد ظهر الجدول الذي نسقه الاستاذ ياكوشوفا على الشكل التالي : (٤٧)

G.Go shkov, A. Yakushova ::

مقابل ص ٢٦ - جدول رقم ١ . op. cit . Physical Geology ;

(٤٧) ذكر المصدر سابقاً

(أ) انسداد رأسي يمتد خلال
صخور نارية وصخور رسوبية.
(ب) انسداد أفقي أو الواح طفعية
السد: رواسب متغيرة
ناعمة
خشنة
ناعمة

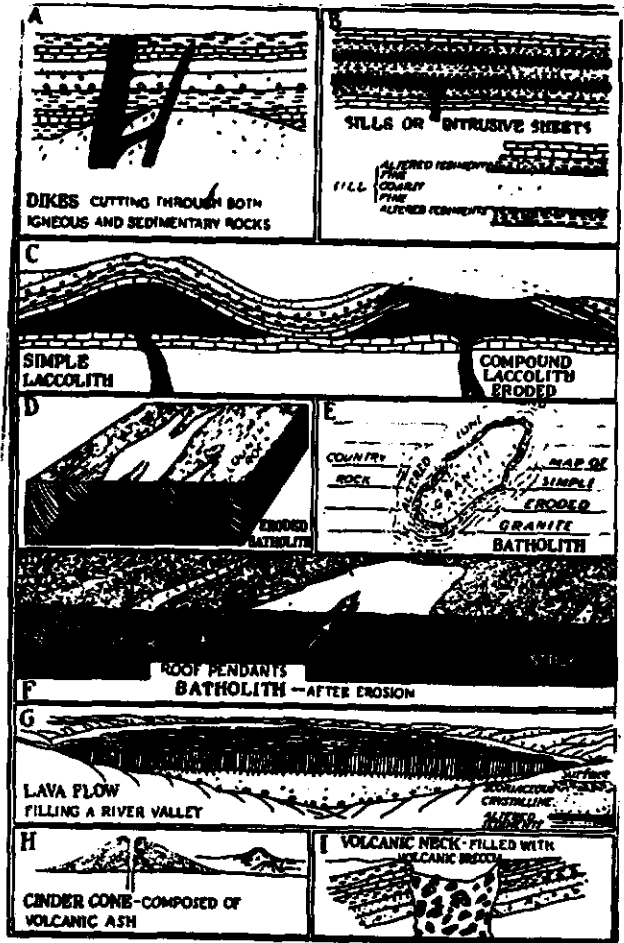
رواسب متغيرة
(ج) انسداد قباني بسيط
انسداد قباني مركب قد تعرض
للتعرية

(د) انسداد بركاني قد تعرض
للتعرية مخطط لانسداد بركاني
بسيط في صخر الكرانيت وقد
تعرض للتعرية .

(هـ) انسداد بركاني بعد التعرية
(و) انسياب من الحمم
البركانية قد ملأ وادياً نهرياً.
صخور بركانية بنوعية
رواسب متغيرة

(م) مخروط الرماد البركاني
يتكون من الرماد البركاني
(س) عنق البركان وقد امتلأ
بمادة الخفاف البركانية .

المصدر Lobeck, P.44



FORMS OF IGNEOUS ROCKS

أشكال الصخور البركانية

الأزمة (المجموعات)	المصور (النظم)	الحقب الاقسام	المدة بملايين السنين
الاسم	الرمز	الاسم	الرمز
السينوزويك K2	انثروبوجين AP (كواتر تيريز) Q	المعاصر AP4	
		الانثروبوجين المتأخر AP3	١
		الانثروبوجين الاوسط AP2	
		الانثروبوجين المبكر AP1	
	النيوجين N	بليوسين N2	٢٥
		ميوسين N1	
	الباليوجين Cr Pg	اوليجوسين Pg3	
		ايوسين Pg2	٤٥
		الباليوسين Pg1	
اليزوزويك M2	كريتاسين Cr	الكريتاسيد المتأخر Cr2	٧٠
		الكريتاسي المبكر C1	
	جوارسي J	الجوارسي المتأخر J3	٤٥
		الجوارسي الاوسط J2	
		الجوارسي المبكر J1	

جدول التسلسل الجيولوجي

الاسم	الرمز	الاسم	الرمز	الاسم	الرمز	الاسم	الرمز
الباليوزويك		البرمي	P	البرمي المتأخر	P2	٤٥	
		البرمي المبكر	P1				
		الكاربوني	C	الكاربوني المتأخر	C3	٥٠	
				الكاربوني الاوسط	C2		
				الكاربوني المبكر	C1		
		الديفوني	D	الديفوني المتأخر	D3	٨٠	
				الديفوني الاوسط	D2		
				الديفوني المبكر	D1		
		السلوري	S	السلوري المتأخر	S2	٢٠٠	
				السلوري المبكر	S1		
		الاوردفيشي	O	الاوردفيشي المتأخر	O3	٦٠	
				الاوردفيشي الاوسط	O2		
				الاوردفيشي المبكر	O1		
		الكمبري	Cm	الكمبري المتأخر	Cm3	٩٠	
				الكمبري الاوسط	Cm2		
				الكمبري المبكر	Cm1		
مقابل الكمبري الرابع						حوالي ٦٠٠	

الاسم	الرمز الاسم	الرمز الاسم	الرمز المدة بملايين السنين
ما قبل الكمبري الثالث			حوالي ٧٠٠
ما قبل الكمبري الثاني (أركيان)			حوالي ٨٠٠
ما قبل الكمبري الأول (كاناركيان)			حوالي ٨٠٠

الباب الثاني

الافكار الأساسية في توجيه العملية الجيومورفية كما يراها ثورنبري

سبق وذكرنا ان العملية الجيومورفية تبدأ وتحدث وتكتمل بفعل عوامل جيومورفية معينة وتؤدي إلى اظهار تغيير في أشكال سطح الارض من حيث التغير او الاستحداث ، وذلك ضمن مدى زمني معين يسمى بالزمن الجيولوجي . على ان هذه العمليات منفردة او مجتمعة تحدث التغير الملحوظ في مظاهر قشرة الارض وفق قواعد معينة ذكرها الاستاذ وليم . دي . ثورنبري على الصورة التالية :

الفكرة الاولى :

« ان بعض العمليات والقوانين الطبيعية التي تعمل الان هي نفسها قد عملت خلال الازمنة والعصور الجيولوجية . الا انه ليس من الضروري ان يكون عملها بنفس الشدة الحالية ، دائماً. »

فهناك كثير من الدلائل تبين ان شدة العمليات الجيومورفية قد تباينت خلال الزمن الجيولوجي رغم انها سارت على نفس النمط . فليس هناك ، مثلاً سبب للاعتقاد بان الانهار لم تشق اوديتها في الماضي ، كما تفعل الآن وان ثلاثيات الوادي ، او الانهار الجليدية في عصر البليستوسين ، رغم انها اكثر عدداً وسعة ، قد اختلفت في عملها عن الثلاثيات الحالية ، او ان الرياح التي ارسبت الصخور الرملية في صحاري متعددة ، قد خضعت إلى قوانين تختلف عن تلك التي تتحكم في حركات الرياح في الوقت الحاضر . فالتغير يمكن ان يحصل فعلاً لا في سير العمليات بل في شدتها فاذا صح هذا التعبير فيمكن ارجاعه ، كما يعتقد البعض إلى حدوث تغيرات مناخية شملت الكرة الارضية بأسرها او جزء كبير منها .

الفكرة الثانية :

« ترتبط تضاريس سطح الارض إلى حد كبير مع اختلاف سرعة العمليات الجيومورفية » .

يعزى التباين في مقدار نحت سطح الارض ، إلى طبيعة الصخور التي تتكون منها قشرة الارض ، وحتى طبيعة بنيتها ، لذلك تكون مقاومة هذه الصخور لعمليات التغير متباينة . وتكون بعض هذه الاختلافات واضحة جداً في حين تكون الاخرى صغيرة . ولكن مامن واحدة منها ضئيلة الاهمية ، وذلك لانها تؤثر ، بشكل او اخر ، على سرعة تعرية الغلاف الصخري للارض علماً بان ذلك يجري على درجات متفاوتة تبعاً لمدى مقاومة الصخور لعمليات التغير . على انه يمكن القول بصورة عامة ان المناطق التي تتميز بطوبوغرافية مرتفعة انما هي تركز على صخور صلبة نسبياً وان المناطق ذات الطوبوغرافية الواطئة تركز على صخور اقل مقاومة او اقل صلابة ، اي ضعيفة نسبياً .

ورغم ان التباين في تركيب الصخور وبنيتها هو حقيقة رئيسية ومهمة في اختلاف تعرية سطح الارض ، الا ان هاتين الصفتين لا تشكلان السبب

الوحيد في هذا المجال . وسبب ذلك ان العمليات الجيومورفية وعلى الاخص العمليات الظاهرية تعمل بدرجات مختلفة حتى ولو كان ذلك في حدود ضيقة . فالشدة المحلية لعمليات معينة قد تتغير ، وحتى بشكل فجائي بصورة واضحة بالنسبة لحدوث اختلافات في بعض الحقائق الفعالة مثل درجة الحرارة والرطوبة والارتفاع وكمية ونوع الغطاء النباتي . وهكذا فان الحقائق الكثيرة التي تؤثر في سرعة العمليات الجيومورفية المحلية معقدة إلى درجة يمكن معها القول بان التغير الذي تحدثه هذه العملية الجيومورفية او تلك يختلف اختلافاً ملحوظاً ضمن حدود ضيقة وذلك بالنسبة لما يتواجد في هذه الجهة المحلية من حقائق جغرافية فعالة ومتحركة .

الفكرة الثالثة :

« تترك العمليات الجيومورفية اثارها الواضحة على اشكال اليابس وتقوم كل عملية جيومورفية بتطوير اشكال اليابس الخاصة بها . » ان لكل مظهر من اشكال سطح الارض مميزات خاصة به . تعتمد هذه المميزات إلى حد كبير على طبيعة العملية الجيومورفية . فالسهول الفيضية والدالات الغرينية هي اشكال تكونها الانهار ، كما تعتبر الحفر المائية والكهوف اثاراً وشواهد لعمل المياه الباطنية ، وتثير الركامات النهائية والتلال الجليدية اليبسوية في اي اقليم من الاقاليم على وجود غطاء جليدي سابق في المنطقة .

ولما كانت كل عملية جيومورفية تعمل على انفراد على تكوين معالم ارضية متميزة فان بالامكان تصنيف اشكال اليابس على اساس نشأتها . وبهذه الطريقة تصبح فكرة تواجد انواعاً معينة من اشكال اليابس فكرة اساسية في تفكير المختصين في علم الجيومورفولوجيا ويصبح بإمكان الشخص ان يتكهن عن وجود اشكال اخرى يتوقع وجودها بشكل اكيد وذلك على ضوء علاقة ونشأة هذه الاشكال . وسوف يلاحظ المتبع في هذا المجال ان كثيراً من مظاهر السطح تدل على انها قد تكونت في ظروف معينة اقترنت بتغيرات مناخية حدثت في زمن البليستوسين .

الفكرة الرابعة :

«يظهر تعاقب منظم لاشكال اليايس عندما تعمل عوامل تعرية مختلفة على سطح الارض .»

ويصح القول بان اغلب الجيومورفين يعتقدون بان تطور اشكال اليايس يأتي بشكل متعاقب ومنظم . ولا يعني هذا ان جميع الجيومورفين بصحة ما افترضه ولهم مدرس ديفز من تعاقب مراحل الشباب والنضج والشيخوخة التي يمر بها الشكل الارضي وهي الفكرة التي اصطلح عليها ديفز اسم الدورة الجيومورفية . على ان ذلك لايعني بالضرورة ان هذا المصطلح يدل على دورة حقيقية في الطبيعة . الا ان استعمال مثل هذا المصطلح يدل على وجود تطور منظم ومتعاقب الا انه ليس من الضروري ان يفي وجود تماثل في مراحل تماثل في مراحل وخصائص طوبوغرافية موجودة في اقليم اخر وذلك لان تغير مميزات الاشكال الارضية يعتمد الى حد كبير على اختلاف ظروف البنية وانما في حتى لو عملت العمليات الجيومورفية لفترات جيولوجية متقاربة من حيث الزمن . هذا يفسر في الواقع ان فكرة الدورة الجيومورفية يمكن ان تستخدم بمعناها النسبي وليس بالمعنى المطلق . لذلك اذا ما تواجدت مطقتين متشابهتين في مراحل تطورها فان ذلك لايعني بأنهما قد استغرقتا نفس المدة من الزمن للوغها . وعلى هذا الاساس ظهر الالتباس نتيجة لتعريف كثير من الجيولوجيين للدورة الجيومورفية بأنها الفترة الزمنية اللازمة لخفض منطقة معينة الى مستوى القاعدة بدلا من كونها تعني تغيرات يمر بها سطح الارض للوصول الى ذلك المستوى (١). لذلك تصبح فكرة الموراث

(١) الدكتور يوسف توي ، معجم المصطلحات الجغرافية ، دار الثقافة العربية للطباعة ، ١٩٦٤ ،
واقد جاء في صفحة ٤٦٦ : مستوى القاعدة هو المستوى الذي لا يستطيع اسفله عوامل الحث أن
تقوم بعملها فمستوى القاعدة بالنسبة للنهر هو أدنى حد التاكل كل قاع مجرى النهر .
واتوقف المدة التي يستغرقها قاع المجرى للوصول إلى مستوى القاعدة على معدل سرعة الحث ،
فهي بصفة عامة تكون أقل بالنسبة للمجاري الكبرى منها بالنسبة للمجاري الصغرى يعتبر
مستوى سطح البحر هو (مستوى القاعدة العام) ولكن هناك أيضاً مستويات قاعدة أخرى
على أومقطة = .

الدورات الجيومورفية الجزئية فكرة مقبولة مادام هناك اعتراف بوجود دورات كاملة من هذا النوع . على ان حدوث الدورات الجزئية يكون امراً متوقفاً قد يفوق حدوث الدورات الكاملة . والسبب في ذلك ان - اجزاء واسعة من القشرة الارضية يكون ثابتاً ويخضع نوعاً ما الى ارتفاع متناوب مختلف المدى . ورغم ما سبق فان هناك اجزاء من قشرة الارض تبقى ثابتة فترة كافية من الزمن بحيث تسمح مثل هذه الفترة الى بلوغ مراحل متقدمة من تطور سطح الارض . ومن هذا نصل الى القول بان الدورة الجزئية اسوة بغيرها تترك اثاراً على سطح الارض وان الجيومورفيين بحاجة ماسة الى ما يمكنهم من التعرف على اثار مثل هذه الدورات .

الفكرة الخامسة :

« ان التطور الجيومورفي المعقد اكثر شيوعاً من بسيطة . » من النادر ان يكون الابيضاح البسيط لمظاهر سطح الارض ايضاحاً صحيحاً . وقد ظهرت تناقضات واضحة في ميدان العلوم نتيجة للاخذ بالبسيط من الابيضاحات . فالباحث المتعمق في دراسة اشكال اليابس سرعان ما يتضح له بان القليل من معالم طبوغرافية اليابس يمكن ان يفسر على انه نتيجة لعملية جيومورفية منفردة او كونه نتيجة لدورة تطور جيومورفية واحدة . وفي واقع الامر نجد ان معظم تفاصيل التضاريس في منطقة معينة بالذات قد نتجت عن دورات جيومورفية سابقة . ورغم توفر عدد من الاشكال الارضية التي قد تنتج عن عملية جيومورفية واحدة ، فان من النادر ان تظهر مجموعة من هذه الاشكال يرجع وجودها كلياً الى عملية جيومورفية واحدة .

لقد عمل هوربرج عام ١٩٥٢ على تصنيف اشكال اليابس في مجاميع خمسة رئيسية هي : (١) البسيط ، (٢) المركب (٣) اشكال تنتج عن دورة واحدة (٤) اشكال تنتج عن دورات متعددة و(٥) مجاميع الاشكال المنكشفة . فالاشكال البسيطة تتكون بتأثير عملية جيومورفية معينة تغطي على عمليات جيومورفية اخرى ، ان وجدت . اما الاشكال الارضية المركبة فانها تتعرض

على الأقل الى دورتين جيومورفيتين او حتى الى اكثر من ذلك . ومن الصحيح القول بان معظم اشكال اليابس يكون مركباً بطبيعته . وقد يكون هذا التعميم صحيح بمعناه الضيق ، وذلك لان من النادر ان نلاحظ منطقة واسعة ترجع التضاريس المتواجدة فيها الى عملية جيومورفية واحدة . ان معالم سطح الارض التي نشأت من فعل دورة جيومورفية واحدة تحمل اثار تلك الدورة ، في حين تنتج المعالم المتعددة في فترة عملت فيها اكثر من دورة تعرية واحدة . وتكون الاشكال الاولى اقل انتشاراً من الثانية ، وهي في الواقع تنحصر في جهات من سطح الارض قد تكونت حديثاً مثل جزء معين من قاع محيط قد ارتفع حديثاً او على سطح مخروط بركاني هضبة تكونت من طفح بركاني على انه من الملاحظ ان اكثرية المعالم الطوبوغرافية ، في العالم ، ان لم تكن كلها ، تحمل اثار اكثر من فترة تعرية واحدة . وقد وردت امثلة عن اشكال تضاريسية نتجت عن اكثر من دورة تعرية واحدة في جميع القارات فيما عدا القارة القطبية الجنوبية . ولعل ذلك يرجع الى حداثة اكتشاف هذه القارة وعدم توفر الامكانيات الكاملة لدراسة معالمها دراسة اقليمية كاملة .

لقد ثبت حديثاً ان عدداً كبيراً من الاشكال الارضية قد تطور في اكثر من مجموعة ظروف مناخية واحدة وما صاحبها من تباين في العمليات الجيومورفية السائدة . لقد اقترنت اكثرية اختلافات الظروف المناخية بالتغيرات التي حدثت في عصر البليوسين . اما معالم الارض المنكشفة فانها تمثل الاشكال التي تكونت خلال فترة تسبق الزمن الجيولوجي الا انها انطمرت تحت كتل من الصخور النارية او الرسوبية ومن ثم ظهرت اثر زوال ما كان يغطيها وقد ترجع هذه الاشكال الى عصر ما قبل الكامبري ومع كل ذلك فانها قد تكون حديثة النشأة اي ضمن عصر البليوسين . والسبب في مثل هذا الاعتقاد ان هناك مئات من الانهار التي تعمل في المناطق التي غطتها رواسب البليوسين وقد نجحت في كشف الطوبوغرافيا المطمورة من سابق الزمان . على ان معظم المعالم المنكشفة كانت ذات طابع محلي وتشكل

جزءاً من معالم السطح الحالية ورغم ان هناك احتمالاً اكيراً قد تشكل في جهة من الجهات معالم تضاريسية بارزة كما هي الحال في مجرى نهر واباش في الولايات المتحدة الاميركية .

الفكرة السادسة :

« ان قليلاً من طوبوغرافية الارض التي اقدم من الزمن الثالث في تاريخ تواجدها ولا يتجاوز قدم غالبيتها عصر البليوسين . »

لقد قدر اشلي (Ashley) بان ٩٠٪ من سطح اليابس في الوقت الحاضر قد تطور وتكامل بعد الزمن الثالث وان حوالي ٩٩٪ من هذه الاشكال قد تطور بعد عصر الميوسين (١) وليس من الضروري ان تكون هذه التقديرات صحيحة الا انها تقودنا من غير شك الى نتيجة ينبغي على الجيومورفيين ان يتقبلوها رغم احتمال معارضة بعض الجيولوجيين لها . ولما كنا قد ذكرنا سابقاً ان البنات الجيولوجية قد سبقت الاشكال الطوبوغرافية في تطورها فاننا نستبعد في هذا المجال ان تكون تلك الاشكال التي تواجدت في اواخر عصر البليوسين اوصت في الجهات التي تعرضت الى حركات ارضية فجائية . ومن ابرز الامثلة على ذلك ان التواء جبال الهملابا قد بدأ على درجة كبيرة الاحتمال في العصر الكريتاسي . ثم تكامل هذا الالتواء في زمن الايوسين والميوسين على انها لم تبلغ ارتفاعها الحالي الا في عصر البليوسين ، كما تكونت معظم تفاصيل طوبوغرافيتها الحالية في البليوسين او في عصر متأخر عن ذلك .

الفكرة السابعة :

لا يمكن تفسير المعالم التضاريسية تفسيراً صحيحاً دون ان نقدر التأثيرات المناخية والجيولوجية المتعددة التي حدثت خلال البليوسين تقديراً كاملاً .

(1) Ashley, G.H, (1931) Our youthful Scenery. Bull Geol, soc, Am, 42. PP. 237- 556

فمن الواضح ان هناك حقيقتان ترتبط الواحدة منهما بالآخرى هما :
ان معظم المظاهر الطبوغرافية في العالم قد نشأت في فترة جيومورفية حديثة
وثانيهما ان التغيرات الجيولوجية والمناخية التي حدثت في البليوستوسين قد
تركت اثارا بعيدة المدى على الوضع الطبوغرافي الحالي . فقد ترك الجليد
آثاراً مباشرة فوق ملايين من الاميال المربعة من القشرة الارضية ربما وصلت إلى
..... ١٠٠,٠٠٠ ميل مربع الا أن اثاره قد تخطت المناطق التي تعرضت إلى
تأثيره المباشر . فالرواسب التي حملتها مياه الجليد الذائب وما فضلتها الرياح
من مواد جليدية في اصلها تمتد إلى مناطق لم يصل الجليد اليها مطلقاً . في حين
ان الاثار المناخية للزحف الجليدي قد شملت ، في مداها العالم بأسره .
لقد صاحب الزحف الجليدي تغيرات مناخية . فتغيرت معظم نظم الانهار
نتيجة لذلك . ورغم ان العصور الجليدية تعتبر اهم حدث في عصر البليوستوسين
الا أننا يجب ان لانفعل حقيقة ان الحركات الباطنية التي بدأت في عصر
البليوسين وشملت كثيراً من المناطق قد استمرت في عصر البليوستوسين
وحتى العصر الحديث . فقد لعبت هذه الحركات الباطنية دورا مهما في
تكوين معالم السطح الحاضرة في المنطقة المجاورة للمحيط الهادى .

الفكرة الثامنة :

« ان تقدير مناخات العالم حق قدرها امرا ضروريا لفهم الاهمية المتباينة
لمختلف العمليات الجيومورفية فهما صحيحا » .
ان الحقائق المناخية ولاسيما درجات الحرارة والتساقط تؤثر في فعل العمليات
الجيومورفية ومع هذا فان من الغريب ان لانجد الا القليل من الدراسات
التفصيلية التي حاولت ان تبين إلى اى درجة تؤثر تغيرات المناخ على التفاصيل
الطبوغرافية . وقد يعود سبب ذلك إلى حد ما إلى ان الجيولوجيين لا ينصرف
تفكيرهم إلى ان المناخ وان الجغرافيين رغم كثرة معرفتهم بتفاصيل المناخ
قد انصرفت عنايتهم في السنوات الحالية إلى اوجه نشاط الانسان وتكيفها
بالنسبة لمعالم السطح المختلفة اكثر من عنايتهم باصل المعالم السطح ذاتها .

وقد تؤثر التغيرات المناخية على العملية الجيومورفية بشكل مباشر او غير مباشر . وتتعلق التأثيرات غير المباشرة إلى حد كبير في كيفية تأثير المناخ على كثافة ونوعية وتوزيع الغطاء النباتي . اما العوامل التي تتحكم بصورة مباشرة فأنها واضحة مثل كمية ونوع التساقط والتبخر وسرعة الرياح واتجاهها . ومع ذلك هناك حقائق مناخية لا تظهر اثارها بمثل هذا الوضوح مثل طول فترة انجماد الارض والامطار الغزيرة غير الاعتيادية ومدى تكررها والفصول التي يبلغ فيها سقوط المطر ذروته ومدى تواتر ايام الانجماد والذوبان .

الفكرة التاسعة :

ومع ان اهتمام الجيومورفولوجيا ينصب بالدرجة الاولى على معالم السطح الحالية، الا أن هذه الدراسة والاهتمام تبلغ ذروة فائدتها اذا توسعنا بدراسة معالم السطح من الناحية التاريخية .

فتوجد في معالم سطح الارض الحالية اشكال ترجع في تاريخها إلى حقبة او فترات جيولوجية سابقة . وعليه لابد للجيومورفي ان يتبنى نهجا تاريخيا اذا اراد ان يفسر التاريخ الجيومورفي لاقليم ما تفسيراً صحيحاً . ويسمى هذا الجانب من دراسة اشكال اليابس بالجيولوجيا القديمة (Paleogeomorphology) .

وقد بين براين سنة ١٩٤١ الطبيعة التاريخية لموضوع الجيومورفولوجيا وذلك عندما قال (١) « اذا كانت اشكال الارض قد نتجت بفعل عمليات آتية فقط . فلا مبرر اذن لفصل دراسة اشكال اليابس كحقول دراسي متميز عن الجيولوجيا الحركية » فالفرق الاساسي بين الموضوعين هو التعرف على اشكال اليابس او بقايا منها نتجت بفعل عمليات لاتعمل في الوقت الحاضر . (٢)

(١) Bryan kivk, (1941) physiography, Geol. Soc A.M. 50 th Ann. Vol. PP.3-15

(٢) ذكر انصار سابقاً Thornbury . W.D. principles. of Geomorphology .
لاحظ الترجمة العربية للدكتور وفيق حسين الخشاب - ١٩٧٥ الجزء الأول، ص ٢٧-٤٨

1. The first part of the document is a list of the names of the members of the committee.

2. The second part of the document is a list of the names of the members of the committee.

3. The third part of the document is a list of the names of the members of the committee.

4. The fourth part of the document is a list of the names of the members of the committee.

الباب الثالث

تفصيل العمليات الجيومورفية

١ - عمليات التجوية (Weathering Processes)

تعني التجوية التحول الفيزيائي او التحول الكيماوي او كليهما لمعادن الصخور على سطح الارض او بالقرب منه . ان معظم الصخور والمعادن المكشوفة على سطح الارض او بالقرب منه او تحته مباشرة تكون متواجدة في بيئة لا تشابه مع البيئة التي تكونت هذه الصخور في ظلها . ويصدق هذا القول بشكل خاص على الصخور النارية والمتحولة التي تكونت في درجات حرارة وضغوط عالية باستثناء بعض انواع الصخور البركانية . لذلك يمكن ايجاز تعريف عملية التجوية بأنها عملية تحويل الصخور ومعادنها إلى اشكال قد تكون أكثر ثباتاً في ظل وضعيات من الرطوبة ودرجات الحرارة والفعالية البايولوجية التي تسود على سطح الارض .

والتجوية عملية خارجية لاصلة لها بباطن الارض . وقد عرفها البعض بأنها عملية تمهيد الصخور للحمل والنقل والارساب، فهي اذن عملية ابتدائية حتى يتم نقل المواد المكونة للصخور من مكانها الاصلي وارسابها في مكان اخر، ولولا عملية الاعداد هذه لما تمكنت عوامل الحمل والنقل من تأدية عملها على الوجه الاكمل . (١) في حين عرف باكوشيف عملية التجوية بأنها مجموعة العمليات التي تؤدي إلى الهدم الميكانيكي الفيزيائي والتفكك الكيماوي بفعل التذبذبات في درجات الحرارة والماء والاكسجين وثنائي اوكسيد الكربون والحياة العضوية . (٢)

وبالامكان تمييز نوعين من التجوية : النوع الاول هو التجوية الفيزيائية ، وبموجب هذه العملية تتفكك الصخور الاصلية إلى مواد اصغر من حيث حجمها ، ولا يصاحب هذه العملية اى تغير ملحوظ من الناحية الكيماوية او في التركيب المعدني للصخور . اما النوع الاخر فهو التجوية الكيماوية وفيها يتغير التركيب الكيماوي والمعدني للصخور التي تتعرض إلى هذه العملية. وتحدث هاتان العمليتان بشكل متلازم في الطبيعة بحيث يصعب فصل تأثير احدهما عن الاخرى .

وقد ذكر بان عملية التجوية بنوعها ماهي الا أداة تكيف الصخور المكونة للقشرة الارضية إلى وضعيات بيئية جديدة. ان اى كتلة صخرية تندفع نحو الاعلى بواسطة الانكسار او الالتواء اللذان تتعرض لهما قشرة الارض، ثم تنكشف هذه الكتلة بفعل التعرية، نجد في الحال بان العناصر المختلفة التي تتكون منها ، بوضعها الحالي وليست على وفاق تام مع البيئة الجديدة التي حلت فيها ، فتتعرض حينئذ إلى تكيف لهذه البيئة الجديدة . (٣)

٢- ١. التجوية الفيزيائية (Physical Weathering)

ان التجوية الفيزيائية هي اقل انواع التجوية تعقيداً وذلك لانها عملية

(١) الدكتور عبد المجيد يوسف فليد ، جغرافية السطح . ذكر المصدر سابقاً ص ٨٢

(٢) ذكر المصدر سابقاً G. Govshkova, A. Yakushova, physical p.55

(٣) ذكر المصدر سابقاً . Lobeck ,A. K Geomor phology . p. 72 .

آلية بحتة فلا تنطوي على عمليات تفاعل او تكوين مواد جديدة او غير ذلك . غير ان العوامل التي تقوم او تساعد على حدوث التجوية الفيزيائية قد تكون احياناً غامضة او صعبة الفهم . واهم هذه العوامل : -

أ. تكون شقوق او فوالق في الصخور نتيجة للعمليات الباطنية او نتيجة لحدوث ضغط على اجزاء الصخر اذا ما تعرض للانكماش بسبب البرودة .

ب. تجمع قطرات الماء التي توجد بين جزيئات الصخر وبعضها البعض.

ج. التأثير العضوي الناتج عن نمو الجذور او نتيجة لحفر بعض الحيوانات في اجزاء الصخر مما يؤدي إلى ضعفه وانهياره .

د عامل الانكماش والتمدد الصخري بفعل الحرارة والبرودة (١) وذكر باكوشيف انه رغم تعدد العوامل التي تؤدي إلى التجوية الفيزيائية فان الدور المهم في هذه العوامل انما يكون للعوامل التي تؤدي إلى حركة الجزيئات المكونة للصخور والتي تؤدي إلى خلخلة العلاقة والرابطة الموجودة بين مكونات الصخور (٢) .

ان الفعالية السائدة في جميع عمليات التجوية الفيزيائية هي تكوين ضغط ملائم ضمن الصخور بحيث تتعرض الاخيرة إلى التكسر . فاذا تمزق الصخر على طول سطوح الانكسار تكون في الصخر اثر ذلك . او الواح مختلفة الحجم اما اذا كانت خطوط الضعف في الصخور ممتدة على طول الحدود الفاصلة بين الحبيبات المعدنية المكونة للصخور ، يتخلف عن التجوية الفيزيائية مواد يعتمد حجمها على حجم الحبيبات في الصخر الذي تعرض للتجوية الفيزيائية . ومن الممكن ان تتكون حبيبات ذات احجام اصغر من ذلك اذا ما قطعت معادن الصخور بواسطة كسور صغيرة .

لقد ظهر بان اكثر العمليات المألوفة في التجوية الفيزيائية ناتجة عن خفة الضغط التي هي حصيلة التعرية ، وكذلك التمدد الذي يحصل في الشقوق او على

(١) ذكر المصدر سابقاً

(٢) الدكتور يوسف عبد المجيد فايد ، جغرافية السطح . ذكر المصدر سابقاً ص ٨٢-٨٥ .

طول الحدود الفاصلة بين الحبيبات المعدنية بتأثير الماء المتجمد او الاملاح المتبلورة داخل الصخور وكذلك تأثير النار والتمدد والتقلص المتعلقان بالتغير الحاصل في درجات الحرارة كجزء من استجابة معادن الصخور لهذا التغير (٣) فمن الواضح ان ارتفاع درجات الحرارة بمقدار ١٥٠° يؤدي إلى تمدد جاذبي في صخور الكرانيت يبلغ بوصة واحدة لكل ١٠٠ قدم (٤) . وقد ذكر ثورنبري بان هناك مالا يقل عن اربع عمليات في التجوية تكون ذات طبيعة فيزيائية تؤدي إلى تفكك الصخور وتشمها و اشار إلى ان ريجي قد ذكر في عام ١٩٥٠ في كتابه .

الى ان هذه العمليات تشمل التوسع الناتج عن ازالة الثقل العلوي والنمو البلوري والنشاط العضوي والافتلاع الصخري (٥) . وتظهر في الكتل الصخرية التجانسة او حتى الصخور التي تتكون من طبقات ؛ كثير من سطوح الانكسار والفواصل (Joints) وتكون هذه السطوح والفواصل متوازية تقريباً مع سطح الارض بحيث تعمل على تقسيم كتلة الصخر الى سلسلة من الطبقات والالواح (٦) . وتكون الابعاد بين هذه الفواصل عادة مطردة الزيادة بزيادة العمق . اما سبب اواصل مثل هذه الفواصل او الانكسارات فانه مجهول . الا انه على الأرجح ، يعود الى انطلاق الضغط الموجود في داخل الصخور . فعندما تكون الصخور مدفونة داخل القشرة وتحت اغطية صخرية او هشيمية مناسبة ، فانها تكون تحت ضغوط معلومة الابعاد . فاذا ما تعرضت الصخور او الاغشية الهشيمية التي تغطيها الى عوامل التعرية ، فان ضغوطها تتناقص وعندئذ يصبح بإمكان هذه الصخور ان تتمدد . فاذا كانت مثل هذه الصخور واقعة على مقربة كافية من السطح فان هذا التمدد يحدث باتجاه علوي فقط او باتجاه حائط او جهة خفة الضغوط ، او في اي اتجاه

G.Gorshleov ,A. Yakushov.

Phycisal Geol. p. 56 .

Thornbury, W. D, principles of Geomorph.

Birkland , p.pedology , Weathering etc. p. 53

(٣) ذكر المصدر سابقاً

(٤)

(٥) ذكر المصدر سابقاً

(٦) ذكر المصدر سابقاً

تكون فيه كتلة الصخر المدفونة غير مقيدة . وقد يؤدي مثل هذا التمدد الى تشقق الصخور على طول سطوح الانكسار بحيث يمثل الانكسار زاوية قائمة مع اتجاه انطلاق الضغط . وتتكون اثر ذلك كتل لوحية متوازية مع سطح الارض . وعندما يتجمد الماء الموجود داخل الصخر فانه يستطيع ان يكون ضغطاً يكفي لتفكك معظم الصخور . فعند درجة حرارة الصفر المئوي تكون الزيادة في حجم الماء عند تحوله من الشكل السائل الى وضع جليدي صلب حوالي ٩ ٪ وقد اشار بعض الجيومورفيين بان زيادة طاقة الماء ، بغض النظر عن كميته وذلك لان ضغط الماء يكون ثابتاً عن تحوله من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة ، تكون مساوية لوزن عمود من الجليد يصل ارتفاعه الى ميل واحد او مساويا لحوالي ١٥٠ طن على القدم المربع الواحد (٧) . وفي الجهات التي توجد فيها مؤونة كافية من الماء وتسود فيها درجات حرارة واطئة ، فان هذه المياه يمكن ان تتعرض الى ظاهرة التجمد ، وتكون الضغوط الداخلية الناتجة عن ذلك كافية بحيث انها تفوق الضغط الذاتي الموجود في داخل الصخر . وتبدأ اثر ذلك عملية تشقق الصخور . ومن المعلوم ان تأثير هذه الظاهرة يكون على اشده في بيئات تتغير فيها درجات الحرارة على السطح بحيث يتعدى هذا التغير درجة الصفر المئوي عدة مرات في السنة الواحدة .

وتؤدي المحاليل الملحية الناتجة من ذوبان بعض مكونات الصخر بماء المطر او غيره اذا ما وجدت طريقها الى ما يظهر من انكسارات على سطح الصخر او خلاله او حتى الى الحدود الفاصلة بين الحبيبات والحزائت المكونة للصخور ، تؤدي هذه المحاليل الى حدوث تفكك في الصخور بحيث ان مكونات هذه الصخور تتخذ عندئذ شكل حبيبات منفردة (٨) . ومن الملاحظ في

(٧) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A. K. Geomorphology .p.74

(٨) Cooke. and Smalley, T. J. Salt Weathering in deserts, Nature, vol.220 (٨) pp. 1226 - 1227

Strahler ,A.N. phsical Geog .

p.212. Fig. 22.1

في الطبيعة ، كذلك ان هناك عمليات معينة تبدو على جانب من الاهمية في تفكك الصخور بتأثير الاملاح . ومن بين هذه العمليات الضغوط الداخلية التي تتكون اثناء نمو البلورات نتيجة لوجود المحاليل ، وهناك شواهد مقننة في علم التربة تدلل على ذلك منها، تكون آفاق(*) في جسم التربة، ذلك لان هذه الآفاق تحتوي في كثير من المواضع على اكثر من ٧٠٪ من كاربونات الكالسيوم. وتعتبر عملية التمدد الحراري عملية اخرى من عمليات التجوية الفيزيائية ونقصد بذلك تمدد بعض الاملاح عند تعرضها إلى ارتفاع في درجات الحرارة. وتحدث هذه العملية لان معظم الاملاح الاعتيادية يكون لها معامل تمدد حراري اعلى من المعامل المألوفة في بعض انواع خاصة من الصخور . وتكون مثل هذه العملية مهمة بشكل خاص في الصحاري الحارة التي تتميز بوجود تغيرات واضحة في درجات الحرارة اليومية .

وهناك عملية اخرى تعتبر مهمة بشكل واضح في تفكك الصخور تتمثل هذه العملية في تكون ضغوط معينة في داخل الصخور نتيجة لحدوث عملية التميؤ (Hydration) في بعض الاملاح المتواجدة في الصخور. فيعتقد وينكلر (Winkler) ، مثلا ، ان السبب الرئيسي في تقشر كليوباترا نيدل (Cleopatra needle) انما هو عملية تميؤ الاملاح التي تكونت داخل الصخور. فقد نمت هذه الاملاح عندما انتشر المناخ الرطب بشكل تدريجي . ومن المحتمل ان يكون لتميؤ المعادن المكونة للطين اثر مماثل على تشقق الصخور . (٩) والحرارة العالية عامل مهم في حدوث التجوية الفيزيائية وذلك لان الصخور هي عامل رديء في اقبال الحرارة . فتحتوي طبقة رقيقة سطحية من الصخور على درجات حرارة عالية ثم يظهر تناقص سريع في درجات الحرارة عند زيادة العمق . لذلك فان السطح العلوي للصخور يتمدد بشكل اكثر سرعة

(٥) Zone (افق) كما ورد في مصطلحات المجمع العلمي العراقي

(٩) Winkler, E. M. 1965 Weathering rates as Exemplified by Cleopatra needle in New York city Jour. Geol. Educ. v. 13, p 50- 52
Strabler, A.N. physical geog.

من بقية اجزاء الصخور الواقعة في العمق . وقد يؤدي هذا التمدد الى تشقق الصخر على شكل الواح رقيقة تسقط على الجهات المجاورة . (١٠)
ان هذه الملاحظات المتعلقة بتأثير الحرارة على عملية التجوية ذات فائدة كبيرة في دراسة طبقات الصخور في عصر الكواترنري . وسبب ذلك ان درجة تجوية سطح الصخر بشكل احد المعايير التي تستعمل للتفريق بين اعمار الصخور . فيجد المرء مثلاً في بعض اقسام فرونت رينج في كلورادو ان الصخور الموجودة في مجروف جليدي حديث فوق خط الاشجار تكون كثيرة الحفر بالمقارنة مع صخور اخرى تتواجد في مجروف جليدي اقدم في جهات الغابات الحالية (١١).

ويعتقد البعض بان التذبذبات اليومية في درجات الحرارة على السطح اذا كانت عالية بشكل واضح فانها تكون كافية لاجداث تجوية فيزيائية على شكل تشقق سطحي او تفكك حبيبي في بعض انواع الصخور . (١٢)
وقد استندت هذه الفكرة على ملاحظة متكررة للصخور المتعرضة لعملية التجوية في الجهات الصحراوية ، وهذه تجوية تعزى الى العمليات الفيزيائية بشكل واضح . فمن الناحية النظرية تضطر قشرة الصخر الذي يتعرض الى التذبذبات في درجات الحرارة ان يتمدد وينكمش بشكل سريع . ولا يكون تأثير ذلك مختلفاً عن تأثير النار في تجوية الصخور . وعندئذ تضعف الصخور الى درجة بحيث يتقشر جزء من الصخر او تشقق حبيبات معدنية منه . وتبين من هذه العملية ان كل معدن في الصخور سوف يتمدد وينكمش بكمية ودرجة يختلفان باختلاف مقدار التذبذب في درجة الحرارة .

(١٠) ذكر المصدر سابقاً Birkeland, p. pelolgy Weathiring. etc. P. 57

I bid. p.58 Fig. 3-4

(١١) نفس المصدر السابق

(١٢) Birkeland, P.W. 1969 Quaternary paleoclimatic implications of soil-clay mineral disintegration in sievva nevada- Great Basin transect.

Jour Geol, V.77. pp. 289 - 332.

ويساعد نمو النباتات على حدوث التجوية الفيزيائية . فان الضغوط التي تحدثها الجذور اثناء عملية النمو تكون كافية في كثير من الاحيان لتحقيق الصخور او فصل الكتل الصخرية عن بعضها . (١٣)

١ - ٢ - التجوية الكيميائية :

ان عمليات التجوية الرئيسية هي التميؤ (Hydration) والكربنة (Carbonation) والاكسدة (Oxidation) وازالة السيليكا (Desilication) ويصح القول عموماً بان التجوية الكيميائية اكثر اهمية من التجوية الفيزيائية . وقد يصدق هذا القول حتى في الاقاليم الجافة ، رغم ان عمليات التجوية الكيميائية المتقدمة غير مهمة فيها . ويستدل على غلبة التجوية الفيزيائية على التجوية الكيميائية في الاقاليم الجافة بكثرة وجود الاحجار الرملية الخشنة التي تحتوي على نسبة كبيرة من الفلسبار (صخر اركوز) وقد لا يعتمد عن الحقيقة اذا قلنا بأن التجوية الكيميائية المتقدمة لاتعد ظاهرة مثالية في هذه الاقاليم

ومن اهم نتائج التجوية الكيميائية :

- آ- زيادة في حجم الصخور وما ينتج عن ذلك من ضغوط وجهود في داخل الصخور .
- ب- معادن قليلة الكثافة .
- ج- ذرات اصغر حجماً ومن ثم زيادة منطقة السطح والسطوح البينية المشتركة من ذرات الصخر وما يحيط بها .
- د- مواد اكثر حركة .
- هـ- معادن اكثر استقراراً . (١٤)

G. Gorshkova, A. yaleushov. Physical Geology. p. 63. Fig 5 15

(١٣) ذكر المصدر سابقاً

Thornbury, W.D. principles of Geomor.

(١٤) ذكر المصدر سابقاً

Lobeck .A.K. Geomorphology. p.75

Ibid . p. 76

لاحظ الترجمة العربية الدكتور وفيق حنين الخشاب
المصدر نفسه

فتعني عملية التميؤ اخذ الماء كعنصر كيميائي ذلك لان معظم المعادن التي تنشأ عن تفكك الصخور تحتوي على نسبة عالية من الماء .

ومن اكثر هذه المعادن شيوعاً هو الطين (Glay) ، الذي ينتج عن تميؤ الفلسبار . وهناك معادن اخرى ، ايضاً ، مثل المايكا، تأخذ الماء من المعادن المتميئة . وتؤدي عملية التميؤ الى تغير في الشكل البلوري للصخور كما تؤدي كذلك الى زيادة في حجم الصخور، التي تتضاعف في حجمها تقريباً . فان انتقال حجر الكرانيت مثلاً الى مادة تربة يؤدي الى زيادة في الحجم مقدارها ٨٨٪ اذا لم تفقد او تضيع بعض المواد . (١٥)

وتميل مثل هذه التغيرات الى تكسير الصخور وذلك بسبب الضغوط التي تتواجد بين بلورات الصخر . وتعتبر الصخور النارية من اكثر انواع الصخور استجابة لمثل هذه العملية . اما الصخور الرسوبية فهي نفسها قد أتت من الصخور النارية بفعل عمليات التجوية . وتحتوي بعض الصخور الرملية على كميات كبيرة من المايكا غير المتحولة . فعندما تتعرض هذه الى عملية التميؤ فان الحجر الرملي سرعان ما يتفكك الى الحبيبات المكونة له . وقد تقاوم صخور المايكروموسكفايت هذا النوع من التجوية بنفس المدى التي يقاومها حجر الكوارتز او حتى اكثر من ذلك .

اما فيما يتعلق بعملية التأكسد فان بعض المعادن قد تحصل على كميات اضافية من الاوكسجين . وهذه ظاهرة شائعة في المعادن وعلى الاخص الحديد الذي يتواجد في المنطقة الواقعة فوق مستوى المياه الباطنية. ومن ابرز الامثلة على ذلك وضعية الصخور الرسوبية ، حيث تكون بعض الصخور الطينية مفرغة من الهواء وذلك على اثر تشبعها بالماء ، وتكون زرقاء اللون او رمادية نظراً لكثرة ما يوجد فيها من مركبات الحديد التي تتأكسد عند تعرضها للهواء فتتحول الى مركبات حديدية حمراء او سمرراء. وقد بينت الدراسات التي اجريت على الصخور وعلى المواد غير المتصلبة بالذات بان عمق وشدة التأكسد يزدادان

بزيادة عمر الصخور ، وان هذه الزيادة في واقع الامر عملية بطيئة ضمن المدى الزمني الجيولوجي (١٦) وفي واقع الامر نلاحظ اثار التأكسد على الصخور قبل غيرها . كما يفترض عموماً بأنها اولى عمليات التجوية من حيث تسلسل حدوثها . (١٧) ويتحكم بعملية التأكسد الحد العلوي لتوزيع الاوكسجين المنطلقة، والذي يطلق عليه في الغالب اسم (Oxygenous surface) وكذلك على كمية الاوكسجين الموجودة هناك . اما فيما عدا هذه الجهة يطلق على الاوكسجين اسم الاوكسجين الكامن ، (Oxygen potential) وتعتمد كمية الغاز في حالته الاخيرة على طبيعة الصخور ومساميتها ومدى تكسرها ودرجة شدة دوران المياه والغازات . (١٨)

وقد يطلق في بعض الاحيان على عملية الكربنة اسم عملية الذوبان وفي واقع الامر هي عبارة عن ايونات الكربون مع المعادن . ان هذه العملية مهمة جداً في تجوية الصخور الجيرية وصخور الدولومايت (Dolomite) والاخيرة صخور شائعة على سطح الارض . ويعمل ثاني اوكسيد الكربون الموجود في مياه الامطار ، وعلى الاخص ما يصل منه الى داخل التربة ، على شكل حامض كاربونيك مخفف فيحول كاربونات الكالسيوم الى بيكاربونات الكالسيوم . والاخيرة مادة قابلة للذوبان بفعل المياه الباطنية بسهولة . ولما كان هذا المحول غير ثابت فانه سرعان ما يعاد ترسيبه على شكل رواسب جيرية من كاربونات الكالسيوم (١٩) وقد عرف لوبيك ظاهرة الكربنة على انها ظاهرة تهدف الى تكوين الكاربونات بصورة عامة ، وتكون الاخيرة ذات قابلية شديدة للذوبان. وقد اكد ثورنبري ذلك، ايضاً (٢٠).

Birkeland. P. W. op. cit. p. 67

Thornbury, W. D. op. Cit. p 45

G. Gorshov. A. Yakushova, p 65

Lobe, A.K Geomorphology .p.76

Sparke, B.W. Geomorphology p. 31

Thornbury W.D. principles of Geomr. P. 45.

(١٦) ذكر المصدر سابقاً

(١٧) ذكر المصدر سابقاً

(١٨) ذكر المصدر سابقاً

(١٩) ذكر المصدر سابقاً

كذلك لاحظ

(٢٠) ذكر المصدر سابقاً

وقد وجد كروسكوف عند دراسته توازن الكربونات ان درجة ذوبان كربونات الكالسيوم تتباين عند اختلاف ضغط ثاني اوكسيد الكربون وتركز ايون الهيدروجين الموجب . كما وجد ، ايضاً ، ان الزيادة في ضغط ثاني اوكسيد الكربون ايون الهيدروجين الموجب يؤدي الى زيادة في معدل ذوبان ثاني اوكسيد الكربون (٢١) . ويكون الضغط الجزئي الثاني اوكسيد الكربون في جو التربة وتحت غطاء من النبات الطبيعي اكثر من الضغط الجوي ، لذلك فان قابلية كربونات الكالسيوم تذوب بسهولة اكثر في المناخات الباردة منها في المناخات الحارة (٢٢) .

تعتبر عملية ازالة السيليكا عملية تنحية السيليكا من الصخور . فان بعض الصخور النارية ، مثل حجر الكرانيت تحتوي على نسبة عالية من مادة السيليكا . ان بعضاً من مادة السيليكا تتواجد في الصخور على كوارتز متحرر . وتكون معظم المعادن الاخرى الموجودة في الكرانيت هي مادة سيليكية وتكون هذه المعادن اكثر استجابة للتفكك والتحلل من الكوارتز ، وفي مثل هذه العملية تتحرر بعض مادة السيليكا لكي تنقل على شكل محلول وعلى شكل مادة غروية (Colloidal) معلقة . ان الظواهر المذكورة آنفاً تفسر حقيقة مهمة هي ، ان المياه الجوفية ومياه الانهار التي تقوم بصرف مياه مناطق تسود فيها صخور نارية يمكن ان تحمل على شكل محاليل ، كميات من السيليكا اعظم واكثر من الكميات التي تحملها انهار تقوم بصرف مناطق تسود فيها صخور رسوبية . وسبب ذلك ان السيليكا تكون في المناطق الاخيرة . اقل استجابة لعملية النقل والازالة ، لانها تكون الى حد كبير على شكل كوارتز غير قابل للذوبان حتى ان صخوراً من مثل الصخور التي يطلق عليها اسم الصخور

Krauskopf . k. B. 1967. Introduction to Geomorphology . (٢١)

MEGRAW HILL . P. 721 .

Birleeland, P.W. op. cit p. 68

(٢٢) ذكر المصدر سابقاً

القاعدية النارية . البازلت والسايينيت (syenite) وصخور الجابرو (Gaboro) تحتوي على مادة سيليكية كبيرة حتى ولو لم يتواجد الكوارتز . لذلك من الواضح جداً ان نعلم . ان في الجبهات التي تكثر فيها الصخور البلورية ان الكميات المطلقة والمتحررة من السيليكا تكون كبيرة وتجد طريقها الى التشققات الموجودة في الصخور ، حتى يعاد ترسيبها على شكل عروق من الكوارتز . (٢٣)

واذا ما قارنا بين ما نسمى بالصخور النارية الحامضية ، مثل الكرانيت والتي تحتوي على كثير من الكوارتز . وبين الصخور النارية القاعدية ، من مثل البازلت . الذي لا يحتوي على أية كمية من الكوارتز المتحرر . إلا أن فيه نسبة عالية من المواد القاعدية ، من مثل : الكالسيوم والحديد والمغنسيوم والألمنيوم والصوديوم والبوتاسيوم وعلى هذا الأساس يكون من المفيد جداً نلاحظ أن الصخور القاعدية تكون أكثر استجابة للتغيرات الكيماوية من أنواع الصخور التي ترجع إلى الصنف الحامض . (٢٤)

لذلك يمكن القول بان تجوية الصخور القاعدية يمكن أن تستمر بشكل أسرع من استمرار وتقدم هذه العملية ، أو العمليات ، في الصخور النارية أما لو فرضنا . جدلاً . بان هذين النوعين يتواجدان في منطقة واحدة وبشكل متلازم . فان الصخور القاعدية تتحول إلى منخفضات عند تعرضها إلى عمليات التجوية . في حين تصبح الصخور الحامضية ، وهي صخور أكثر مقاومة ، على شكل سلاسل . كذلك فان السدود الصخرية التي تتكون من صخور قاعدية والتي تتواجد في الجبهات التي تنشر فيها الصخور الكرانيتية . فانها تزول وتلاشى بدلاً من بروزها على شكل تضاريس . بحيث تكون ضوايق شبيهة بالمنخفضات فتتواجد صخور الاوليفين (Olivine) مثلاً في أنبثاقات اللافا والالواح المحصورة من الماكما (الصهير) ويكون

Lobeck. A. K. Geomorphology .

76-77

(٢٣) ذكر المصدر سابقاً .

لاحظ الصفحات :

(٢٤) تابع نفس المصدر والمقدمة المذكوران آنفاً .

تواجد شكل كثير : رغم انه ذلك يحدث أحياناً ، في مناطق محدودة .
ان هذا المعدن الذي يحتوي على كثير من مكونات الحديد والمغنسيوم
يتفكك بشكل سريع بحيث يؤدي إلى تفكك الكتل الصخرية في وقت
قصير . لذلك تظهر هذه الكتل على شكل سفوح معتدلة الانحدار ، تتناقص
بشكل واضح ، مع صخور ذات مقاومة شديدة تكون الجهات التي عملت
على حصرها وتقييدها (٢٥) .

١-٣ التجوية البايولوجية

وفي واقع الأمر يمكن تقسيم التجوية البايولوجية إلى تأثيرات فيزيائية
وكيماوية والا أنه من الملائم دراسة كلا النوعين مع بعضهما ، ذلك لأنها
تعتبر مهمة في الوقت الحاضر . وبالرغم من أن العمليات التي تنطوي
عليها مثل هذه الدراسة لم يتم درسها بشكل واف حتى الوقت الحاضر .
فقد ذكر التأثير الفيزيائي ، بشكل بسيط وذلك عند الكلام عن الدور الذي
تقوم به جذور النباتات اضافة إلى تأثير الحيوانات التي تعمل على حفز
الأرض كما يشار إلى التأثير الكيماوي الحياتي عند التكلم عن ظاهرة اقتناص
بعض ايونات المعادن (Chelation)

على أن التأثير الرئيسي للنباتات والحيوانات يظهر في زيادة ثاني اوكسيد
الكاربون في التربة وذلك من خلال عملية التنفس ، حيث يزداد هذا الغاز
إلى بضعة اضعاف ما هو عليه في الغلاف الغازي ، لذلك اصبح الدور الذي
يقوم به ثاني اوكسيد الكاربون يأتي عن طريق الغلاف الحياتي وليس عن
طريق الغلاف الغازي .

وبالاضافة إلى ماسبق تقوم بعض الحيوانات المجهرية بالتفاعل مع
أيونات المعادن المكونة للصخور ومن بين هذه الحيوانات بكتريا
الانتحاء الكيماوي (Chemotrophic bacteria) التي تعمل على

أكسدة بعض المعادن في مثل الكبريت والحديد . وبالإضافة إلى ذلك فإن الكوانكو (فضلات الحيوانات) (Guano) تكون في الواقع قادرة على تجوية الصخور الجيرية . ان هذه التأثيرات وغيرها قد اثبتت على أنها أكثر أهمية في عملية التجوية مما كان معروفاً عنها في السابق (٢٦) .

١ - ٤ العوامل التي تؤثر في التجوية .

ومن الضروري النظر إلى أهمية التركيب المعدني للصخور ونسبها وبنيتها إضافة إلى تأثير مختلف المناخات ، في تحديد معدل ونوع التجوية التي تتعرض للصخور لها . فبعد بحث مثل هذه المواضيع يمكن تفهم طبيعة عملية التجوية وأنواعها وتعقيداتها . وقد حصر بعض الجيومورفيين هذه العوامل بأنها ، البنية والمناخ والطوبوغرافيا والنبات الطبيعي (٢٧) لقد سبق وذكرنا بأن الصخور توجد في الطبيعة في ثلاثة أصناف رئيسية هي : الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة . ويمكن عمل تصنيفات عديدة ضمن كل نوع من هذه الأنواع ، ان التصنيفات المعتمدة منها ستكون ذات فائدة كبيرة في تفهم التجوية والنحت وهما عمليتان جيومورفيتان بحريان على هذه الصخور ، كل ذلك رغم أن كل تصنيف من التصنيفات سيكون مفيداً بالنسبة لبحث منشأ الصخور المختلفة .

وتتواجد المعادن التي تشكل الصخور النارية والتي تؤثر على مجرى عملية التجوية في بضعة مجموعات رئيسية . وبصورة عامة يمكن تقسيم هذه المعادن فاتحة اللون ومعادن داكنة اللون .

ومن بين مجموعة المعادن الفاتحة اللون هي مجموعة معادن الفلسبار وهي سيليكات الومنيوم التاسيوم والصدوديوم والكالسيوم . ويطلق على

Sparkes, B.W. Geomorphology p. 32

Thorabou: W.D., principles of Geomor

(٢٦) ذكر المصدر سابقاً

(٢٧) ذكر المصدر سابقاً

لاحظ الترجمة العربية للدكتور وفيق حسين الخشاب - ١٩٧٥ ص ٣٧

الفلسبار البوتاسي اسم اورثوكليز (Orthoclase) في حين يطلق على فلسبار الصوديوم الجيري اسم لجيوكليز فلسبار (Palgioclase) (٢٨) وتشمل المجموعة الأخيرة صخور الالبات وفلسبار الصودا والانوثرايت والفلسبار الكلسي ، ويكون الأخيران قابلان للامتزاج بأي نسب كانت بحيث أن فلسبار الباليوجكليز يشمل نسبة معينة من الالبات والانوثرايت. وتظهر على اثر ذلك مجموعات معينة من الصخور مثل الالبات والاولجيلكز والانديسين واللايرادورايت / والبايتونايت (Orthoclase) والانوثرايت (palgioclase) وتزداد نسبة الكالسيوم ضمن هذه المجموعة ويقابل ذلك تناقص في كمية الصوديوم . اما معادن الفلsparثوين (pelsparthoid) فانها تشابه معادن الفلسبار إلى حد كبير غير انها تحتوي على كميات أقل من السيليكا . ومن الملاحظ ان اهم المعادن الفاتحة اللون هي الكوارتز والانواع المتبلورة من السيليكا .

اما المعادن الداكنة فانها تشمل بصورة رئيسية سيليكات الحديد والمغنسيوم والحديد والكالسيوم . وتسمى في كثير من الاحيان باسم معادن الحديد المغنسية (Ferromagnesian Minerals) ومن ابرز مجموعات المعادن : الامفيبول (Amphiboles) والبايروكسين (pyroxenes) .

ومن اهم معادن المجموعة الاولى هو الهورفلند في حين يشكل الادجيت (augite) اهم معادن المجموعة الثانية ويدخل الاولفين ضمن هذه المجموعة وهو من المعادن المميزة للصخور القاعدية . ومن المعادن الواسعة الانتشار وكذلك المايكا ومنها البايوتايت (Biotite) وهو سيليكات الحديد والمغنسيوم والموسكوفاي (Muscovite) وهو سيليكات البوتاسيوم ويرجع إلى المعادن الفاتحة . في واقع الامر .

فاذا اخذنا بنظر الاعتبار التصنيف الاول للصخور على اساس درجة حامضيتها ، اي نسبة ماتحتويه الصخور من السيليكا فاننا نلاحظ بان التركيب

المعدني للصخور يختلف من صنف إلى آخر . ويتبع ذلك كون التجوية الكيماوية متباينة أيضاً وفي نفس الوقت يمكن استخدام شكل الانشقاق من باطن الأرض أساساً للتصنيف . مؤقتاً لهذا الأساس يمكن تمييز الانبثاقات الرئيسية والانبثاقات الثانوية وانبثاقات الماكما . ان طريقة التكوين تؤثر في معدل التبريد الذي تتعرض له الماكما . ويؤثر ذلك في حجم البلورات الموجودة في الصخور . فالانبثاقات الرئيسية تكون عادة ذات تبلور خشن في حين يكون تبلور الانبثاقات الثانوية انعم من ذلك . اما تبلور اللافا فانه يكون زجاجياً او شديد النعومة . ويوضح الجدول التالي تصنيفاً مبدئياً للصخور النارية وفقاً لدرجة الحامضية التي تؤثر في درجة التجوية بانواعها .

١-٥ - تأثير التركيب المعدني على عملية التجوية .

لقد وجد كولدرج (Goldrich) (٢٩) ان بالامكان تنظيم المعادن الشائعة في الصخور النارية حسب درجة استجابتها للتجوية الكيماوية . وفي الجدول التالي تأتي أكثر المعادن استجابة لهذه العملية في أعلى الجدول كما تستقر اقلها استجابة لهذه العملية في أسفل الجدول وتأتي المعادن الداكنة اللون في يسار الجدول في حين ترد المعادن الفاتحة اللون في يمين الجدول .

شديد الاستجابة	الأوليفين	.....
.....	الجيوكليز الجيري	.....
.....	الأوجايت	.....
.....	بلاجيوكليز الجيري	.....
.....	المورنبلند	.....
.....	بلاجيوكليز سودا - جير	.....
.....	الباليوتايت	.....
.....	أورثوكليز	.....
.....	موسكوفاييت	.....
.....	كوارتز	.....
.....	اقلها استجابة	.....

(تصنيف اولي للمصخور النارية)

ما فوق القاعدية Ultrabasic	قاعدية Basic	متوسطة Intermediate	حامضية Acid	
بيريدونايت Peridotite	كارو Norite	دايورنايت Diorite	سنايت Syenite	كرنايت Kornite
				كرانو دايورنايت (البناتقات رئيسية) حييات خفيفة
	دوليرايت	الديورايت الناعم	السنايت الناعم	الكرنايت الناعم
				صفخور الأوغار Hypabyssal (البناتقات ثانوية متوسطة الحبيبات)
بازلت راولينايت	بازلت سيلنايت	انديسايت Andesite	تراجايت Trachyte	رايو لايت Rhyolite
			فونديلايت	البركانية السطحية حييات ناعمة
معادن حديدية	كالسوم بالجيوكليز ومعادن حديدية معدنية	اورتوكليز، صوديوم بالجيوكليز بعض المعادن الحديدية المعدنية وقليل من الكوارتز	اورتوكليز كوارتز المايكا	المكونات المعدنية الرئيسية
معدنية سائدة				

Sparks B. W. Geomorphology. P. 34

المصدر

ومن المعروف أن المعادن الداكنة تكون أكثر استجابة للتجوية الكيماوية من المعادن الفاتحة اللون ، وكذلك الصخور الحامضية أقل استجابة للتجوية الكيماوية من الصخور القاعدية . فنلاحظ مثلاً أن المعادن الرئيسية المكونة للصخور في حجر الكرانيت هي الكوارتز والاورثوكليز والموسكوفيت والبايوتايت . وهذه بأجمعها معادن قليلة الاستجابة للتجوية الكيماوية . في حين يتكون حجر الجابرو من معدن الاوجايت وغيره من المعادن الشديدة الاستجابة للتجوية الكيماوية .

ومن الملاحظ كذلك ان الكوارتز والموسكوفيت لا يستجيبان للتجوية الكيماوية على الاطلاق لذلك فان هذه المعادن عند انفصالها عن الصخر كحبيبات او شرائح ، فانها لا تتحول إلى معادن الطين كما يحصل في الفلسبار او المعادن الحديدية الممغنسة .

١-٦ - تأثير النسيج الصخري على عملية التجوية .

يمكن تعريف النسيج الصخري بأنه (Texture) الوضعية المتبلورة للصخر اي كونه خشن الحبيبات او ناعم الحبيبات او زجاجياً . ففي وضعيات معينة تستجيب الصخور الخشنة الحبيبات لعمليات التجوية بسرعة تفوق استجابة الصخور الناعمة الحبيبات رغم انهما يتكونان من معادن متشابهة (٣٠) على انه من النادر ان نجد في عملية التجوية ان تستجيب جميع المكونات المعدنية في الصخور بدرجة متشابهة . اذ من المألوف ان تستجيب معدن معين من هذه المعادن إلى عملية التجوية وتؤدي مثل هذه الاستجابة الى تفكك بقية مركبات الطبقة السطحية من الكتلة الصخرية على انه يبدو من الناحية النظرية على الاقل ، ان معدل التجوية يكون اسرع في صخور ذات حبيبات ناعمة ذلك لان صغر حجم الحبيبة يعني وجود توسع واضح في سطحها الكامن . كذلك ان المعادن التي تكثر فيها ظاهرة التشقق يتواجد فيها اوسع

(٣٠) ذكر المصدر سابقاً 3.3 and 3.4 Fig. P.37. Geomorphology, B.W., Sparks (35)

سطح معرض للتجوية من المعادن التي لا تستجيب لظاهرة التشقق . الا اننا يجب ان نشير في هذا الصدد ان مدى استجابة المعادن المكونة للصخور لعملية التجوية هي اكثر اهمية من مدى سعة سطح المعدن المعرض للانواع المختلفة من هذه العملية .

١ - ٧ - تأثير البنيات الثانوية على عملية التجوية .

تشتمل البنيات الصغرى المتواجدة في الصخور على الفواصل (Joints) رغم ان طبقات الصخور الرسوبية والوضع الصفائحي للصخور المتحولة او بعضها بشكل ادى ، تأتي في نفس المرتبة من حيث الاهمية وتحظى بنفس الاعتبار تسم هذه البنيات الصغرى في العادة على دخول تأثير عوامل التجوية وعلى الاخص عوامل التجوية الكيماوية إلى داخل الصخر . ان تواجد هذه الفواصل يودى في العادة إلى توسع سطح تركيب الصخور المعروضة لعمليات التجوية ولذلك فان تواجدها هذا يؤدي إلى تزايد في المعدل العام لتجوية الصخور (٣١) وتتواجد في الصخور النارية الداخلية البلوطونية ومنها صخور الكرانيت فواصل كثيرة نظرا لبرودتها او ازاحة الصخور التي تعلو فوقها بفعل عوامل النظرية المختلفة . وفي العادة تتواجد في الطبيعة ثلاث مجاميع من الفواصل تتعاقد مع بعضها البعض فتقسم الصخور إلى عدد من الكتل المستطيلة . وتؤدي التجوية الكيماوية التي تعرض اليها هذه الكتل إلى استدارة بطيئة في زواياها وتؤدي هذه الظاهرة بالذات إلى تراكم كميات كبيرة من كتل مستديرة الشكل بشكل مقارب (٣٢) وتظهر نفس هذه المواصفات عند تعرض صخور البازلت إلى اشكال مختلفة من عملية التجوية . ومن الاسماء المعتبرة التي اطلقت على هذا المظهر من مظاهر التجوية هو مصطلح التجوية الكروية Spheriodal weathering على انه من الضروري التفريق بين هذا اللون من التجوية وعمليات التقشير التي تؤدي اليها نفس الظاهرة

(٣١) ذكر المصدر سابقاً Sparks, B.W. Geomorphology. Plate No, I, P, 38, und Fig. No. 3.5.P.39

Sparks. Ibid. Plate No. 2. P. 40.

(٣٢) لاحظ نفس المصدر

في اغلب الاحيان (Exfoliation) ان هذه الظاهرة الاخيرة تحدث في
العادة على نطاق واسع الا انها لاتعزى إلى عملية التجوية الكيماوية .
ومن المعروف ان حجر البازلت هو من الصخور البركانية الشائعة وفي
الغالب يظهر في بنينه النمط العمودي من الفواصل (٣٣) هذه البنية
١ - ٨ - تأثير المناخ على عملية التجوية .

في الواقع تظهر اهمية المناخ على مدى التواتر النسبي لعمليات التجوية
المتعددة . ومن الشائع بصورة عامة ان التجوية الفيزيائية تنتشر في المناطق
الباردة الجافة في حين تنتشر التجوية الكيماوية في المناخات الرطبة، سواء
كانت هذه المناخات معتدلة ام مدارية . وفي واقع الامر ان تعميمات من
هذا النوع تستدعي كثيراً من التبريرات المقنعة .

فما لاجدال فيه ان عملية التجوية السائدة في الجهات القطبية هي عملية
الانجماد والذوبان . هذه العملية تؤثر اكثر ما تؤثر على الشقوق المتواجدة
في الصخور . وبذلك تؤدي إلى تكوين اكوام كبيرة من المفتحات المتكسرة
والمصلعة . ومع وجود هذه الحقيقة فقد اشارت بعض المقترحات إلى ان التجوية
الكيماوية في مثل هذه الجهات هي اكثر اهمية مما هو معروف عنها في الواقع .
وكان اساس مثل هذه المقترحات ان غاز ثاني اوكسيد الكربون، وهو العامل
الاساسي في حدوث التجوية الكيماوية يكون اكثر استجابة للذوبان في درجات
حرارة واطئة منه في درجات حرارة عالية، شأنه في ذلك شأن بقية الغازات (٣٤).
فتكون قابلية ذوبانه في درجة الصفر المئوي ضعف قابليته على الذوبان في

(٣٣) ذكر المصدر سابقاً لاحظ Sparks, Ibid, Fig. 3.5, P. 41.

Tammgo. (1941) Experimental Studies on Chemical Processes in the
formation of Glacial Clay Williams. R.B.G. (1969) periglacial climate
and its relation to landforms.

Chester R. Long Wall and Richard . F. Flint, Introduction to Physical (٣٤)
Geology. 1962, P.P. 121-151.

درجه حرارة ٢٠° م . وقد اكد على هذه الفكرة باحثان مهمان في هذا الموضوع هما آو . تام Tamm وآر . بي . هي وليامز williams ومع ذلك هناك عوامل اخرى ربما كانت اكثر اهمية من قابلية ثاني اوكسيد الكربون على الذوبان . هذه العوامل تؤثر في تقدير تأثير الذوبان في ظل ظروف باردة فمن ناحية نلاحظ ان قلة الغطاء النباتي تؤدي إلى قلة ثاني اوكسيد الكربون في جو التربة . ومن ناحية اخرى ان المدة التي يبقى فيها الماء المحتوي على ثاني اوكسيد الكربون ، تصبح قصيرة ، وذلك لان الماء سيتجمد مدة طويلة من السنة ، كما يكون التساقط في هذه الجهات اقل من جهات اخرى . هذا فضلا عن ان الشواهد الارضية المتخلفة عن عصر البليوستوسين تدل على ندرة حدوث ظاهرة التكوين .

لقد اثبتت الشواهد ان التجوية الكيماوية في الجهات الصحراوية هي اهم بكثير مما كان معروفاً عنها في السابق ، وتخص منها ظاهرة التقشر (Exfoliation) بالذكر . ومع هذا فان هذه الظاهرة هي ليست الظاهرة الوحيدة التي توجد في الصحاري . اذ تتعرض كثيرا من صخور الكرانيت ، إلى عملية التجوية بحيث تصبح على شكل هشيم رملي خشن يشابه احجام البلورات الموجودة في المعادن التي تتكون الصخور منها ، في حين تنشطر صخور اخرى إلى مفتحات ذات اضلاع ، ويعتقد الاستاذ - بلاك ويلسدر (Blackwelder) بان هذه الظواهر هي شواهد نموذجية تدل على حدوث تغيرات في درجات الحرارة بحيث تفوق هذه التغيرات في تأثيرها الاشكال التي تنتج بفعل عملية التقشر وعلى الاخص الاشكال الوحية .

من المعلوم ان في الجهات الاستوائية تتوفر درجات حرارية عالية اضافة الى الرطوبة ، وهذه وضعية مثالية لحدوث واستمرار عمليات التجوية الكيماوية . ومن الواضح ان التجوية الكيماوية في هذه الجهات تكون اكثر تميزاً من التجوية الفيزيائية وتشير بعض مواصفات المناطق الواقعة بالقرب من خط الاستواء إلى حدوث تجوية كيماوية شديدة ، وتتوغل فعاليات هذه العمليات إلى داخل الصخور وحتى عمق ٣٠ او ٦٠ م (حوالي ١٠٠ إلى ٢٠٠ قدم) .

وربما إلى أكثر من ذلك في بعض الأحيان . ويكون معدل تجوية انواع معينة من الصخور في هذه الجهات اسرع منها في اي منطقة اخرى في العالم . وتؤدي هذه العملية التي تشبه النخر (Process of rotting) إلى تفكك الصخور دون ان تحدث تغيراً كبيراً في نسيجها . (٣٥)

١-٩ - تأثير الزمن على عملية التجوية :

ومن الواضح انه كلما طال الزمن الذي تستمر فيه عملية التجوية ، كلما توغلت هذه الظاهرة إلى مسافة اعمق في داخل الارض . وربما هناك حد لفعالية هذه العمليات ، الا اذا كانت هناك استمرارية واضحة في نقل مخلفات عمليات التجوية . وقد اشار بعض الباحثين ، ومنهم ديفز ، إلى التأثير الوقائي الذي يقوم به غطاء المفتتات الصخرية فيما يتعلق بالصخور الواقعة تحته . ويظهر مثل هذا القول صحيحاً ، بشكل خاص بالنسبة لعمليات التجوية الفيزيائية . الا أنه لا يصدق كلياً فيما يتعلق بالتجوية الكيماوية . وان هناك احتمالاً لحدوث تجوية دائرية قبل ان تنكشف الصخور ، اي في الوقت الذي تكون فيه هذه الصخور قد انطمرت تحت غطاء من المفتتات الصخرية الذي سبقت الاشارة اليه .

وبالاضافة إلى ماسبق ، قد يعمل الهشيم الصخري من النوع الرملي على تغذية غطاء حامضي من النباتات الطبيعية ، مثل غابة نفضية او غيرها ، ويصبح مشبعاً بالحوامض الدبالية (٣٦) المشتقة من تفسخ النباتات ، وعند ذلك

(٣٥) ذكر المصدر سابقاً . (40) Sparks, W.B. Geomorphology. P.P. 43-44.

(٣٦) الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً . جاء في الصفحة

٢٢٣ : البدان : المواد العضوية نباتية أو حيوانية - المتحللة جزئياً أو كلية في التربة . وفي الأراضي غير المزروعة يتكون الدبال في الموت الطبيعي للنبات السابق في النبات أما في المناطق المحروثة أو المزروعة فيوجد الدبال على شكل ساد بلدي من روث البهائم أو ذرق الطيور وماشكئها .. ويكون الدبال في التربة العادية أسود اللون ومن ثم تكون التربة السطحية أسود لوناً من التربة السفلية .. الخ .

يعمل هذا الغطاء او الهشيم عمل الاسفنج المغمور في حامض مخفف بالنسبة للصخور المتواجدة تحته .

١٠-١ - تجوية الصخور الرسوبية :-

ان الحقائق المذكورة آنفاً والمتعلقة بتجوية الصخور النارية بصورة خاصة قد تنطبق كلياً على الصخور الرسوبية التي تستجيب بشكل مختلف ، العوامل التجوية فالصخور الرسوبية ، في الواقع ، انما هي حصيلة تجوية صخور نارية ورسوبية ومتحولة تواجدت في السابق . وفي واقع الامر توجد ثلاثة نتائج لمثل هذه التجوية هي : ١- هشيم الصخرى / الخشن الذي لا يستجيب للتجوية الكيماوية، والطين وهو نتاج عمليات التجوية الكيماوية، ونتائج قابلة للذوبان فتنقل على شكل محاليل . وقد يرجع اصل الصخور الرسوبية إلى ارساب وتماسك اى نوع من هذه النتائج السابقة الذكر . فيترسب الهشيم الخشن والطين بصورة ميكانيكية ، اما النتائج المذابة فانها تترسب اما بعد ان تصبح جزءاً من الهياكل العظمية للحيوانات المجهرية، التي تتراكم بعد موتها ، او انها تترسب بشكل مباشر بتأثير الماء المالح . وعلى هذا الاساس يمكن تمييز عدة انواع من الصخور الرسوبية : تمثل المجمعات الصخرية (Conglomerates) والحجر الرملي معظم الرواسب الصخرية التي لم تتأثر بالتجوية الكيماوية، في حين يكون كلا من الطين والطفل مجرد تجمعات للمواد الناتجة عن التجوية الكيماوية . كذلك تمثل الصخور الطباشيرية والسليكية رواسباً كيماوية وذات اهمية جيومورفية محدودة ، لانها تنشأ من رواسب ذائبة .

تشتمل المجمعات الصخرية والحجر الرملي على الحصى ومفتتات صخرية من الكوارتز في العادة اصغر من الاولى . والمعدن الاخير ، كما سبق وذكرنا لا يتأثر بالتجوية الكيماوية الا اذا توفرت قواعد ملحية شديدة الفعالية، وهذه

حالة نادرة الطبيعة . ويمكن تصوير مائة جميع اشكال السيليكات بذكر حجر الصوان (Flint) . وهذا الصخر هو شكل من اشكال السيليكات يتواجد على شكل رؤوس مدببة تشبه الابر الصوانية من الاحجار الطباشيرية وذلك بتأثير الامواج البحرية في زمن الايوسين ، والعصور الجيولوجية التي اعقبت ذلك . ورغم ان السيليكات تبقى مدة طويلة تقاوم كلا من التجوية الكيميائية والفيزيائية فان التجمعات الصخرية والاحجار الرملية تستجيب للتجوية فيما يتعلق بالمواد التي تعمل على تلاحم جزئياتها فقط (٣٧).

وهناك اربعة مواد لاحمة للرواسب وهي واسعة الانتشار وهي السيليكات و الكربونات الكالسيوم و اكاسيد الحديد والطين . فاذا كانت المادة اللاحمة والجزئيات الصخرية تصبح شديدة الصلابة للتجوية ويطلق على الصخور الرملية التي تكون فيها السيليكات مادة لاحمة اسم صخور الكوارتزيت (Quartzite) وربما كان هذا الصخر من اشد صخور القشرة الارضية مقاومة لعمليات التجوية اما اذا كانت المادة اللاحمة هي كربونات الكالسيوم فان الحامض المتواجد في الماء يعمل على اذابة هذه المادة اللاحمة بفعل عمليات التجوية المختلفة اما اذا كانت المادة اللاحمة هي اكاسيد الحديد فانها ، في الواقع ، تستجيب لعملية التأكسد . والعملية الاخيرة تؤثر في مدى مقاومة الصخور لعمليات التجوية المختلفة . وبطبيعة الحال لا تكون المواد الطينية اللاحمة ذات مقاومة تذكر لذلك فان العمليات الفيزيائية مثل التجمد والذوبان قد تؤدي إلى تجوية سريعة لمثل هذه الصخور . ان استجابة كلا من الصخور الطينية والطفل لعمليات التجوية المتعددة، انما تتأني من خلال الشوائب التي تتواجد فيها . فقد تؤثر عمليات التأكسد على المركبات الحديدية الموجودة في الصخور، ويعتمد مدى ذلك على مستوى ارتفاع المياه الباطنية ومن المعروف ان كلا من الطين والطفل انما هي صخور طباقية تحتوي على كميات لا بأس بها من الماء لذلك تصبح عمليات التجوية الفيزيائية ، مثل التجمد والذوبان، ذات تأثير كثير في ظل مثل هذه الظروف .

Sparks, W.B., Geomorphology.

(٣٧) ذكر المصدر سابقا

P. 46. Fig. 3.7.

وتحتوي الصخور الطباشيرية، وعلى الاخص الحجر الجيري، على كاربونات الكالسيوم اما على شكل رواسب قد تجمعت بصورة كيماوية او على شكل بقايا متخلفة عن الحيوانات المجهرية . وتكون هذه الصخور شديدة الاستجابة لتأثير ثاني اوكسيد الكربون والحوامض الدبالية . لذلك فانها تتأثر بعمليات التجوية فتتخذ اشكالا مختلفة . فاذا كانت الصخور مسامية ذات نفاذية واضحة، اما بسبب الفواصل المتواجدة فيها او بسبب تعدد الشقوق السطحية، فحينئذ يتوفر سطحاً واسعاً معرضاً لعمليات التجوية المتعددة .

١-١١ - تجوية الصخور المتحولة :

من الصعوبة بمكان اطلاق تعليمات عن الصخور المتحولة لانها نتائج عمليات معقدة تتصل بتغير درجات الحرارة والضغط وانواعا مختلفة من التشرب الكيماوى . فقد تتأق هذه الصخور من اى نوع اخر من الصخور المكونة لقشرة الارض . وتعتمد طبيعة الصخور المتحولة على طبيعة عملية التحول ذاتها وطبيعة الصخور التي تحدرت فيها . ومن الملاحظ، ايضا، ظهور صخور متحولة في الطبيعة تكون متشابهة تقريبا رغم انها قد تحدرت ، كما ذكرنا، من صخور مختلفة وتحولت بواسطة عمليات متباينة . لذلك فان دراسة هذا النوع من الصخور لاتتعدى تحديد الانواع الرئيسية منها وتحديد الطريقة التي يمكن ان تستجيب بموجبها لعمليات التجوية .

ومن ابرز انواع الصخور المتحولة هي : صخور الناييس والشيست هو صخر متحول قد تعرض إلى ضغط شديد ومباشر . هذا مثل واحد اضافة إلى تكوين المايكا ، ومعادن اخرى مشابهة، على نطاق واسع ان بلورات المايكا ، بعد تكونها تكون متجهة بنفس الاتجاه ، في العادة لذلك كان لهذا النوع من الصخور نسيج واضح يطلق عليه في العادة اسم (الشيستية) Schistosity ويمكن اعتبار صخور الناييس بديلا اخر لصخور الشيست . وتكون الصخور الاخيرة شديدة الاستجابة للتجوية وسبب ذلك ان طبيعتها الطباقية،

نظرا لوجود المايكا، تسمح بتوغل اثار عوامل التجوية الى داخلها بسهولة ويسر (٣٨) ان التجوية ، كما يبدو ، ظاهرة معقدة متشعبة . فهي تشمل انواعا مختلفة من العمليات ، كما وانها تتأثر بعدد كبير من العوامل . ومن اهم هذه العوامل عاملي المناخ والتركييب الصخري . لذلك لا يمكن وضع قواعد سريعة او دقيقة، وحيدة، حول كيفية استجابة مختلف الصخور لهذه الظاهرة. فلا يكون بوسع الماء، مثلا ، الا ان يسرد كيفية تجوية الصخور عند ملاحظة مثل هذه الظاهرة. ولا تزال، حتى الان، هناك شكوك واختلافات حول اراء التي تشير إلى مدى كفاءة عمليات في تغيير سطح القشرة الارضية وسوف تنتظر سنوات عديدة تحديد هذه الشكوك او حلها (٣٩) ١-١٣ معدل التجوية الكيماوية في الوقت الحاضر . (٤٠)

ومن المفيد، حقا، قياس المعدلات المنطقية للتجوية الكيماوية في الوقت الحاضر في الجهات القريبة من سطح الارض. ومن الغريب ان تعتبر معدلات تجوية صخور وشواخص القبور مصدرا مهما فيما يخص هذه المعلومات ، وذلك على الرغم من ان هذه المعلومات محدودة اضافة إلى ان المعدلات التي يتم التوصل اليها . هذه الطريقة انما هي معدلات العمليات التي تجري على السطح فقط . كذلك ، ان بالامكان استعمال الظروف التي يتكون الطين فيها (البوغاء) في الترب التي تمت دراستها لهذا الغرض ايضا . ورغم الامثلة الواردة سابقاً ، فسوف نجابهنا مشكلة محدوية المعلومات وكميتها . فالطين مثلا لا يتكون الا بشكل بطيء جدا ، في بعض البيئات ، بحيث يتعين مئات أو الاف السنين قبل امكانية ملاحظة هذا العنصر . هذا فضلا عن ان الطين انما هو نتاج عرضي لعمليات التجوية، لذلك فانه لا يمثل في الواقع ، سوى جزءا من المادة التي يمكن ان تنطلق كنتاج لعمليات التجوية، المختلفة .

Sparks, W.B. Geomorphology.

(٣٨) ذكر المصدر سابقاً

P. 47, Fig. 3.8.

P. 48.

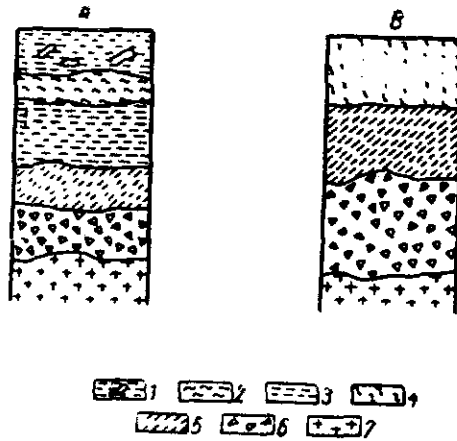
(٣٩) لاحظ نفس المصدر

Peter, W. Birkaland, Pedology.

(٤٠) ذكر المصدر سابقاً .

Weathering and Geomorphological Research,
1974, P.P. 75-78.

ومن الطرق المتبعة لتقدير معدل تأثير عمليات التجوية الكيميائية ، في الوقت الحاضر ، هي اجراء فحوصات على المياه السطحية ، وسبب ذلك ان كثيرا من الايونات الموجودة في الماء انما قد جاءت من تفاعلات تجري ضمن عمليات التجوية المتعددة. لذلك ، فان نظام التجوية ، الذي نحاول الالمام به ، انما هو نظام معقد.



تجوية صخور الكرانيت في مناخ رطب وجاف
أ - مناخ رطب ب - مناخ جاف

- (١) منطقة اللا ترايت
- (٢) منطقة الكاوولين والجبس
- (٣) منطقة الكاوولين
- (٤) منطقة المونتمورلينايت
- (٥) منطقة الهيدرومايكا
- (٦) منطقة الكرانيت المفكك
- (٧) كرانيت حديث لم يتعرض لتجوية

المصدر G.Gor Shkov,A.yakushova,p. 73

ان هذا الحكم يتوضح بشكل خاص في الدراسة المستفيضة التي قام بها الاستاذ كليفر وتلامذته (٤١) ويشير الشكل التالي إلى فرضية توضح انسياب ايونات في الحركات القريبة من السطح . ان المصدر الاساسي للايونات في محلول التربة هو انطلاق هذه الايونات عند تجوية المعادن او تحلل المادة العضوية . (٤٢) وتضيف مياه الامطار بعض الايونات ، ويمكن تحديد هذه الكمية بطرحها من مجموع المحتوى الايوني العام . وتدور بعض الايونات ضمن الغلاف الحيائي ، الا أنه من المحتمل جدا ان كمية الايونات التي تستحصل من التربة او ترجع اليها سرعان ماتصل إلى حالة الثبات . وسوف يوفر تحليل المياه التي مرت خلال التربة معلومات جيدة بهذا الخصوص، رغم ان مثل هذه التحليلات قليلة ومحدودة في الوقت الحاضر . ان جزءاً من المياه التي تتحرك داخل التربة، انما تذهب إلى خزانات باطنية، كما ان بعضها يصبح ماءً سطحيًا . واذا فرضنا ان الحمولة الذائبة في المياه السطحية متناسبة مع معدل التجوية الكيماوية ، فان بالامكان استخدام المعلومات المتوفرة عن الحمولة الذائبة للتوصل إلى تقديرات اولية عن التجوية الكيماوية على شكل الوزن المفقود او الزائل من كل وحدة ارضية في اى سنة من السنوات .

لقد عمل كل من همبري ورينوتر على تقدير مااسموه بالهدم الكيماوي في جبال وتدريفر في مقاطعة وايومنك وذلك عن طريق الاجزاء الصلبة

(٤١) Cleaves, E.T, Godfrey, A.E. and Briker, O.P., Geomorphological

balance of a small Watershed and its geomorphological implications.

Geol. Soc. Amer. bull. Vol 81 pp.30.5-3032

Bivkaland, P.W. Pedology. P. 76. Fig. 3.8.

(٤٢) ذكر المصدر سابقاً

المذابة التي تم الحصول عليها من المياه السطحية (٤٣) فقد وجد ان السفوح الشمالية الشرقية من هذه الجبال توفر حمولة ذائبة تصل إلى ضعف ماتوفره السفوح الجنوبية الغربية من السلسلة الجبلية ذاتها ورغم ان الجريان السطحي في النهر ، في الجانب الغربي ، يفوق ١,٥ مرة الجريان الموجود على الجانب الشمالي الشرقي . وقد توصلا ، كذلك ، إلى ضرورة مرور ٤٨,٠٠٠ منه لنقل حوالي ٣٠,٥ سم من المادة بشكل مذاب من السفوح الجنوبية الغربية مقابل مرور ٤٥,٠٠٠ سنة لنقل نفس الكمية من المواد من السفوح الشمالية الشرقية. ويمكن تفسير المعدل - السريع للهدم الكيماوي بالنظر إلى توزيع انواع الصخور فالسفوح الجنوبي الغربي من الجبال يحتوي على صخور كراتية ، في حين تتواجد على السفوح الشمالية الشرقية صخورا كراتية ورسوبية كذلك .

(جدول يبين المعلومات الخاصة بالتجوية)

(الفيزياوية في انهار مختلفة من العالم)

التعرية الفيزياوية التعرية الكيماوية التعرية الفيزياوية التعرية الكيماوية
طن / كم^٢ طن / كم^٢ ٢ - النهر طن / كم^٢ طن / كم^٢
١ - انهار شمالية لمناخات معتدلة ٢ - انهار مناخات معتدلة - دافئة مدارية
وشبه مدارية

وباردة	انهار جبلية	انهار في السهول		
كولوما	٧	٥,٥	دنير	٤
يانا	١٠	٣,٩	بوك الجنوبي	١١,٥
بيلجورا	٢٠	١٧	الدون	١٨,٣
اندركا	٢٤	١١	اورال	١٨,٦
				١٧
				١٤
				٢٢
				١٥

(43) Hember, C.H. and Rainwater, E.H. 1961. Chemical degradation (٤٣) on opposite flanks of the Wind River Range, Wyoming, U.S. Geol Surv, Water Supply Paper, 1535, E. P. 9, المصدر

٣٢,٥	١٨,٦	الفولغا	١٠,١	٢٨	ام
٣٩,٥	٣١,٥	دنيستر	٢٢	١٠٣	يوكدن
انهار في السهول					
		انهار تبدأ من جهات جبلية او مرتفعة	١٠	٣,٩	نيفا
٩	٣٣	كوما	١١,٤	٤	ينسي
٥	٤٠	كالوس	١٧	٤	لوكا
١٣	٦٠	امزون	١٧,٧	٤	نارونا
١٨	٧٥	لابلاتا	٢٠	٤	أدنيجا
٢٨,٤	١١٨	المسيبي	١٢,٢	٦	اوب
٣٥	١٨٠	كوبان	٢٥	٦	دفيئا الغربية
		انهار تنبع من الجبال	١٦	١٠	ميزن
٢٣,٤	٢١٣	كورا	٤٨	١٦,٥	دفيئا الشمالية
٧٨,١	٤٤٠	اموداريا			
		انهار جنوب شرقي			
٩٣	٣٩٠	اسيا (المعدل)			
٢٠٩	٢٠٠٠	ربون			
٢٧٠	١٧٠٠	سامور			
٢٩٠	٢٠٠٠	سولاك			

ان الغرض من هذه المناقشة العامة هو بيان امكانية المرء الى التوصل الى تقديرات عامة عن معدلات التجوية الكيماوية اضافة الى المعلومات التي وفرها بعض الباحثين من مثل همبري ورينوتر وستراففوف وكليفيز

المصدر

Straknov, W.M. 1967. Principles of Lithogenesis, Oliver and Boyd London
P. 245

Peter, W. Bisreland, op.cit. P. 77.

وكذلك

غيرهم . ويجب ان تؤخذ العوامل المهمة في تكوين التربة والتجوية الكيماوية نظر الاعتبار بحيث يصبح الباحث على علم بتأثير اي من هذه العوامل مدى هذا التأثير . فمثلا يجب ان يؤخذ نوع الصخر بنظر الاعتبار وذلك عند دراسة الاحواض التي تتركز على صخور كراتية . كما يؤخذ عامل الزمن بنظر الاهمية بشكل دائم وذلك عند دراسة المناطق التي تتميز بترب معتدلة التطور او خلياته . كما يستطيع المرء ان يتوصل الى طرق واساليب بحيث تصبح العوامل الاخرى المؤثرة في هذا المجال ثابتة نوعاً ما . ان المعلومات المتوفرة عن المادة المذابة يمكن مقارنتها مع التباين الموجود في المناخات المنطقية وذلك للتوصل ما اذا كانت المناطق قيد الدرس متبينة في معدل التجوية الكيماوية . وبطبيعة الحال ان هذه التحليلات تصحب معها الافتراض بان هناك ترابطاً في البيئات القارية من السطح ، مثل التربة .

١ - ١٤ مراحل التجوية ، مخلفاتها ، مناطقها .

تعمل التجوية على ظهور مجموعتين من المنتجات هي (١) المنتجات المتحركة وهي التي تنتقل الى مسافات مختلفة و(٢) المنتجات الماكثة ، وهي التي تبقى في الجهات التي تفتت الصخور فيها اصلاً . وتشكل المنتجات الماكثة تكويناً قارياً يطلق عليه اصطلاح الرواسب الموضعية (E.luvium) . ويختلف تركيب الرواسب الموضعية اعتماداً على المرحلة التي تجتازها عملية التجوية . فقد اثبت . بي . بولينوف (B. Polynov) واي . كتربرغ (I. Ginsburg) وغيرهم من الباحثين بان ظاهرة التجوية تتقدم على شكل مراحل ، وان لكل مرحلة من هذه المراحل خصائصها المميزة من حيث النتاجات .

وتظهر ميزة المرحلة في التجوية بشكل بارز في حالة الصخور الصهيرية (Magmatic Rocks) وقد فرق بي . بولينوف بين اربعة مراحل اساسية من مراحل التجوية هي : (١) مرحلة الشظايا (Fragmental) و(٢) السيل المتكلسة (Siallitic Calcitized) (٣) السيل الحامضية و(٤) مرحلة (Allitic) .

تتميز المرحلة الاولى وهي مرحلة الشظايا بتفوق التجوية الفيزيائية وهي مرحلة ينتج عنها تراكم مفتتات الصخر وتكون ذات احجام مختلفة . ولا يحدث اي تغير في التركيب المعدني للصخور، واذا حدث فانه يكون ضئيلا غير ملحوظ . (٤١) وتنتشر هذه الرواسب الموضعية بشكل واسع في الاقطار الجبلية الحديثة وكذلك في المناطق القطبية والصحاري . ان هذه المرحلة تكون قصيرة في المناطق التي يسود فيها مناخ - رطب دافئ ، كما وتسود فيها التجوية الكيميائية لكي تتفوق على التجوية الفيزيائية ، لذلك فانها تؤدي الى حدوث تغير في التركيب الكيماوي للصخور .

اما المرحلة الثانية وهي المرحلة السيلليتيكية (وقد وردت هذه التسمية بالنسبة لتواجد عنصري السليكون (Si) والالمنيوم (Al) وهي مركبات اساسية للمعادن المتواجدة في هذه المرحلة) فانما هي تشكل المرحلة الاولى للتجوية الكيماوية . تتميز هذه المرحلة ببداية تكسر الصخور السيليكية الالمانية كما تتخللها عملية تصدير الكاتيونات في التربة . وعندما تنتقل الاملاح في التربة الملحية الى حالة سائلة فان التفاعل الكيماوي في المادة يكون قاعدياً . وتتؤدي وضعيات من هذا النوع الى تكوين معادن طينية متوسطة ضمن مجموعة صخور مونت مور بولنايت التي تسود فيها صخور المايكا المائية . الى حد ما . وتتميز هذه المرحلة ، كذلك ، بتجمع كاربونات الكالسيوم الذي يتكون اثر عملية التجوية ، مع ثاني اوكسيد الكربون المتواجد في المياه الباطنية والتربة . ويطلق على الرواسب الفنية بكاربونات الجيراسم - الرواسب الموضعية المتكلسة . وتتواجد هذه في معظم الحالات ، وفي ظروف مناخات قارية جافة في صخور صهيرية ومتحولة شريطة ان تكون مثل هذه الصخور مكشوفة على السطح .

وتتميز المرحلة الثالثة . وهي المرحلة الساليتيكية الحامضية بزيادة واضحة في عملية تصويل الكاتيونات اضافة الى تصويل جزئي في ثاني اوكسيد

(٤١) ذكر المصدر سابقاً P.72 G. Groshrov, A. Yakushova, Physical Geology (41)

السليكيون ، (Sio) (الرمل) وحلول الحوامض محل المركبات القاعدية (٤٢) وتنحطم المعادن المتوسطة من مثل معادن مجموعة المونتوريلونيت والمايكا المائية ، وهي التي تكونت في المرحلة الثانية من مراحل التجوية . وتؤدي مثل هذه الوضعية الى ظهور معادن بوغائية (طينية Clayey) جديدة من مجموعة الكاؤولين . ويتصلب الكالسيوم ، أذ يتحول الى محلول بحيث لا يمكن ملاحظة كاربونات الكالسيوم في الرواسب الموضعية في الصخور الصهيرية . وتزداد عملية تصويل هذا النوع من الكاربونات وثاني اوكسيد السليكيون بشكل ملحوظ في ظروف مناخات رطبة دافئة بحيث يكثر فيها التساقط الذي لا يكون له تأثير تصويل شديد على الهشيم الصخري . وفي مثل هذه الوضعيات تكون المرحلة الثالثة قصيرة ولا تظهر بشكل متميز او واضح (٤٣).

وتتميز المرحلة الرابعة بزيادة في معدل تفسخ معادن الطين بحيث يصحب هذه العملية ظهور مكونات شديدة البساطة تتميز بشدة ثباتها عندما تتواجد تحت سطح قشرة الارض ، مثل : هيدروأوكسيد الالمنيوم والحديد والسليكيون تشكل المعادن الغروية النموذجية (وهي مكونات البوكسايت وخامات الحديد الاسمر ... الخ) .

يرجع اصل مصطلح (Qilitic) واطلاقه على المرحلة الرابعة الى تراكم وتجمع واضح لهيدروكسيدات الالمنيوم في مخلفات التجوية في هذه المرحلة. وتكون هذه المخلفات كثيرة الانتشار وشديدة السمك في المناخات الرطبة والمطيرة في المدارين وجهات شبه المدارين. ففي ظل وضعيات من هذا النوع

(٤٢) الدكتور يوسف توني . معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً . وقد ورد في الصفحة (١٨) كلمة (Leaching) على أنها عملية التصويل . وقد ذكر أن هذا التصويل يكون أثر تشرب المياه وازالتها المواد العضوية والأملاح المعدنية الذائبة من طبقة من التربة إلى طبقة سفلية . وان هذه العملية تسمى ، في بعض الأحيان ، (تصفية التربة) أو (غسل التربة)

(٤٣) ذكر المصدر سابقاً G.Gorshfov. A.Yakushova, P.73.Fig.17

يكون لون الرواسب الموضعية يميل إلى اللون الأحمر البراق نظراً لتواجد هيدروكسيد الحديد. لذلك فقد أطلق على هذه الرواسب اسم اللاترايت أو ترب اللاترايت (Laterite) وذلك اشتقاقاً (٤٤) من الكلمة اللاتينية (Later) التي تعني (Brick) (وتعني طابوق) وفي العادة ته حب الجهات التي تنتشر فيها اللاترايت خامات الحديد ورواسب البوكسايت .

وعلى هذا الأساس يمكن أن نلاحظ من هذا البحث المختصر عن مراحل التجوية بأنها عملية معقدة وتتخذ اتجاهات مختلفة في جهات تتميز بمناخات مختلفة، اعتماداً على مدى التباين في هذه المناخات ونوع نتاج التجوية الذي يظهر فيها (٤٥) ففي المناطق الصحراوية ، على سبيل المثال ، تتوفر عملية التجوية ، في غالب الأحيان ، على مرحلة ومدى توفر الشظايا الصخرية ، ومن النادر أن تصل إلى المرحلة الثانية ، وهي كما ذكرنا سابقاً المرحلة السيلية المتكلسة . في حين أنها تتقدم في معظم المناخات الرطبة إلى المرحلة الرابعة (Qilitic Stage) وهي المرحلة النهائية . ان هذه التباينات من حيث المرحلة ومدى تقدمها في ظاهرة التجوية تبدو في الشكل الواضح الذي اوردته الاستاذ ياكوشيف في كتابه (الجيولوجيا الفيزيائية) في صفحة ٧٣ تحت رقم ١٧ .

وفي الغالب تكون عمليات التجوية المختلفة عمليات انتقاء واختيار ويظهر هذا الاختيار بشكل خاص في حالة وجود صخور ذات فواصل واضحة رغم

-
- (٤٤) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً وقد جاء في صفحة ٤٢٣ مصطلح (لاترايت أولاتريت) على أنه : (تربة سفلية تصلبت بفعل تعرضها لعوامل التفكك والتحلل . وهي في الغالب تربة شبه طينية حمراء حديدية . توجد عادة في الاقاليم المدارية الرطبة ، كما أنها غالباً قليلة الخصوبة ، سبكة يصعب حرثها . الا انها غنية بالحديد والالومين وأكاسيدهما ، ومن ثم كان اللون الأحمر . الخ
- (٤٥) ذكر المصدر سابقاً . (45) G. Gorshkov., A. Yakushova P.73.

تباين مقاومتها وصلابتها. فالصخور التي تكون قليلة المقاومة بحيث أنها تنهشم بشكل سريع ، فإن مايتبعها هو تكون جيوب ضمن - الصخور يصل توغلها إلى عشرات الامتار. وتمتلئ هذه الجيوب في معظم الحالات بمخلفات التجوية. وتعكس الوضعية الطبوغرافية لمختلف سلاسل الجبال مدى مقاومة مثل هذه التغيرات. ففي الوقت الذي تكون فيه بعض الصخور تكثرت ثباتاً وكثافة ضمن تضاريس وتكوين المرتفعات ، تظهر ، في نفس الوقت ، صخور أقل ثباتاً تتميز بتكوين المنخفضات خلالها . وفي كثير من الامثلة يطلق على الصخور التي تنكشف على السطح ، بحيث تبدو على شكل حوائط ضخمة اسم السدود الراسية (Dykes) . ومن الجدير بالذكر أن عمليات التجوية المختلفة تساعد في البحث عن المعادن ذات الفائدة الاقتصادية ضمن القشرة الارضية . وتبدو هذه المعادن على شكل عروق أو سدود .

وتكون عملية التجوية ظاهرة انتفاء حتى في الصخور المتجانسة والتي ربما اختلفت في درجة تكسرها . وفي مثل هذه الحالات تتكون جيوب ذات أعماق عرض مختلفان ، خصوصاً في الجهات التي تزداد فيها ظاهرة الانكسار .

١ - ١٥ - غشاء التجوية

ان الجزء الاعلى من الغلاف الصخري يتكون من رواسب قابلة للتكسر ، وهي في الواقع احدى نتائج التجوية . وقد جرت عمليات التجوية هذه على صخور اولية . ويطلق على مثل هذه الرواسب من الناحية الاصطلاحية اسم الغشاء القاحل (Mantle of Waste) وفي الطبيعة يتباين سمك هذا الغشاء القاحل من جزء من المتر إلى مئات الامتار أو حتى أكثر من ذلك ، استناداً إلى عوامل معينة مثل : الوضعية المناخية والطبوغرافية وعلى طبيعة وشدة ومدى استمرار عمليات التجوية المختلفة ، هذا بالإضافة إلى تركيب الصخور التي تتعرض إلى هذه العمليات . فيكون سمك الغشاء الفاصل كبيراً في الجهات المدارية وشبه المدارية على سطوح مختلف الصخور الصهيرية ، أي حيث تتلاحم ارتفاعات درجات الحرارة



مع وفرة الرطوبة وكثافة النبات الطبيعي وذلك لان العامل الاخير يكون مصدراً
للاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون .

ومن الملاحظ أن بعض الباحثين يضعون تأكيداً واضحاً على فكرة (الغشاء
الفاصل) ويقصدون به ذلك الجزء العلوي من الغلاف الصخري الذي يتواجد
فوق مستوى المياه الباطنية . ويستندون في ذلك إلى حقيقة أن الوضعيات في هذا
الموقع تكون ملائمة جداً للملائمة لاستمرار عمليات التجوية . وسبب ذلك أن
الصخور في هذه المنطقة تترطب بصورة متقطعة عن طريق مياه الامطار ،
كما ويدور في نفس المنطقة هواء يحتوي على كميات لا بأس بها من ثاني اوكسيد
الكربون ، والاخير مركب كيماوي فعال ضمن الفتحات والتجاويف الموجودة
في الصخور.

ويبدو أن وجهة النظر التي جاء بها بي . بولينوف كانت صحيحة جداً وفحوى
هذه الفكرة أن الغشاء الفاصل يشتمل على منتجات ماكثة مفككة باعتبارها
متخلفة عن منطقة التجوية ، أي أنها تمثل ذلك الجزء من الغلاف الصخري
الذي تكون الظروف فيه ملائمة لاستمرار عمليات التجوية . وتكون عوامل
التجوية : الماء والهواء ، في حالة عمل دائم .

ان دراسة الغشاء الفاصل مهمة جداً من الناحيتين النظرية والعملية . فالأغشية
القديمة والحديثة ، التي وصلت إلى سمك لا بأس به في بعض المناطق ، لازالت
تغطي مساحات واسعة وعند دراسة الرواسب الموضعية يصبح بالامكان تحليل
العملية التي أدت إلى تحول الصخور ومعرفة مختلف مراحل التجوية ووضعيات
المناخ التي جرت عمليات التجوية في ظلها . (٤٦)

ان التجوية ، في الواقع هي إحدى العمليات الديناميكية السطحية وهي
المزود الرئيسي للمواد المركبة (Clastic Materials) والمواد المذابة التي
تتكون منها الصخور الرسوبية

وقد يتم نقل مخلفات التجوية بفعل الجاذبية وبفعل قوى أخرى كالتساقط والانهار الدائمة والموقته والانهار الجليدية والرياح . على ان من اقوى هذه العوامل هي المياه الجارية على السطح ، الانهار والسيول .

تتكون المياه الجوفية ، عادة ، ضمن هذا الغشاء الفاصل ، كما وتظهر فيه خامات المعادن وصخور جديدة . كما ويبنى الانسان ضمن هذا الغشاء او عليه مشاريعه الهندسية مثل السدود الضخمة والمنشآت الصناعية . والسكك الحديد والطرق البرية العالمية . ويعتبر الغشاء الفاصل في الواقع خزان طبيعي للمعادن الاقتصادية . كما تحتوي الرواسب الموضعية على كميات وفيرة من معادن البلاتين والخامات الغنية بالذهب والمعادن الثمينة الاخرى . واخيرا يتكون على الجزء العلوي من القشرة الارضية ، المعرض لعمليات التجوية اجسام طبيعية جديدة هي التربة (Soil) هذا فضلا عن ان عمليات التجوية هي في الواقع عامل مهم في تكوين التضاريس . ويلعب عامل الوقت دوراً شديد الاهمية في اتجاه العمليات التي تهدف الى تسوية سطح الارض فكلما استمرت عمليات التجوية والتعرية لمدة اطول من الزمن كلما زاد تأثيرهما ، تبعاً لذلك .

ويتضح من كل ما سبق بان التجوية هي عملية طبيعية بحتة وان الغشاء الفاصل هو موضوع شيق للدراسة من قبل الجولوجيين وكذلك المتخصصين بعلم المياه ومهندسي التعدين والكيميائيين والمتخصصين بعلم التربة .

١-١٦ - التجوية وعمليات تكون التربة

وترتبط مع عمليات التجوية ، وبشكل وثيق ، عمليات تكوين التربة على الجزء العلوي من القشرة الارضية . وقد تبلورت الافكار العلمية الرئيسية عن التربة وطرق تكوينها على يد العالم الروسي في. دكوجيف وبني كوستنجيف وفي واقع الامر لا يمكن الفصل بين الافكار المتعلقة بالتربة وخصوبتها فالتربة بتعريف فلسفي انما هي الجزء العلوي المفكك في الغشاء الفاصل تكون حاوية

على الحياة العضوية، وعلى الاخص النباتية منها ، وهي تتكون نتيجة مجموعتي عمليات متلازمة هي : عمليات التجوية وعمليات تكوين التربة لذلك فان التربة تتكون ، بشكل اساسي ، من جزئين صليبين هما المادة المعدنية المفككة والمادة العضوية .

ومن الضروري ان نشير الى ان مصطلح التربة له معاني عديدة اعتماداً على ماهية الشخص الذي يستعمل هذا المصطلح . فالمهندس ، مثلاً ، يعني بمصطلح التربة على انه مادة غير متماسكة ، في حين يكون مفهوم هذا المصطلح بالنسبة لعلماء التربة الوسط الذي تنمو النباتات وتزدهر فيه (٤٧) وقد ذكر جوف (Joffe) ان التربة هي جسم طبيعي يتكون من طبقات او آفاق معدنية وعضوية ذات سمك متباين . وتختلف هذه الافاق عن الصخور الام في شكلها وفيزيائيتها وكيميائيتها وخصائصها المعدنية والبولوجية . ان افاق التربة تكون غير متماسكة بشكل عام، الا ان البعض منها يحتوي على كميات كافية من السيليكا والكربونات واكاسيد الحديد بحيث تعمل هذه المواد على التحام ذراتها غير المتماسكة . (٤٨)

١ - ١٧ - تكوين التربة

تتكون التربة من خلال عمل عدة عوامل . وقد تمكن . دو كشف ويني Jenny من تمييز خمسة عوامل منها هي (١) المادة الصخرية الاصلية التي تتكون التربة عليها و(٢) الحياة النباتية والحيوانية و(٣) المناخ (٤) عمر المنطقة التي تتكون التربة فيها و(٥) الطوبوغرافيا المحلية . ان العامل الحياتي، وعلى الاخص النباتات ، تلعب دوراً مهماً في هذه العملية المعقدة . والسبب في ذلك ان تكوين التربة يكون على اشده في المنطقة التي قد تأثرت بمواد قد تطورت وتكونت بفعل الاحياء المجهرية خلال دورة حياتها وبواسطة نظم جذور النباتات .

Bivkeland, P.W., Pedology...etc, 1970. P, 3.

(٤٦) ذكر المصدر سابقاً

Joffe, J.S. 1949, Pedology, P. 662.

(٤٧)

ان اغلب المادة العضوية المتواجدة في التربة انما هي بقايا المادة الكلوروفية الخضراء . وتكون بقايا الجذور مهمة جداً وعلى الاخص في منطقة تكون الحشائش ونموها .

وتعمل النباتات خلال فعاليات حياتها على استخراج مختلف المواد المعدنية والماء من الصخور اي العناصر الغذائية الرئيسية . ومن ناحية اخرى فان هذه النباتات تهم عندما تذوي في تجميع المادة العضوية في التربة . وهكذا فاننا نلاحظ في التربة حركة دائمية للمواد من النباتات الى التربة الا ان هذه المواد تكون على شكل جديد . وتتعرض تجمعات المادة العضوية الى التفسخ برأي انها تتعرض الى عمليات باليوكيمياوية معقدة bio-chemical. وتسهم الحيوانات المجهرية بشكل فعال في هذه العملية ويؤدي تفسخ المادة العضوية الى ظهور نوعين من المركبات : (١) مركبات بسيطة من ثاني اوكسيد الكربون والماء واملاح النترات والسلفات وحوامض اخرى (وذلك خلال عملية التمعدن) Mineralization و(٢) مركبات عضوية اخرى اكثر ثباتاً . ان هذه الكمية المعقدة من المادة العضوية التي يكون لونها اسود او اسمر عند تجمعها في التربة بعد عملية تفسخ المادة العضوية الاولية تسمى في العادة بمادة الدبال (Humus) وهي كلمة من اشتقاق لاتيني الاصل . وهذه المادة هي العامل الرئيسي في خصوبة التربة . ويؤدي التفسخ السريع الكامل للمادة العضوية الى تكوين منتجات التفسخ البسيطة . كما ان تجمع الدبال يتطلب ، من ناحية اخرى ، تفسخاً غير كامل للمادة العضوية (عملية التديل Humification) . تعتمد شدة عملية التفسخ على درجة الحرارة والرطوبة ومدى توغل الهواء والطبيعة الكيماوية للبيئة التي تتواجد المادة العضوية فيها. (٤٩) اضافة الى عوامل اخرى . يتكون من ٨٥٪ الى ٩٥٪ من الدبال من مادة البيتيومنس اما الباقي فانه يشتمل على البروتينات والكاربوهيدرات والحوامض العضوية

والشمع والراتينج (Resins) ومركبات عضوية اخرى تكثر في النباتات وانسجة الحيوانات وتظهر اثر تفسخها .

وتعتمد كمية الدبال وتركيبه على نوعية النباتات التي ينحدر منها ، وعلى طبيعة العمليات البايوكيماوية التي تشترك في تكوينه . وفي هذا الصدد تواجهنا مشكلة تتعلق بالدور الذي يلعبه المناخ في تكوين التربة . ان العوامل المناخية المهمة في تكوين التربة تشمل على التساقط ودرجة الحرارة اللذين يحددان شدة التجوية ، والعملية الاخيرة توفر الاساس المعدني للتربة .

ويلعب الماء ، حينما يعتمد على اذابة جزء من مواد التربة دوراً مهماً في تكوين المقد العمودي للتربة (Vertical Profile) وقد تتحرك المواد الذائبة نحو الاسفل ، اسوة بالماء . وحيثما تكون الظروف ملائمة فان هذه المواد يتكرر ارسابها اما من خلال التبلور او التخثير Coagulation وتحدث مثل هذه الحركة نحو الاعلى ايضاً وذلك من خلال الخاصية الشعرية .

وبهذه الطريقة تتلاشى بعض المواد من افاق التربة في جهة معينة في حين تغني افاق اخرى بهذه المواد ذاتها .

وحيثما تسود الحركة السفلى لهذه المواد، يصبح بالامكان تمييز ثلاثة افاق اصلية بشكل واضح ضمن مقد التربة هي :

١ - الافق العلوي (A_1) ويحدث في هذا الافق الغسل شديد لمكونات التربة (Leaching) ومع ذلك فان العملية السائدة في هذا الافق هي تجمع المادة العضوية .

٢ - الافق التالي (A_2) وهو افق الاستخلاص (او الازالة) Eluvial

يقع هذا الافق تحت الافق السابق، ويتميز هذا الافق بشكل خاص بكثرة تصويل المواد منه . وهذا الافق يقصر تواجده على المناطق المتاخية الباردة والممطرة .

٣ - الافق المستقبل او افق الترسيب Illuvial horizon, B. (وتراكم في هذا الافق المواد التي تم غسلها من الافاق العليا في التربة . وتتواجد تحت الافق المستقبل صخور لم تتأثر بعمليات تكوين التربة . ويطلق على هذه الطبقة من الصخور اسم صخور الام Parent Material حيث تشتق منها المواد المعدنية المتواجدة في التربة ، ويرمز لها عادة بالحرف (C) وقد ذكر الاستاذ لوبيك ان هناك مجموعتين من الترب هما : البيدلفير (Pedalfers Soils) ومجموعة البدكولز (Pedacals Soils) .

اما المجموعة الاولى فتشتمل الترب التي تكونت في ظروف رطبة . ويعني هذا المصطلح ان الترب تشتمل على معدني الحديد والالمنيوم بكثرة . وتتكون هذه الترب في الجهات التي يتراوح المطر فيها بين ٢٥ و ٣٠ بوصة ، او حتى أكثر من ذلك . ويعني هذا ان الترب ، وحتى الصخور الواقعة تحتها تكون رطبة بصورة دائمية . وتتصرف كثير من المركبات المعدنية القابلة للذوبان من هذه الترب وذلك عن طريق مياه الصرف ، لذلك فإنها تفتقر الى بعض المعادن مثل البوتاسيوم والكالسيوم والفسفور . وبصورة عامة يمكن القول ان هذا النوع من الترب يفتقر الى العناصر الغذائية الرئيسية ، العضوية وغير العضوية ويتواجد فيها ، فضلا عن ذلك ، مكونات لا ترغب النباتات فيها الا بشكل نادر . (٥٠)

أما المجموعة الثانية ، أي ترب البيدكولز ، فإنها تتكون في العادة في وضعيات مناخية جافة . ويعني هذا المصطلح أن التربة تحتوي على نسبة عالية من الكالسيوم . وهي تتكون في الجهات التي يقل المطر فيها عن ٢٥ بوصة ، حيث لا تسمح مثل هذه الكميات القليلة من المياه على وجود حركة دائمية نحو الاسفل ، إلى اعماق غير محدودة . وتحتوي هذه الترب من الناحية الكيميائية على جميع

(٥٠) ذكر المصدر سابقاً (59) Loback, A.K. Geomorphology. op.cit. PP. 78-69.

المواد القابلة للذوبان والتي تعتمد عليها خصوبة التربة بشكل خاص . رغم أن هناك انتقال لهذه المواد من أفق إلى آخر ضمن التربة .

١ - ١٨ - الأشكال التي تكونها التجوية

تجوية متباينة المدى : يستخدم هذا المصطلح للإشارة إلى عملية التجوية التي تعمل على حك وإزالة الأجزاء الضعيفة من الكتل الصخرية المعرضة إلى هذه العملية . وقد تؤدي هذه العملية إلى ظهور سطوح صخرية محفرة ، أو أنها تعكس ، بشكل بارز ظهور النطاقات الصلبة من الصخور والطبقات الرسوبية التي تستطيع مقاومة عمليات التجوية .

فتشير الدلائل الموجودة في الطبيعة مثلاً إلى أن صخور البريشيا أو الطفل الجليدي إذا ما تعرضت إلى عمليات التجوية المختلفة فإنها تنتهي إلى أشكال تضاريسية تشبه الأعمدة (pillars) أو الأسطوانات (Columns) تغطي هذه بكتل صخرية أكبر أو شظايا صخرية كبيرة الحجم تعمل على حماية الكتل الصخرية المتفككة الواقعة تحتها . ويطلق على هذه الأعمدة اسم (Demoiselles) (٥١)

ويعتبر الهشيم الصخري (Talus) نتاجاً آخر لعمليات التجوية . والهشيم مفتت صخري ينتج عن التفكك الذي يحصل في سفوح شديدة الانحدار . ويتجمع هذا الهشيم عادة عند قاعدة السفوح . وقد يرد اسم هذا التراكم في بعض الأحيان في شكل (Scree) . فإذا اتخذ هذا التراكم شكلاً مخروطياً شديد الانحدار فعند ذلك يطلق عليه اسم مخروط الهشيم (Talus cone) وفي الطبيعة نلاحظ أن الجزء العلوي من الهشيم الصخري يكون أشد انحداراً عند تراكمه ، في الجزء

(٥١) الدكتور يوسف توفى ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً وقد جاء في صفحة ٢٢٧ ماييل (دوازيل) : اصطلاح فرنسي يطلق على الأعمدة الترابية التي تنتهي إلى الأعلى بكتلة جلمودية . وقد يعزى بعضها إلى بريشا بركانية أو طفل جاسودي (أول طفل جليدي) .

العلوي منه في الجزء السفلي . ومن الملاحظ كذلك أن بعض السفوح الهشيمية التي يكثر فيها هشيم خشن ، يتفكك هذا الهشيم على شكل كتل في الاجزاء السفلى من هذه السفوح . ويتواجد الهشيم الناعم بين هذه الكتل . (٥٢) ومن الملاحظ كذلك أن الصخور التي تتساقط على سطح أملس من الثلج سرعان ماتتدحرج إلى مسافة أبعد من قاعدة الجرف قبل أن تستقر تماماً . وفي العادة تتكون سطوح عادية من الهشيم وتتلاحم هذه السطوح بحيث ينتج عنها تلول صغيرة قبيبة (Hummocky) ، ولا يمكن تفريقه ، في جميع الاوقات ، من التراكبات الناتجة عن الزحف الارضي .

ومن آثار التجوية ، كذلك ، ماتسمى بكتل التجوية أو الكتل الماكثة Residual Boulders . وتتقطع مثل هذه الكتل بواسطة سلسلة أو أكثر من الفواصل فتتحول إلى ألواح كتلية ذات أحجام مختلفة ، وليس من الغريب أن تتواجد هذه الفواصل على شكل مناطق أو خطوط ضعيف ، بحيث تجد الرطوبة والعوامل الفعالة الاخرى ، طريقها من خلالها إلى داخل الصخور فتؤدي وبشكل تدريجي إلى استدارة زوايا هذه الكتل حتى تنتهي أخيراً على شكل بيضوي كماهي الحال في ظاهرة نيكرهيد (Niggerhead) وذلك في الجهات التي تسود فيها صخور الجابرو حوالي مدينة بالتمور في الولايات المتحدة .

١ - ١٩ - زحف التربة : (Solifluction or Soil Creep)

يتكون هذا المصطلح في واقع الامر من جزئين هما : (Solum) (عمود التربة) وكلمة (Fleu) وتعني التدفق او الزحف يستخدم هذا المصطلح من الناحية الجيومورفية للدلالة على الحركة البطيئة غير المنظورة لكتل الصخور والتربة المشبعة بالماء ، من ارض عالية الى جهات واطئة . (٥٣) ومن الجدير

Lobeck. A.K. Geomorphology, op.cit.

(٥٢) ذكر المصدر سابقاً

P. 80. Figures

وكذلك لاحظ ص . ٨١ من نفس المصدر

Ibid. P. 82

(٥٣) ذكر المصدر سابقاً

بالذكر ان ظاهرة من هذا النوع يمكن تتبعها بشكل تقريبي في الجهات التي تتميز بوجود جهات جبلية ذات مناخ رطب . ويمكن تصوير هذه الظاهرة على الشكل التالي : كتل من الصخور متباينة الحجم ممتزجة مع التربة وتتخللها كمية لا بأس بها من المياه ، ويكون مصدر هذه المياه من الجليد الذائب في غالب الاحيان ، يتحرك هذا المزيج الثلاثي وبشكل تدريجي عبر ابي منحدر من الاعلى نحو الاسفل . على ان ضخامة هذا المزيج اثناء هذه الحركة تتراوح من مناطق لوحية واسعة (Extensive Sheets) وثلاجات دافعة صغيرة الحجم يطلق عليها ، اصطلاحاً اسم الثلاجات الوحلية (Mud Glaciers) وفي الجهات الجبلية او التلالية التي تتعرض الى مثل هذه الظاهرة يظهر تناقص واضح في شدة التضاريس المحلية المتواجدة على السطح . ويعتمد مدى تأثير ظاهرة زحف التربة على وضعيات مناخية معينة . فعلى سبيل المثال نلاحظ ان الجهات التي تتميز بمناخات شبه جليدية (Subglacial Regions) ، والتي يتساقط فيها الثلج بغزارة في فصل الشتاء ، تصبح هذه العملية عاملاً فعالاً في هدم الاشكال الارضية السطحية البارزة . وفي الوقت نفسه، نلاحظ ان المناطق القطبية وشبه القطبية، حيث لاتغطي الارض بالجليد فان هذه العملية تكون مستمرة بشكل دائم . اما التدفق الطيني ، ويشار اليه في بعض الاحيان على انه انسياب وحلي (Mudflow) فانه ظاهرة تتجمع التربة بموجها ثم تتحرك بصورة بطيئة عبر الثلاجات المحتوية على الصخر والوحل . وفي حالة من هذا النوع تشتمل الحركة على صخور من مختلف الاحجام تتراوح بين قطر لا يزيد على حجم البزاليا وحتى بضعة اقدام ، على سبيل التقريب ومن الملاحظ كذلك ان تواجد الماء المتخلف عن الثلج الذائب يؤدي الى تبسيط الهيئة العامة لهذه الحركة . ومن ابرز الامثلة المعروفة عن مثل هذه الحركة هو تدفق في ينابيع نديكنسون في مقاطعة كلورادو ، وفي الجهة الغربية من المقاطعة على وجه الخصوص . فقد ادى هذا التدفق الى تكوين ما يشبه الدلتا ، في غير موضعها بطبيعة الحال ، فادى ذلك الى

تكوين بحيرة كرسطوبال (san cristobal lake) أذ تبدو في الطبيعة على شكل مسطح مائي يبلغ طوله حوالي ميلين تقريباً . لقد بلغ مجموع هذا التدفق حوالي اربعة اميال كما بلغ انحداره ٢,٥٠٠ قدم وذلك ضمن المسافة المحددة وقد تتراوح سمك الوحل الذي بدأ على الوادي بين ٢٠٠ و ٣٠٠ قدم . وفي نفس الوقت كانت اشكال الارض الطوبوغرافية التي نتجت عن هذا التدفق واضحة بارزة بالنسبة لما يحيطها من مظاهر فقد احاط بهذه الاشكال سلاسل من الركامات الجليدية ، جانبية على الاغلب . وكانت هذه السلاسل ذات حدود واضحة . فقيما بين هذه السلاسل الركامية كانت مظاهر اشكال الارض الناتجة عن هذا التدفق واطئة تتميز بانتشار الحفر والمنخفضات والعقد ولا يبدو ان هناك علاقة نشأة خاصة بين هذه المظاهر شبيهة بالعلاقات التي تنشأ عنها الانهيارات الارضية (Landslides)

١-٢٠ قبات التقشر (Exfoliation Domes) :

من الملاحظ ان الكتل الصخرية المتجانسة الضخمة تتقشر على شكل اغشية رقيقة عند تعرضها الى تغيرات متطرفة في درجات الحرارة . لقد ورد في النشريات الجيومورفية نظريتان لتفسير مثل هذه الظاهرة : ففي اول الامر اشير الى تفكك الكتل الكرائتية الى اغشية محدبة وكون هذه الظاهرة نرجع في اصلها الى التركيب الاولى لهذه الصخور . ان هذا التركيب - كما هو معروف ، يتصل اتصالاً وثيقاً بالحالة الصهيرية التي كانت عليها هذه الصخور في بداية تكوينها ومع ذلك هناك نواح عديدة ترجح فرضية اخرى لتفسير هذه الظاهرة ومرجع هذه النظرية . ان ظاهرة تقشر الصخور ترجع الى التذبذب الحاصل في درجات حرارة البيئة المتواجدة فيها . فمن الملاحظ ان البيئة القبابية لا تمتد باتجاه سفلي او جانبي الى مدى لانهائي . ودليل ذلك ان اغشية التقشر لا تمتد في غالب الاحيان الى عمق يزيد على ٥٠ قدم . وهذا دليل على ان هذه ظاهرة سطحية وليست ظاهرة تمتد الى اعماق الغلاف الصخري .

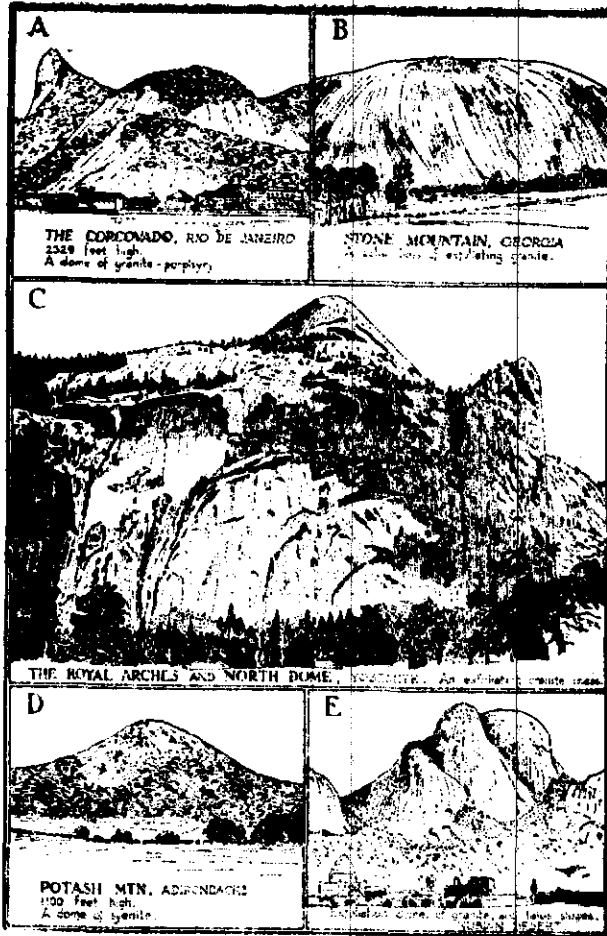
(A) الكوركوفاو - ريو
دي جانيرو ٢٣٢٩ قدم
- قبة من الكرانيت

(B) جبل ستون - جورجيا
انسداد بركاني صغير صلب
من الكرانيت المتقشر.

(C) رويال آرجز ونورث
دوم. يوسايت . كتلة من
الكرانيت المتقشر

(D) جبل بوتاس. ادرونداك
١١٠٠ قدم . قبة من
صخر السينات

(E) قباب تقشر من صخر
الكرانيت وسفوح من المشيم
الصخري . الصحراء النوية .



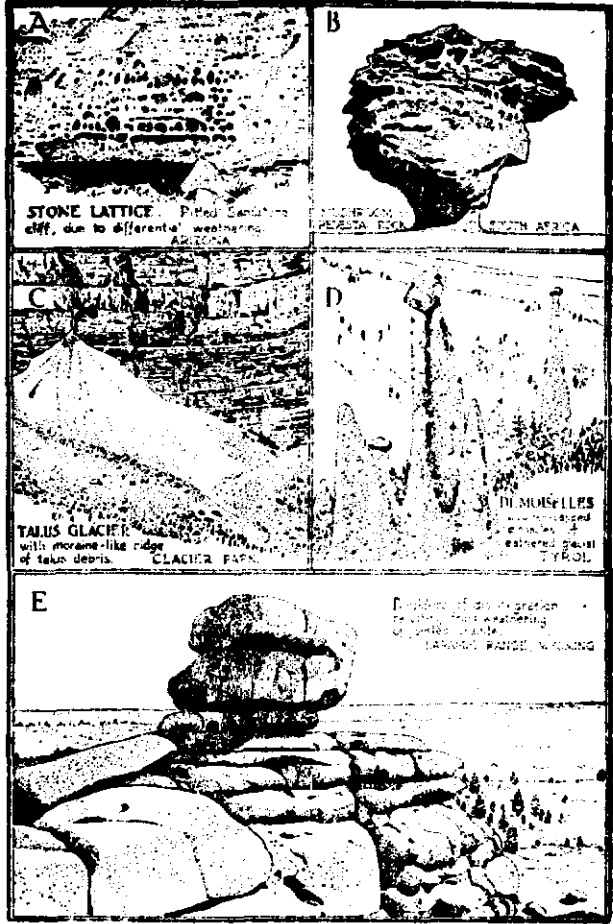
(A) ستون لاتس ، جرف
من الحجر الرمل المحفر
بسبب التجوية المتباينة.
أريزونا

(B) صخرة ركيزة . جنوب
أفريقيا .

(C) ثلاثة من الهشيم الصخري
وركايات تشبه سلسلة
من مفتحات الهشيم الصخري.
كليشربارك .

(D) اصدة ترايية جلمودية -
كتل من المجروف الجليدي
- التيرول .

(E) كتل صخرية نتجت
من التفكك اثر تجوية
صخور الكرانيت التي
تكثر فيها الفواصل .
لارامي ريج - وايومنك .



اشكال متنوعة نتجت عن عملية التجوية

المصدر : P. 80; Lobeck;

هذا فضلاً عن ان هذه البنية لا تقتصر على مظهر القباب بل تتواجد ايضاً في خوائق وحوائط وواجهات السلاسل الجبلية وحتى في قيعان الوديان الاخيلودية (٥٤) .

لقد اجمع بعض علماء الجيومورفولوجيا على وجود ثلاثة تفسيرات لظاهرة التقشر السطحي هي : (١) تغير فصلي في درجات الحرارة يؤدي الى تمدد وتقلص بشكل ملائم بحيث يدفعان الى حدوث التقشر، و(٢) تمدد سطح الصخور نتيجة لتحمي (دخول الماء في تركيب الصخور) صخور الفلستبار وذلك لتكوين الكاؤولين : و(٣) وجود تضاريس ذات ضغط داخلي . تنتج هذه التضاريس عن تعرية الكتل الصخرية السطحية .

ويشير الاستاذ لوبيك (Lobeck) الى أنه مادام تقوس مثل هذه الاشكال يتغير وفقاً للشكل الطبوغرافي العام ، فان من الواضح أن سبب تكونها يعود الى عوامل تتواجد خارج الكتلة الصخرية التي توجد فيها هذه الاشكال .

ان تمدد وتقلص سطح الصخر ، استناداً الى معامل تمدد صخر الناييس المعروف ، يؤدي في الواقع . الى زيادة في طول الصخر يصل الى حوالي ٠,٥ بوصة لكل ١٠٠ قدم . وذلك عند ارتفاع درجة الحرارة الى حوالي ١٠٠° ف . وتصبح هذه الدرجة أقل من ذلك في الاعماق وذلك لان المدى الحراري ، في هذه الجهات ، يكون أقل من ذلك بكثير . فيكون التمدد والانكماش على عمق قدم واحد ، تحت السطح ، مقارباً الى حوالي ٢٠/١ ما يوجد من نفس هذا المعدل على السطح . لذلك يمكن القول أنه مادامت السطوح التي تتعرض الى مثل هذه الظاهرة تكون متسعة بحيث تصل الى آلاف الاقدام ، فان الضغط المتواجد بين الطبقات العليا والطبقات السفلى يكون كبيراً وواضحاً (٥٥) ومن الضروري

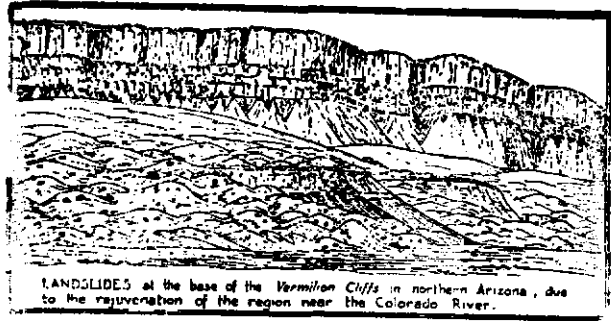
(٥٤) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K. Geomorphology. op.cit. P. 88,

(٥٥) الدكتور عبد العزيز طريخ شرف ، الجغرافية الطبيعية أشكال سطح الأرض . مؤسسة

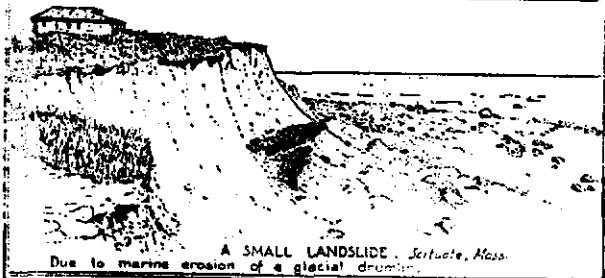
الثقافة الجامية - الاسكندرية - ١٩٧٥ ص ٢٣٥

كذلك لاحظ / ذكره المصدر سابقاً Lobeck A.K. op.cit. P. 84.

(١) انهيارات أرضية عند
قواعد جروف فيرميلون
في شمال أريزونا نظراً
للتجدد الذي حدث في
المنطقة بالقرب من نهر
كلورادو .



(٢) انهيار أرضي صغير ؛
سيتويت - ماس . وذلك
بسبب التآكل البحرية
لنل جليدي بيضوي .



(٣) انهيار أرضي بالقرب
من سلفرتن - كلورادو .
يسين الشكل تعدد
الكتل الصخرية الصغيرة
المتحدرة وما يتخللها من
منخفضات .



انواع من الانهيارات الارضية

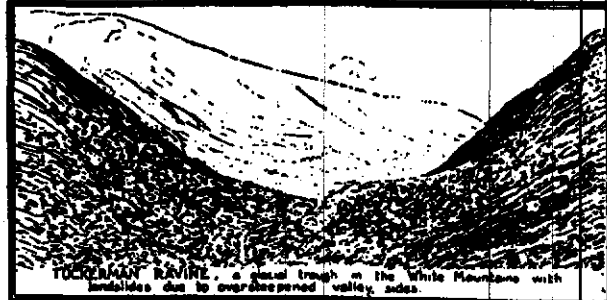
الاشارة إلى أن عملية التقشر لا تحدث أو تظهر بشكل بارز إلا إذا توفرت عوامل
مساعدة لها منها : الشقوق المجهرية الصغيرة التي تعمل على ابعصال الحرارة والماء
إلى داخل الصخر فضلاً عن فعل النباتات المجهرية. ويبدو أن تغيراً بسيطاً في

Lobeck; P. 90

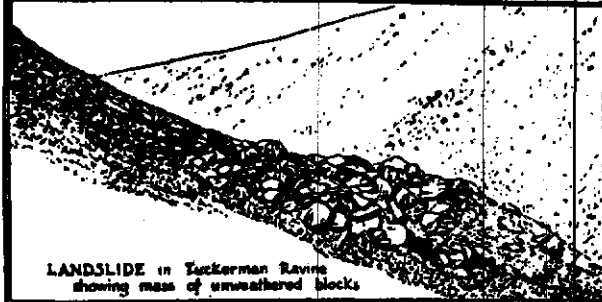
المصدر :

درجات الحرارة تحدث على عمق ١٥ قدم تكون أكثر فعالية من تغيرات مماثلة تحدث على سطح الصخر ذاته. وسبب ذلك أن صخور السطح تكون في وضعيتها الحالية، قد تآكلت، اذ لا مجال أمامها لمقاومة تغيرات نوعية من هذا الطراز.

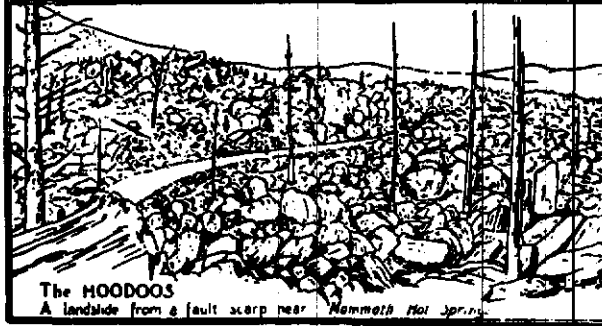
(١) توكمان رافين، اخلود جليدي في وايت ماونتنز مع بعض الانهيارات الأرضية وذلك بسبب شدة انحدار جوانب الوادي.



(٢) انهيار أرضي في توكمان رافين وتظهر فيه كتل من الصخور لم تتعرض للتجوية.



(٣) الهودوز، انهيار أرضي من حافة انكسار بالقرب من ماموث هوت سبرينغز.



الانهيارات الأرضية والمجاري الصخرية

Lobeck; P. 88

المصدر :

الباب الرابع

الانهيارات الارضية (Landslide)

١ - ١ - تختلف الانهيارات الارضية والانهيارات الصخرية (Rocks streams) عن عملية زحف التربة من حيث كون الحركة فجائية بشكل متطرف، كما وان تشتمل في العادة على القراش الصخري وليس مجرد غطاء التربة . ففي الوقت الذي تتكون فيه تراكمات الهشيم المخروطية نتيجة تكسر طبقات الصخور (Rock ledges) كتلة أثر أخرى ، نجد أن الانهيار الارضي يشتمل على جزء كبير من الطبقة الصخرية ذاتها في حركة فجائية .

ومن الضروري البحث عن مجموعتين من العوامل وذلك عند النظر في اسباب حدوث الانهيارات الارضية . ومن أولى هذه العوامل هي طوبوغرافية المنطقة قيد البحث ، وثانيهما البنية الجيولوجية، نوع الصخور وخصائصها الفيزيائية . وفي الواقع ، أن السبب المباشر للانهيار قد يكون ذو أهمية واضحة . فقد يرجع

ذلك إلى حدوث زلزال أرضي أو سقوط أمطار غزيرة تعمل على اشباع الأرض ، على أن هذه انما هي حوادث عرضية بدلا من أن تكون اسباباً رئيسية .

١-٢ - موضوع الانهيارات الأرضية

يتعلق أول اسباب حدوث الانهيارات الأرضية بالوضعية الطبوغرافية وتظهر بخصوص هذا الموضوع أربع وضعيات طبوغرافية تحفز وتشجع على حركات الانهيار الأرضي . على أن هناك فكرة تستند في أساسها على هذه الآراء الأربعة ، ففي جميع هذه الحالات المفروضة يكون من الضروري تواجد شدة في انحدار السفوح بحيث يفوق هذا الانحدار ما ينتج ، بصورة اعتيادية من التجوية المستمرة في مناطق حدوث هذه الانهيارات . وقد تظهر شدة الانحدار هذه بطرق عديدة ، إلا أنها في جميع الاحوال تكون نتيجة لتغيرات فيزيوغرافية حديثة نسبياً في نفس المنطقة ، بحيث تعمل هذه التغيرات على عرقلة التأقلم الاعتيادي لسطح الأرض إلى وضعيات التجوية المختلفة . فمن الملاحظ على سبيل المثال ، تكون حيطان واد شديدة الانحدار ، بما يتواجد فيها من مقاطع على شكل حرف (U) اللاتيني ، ، الاخاديد الجليدية (Glacial Troughs) ، حيث يكون لها سفوح أشد انحداراً من الوديان النهرية التي سبقتها ، والتي يكون لها مقاطع على شكل حرف V (اللاتيني) ، هذا الشكل الذي يدل على وصول مثل هذه الوديان إلى مرحلة التأقلم (أو التطبع) بالنسبة للجهات التي تتواجد فيها .

لذلك يبدو أن هناك نوعاً من التوازن يجب أن يظهر بالنسبة إلى هذه العملية إذا ما تباينت جهات عملها أو أماكن تواجدها . ومن الضروري أن نضيف ، أن عملية الزحف الجليدي متوازي ، حتماً . إلى عرقلة هذه الوضعية وذلك لان الجليد يميل إلى حفر وتكوين خنادق أو وديان تكون في أغلب الاحيان ذات حيطان مستقيمة أو عمودية . ولما جرد ذكر سبب من هذا النوع ، تكون الانهيارات الثلجية ، أو حتى الجليدية ، والانهيار الأرضي ظاهرة مألوفة ، شائعة في المناطق الالبية . ففي واقع الامر ، تكون هذه المراحل الأولية ، في طرق التأقلم أو التطبع

في الجهة التي تتواجد فيها قوى التغيير الناجمة عن عملية التجوية، وهي من أكثر المراحل شدة بالنسبة لعملية التغيير .

وتتواجد الحالة الثانية التي تساعد على حدوث الانهيارات الأرضية على طول حافات الانكسار (Fault Scarps) . فالخافة الانكسارية إنما هي خاصية لاتتوافق تماماً مع قوى التجوية والتعرية ، وكذلك ويحصل التوازن بينهما بواسطة التجوية الفعالة التي تنتهي في واقع الامر بحدوث الانهيارات الأرضية ، ومن أبرز الامثلة على ذلك هي أنواع الانهيارات الأرضية المتواجدة في منطقة هودوز (Hoodoos) وذلك بالقرب من ماموث هوت سبرنكز في الولايات المتحدة . ان هذه الكتل العظيمة التي تتعرج فيها طرق السيارات إنما تقع على حافة انكسار تتحكم في ماموث هوت سبرنكز وفي وادي كارونررفر (١) .

وكما ان الظواهر السابقة هي نتيجة تأقلم السفوح او المنحدرات ، فان هناك امثلة اخرى على عدم التأقلم في مثل هذه الظواهر . فقد تنشأ حالة اخرى من عدم تأقلم السفوح او المنحدرات كنتيجة لتجديد (Rejuvenation) اى منطقة من المناطق . فيظهر ذلك ان الانهار تبدأ بفعاليتها النحاتية بعد فترة طويلة من الراحة والهدوء ، فتؤدى إلى تكوين حيطان شديدة الانحدار تكون في حالة من عدم التوازن وعدم الاستقرار ، بحيث تصبح فريسة سهلة لقوى التجوية وفي واقع الامر ، يكون حدوث الانهيارات الأرضية وتواجه كميات كبيرة من الهشيم الصخري ، دليلان على حدوث عملية التصابي . وتظهر وضعية اخرى من هذا التعبير على طول السواحل البحرية حيث تكون الاحراج قد نحتت نحتاً تراجعياً ضمن اليابس حتى تنتهي إلى تكوين جروف (Cliffs) شديدة الانحدار . ولاتكون الانهيارات الأرضية في مثل

(١) ذكر المصدر سابقاً (Lobeck, A.K., Geomorphology op. cit. P. 85.

P. 90.

كذلك لاحظ نفس المصدر

P. 91.

وكذلك لاحظ نفس المصدر

هذه الحالات شيئاً غريباً . فقد حدث انهيارات من هذا النوع عند مضيق
دوفر حيث تكونت جروف طباشيرية في هذه الجهات
اما فيما يتعلق بتأثير البنية الجيولوجية ، فان بالكفاية ملاحظة ان هناك حالتين
تساعد ، بشكل خاص ، على انهيار وانزلاق الصخر . ان اولى هذه الحالات
هي : وجود كتلة من الصخور تتركز على صخور طفلة ضعيفة وتكون
جميعها منحدره باتجاه منخفض او وادى . في هذه الحالة من المحتمل جدا
انزلاق او انهيار الصخر باتجاه اسفل المنحدر وتعمل صخور الطفل كمادة
لزجة تذكي حدوث هذه الظاهرة .

ومن ناحية اخرى فان الصخور المفققة او الصخور التي تكون قد تأثرت
بعمليات التجوية إلى حد كبير ، فانها في حالة حدوث افكار غزيرة تصبح
على شكل لباد او عجينة متعرضة للانقلاب بشكل فجائي فتجري عبر اسفل
المنحدر ، وقد يحدث ذلك بشكل فجائي .

ويمكن القول بصورة مختصرة بأن اى بنية جيولوجية او وضعية صخرية تسمح
بحدوث تشعب قام بواسطة المياه الجوفية بحيث تساعد على زبلقة كتلة
الصخور وتقلل من الاحتكاك الداخلي بحيث يصل إلى حده الأدنى ، كلها
تساعد على حدوث الانهيارات الارضية على ان تضافر هذه العوامل مع
بعضها البعض تذكي مثل هذه الظاهرة إلى حد كبير .

وفي الاخير ، تكون الفعاليات المختلفة التي يقوم بها الانسان عاملاً يساعد
على حدوث الانهيارات الارضية في بعض الاحيان ، كما هي الحال في
تزايد درجة انحدار السفوح الناتج عن بناء الطرق المعبدة العالمية وطرق السكك
الحديدية والحفر على شكل مناجم (٢) .

٣-١ - تصنيف الانهيارات الارضية والظواهر الملازمة لها

لقد توصلت الدراسة الحديثة التي قام بها الاستاذ مي . آف شيورات

(٢) الدكتور عبد العزيز طريخ شرف ، الجغرافية الطبيعية ، أشكال سطح الأرض ، ذكر
المصدر سابقاً ، لاحظ ص ٢٣٣ .

شارب إلى تصنيف منتظم متناسق لأشكال متعددة من حركات الكتل الأرضية . وان هذه التصنيفات تتراوح في العادة إلى سلسلة من الحركات يكون الماء فيها متزايداً بشكل مطرد . وتقع تدفقات الوحل (او الطين) في نهاية هذه السلسلة من الحركات ، وفي مثل هذه الحالة الأخيرة تكون التربة مشبعة بالماء كلياً على وجه التقريب . ويمثل الانحراف او الغسل اللوحي (Sheetwash) حالة أخرى تنتهي في غالب الأحيان بظهور أنهار جارية . ولذلك فمن الواضح ، أن جميع هذه الأنواع من حركات التربة إنما هي في واقع الأمر ، جزءاً من نظام الصرف في أي منطقة من المناطق بحيث لا يمكن الفصل بين هذه الظواهر بواسطة حد دقيق . ومن الضروري الإشارة إلى أن وجود الجليد سوف لا يغير من قبل هذه الوضعية بشكل واضح رغم أن تواجده قد يدخل إضافات على هذه الظاهرة من قبل تكون ثلاجات الصخور (Rock Glacier) .

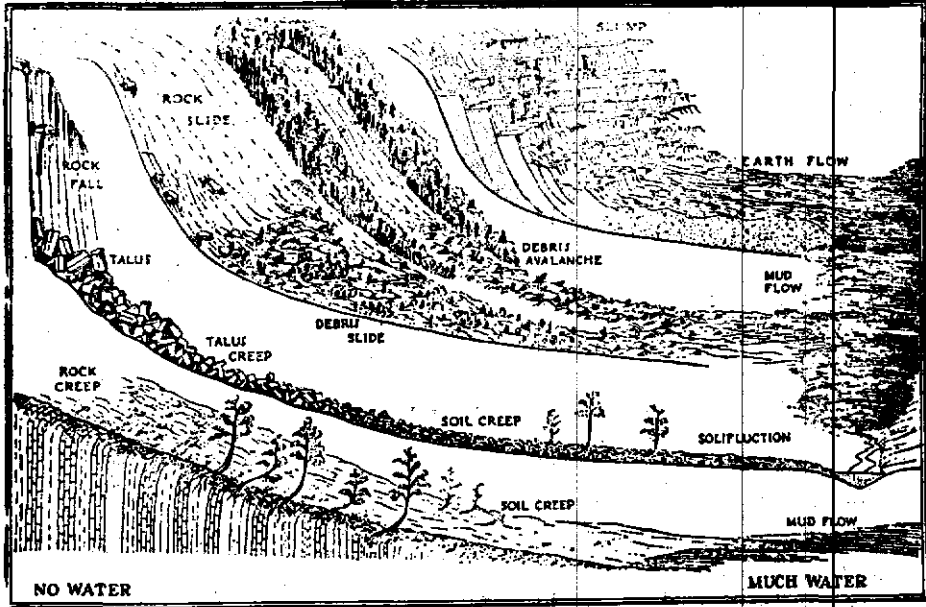
وفي الطبيعة يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الحركات هي كالآتي :

(١) حركات شديدة السرعة تشتمل على التزحلق والسقوط . وفي هذه الحالات لا يكون تواجد الماء او الجليد كمادة مزحلقة أمراً ضرورياً . ويطلق على هذه الظواهر الجيومورفية التي تنتج عن ذلك اسم تساقط الصخور (Rock-falls) ، وانهيار الصخور (Rock slides) وانهيار الهضيم (Debris slides)

(٢) تدفق بطيء (Slow flowage) ، وتحدث هذه الظاهرة لمواد متشبعة بالماء او مرتكزة على جليد ولكن بصورة غير تامة ، هذه الظاهرة تؤدي إلى زحف الصخور (Rock creep) وزحف التربة (Soil creep) او (Soilfluction) .

(٣) حركات سريعة او تدفق سريع (Rapid flowage) تنتج هذه الحركات من التشبع الكامل للتربة الذي يؤدي إلى التدفق الصخري (Earth flow) والتدفق الوحلي (Mud flow) وغيرها من الحركات السريعة التي تمثل الغسل اللوحي (Sheet wash) .

وهكذا يبدو ، وبشكل واضح ، بان المنحدرات الشديدة الانحدار (Steep declivities) كما هي الحال في الخوانق الجليدية، وعلى طول حافات الانكسار، وحوائط الوديان الحديثة والجروف التي تكونها الامواج ، يمكن ان تحدث ظواهر تساقط الصخور والانهيارات والتزحلق ، حتى في وضعيات تكون



انواع الانهيارات الارضية الملازمة لها

Slump	منطقة تدحرج
Rock slide	صخور منهارة
Debris Avalanches	رواسب منهارة
Mud flow	الزحف الطيني
Rock Fall	مسقط صخري
Talus	هشيم
Talus creep	هشيم زاحف
Soil creep	زحف التربة
Rock creep	زحف الصخور

Lobeck, P. 92

المصدر

حافة بشكل نسبي . على ان كل من زحف التربة والتدفق الصخري يتطلبان لحدوثهما محتواً عالياً من الرطوبة وانحداراً ملائماً في السفوح فضلاً عن انها محتملة الحدوث في الترب التي تكون ذات طبيعة بلاستيكية كما هي الوضعية في حالة البوغاء والطفل .

ومن الضروري ان نشير ان التدفقات النحلية (الطينية) من اي نوع كانت ، انما هي حصيلة تضافر حالات متطرفة من جميع العوامل التي سبق ذكرها إلى تواجد كميات كبيرة من المياه وتوفر انحدار مناسب ووجود تربة بلاستيكية متزلقة بحيث تسمح للجزيئات بالحركة بشكل طليق فوق بعضها البعض . وتشير المخططات التالية إلى عدد قليل من التفاصيل الكثيرة عن هذه الاشكال من مثل المدرجات المندفعة نحو الخلف نتيجة التدحرج. وهي حالات يطلق عليها في بعض الاحيان اسم الدرجات (Casteps) وكذلك الهائم الانزلاقي الذي يشبه الركام في خصائصه فضلاً عن الطريقة المثيرة التي تستعيد بموجبها الاشجار قوامها العمودي بعد الانحناء الذي اصابها نتيجة لزحف الصمخور والتربة (٣) .

(٣) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K., Geomorphology. op.cit.

لاحظ : صفحة 93 وذلك فيما يخص المتن .

كذلك لاحظ ص 92 فيما يخص الاشكال .

1. The first part of the document is a list of the names of the members of the committee who have been appointed to the various sub-committees. The names are listed in alphabetical order of their surnames.

A

البب الخامس،

المياه الجارية على السطح

SURFACE RUNOFF

١ - يقصد بالمياه الجارية على السطح المياه التي تجري خلال الانهار والسيول المؤقتة ، او التي يطلق عليها سيول شبه دائمة الجريان ، كذلك المياه المتخلفة عن ذوبان الجليد . ومن الملاحظ ان جميع هذه الحالات التي يتخذها النهر في جريانه ، انما تكون فوق سطح الارض ، بحيث انها ، على الاغلب ، تنحدر من مناطق مرتفعة باتجاه جهات اقل ارتفاعاً . وتعد الامطار الساقطة

المصدر الرئيسي لمياه المجاري النهرية ، وماشاكلها (١) . ان الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الارض يفوق ، في واقع الامر ، الدور الذي يقوم به اي عامل من عوامل التغيير او النحت ، بما فيها الرياح والجليد . وسبب ذلك ان المياه الجارية تظهر اثارها في جميع الاقاليم تقريباً ، حتى في الاقاليم الجافة . فليس هناك من فرق بينها وبين الرياح والثلاجات ، من حيث طبيعة العمل . وذلك لان هذه العوامل تمتلك القدرة على النحت والنقل والارساب ، فالفرق اذا يكون في درجة التأثير وسعة انتشاره ، والمياه الجارية على السطح من اوسع هذه العوامل انتشاراً واكثرها تكراراً وتواتراً . ونظراً لان الامطار هي مصدر كل المياه الجارية على السطح ودونه : فمن الطبيعي ان يكون دور هذه المياه في تشكيل معالم واقع الامر ، اكبر مظهر من مظاهر السطح في الاقاليم المطيرة اكبر منه في غيرها من الجهات . والانهار هي في جريان المياه على السطح . لذلك كانت من المواضيع التي يوجه اليها اهتمام مضاعف عند دراسة الوضعية الطبيعية لسطح الارض (٢) .

ان مثل هذا التصميم عن اهمية الانهار الدائمة الجريان ينطبق كذلك على الجهات الصحراوية التي لا توجد في اغلبها انهار دائمة الجريان ، بل تسقط عليها امطار فجائية بين حين وآخر ، فتؤدي مثل هذه الامطار الى ظهور سيول جارفة تخفر لنفسها اودية لا تختلف في مظهرها كثيراً عن الاودية النورية الدائمة الجريان . علماً بأن بعض الانهار تستطيع اختراق الصحارى بعد ان تنبع من جهات بعيدة مثل نهر النيل ونهر السند ، وفي المناطق المجاورة تتحول بعض الانهار الجليدية الى انهار اعتيادية تجري فيها مياه الجليد

-
- (١) دكتور جودة حسين جودة ودكتور حسن سيد أحمد أبو العينين ، سطح هذا الكوكب ظواهره التضاريسية الكبرى . دار النهضة العربية للطباعة والنشر ، ١٩٦٨ . ص ٣٠٥ .
(٢) الدكتور عبد العزيز طريخ شرف ، الجغرافية الطبيعية ، أشكال سطح الأرض ذكر المصادر سابقاً . ص ٢٤٦

الذائب (٣) . لقد جرت بحوث مستفيضة قام بها المهندسون المتخصصون بعلم المياه ، اضافة الى اخرين متعددين ، تتعلق هذه البحوث الطبيعية بطبيعة الجريان المائي في النهر والطريقة التي تتحول فيها الطاقات المختلفة الناشئة عن الجريان . ان تطبيق مثل هذه المعلومات سوف تكون عوناً كبيراً للمتخصصين بعلم الجيومورفولوجيا في تفهم العمليات المختلفة التي تقوم بها الانهار . ومع ذلك ، فان مثل هذه البحوث لم تفسر حتى الوقت الحاضر ، جميع العمليات التي تجري في النهر ، وذلك لان مثل هذه العمليات التي تجري في النهر ، او على الاقل الكثير منها ، تتصل بعوامل اخرى تتعدى حدود جريان الماء ذاته . فهناك عوامل اخرى غير الجريان ، كما ذكرنا ، لها تأثير واضح في العمليات الجيومورفية المتعددة التي يقوم بها النهر مثل : الاختلافات في التكوين الصخري ، وطبيعة الغطاء النباتي للجهات المجاورة لضفاف النهر اضافة الى ما قد يحدث من تذبذبات في عناصر المناخ ، العامل المسيطر الاول في طبيعة وجريان وسلوك الانهار (٤) . وقد اشار لوبيك ، بان النظم النهرية وهي من ابرز مظاهر الجريان السطحي للماء لاتمثل ، في الواقع ، سوى جزءاً صغيراً من حركة الماء في التربة وفي الصخور والغسل المائي السطحي والنهيرات المؤقتة والمياه السطحية التي ترشح الى داخل الغلاف الصخري ، وحركة التربة المشبعة بالماء على طول المنحدرات وباتجاه سفلي (٥) . على ان اهمية الانهار تبرز بشكل خاص لان مثل هذا المصطلح لايشمل فقط المياه التي تجري في قناة النهر بل ملايين النهيرات التي تنشأ اثر اية زخة او سقوط مطر ، بحيث لايمكن حصر عدد هذه النهيرات ، فضلاً عن صعوبة تحديد نمط تصريف الماء فيها .

(٣) دكتور جودة حسين جودة ، معالم سلع الأرض . الهيئة المصرية العامة للكتاب والنشر

١٩٧١ ص ٢٩٦ - ٢٩٧ .

(٤) Sparks, B.W., Geomorphology. op.cit. PP.44-95 . ذكر المصدر سابقاً

(٥) Lobeck, A.K., Geomorphology. op.cit. P. 157. ذكر المصدر سابقاً .

ان المياه التي تسقط على السطح، اما تتبخر او أنها تجري على السطح. وقد يكون هذا التبخر مباشراً (Immediate) ، كما هي الحال في الجهات الصحراوية ، او انه قد يتأخر لمدة طويلة . وبالإضافة الى ذلك يتبخر جزء كبير من هذه المياه التي تتواجد في التربة ، وذلك عن طريق عملية النتح (Transpiration) . كذلك فان جريان الماء على السطح قد يكون مباشراً وقد يتأخر . على ان قسماً كبيراً من الماء الذي يترشح الى داخل التربة ، يعود ليظهر ثانية على شكل مياه الينابيع (Springs) . ان حركة الماء سواء اكانت على شكل ماء خالص او في التربة او في الصخور او على شكل غسل سطحي (Surfacowash) ، او اخاديد مؤقتة (Temporary Rills) او مياه باطنية ترشحت من خلال التربة ، او انهارات ارضية مترتبة عبر سفوح التلال . ان جميع هذه تشكل نظاماً شديد التلاحم ، لا تشكل الانهار سوى جزءاً صغيراً منه فقط . ومن المألوف التمييز بين عمل الانهار في نحت ونقل المواد المنحوتة ، وبين حركة زحف التربة البطيئة . ومع ذلك فان وضعية الانهار ، تتأثر الى حد كبير بمعدل عمليات التجوية التي تسود في اي منطقة من المناطق (٦) .

إن هذا المختصر الآنف الذكر، هو تعريف بسيط للدورة الهيدرولوجية أو دورة الماء في الطبيعة . فمن المعروف أن المحيطات والبحار والمسطحات المائية القارية : من أنهار وبحيرات ومستنقعات ، هي المصدر الكلي لبخار الماء الذي يكون الأمطار . فالمحيطات ، مثلاً ، والتي يبلغ عمقها من حيث المتوسط ٣,٨ كم ، تغطي قرابة ٧١٪ من سطح الأرض. ويكمن قرابة ٧٥٪

(٦) ذكر المصدر سابقاً .

Lobeck, A.K., Geomorphology; An Imrod to the study of Land scape.
op. cit. P. 157.

من مجموع المياه العذبة في الأنهار والغطاءات الجليدية ، في حين يكون ما تبقى من المياه العذبة مياهاً جوفية . فالحقيقة المثيرة هنا إذن ، هي أن الانهار والبحيرات لا تحتوي سوى ٠,٣٣ ٪ من المياه العذبة بأجمعها ، في حين لا يحتوي الغلاف الجوي سوى على ٠,٣٥ ٪ منه (٧) .

تعرض هذه المسطحات المائية بفعل الحرارة إلى عملية التبخر ومن ثم إلى عملية التساقط بأشكاله المختلفة. والتبخر والتساقط بأنواعهما لا تعدو أن تكون عملية دوران الماء داخل الغلاف الغازي . وبعد تساقط مياه الأمطار تحدث دورة مائية في الغلاف الصخري . فكما ذكر لوبيك ، سابقاً تتخذ مظاهر التساقط مجالات ثلاثة : إذ يتبخر بعض الماء ثانية ، ويجري البعض الآخر لكي ينصرف إلى البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات والمستنقعات ، في حين يترشح الباقي إلى داخل التربة . وكما سبق أن ذكرنا أيضاً ، قد تتأخر مظاهر الجريان على السطح ويتأخر الترشيح بضعة أيام ، وحتى بضعة شهور وعلى الأخص عندما يكون التساقط على شكل ثلج . إن الاختلاف الفصلي لبقاء المطر على نطاق الكرة الأرضية يقابله نمط معكوس من عملية الخزن في المحيطات . قد ضمن بأن في شهر تشرين أول تحوي المحيطات ما يوازي ٧,٥ × ١٠^{١٨} سم^٣ من الماء أكثر من تواجهه في شهر آذار ، رغم أن كل هذه التغيرات لا تحدث سوى تذبذب في مستوى سطح البحر يتراوح بين ١ إلى ٢ سم فقط .

ويبين الجدول الآتي الأبعاد الهامة للمحيطات باعتبارها المصدر الرئيسي لهذه الدورة الهيدرولوجية (٨).

Barry, A.G. The Hydrological Cycle.
(Water, Earth and Man)

(٧) راجع في هذا الخصوص مقالة
وهي مقالة في كتاب :

Edited by: R.T., Chotely. P 11.

(٨) الدكتور مهدي محمد علي الصحاف ، المحيطات وأثرها في الاقتصاد العالمي ، في المستقبل والحاضر، مستل من مجلة الاقتصادي، العدد الثالث والرابع، سنة ١٢، ايلول، كانون أول، مطبعة الغاني ، بغداد-١٩٧٦-٧٥ ص ٢١٧ كذلك لاحظ ص ٢١٨ من نفس المصدرة عنوان: مصادر المياه العذبة .

المحيطات	المساحة	النسبة	الحجم	النسبة	العمق	العمق
	مليون كم ^٢	المئوية	مليون كم ^٣	المئوية	المتوسط	الأعظم م
المحيط الهادي	١٧٩,٧	٤٩,٨	٧٢٣,٧	٥٢,٨	٤٠٢٨	١١٠٢٢
المحيط الأطلسي	٩٣,٤	٢٥,٩	٢٣٧,٧	٢٤,٧	٣٩٢٧	٩٢١٩
المحيط الهندي	٧٤,٩	٢٠,٧	٢٩١,٩	٢١,٣	٣٨٩٧	٧٤٥٠
المحيط المنجمد الشمالي	١٣,١	٣,٦	١٧	١,٢	١٢٩٦	٥٢٢٠
المجموع	٣٦١,١	١٠٠	١٣٧٠,٣	١٠٠	٣٧٩٥	١١٠٢٢

وكما سبق وذكرنا أن المياه الجوفية هي إحدى مكونات الدورة الهيدرولوجية (المائية) في الطبيعة . وفي واقع الأمر ، أن معظم المياه الباطنية إنما هي تمثل شكلاً من أشكال التساقط قد ترشح من خلال التربة إلى منطقة التشبع ضمن المياه الباطنية بعد أن تمتلئ جميع الفواصل المتواجدة في الغلاف الصخري السطحي . وقد ذكر بأن المياه الباطنية تسهم بحوالي ٣٠٪ من مجموع ما يجري ضمن الغلاف الصخري من الماء ، رغم أن هذه النسبة تختلف باختلاف الأقاليم الجغرافية ، بشكل يجعل الانتباه . وقد وردت بعض التقديرات المعتمدة على حسابات قام بها لوفوفنج لاحواض أنهار في الاتحاد السوفيتي كما هو وارد في الجدول الآتي (٩) .

L'vovch, M.I., (1961), The water balance of the Land, Soviet. Geog., 2 (٩)
No. 4, 14-28.

المنطقة	تساقط	تبخر	جريان	
			تساقط %	مجموع الجريان سطحي %
تندرا	٤٥	١١	٧٦	٩٧
غابات صنوبرية				
مع جمودية	٤٠	٢١	٤٩	٩٥
غابات صنوبرية	٥٠	١٦	٦٩	٧٣
غابات مختلطة	٥٨	٣٧	٣٦	٧٦
غابات متبس	٤١	٣٣	١٩	٧٩
متبس	٣٥	٣٢	٩	٨٧
شبه صحاري	٢٠	١٩	٥	٩٠

ويمكن تقدير معدل الجريان السطحي من ككل اليابس وذلك اعتمادا على معلومات التساقط والتبخر على افتراض ان المجال مفسوح امام التصريف المائي الداخلي وذلك لان مثل هذه المناطق التي تسود في قارات آسيا وافريقيا واوروبا تسهم بحوالي ٢٥ % من مجموع الجريان في الانهار . ويبين الجدول التالي مقدار الجريان السنوي . (١٠)

المنطقة	اليابس ١٠ كم	١٠ ميل	حسب القارات	
			من مجموع الجريان العالمي %	
افريقيا	٢٩,٨	١١,٥	١٧	
اسيا	٤٢,٢	١٦,٣	٢٠	
استراليا	٨	٣,١	٢	
اوربا	٩,٦	٣,٧	٧	
كربنلاندا	٣,٨	١,٥	٢	
ارخبيل الملايو	٢,٦	١	١٢	
امريكا الشمالية				
والوسطى	٢٠,٥	٧,٩	١٨	
امريكا الجنوبية	١٧,٩	٦,٩	٢٢	

L'vovich, M.I, op.cit. P. 14-28.

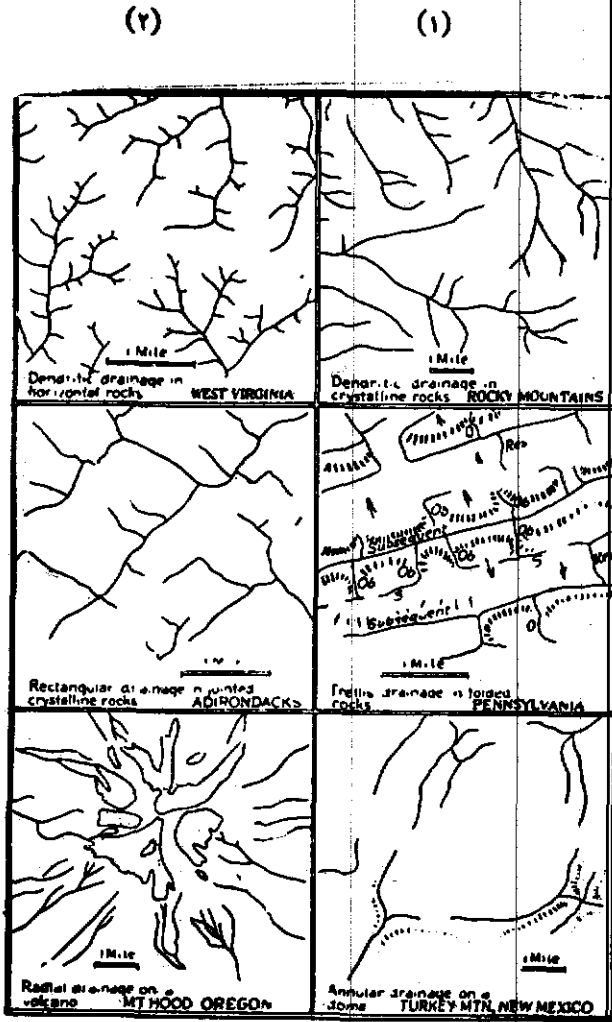
(١٠) ذكر المصدر سابقاً

- (١) التصريف الشجري
في صخور بلورية. جبال
روكي - أمريكا الشمالية.
(٢) التصريف الشجري
في صخور أفقية. فرجينيا
الغربية - الولايات المتحدة.
(٣) التصريف التكميبي في
صخور ملتوية.
Ob = نهر عكسي
Rs = نهر حديث
S = نهر قديم

(٤)

- (٤) التصريف المستطيل
في صخور بلورية ذات
فواصل. أديرونداك.
(٥) التصريف الحلقي
على قمة. جبل تركي -
نيومكسيكو.
(٦) التصريف الاشعاعي
فوق بركان.
جبل هود - أوريغون

المصدر: Lobock, P. 174



TYPES OF DRAINAGE PATTERNS

(٦)

(٥)

انواع الانماط النهرية

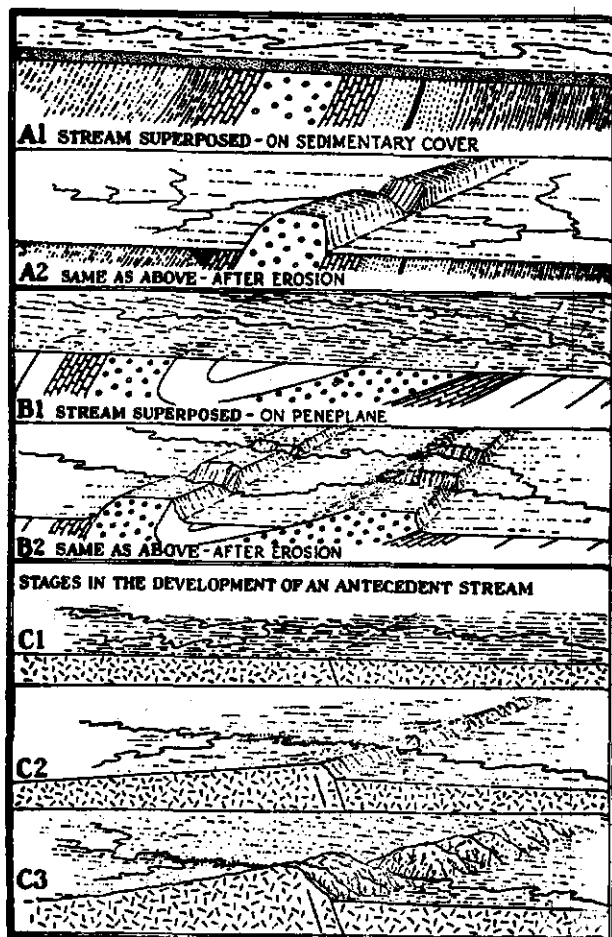
١ - ٣ - ومن المصطلحات المهمة التي يشيع استعمالها عند دراسة الانهار
واشكال الجريان السطحي هي : وادي النهر (River Valley) وهو

الأرض المنخفضة التي تمتد على طول مجرى النهر . وقد تكونت هذه بمرور الزمن نتيجة لعمليات النحت والارساب التي قام بها النهر أثناء مراحل تطوره . ويحتل مجرى النهر (River Course) اعماق اجزاء الوادي ويمثل كذلك ، الطريق الذي تسلكه مياه النهر في جريانها .

اما حوض النهر River Basin ، ويعرف كذلك بمنطقة تصريف النهر Catchment Area . فهي جميع الاراضي التي ينحدر سطحها نحو النهر او نحو اي رافد من روافده . حتى ولو لم تتوفر المياه فوق هذا السطح . ولو سقطت الامطار على مثل هذه الجهات فان مياهها تنحدر باتجاه النهر بطريق مباشر او عن طريق الروافد .

والنظام النهري Riveri System ، يمثل الشبكة المكونة من النهر وجميع روافده . اما نمط التصريف النهري Drainage Pattern فهو الشكل الذي يتكون من اتصال روافد النهر بعضها ببعض وبالنهر الرئيسي . وتمثل منطقة تقسيم المياه Waterthed او Water-divide منطقة مرتفعة تفصل حوض النهر عن الاحواض المجاورة له . فعندما تسقط الامطار على هذه المنطقة فانها تتوزع على النظم النهرية التي تنبع منها حسب انحدارات سطح الارض . ومن الممكن ان توضع الحدود الفاصلة بين الاحواض المتجاورة بواسطة خطوط ترسم على الخريطة وتمر باعلى اجزاء المنطقة بحيث تفصل بين رؤوس الروافد العليا لكل نهر من الانهار عن رؤوس الروافد العليا للانهار الاخرى التي تنبع من نفس المنطقة .

اما اراضي ما بين الانهار (Interfluves) فهي الاراضي التي تفصل وديان الانهار المتجاورة بعضها عن البعض الاخر . ويقصد بحجم النهر (River's volume) كمية المياه التي يحملها النهر في اي وقت معين . ويستدل على هذه الكمية بقياس ما يعرف بصرف النهر (River's Drainage) وهي كمية المياه التي تمر بأي قطاع من قطاعات مجراه وهي تحسب بالامطار المكعبة او الاقدام المكعبة في الثانية الواحدة .



(١) نهر منقطع فوق غطاء
من الصخور الرسوبية .

(٢) نفس النهر السابق
بعد حدوث التآرية .

(٣) نهر منقطع فوق سهل
تحتاني .

(٤) نفس النهر السابق بعد
حدوث التآرية .

(٥) مراحل تكوين النهر
السالف . المرحلة الاولى

(٦) المرحلة الثانية .

(٧) المرحلة الثالثة .

المصدر: P.172, Lobeck

مراحل تكوين الانهار المنطجة والانهار السالفة

وتمثل حمولة النهر (River's Load) كمية الرواسب التي يحملها النهر في وقت معين ، وهناك فرق بين هذا التعبير وبين قدرة النهر على الحمل (River's Load carrying ability) وهي التي تعرف ايضاً بالطاقة الحملية للنهر (River's capacity) . وتتوقف هذه الطاقة على حجم النهر اكثر من توقفها على سرعته ، فالنهر الكبير البطيء يستطيع ان يحمل من الرواسب . اكثر من يستطيع ان يحمله نهر صغير سريع الجريان في وقت واحد ، الا ان الجزيئات التي يستطيع النهر البطيء ان يحملها لابد ان تكون اقل وزناً من الجزيئات التي يستطيع النهر السريع ان يحملها . والتعبير الذي يطلق على هذه القدرة هو كفاءة النهر (River's Competence) وهي بتسعير اخر الحد الاقصى لوزن الجزيئة الرسوبية التي يستطيع النهر ان يحملها . ومن المعلوم ان كلا من كفاءة النهر وطاقته الحملية ليست ثابتين بل وانهما يتغيران في وقت الى آخر على حسب نظام جريان النهر ، ومن موضع الى آخر على طول مجرى النهر وذلك حسب درجات الانحدار . اما سرعة النهر (Reiver's Velocity) فهي المسافة التي يقطعها النهر في الساعة الواحدة (١١) .

١ - ٤ - النظم النهرية (River Systems) .

يقصد بنظام جريان النهر التفاوت الفصلي في مقدار مايجري به من مياه ويرجع ذلك الى التباين في كمية مايسقط من مطر في مختلف جهات العالم والى اختلاف مواسم سقوطه . ان هذه الظواهر لها اثر مباشر في مائية النهر وما يؤديه من اعمال النحت والنقل والارساب . وتتجه العناية الى دراسة نظم جريانه لما لها من ارتباط وثيق بالمشاريع التي تتحكم في الفيضان والري وتوليد الطاقة -الكهرومائية (١٢) .

(١١) الدكتور عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافيا الطبيعية ، أشكال سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً ص ٢٥٦ - ٢٥٨ .

(١٢) دكتور جودة حسنين جودة ، معالم سطح الأرض . ذكر المصدر سابقاً ص ٣٠٠ - ٣٠٣ .

ويوقف نظام جريان المياه في اي نهر على عدة عوامل هي :

١ - درجة الانحدار : فكلما اشد انحدار الارض كلما زاد صرف المياه في النهر وعلى مستواها واشتد خطرها كما هي الحال في نهر دجلة ومما يتميز به من انحدارات شديدة في منطقة المنابع . ونفس الشيء يمكن ان يقال عن نهر الفرات .

٢ - نظام التساقط وكميته

ويقصد بنظام التساقط وتوزيعه على فصول السنة سواء اكان التساقط على هيئة مطر او ثلج . فالانهار التي تنبع وتجري في اقاليم مطرها منتظم الكمية والتوزيع طول العام ، تحافظ على مستوى المياه فيها الى حد كبير ، ومن هذه الانهار التي تجري في الجهات الاستوائية كنهر الامزون ونهر الكونغو . ففي مثل هذه الانهار يعلو مستوى الماء بعض الشيء في الاعتدالين . اما الانهار التي يكون مصدر مائها من امطار تتساقط في فصل واحد من السنة ، فانها تمتلئ وتفيض في فصل المطر وينخفض مستواها في فصل الجفاف . ومن هذه الانهار التي تجري في اقليم البحر المتوسط التي تفيض في العادة في فصل الشتاء وانهار الاقاليم الموسمية التي تفيض في العادة في فصل الصيف . وفي مناطق العروض المعتدلة لتسقي الانهار مياهها بصورة كلية من الامطار ، مثل نهر السين والسارون . وهذه تصل الى ادنى منسوب لمياهها في فصل الصيف حين يشتد التبخر وتزداد حاجة النبات الى الماء . واذا كان النهر يستمد مياهه من ذوبان الثلوج المتراكمة فوق المرتفعات عند المنابع ، فان موسم فيضانه يتفق مع الربيع وبداية الصيف . مثال ذلك نهر دجلة ونهر الفرات اللذان يفيضان في اوائل الصيف ويهبط منسوب المياه فيهما الى حده الادنى في فصل الخريف .

وساعد الانهار على الاحتفاظ بمستوى مياه مناسب في مجاريها عوامل عديدة منها :

١ - وجود صخور مسامية في النطاق الذي يجري فيه النهر . فتعمل هذه الصخور على امتصاص المياه اثناء ارتفاع منسوب النهر ، وتعود هذه المياه الى النهر ذاته اثناء فصل انخفاض منسوب المياه . والمثل الواضح على ذلك هو نهر النيل .

٢ -- كثافة الغطاء النباتي الذي يكسو حوض النهر . ان النباتات الطبيعية بصورة عامة : تعيق سير المياه ومن ثم يقل تدفقها في وقت الفيضان فتصرف في المجرى بالتدرج . ومثال ذلك نهر الامزون الذي يجري خلال اقليم من الغابات الاستوائية الكثيفة .

٣ - مرور النهر في مناطق حوضية او بحيرات بحيث تعمل هذه على تنظيم تدفق المياه في النهر حينما يخرج من هذه الجهات . لذلك تكون هذه الجهات بمثابة خزانات طبيعية تبقى فيها المياه الزائدة ، ثم تعود هذه المياه فتغذي النهر في وقت انخفاض مستوى مياهه . مثال ذلك نهر الرون الذي يمر ببحيرة جنيف ونهر الراين الذي يمر ببحيرة كونستانس ، ومرور نهر النيل بالبحيرات الاستوائية وبحيرة نو .

٤ - تعدد المصادر التي تغذي النهر بالمياه ، كأن يتلقى النهر مياهها من جراء ذوبان الثلوج في فصلي الربيع والصيف ، ويتلقى مياهها من الامطار في فصلي الخريف والشتاء ، كنهر الجارون في فرنسا . او ان النهر ذاته يجري في اقاليم مناخية متباينة وتسقط الامطار فيها وتذوب ثلوجها في مواسم مختلفة كما هي الحال في نهر المسيسيبي في امريكا الشمالية .

وعلى اساس ماسبق يمكن تقسيم نظم الانهار إلى ثلاث اصناف رئيسية هي :

١ - النظام البسيط ففي مثل هذا النظام توجد في السنة فترتين ، يرتفع في احدهما مستوى المياه فتكون مرحلة الفيضان ، وفي الثانية ينخفض مستوى المياه فتكون فترة الصهيد .

٢ - النظام المزدوج : تتميز مثل هذه الانهار بارتفاع مناسب المياه فيها في فترتين واضحتين وذلك بسبب ذوبان الثلوج في بداية الفصل الحار وسقوط الامطار في الخريف والشتاء . وقد يحدث هذا عن طريق وجود قمتين للمطر في السنة ، كما هي الحال في الانهار الاستوائية مثل نهري الامزون والكونغو .

٣ - النظام المركب : وهذا نظام تتميز به كثير من الانهار في العالم وخصوصاً الانهار الكبيرة التي تتميز لوجود احواض واسعة بحيث تشمل اقاليم مناخية متباينة ، كما تتواجد بها روافد عديدة ، بحيث تختلف هذه الروافد في نظام جريانها لذلك يصبح نظام جريان مثل هذه الانهار خليطاً او مركباً من عدة نظم . ويظهر مثل هذا النظام المركب في كل من انهار : الراين والدانوب والميسيني .

١ - ٥ - أنماط الانهار (River Patterns)

يقصد بالنمو النهري الشكل العام الذي ينتج عن اتصال رافد النهر بالنهر الرئيسي او ببعضها البعض . وتعتمد مثل هذه الظاهرة على عوامل كثيرة أهمها مظاهر السطح في المنطقة التي يوجد فيها حوض النهر وعلى التركيب الجيولوجي للحوض . وما تتواجد فيه من مظاهر اشكال البنية كالانكسارات ، ومناطق الضعف ، ورغم انه من غير المتوقع ان نجد نظامين نهريين متشابهين تمام التشابه من حيث الشكل العام ، فقد قسم الباحثون الاشكال العامة التي يمكن ان يأخذها النمط النهري إلى أنواع رئيسية هي (١٣) :

١ - نمط التصريف الشجري : (Dendritic Drainage Pattern)

يتكون هذا النمط من التصريف في الجهات التي تكون الصخور فيها متجانسة من حيث تكوينها ودرجة صلابتها وبنيتها كما هي الحال في الجهات

(١٣) دكتور عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية اشكال سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً . لاحظ ص ٢٦٠ وشكل ٨٦ وص ٢٦٢

التي تسود فيها صخور كرانيتية ، او تكون فيها صخور رسوبية واضحة الافقية ففي مثل هذه الحالة تجري الانهار والجداول في جميع الاتجاهات ، بحيث تتخذ شكلاً يشبه تفرعات الشجرة ، يتحكم في الانحدار بشكل واضح . لذلك فانها تتبع في جريانها الانحدار العام للسطح ، لذلك قد يطلق عليها في غالب الاحيان اسم الانهار المرافقة (التابعة للانحدار Consequent Stream) . وتلتقي روافد هذه الانهار مع المجرى الرئيسي بزوايا حادة تكاد تكون قائمة ، ويطلق على هذه الروافد اسم الانهار غير التابعة (Insequent) ويطلق على النقطة التي يلتقي فيها الرافد مع المجرى الرئيسي المرافق اسم (نقطة التقاء التوافق) (Accordent Junction) وتبقى الطريقة تتصل الروافد الصغيرة بروافد اكبر منها بحيث يتخذ النمط باسره شكل شجرة ضخمة متفرعة (١٤) .

٢ - نمط التصريف المتعامد (Rectangular drainage Pattern)

يكون نمط تصريف بعض الأنهار واتصال الروافد بالنهر الرئيسي متعامداً تقريباً وذلك بسبب نظام الفواصل المتواجدة في البنية الصخرية في المنطقة التي تجري فيها الأنهار . ويساعد على ظهور مثل هذا النمط، كما ذكرنا سابقاً طبيعة الفواصل التي تؤدي إلى تكسر الصخور بشكل معين، إضافة إلى طبيعة الانكسارات الموجودة في الصخور . وعند اتصال الفواصل والانكسارات مع بعضها البعض يتكون نظام صرف حاد (Angular drainage) وليس نمطاً متعامداً . وفي كثير من الجهات التي يوجد فيها تصريف شجري يوجد هناك ميل لدى الأنهار إلى اتباع مناطق الاتصال أو جهات التعامد (١٥).

(١٤) ذكر المصدر سابقاً P. 175 Lobeck, A.K. Geomorphology.

كذلك لاحظ الشكلين الأولين P. 174.

(١٥) ذكر المصدر سابقاً P. 155 Lobeck, K., Geomorphology;

كذلك لاحظ الأشكال الموجودة في P. 174.

وأيضاً لاحظ الدكتور عبد العزيز طريح شرف ، ذكر المصدر سابقاً ص ٢٦٢

وكذلك الدكتور يوسف توني ، ذكر المصدر سابقاً ، ص ٣١٠.

٣ - نمط التصريف التكعبي (Trellis drainage pattern)

تتميز الجهات التي يتواجد فيها مثل هذا التصريف بوجود بنية صخرية شديدة الالتواء او شديدة الميل (Strongly folded) وتكون وضعية خطوط التصريف في هذا النمط مشابه بشكل العروق الموجودة في شكل تكعبي . وتظافر ثلاثة انواع من الانهار ، من حيث نشأتها لتكوين النمط من انماط التصريف هي :

الانهار الطويلة التي تتبع وجه الصخر المكشوف (Outcrop) خصوصاً الصخور الضعيفة ، وتكون هذه الانهار ، في العادة ، انهار تالية : وتكون الروافد المتصلة بهذه الانهار ، من كلا الجانبين هي روافد معاكسة (obsequent) وروافد حديثة (Resequent) وذلك اعتماداً على كون هذه الروافد تتبع ، في سيرها ، ميل الطبقات الصخرية او اتجاهها معاكساً لها . وربما كان ظهور الانهار المتقاطعة في مثل هذه الجهات ، إلى وجود ظاهرة الانطباع (١٦) (Superpositon) وعلى العموم يمكن القول بأن هذا النمط من التصريف النهري يظهر في الجهات الالتوائية الحديثة ، مثل جبال الابلاشيان ، امريكا الشمالية ، وفي جبال الجورا . وفي فرنسا ، وفي بعض الجهات التي تتميز بوجود تكوينات صخرية متجانسة الميل ، سرعان ما يتحول نمط التصريف التكعبي إلى سلسلة من الانهار الموازية .

٤ - نمط التصريف المشع (Radial drainage pattern)

وتوجد في الجبال القبابية الحديثة والجهات البراكينية خطوط تصريف مشعة او اشعاعية المظهر ، تكون هذه الخطوط المتوافقة في أصلها ومائلة

(١٦) الدكتور يوسف توني . معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً ، لاحظ ص ٩٠٠ ،

كذلك لاحظ في نفس المصدر ص ٤٣٧ ، تحت عنوان Homoclinal .

كذلك ص ٣١٠ من نفس المصدر فيما يتعلق بتوضيح نمط التصريف الاشعاعي

في اتجاهها . وتوجد في احواض البنية ، كذلك ، انماط تصريف اشعاعية
الا انها منجذبة نحو المركز في اتجاهها (١٧) .

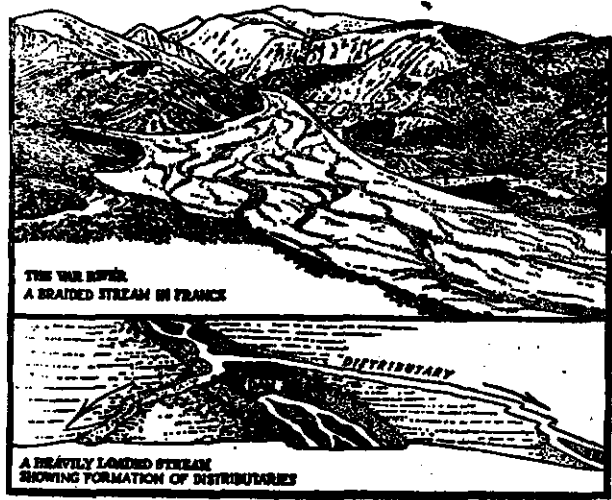
٥ - نمط التصريف الحلقي (Annular drainage Pattern)

وتتخذ بعض الانهار التي تقوم بصرف جهات قباية شديدة التقطع طريقاً
حلقي في اتجاهها وذلك حول القبة وذلك متوافقة مع السطح المنكشف
من الصخور الضعيفة وتكون هذه الانواع في الواقع انهاراً تالية (Subsequent).
ويكون لهذه الانهار روافد عكسية وروافد حديثة، وذلك من حيث النشأة.
ان نمط التصريف الحلقي ماهو سوى تحويل بسيط بشكل خاص في النمط
المتعامد .

الاعلى : نهر فار
نهر ظفائري في فرنسا
اسفل : نهر كثير المصبات
يوضح كيفية تكوين
التفرعات النهرية

المصدر :

Lobeck, P. 225



نهر ظفائري -- اعلى
نهر كثير الروافد -- اسفل

(١٧) ذكر المصدر سابقاً. P.175. Also P. 174. Fig.5. Lobeck, A.K; Geomorphology.

كذلك لاحظ الدكتور عبد العزيز طريخ شرف ، ذكر المصدر سابقاً ص ٢٦٢

٦-٦ - أنواع الانهار من حيث النشأة (Genetic Types of streams)

وبرز في هذا الصدد نوعين من التقسيمات هما :

التقسيم الاول :

١- الانهار المرافقة او الانهار الاصلية ، (Consequent Streams)

يسمى النهر كذلك اذا كانت وضعيته التي اتخذها في جريانه قد جاءت نتيجة الانحدار الاول او الاصيلي في المنطقة التي يوجد فيها . او يدخل ضمن هذا النوع من الانهار الموجودة في قبة ارضية مرفوعة وجبال كتلية حديثة الارتفاع وسهل ساحلي مرفوع . فقد تجري مثل هذه الانهار في ابي اتجاه والتي تتخذ اي نمط كان . اما موقع مثل هذه الانهار فانه يرجع بشكل اساسي إلى عدم الانتظامات الموجودة في سطح المنطقة (١٨) .

٢ - الانهار التالية (Subsequent Streams)

تمثل هذه انهاراً عملت على حفر وديانها في تكوينات صخرية ضعيفة . وقد يطلق عليها في بعض الاحيان اصطلاح انهار خط الظهور (عرق) (١٩) وذلك لانها تتبع خط ظهور التكوينات الصخرية . ويمكن ان يقال عن هذه الانهار بأنها قد تأقلمت على البنية المتواجدة فيها . ان تسمية هذه الانهار بالانهار التالية لايشير الى حد كبير ، إلى انها قد نشأت بعد تكون الانهار الاصلية بقدر ما تشير إلى ان مثل هذه الانهار تعمل ضمن طبقات صخرية تحتية ضعيفة . ويطلق اصطلاح الانهار التالية ، كذلك ، على الانهار التي تتبع في جريانها مواقع الفواصل المتواجدة في مناطق الصخور المتبلورة .

(١٨) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K; Geomorphology. P. 171. Also, P. 170. Fig. I.

ومن الملاحظ أن تسميات انواع الأنهار من حيث النشأة لا تتفق مع ما ورد في ، دكتور جودة حسنين جودة ، معالم سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً . لاحظ ص ٣٤٩ - وما بعدها .

كذلك لاحظ ، دكتور عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية ، اشكال سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً ، ص ٢٦٠ وما بعدها .

(١٩) دكتور يوسف توفيق ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً . لاحظ بشكل

خاص الصفحات ٢١٢ ، ٣٤٧ تحت عنوان : strike خط الظهور (عرق) .

٣ - الأنهار العكسية (Obsequent Streams)

تمثل هذه الأنهار مايجري منها باتجاه معاكس لاتجاه ميل التكوينات الأرضية ، أي أنها في اتجاهها المألوف تكون معاكسة لاتجاه الأنهار التابعة أو الأنهار الأصلية في اتجاهها . وفي العادة تكون الأنهار العكسية قصيرة وذات شدة واضحة من حيث الانحدار . وفي الغالب تكون هذه الأنهار مجرد سيول أو نهيرات أو جداول تجري منحدره عبر الحافات الصخرية المتواجدة في المنطقة .

٤ - الأنهار الحديثة (Resequent Streams.)

تجري مثل هذه الأنهار بنفس الاتجاه التي تنحدر فيها تكوينات المنطقة أي أنها تكون متماثلة من الأنهار التابعة أو الأنهار الأصلية . إلا أنها في الواقع تتكون وتتكامل بعد الأنهار التابعة ، أو الأنهار الأصلية ، وفي مستويات أقل ارتفاعاً وعلى سفوح تعرضت مدة لأبأس بها لعمليات التعرية والتحات . لذلك فإن مصطلح حديثة (Resequent) إنما يشير بشكل واضح إلى نظائر مصطلحي الحديث والتابع على شكل متوالي . وتكون الأنهار الحديثة : في غالب الأحيان : مجرد روافد للأنهار التالية المتواجدة في المنطقة ذاتها .

٥ - الأنهار العشوائية (Insequent Streams) (٢٠)

وتمثل هذه الأنهار تلك المجاري التي لايمكن ارجاع انواعها إلى سبب من الأسباب الواضحة . فهي : في واقع الأمر ، لاتتبع بنية الصخور الموجودة فيها ، كما أنها لاتتبع في الوقت ذاته ، اتجاه ميل طبقات الصخور . فهي تجري في أي اتجاه ممكن أو متواجد . إلا أن النمط الذي ينتج عن جريانها العشوائي هذا إنما يكون في غالب الأحيان نمطاً شجرياً . لذلك فإن مثل هذه الجداول تشكل ملايين من الروافد الصغيرة للأنواع التي سبق ذكرها .

(٢٠) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً لاحظ بشكل خاص صفحة ، ٥٣٥ ، تحت عنوان (نهر عشوائي) .

التقسيم التالي وبموجب هذا التقسيم تتضح لنا الأنواع النهرية التالية :

٢ - الأنهار المنطبعة : (Super Imposed Streams) (٢١)

يسمى النهر بالنهر المنطبع فوق الصخور المتبلورة أو المتغيرة وذلك عندما يتخذ مجرى يتواجد على تكوينات رسوية مسطحة أو مستوية أو حتى على تكوينات طموية التي تغطي التكوينات الواقعة تحتها . فان الأنهار التي تجري فوق غطاء من الطمي التي تغطي سهلاً تحتانياً (Poneline) (٢٢) بأنها منطبعة فوق هذه الصخور المغطاة فاذا ماتعرضت مثل هذه الأنهار إلى ظاهرة التصابي (Rejuvenation) فإنها قد تعتمد إلى حفر هذا الغطاء ومن ثم تقطع التكوينات الصخرية التي كانت مغطاة في السابق . ان مثل هذه الأنهار التي تصابي بالنظر لتعرضها إلى عمليات الرفع التي تحدث في السهل التحتاني تصبح ، في واقع الأمر ، أنهار متعمقة (Incised streams) . أي أنها تعمل بشكل دائم على تكوين مجاريها بغض النظر عن نوعية البنية في التكوينات الصخرية . وفي نهاية هذه الظاهرة قد يزول الغطاء العلوي تماماً ، أي بصورة كلية ، ويتعرض السهل التحتاني إلى التقطع والنحت ومن ثم لا يبقى سوى النمط الفيزيوغرافي الذي كونه الأنهار ، بحيث يشير هذا النمط وبشكل مباشر ، بأنها قد تعمقت من وضعية انطباع سابقة (٢٣) .

(٢١) لاحظ نفس المصدر السابق ، ص ٤٩٧ تحت عنوان (Super imposed River)

وايضاً . Lobeck, A., Geomorphology. P. 173. fig. 172.

(٢٢) الدكتور يوسف توفيق ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً

لاحظ بشكل خاص ص ٢٨١ تحت عنوان (Poneline)

(٢٣) لاحظ الأشكال التالية

٢ - النهر السالف (المناضل) (Antecedent Stream) (٢٤)

والنهر السالف، في واقع الأمر، هو النهر الذي كان قد كون مجراه عبر شكل تضاريسي مرتفع في وقت قديم ان وضعية من هذا النوع تفترض حدوث هذا الرفع بصورة بطيئة. ويبدو من الصعب تتبع تأريخ تطور مثل هذه الأنهار دون الإيمان بمثل هذا الافتراض، أو حتى شيء من هذا القبيل.

٣- أنهار تجري باتجاه معاكس لميل التكوينات الأرضية (Anaclinal Streams) (٢٥)

يطلق تعبير النهر الجاري باتجاه معاكس لاتجاه تكوينات الأرض، في أي منطقة من المناطق، على أنه نهر سالف، مناضل، يجري فوق سطح قد تعرض إلى عمليات رفع تدريجية، بحيث يكون ميلانها العام، معاكساً بالاتجاه الذي يمر فيه ذلك النهر.

أما إذا كان مثل هذه الأنهار ذات طاقات كافية أو ملائمة، فإنها تستطيع في نهاية هذه المرحلة من تكوين مجاري متميزة خاصة بها.

٤- الأنهار العكسية (Reversed Streams)

فمثل هذه الأنهار التي لم تتمكن بشكل من الأشكال، إلى تكوين مجار لها بشكل معاكس يعاكس عملية الرفع الحاصل في منطقة جريانها. على أن مثل هذه الأنهار استطاعت بشكل من الأشكال من تغيير اتجاهها من حيث الجريان، حيث أصبحت تتوافق في أغلب الأحيان مع الوضعيات السائدة وقد اقترح بعض الجيومورفيين ومنهم (ماكيني McGee) أن تطلق تسمية اسم أنهار جهات السطح المنكشفة (Resurrected Streams)

(٢٤) لاحظ الدكتور يوسف توفى، ذكر المصدر سابقاً، لاحظ ص ٣١٢

كذلك لاحظ، ذكر المصدر سابقاً (Lobeck, A., P. 173.)

(٢٥) أيضاً لاحظ يوسف توفى: ذكر المصدر سابقاً، ص ٣٢٣، ويبدو أن الدكتور توفى

قد اعتمد في هذه التسمية على نفس ماورد في كتاب

ذكر المصدر سابقاً (Lobeck, A.K., Geomorphology, P.173)

على مثل هذه الأنهار (٢٦) وذلك لأنها في واقع الأمر تتخذ مجاري نهريّة حيث كانت تتواجد نظم تصريف نهريّة سابقة ، إلا أنها قد أصبحت مغطاة بشكل خفيف ، برواسب رقيقة نتجت عن الانفجار أو الانخفاض القصير المدى الذي تعرضت إليه هذه الجهات على أن ارتفاعاً بسيطاً في السطح المغطى ، هذا قد يفسح المجال أمام مثل هذه الأنهار لكي تجري في وديان ومجاري واضحة - المعالم في الماضي أو بتعبير آخر كانت جزءاً من نظام صرف واضح المعالم ، إلا أن مثل هذه النظم قد تغطت بصورة خفيفة ، بغشاء رقيق من الرواسب ، وسبب ذلك هو التخليص القصير المدى والذي سبق ذكره ، ومع ذلك فإن عملية الرفع ، هذه ، مهما كانت أسبابها سوف تفسح المجال أمام مثل هذه الأنهار لكي تتبع مجاريها تشابه بشكل أساسي ، مجاري أنهارها السالفة .

٥ - الأنهار المركبة (من حيث علاقتها بالبنية والنشأة) إن هذا النوع من الأنهار تقوم في تصريف جهات ذات أعمار جيومورفية متباينة ، في حين تعمل الأنهار المشتركة على تصريف جهات ذات بنية جيولوجية مختلفة . فالأنهار الكبيرة ، على الأقل معظمها تكون في واقع الأمر هي : أما خليطة أو مشتركة (Compound or Copsite) ، على أنه بالرغم من ذلك ، يتواجد نظم نهريّة حديثة ترجع إلى كلا النوعين بحيث لا يمكن الفصل بينهما .

١ - ٧ - النحت الذي تقوم به الأنهار .

إن الدور الذي تقوم به المياه الجارية في تشكيل سطح الأرض ، هي في واقع الأمر نفس العمليات التي تقوم بها الرياح أو غيرها من عوامل النحت الظاهرية . يتمثل هذا الدور بعمليات النحت والنقل والارساب . ولكن بالنظر لطبيعة المياه المتحركة فإن المظاهر التي تنتج عنها تكون مختلفة في

(٢٦) الدكتور يوسف توفى : معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً لاحظ بصورة

خاصة هي ٥٥٨ ، تحت عنوان (Resurrected Landscape)

كذلك لاحظ Lobeck, A.K., Geomorphology, p. 173

بعض الوجوه عن المظاهر التي تنتج من العمليات التي تقوم بها الرياح .
ومن الواضح كذلك أن قدرة المياه الجارية على النحت تفوق كثيراً
قدرة الرياح على ذلك ، لذلك استطاعت الأنهار أن تحفر ودياناً لا حصر
لها في سطح الأرض ، ومن بينها وديان ضخمة بشكل واضح . ولا يقتصر
وجود هذه الوديان على الجهات الممطرة بل أن سطح الجهات الصحراوية
تقطعه ، كذلك شبكات من الوديان التي حفرتها المياه في عصور قديمة
ثم جفت أنهارها في عصور أحدث نسبياً إلا أن وديانها ظلت محفورة على السطح .
إن النهر حينما يقوم بعملية النحت إنما يقوم في الواقع بوظيفتين أساسيتين
هما : (١) تعميق مجراه وذلك بواسطة النحت الرأسى (Verticalerosion)
و(٢) توسيع المجرى وذلك بواسطة النحت الجانبي (Lateralerosion)
على أن مدى نشاط هاتين العمليتين يتوقف على عوامل متعددة يتعلق بعضها
بالتركيب الصخري للمنطقة التي يجري النهر فيها وانحدارات سطحها كما
أن البعض الآخر يتعلق بطبيعة النهر ذاته من حيث الحجم (volume)
وحمولة من المواد الرسوبية إضافة المواد التي تتكون منها هذه الحمولة وسرعة
جريانه . ومن الواضح أن النحت الرأسى يكون قوياً في الأجزاء التي يشدد
فيها انحدار الأرض ويشدد فيها جريانه ، في حين يكون النحت الجانبي
قوياً في الأجزاء التي يعتدل فيها الانحدار وتعتدل فيها سرعة أو تكون بطيئة
كما هي الحال في الأجزاء الوسطى والأجزاء الدنيا .

ويحدث النحت النهري بواسطة عدة عمليات معقدة تعمل كلها مجتمعة
بحيث يصعب فصل الدور الذي تقوم به أي عملية منها عن الأدوار التي
تقوم بها العمليات الأخرى . ومن أهم هذه العمليات :

(١) العمليات التي تنتج عن قوة المياه المتحركة (Hydraulic Force)
ومن أبرز هذه العمليات تحريك المواد المفككة ، واضعاف الصخور وتفكيكها
نتيجة لتوالي اندفاعها في الشقوق وخروجها منها . والواقع أن المياه المتحركة

خصوصاً اذا كانت محملة بالرواسب ، يكون لها قدرة كبيرة على نحت الصخور وتخطيطها . لذلك فإنها تكون العامل الرئيسي في تآكل الاجزاء السفلى من ضفاف الانهار . وخصوصاً في الجوانب المتعرة من المنحنيات النهرية .

(٢) عمليات التآكل (Corrasion)

وهذه هي العمليات التي تقوم بها المياه المتحركة وبمساعدة المواد الصلبة المفككة اثناء حركتها ونقلها . مثل هذه العملية تؤدي تآكل اجزاء من قاع وادي النهر وجوانبه . ويكون تأثير هذه العملية قوياً اذا كانت الحمولة مكونة من مواد صخرية خشنة وكانت مياه النهر مضطربة كثيرة الدوامات ، ذلك لان الحركة الحلزونية للدوامات تؤدي الى سحب المواد الصخرية بقوة في حركة دائرية الى اسفل حتى ترتطم بالقاع فتؤدي الى حفر فجوات صغيرة يزداد اتساعها بالتدرج . ويطلق على الحفر التي تتكون بهذه الطريقة اسم الحفر الوعائية « Pot-Holes » .

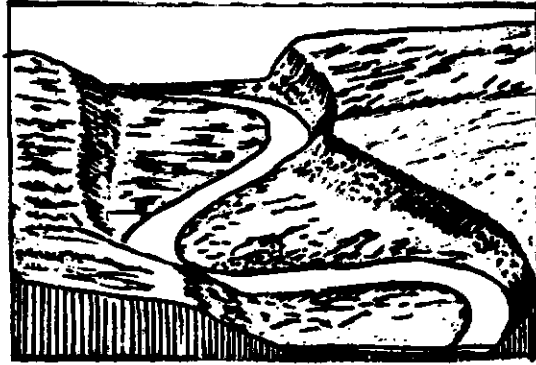
(٣) عملية التآكل او التآكل نتيجة للاحتكاك (Attrition)

ويصدق هذا التعبير بشكل خاص نتيجة لاحتكاك المواد المحمولة ببعضها البعض . ونتيجة لمثل هذه العملية فان الجزيئات الصخرية التي تتكون الحمولة النهرية منها تصبح ملساء وقد تتناقص فعلاً في حجمها . وكلما نقص (٢٧) حجمها نقص بالتالي اوزانها واصبحت سهلة النقل .

وتتضح من عمليات النحت المختلفة ، العامودية منها والجانبية ظاهرتان اساسيتان هما : ظاهرة الاسر النهرية والوصول الى مستوى القاعدة . والمقصود بظاهرة الاسر النهرية احتلال نهر معين للمجرى الاعلى لنهر اخر وذلك عن طريق توسيع حوض تجمعها او منطقة صرفه على حساب الاخر . وبعبارة اخرى قدرة احد الفروع على النحت اكثر من النهر الاخر فيصبح مجرى

الاول في مستوى اكثر انخفاضاً وبذلك تصب مياه الفرع الاخر في مجرى الفرع الاقدم على النحت وتتحول المياه اليه . ومن ثم يسمى النهر الاخير بالنهر المأسور كما تسمى النقطة التي يحدث فيها الاسر كوع الاسر وقد يحدث الاسر ايضاً في حالة الانهار العاجزة والفجوات الجافة . وغالباً ماتحدث ظاهرة الاسر النهري في مناطق تقسيم المياه . وتتكون بعض المضائق Georges اثر عملية الاسر ، تمثل ، في الواقع مساقط مائية . وتراجع هذه المساقط عند نقطة الاسر باتجاه اعالي النهر الى بداية النهر المتحول .

اما فيما يتعلق بالظاهرة الثانية وهي ظاهرة مستوى القاعدة، (Base Level) فيمكن تعريف هذا المستوى بأنه يشكل الحد الذي لاتستطيع دونه عوامل



تغير التواءات مع سفوح محدبة مقطعة

النحت ان تقوم بعملها . فمستوى القاعدة بالنسبة للنهر هو أدنى حد لتآكل قاع مجرى النهر . وتتوقف المدة التي يستغرقها قاع المجرى للوصول الى مستوى القاعدة على معدل عملية النحت ، اي سرعة حدوث هذه العملية بمظاهرها المختلفة . ويكون مستوى القاعدة بصفة عامة اقل بالنسبة للمجاري الكبرى منها بالنسبة للمجاري الصغرى كما انها تكون اقل ايضاً بالنسبة للصخور اللينة منها لصخور تكون اكثر مقاومة .

ويعتبر مستوى سطح البحر او الخط الوهمي لامتداد مستوى سطح البحر تحت قشرة الارض هو « مستوى القاعدة العام » ولكن هناك مستويات قاعدة اخرى محلية او مؤقتة (٢٨) . ويشير بعض الجيومورفيون الى ان هناك حركات معينة يتعرض لها مستوى القاعدة ، وهي في الغالب حركات صغيرة وقد يكون لها تأثير قليل على التضاريس العامة في اي منطقة من المناطق التي تتكون في ظل دورات تعرية طويلة الاملد وغير منقطعة . ومن الاجدر ان نشير الى حركات مستوى القاعدة هذه على ان بعضها موجب والبعض الآخر سالب ، وذلك اعتماداً على كون جهات اليا بس المعرضة لدورات التعرية تتعرض الى الهبوط والرفع بالنسبة لمستوى سطح البحر . ان الحركات التي يتعرض لها مستوى القاعدة تكون ذات اهمية قصوى في تفهم اشكال سطح الارض في معظم انحاء العالم ، وسبب ذلك ان سطح القشرة الارضية هو في مرحلة تاريخية غير مستقرة (٢٩) .

واخيراً لابد ان نضيف بأن النهر في معظم الحالات الى النحت بشكل جانبي اكثر من اتجاهه الى النحت العمودي ، ففي بعض الامثلة ، يمكن القول على وجه الاحتمال بأن معظم النحت يكون جانبياً وليس عمودياً . على ان الظروف التي تجعل التعرية الجانبية تتفوق على النحت العمودي تكون غامضة وغير واضحة . فقد اشير في بعض الحالات بأن النحت الجانبي الذي يقوم به النهر انما يبدأ عندما يصل النهر الى مرحلة بحيث انه لا يستطيع القيام بالنحت الرأسي . ويبدو ان هذه الفكرة قد جاءت من الكتابات التي نشرها جلبرت (Gilbert) حينما ذكر « انه عندما تؤدي الحمولة التي ينقلها النهر على تقليل النحت العمودي ، فان النحت الجانبي يصبح بصورة نسبية ، بل وواقعية ذو اهمية كبيرة (٣٠) .

(٢٨) الدكتور يوسف توني، ذكر المصدر سابقاً . ولاحظ مستوى القاعدة (Baselevel) ص ٤٦٦ .

Sparks, B.W., Geomorphology.

(٢٩) ذكر المصدر سابقاً .

P. 282 etc .

Sparks, B.W., Geomorphology

(٣٠) ذكر المصدر سابقاً

P. 119—120 ... etc

١ - ٨ - عملية النقل بواسطة المياه الجارية .

تكون المياه الجارية على السطح اقدر من الرياح على نقل المفتتات الصخرية الكبيرة نسبياً . وتستطيع أيضاً ان تدفع امامها كتلا صخرية عندما تهبط هذه الكتل على جوانب المرتفعات . وتستطيع المياه ايضا ان تذيب كثيراً من الاملاح وبعض انواع خاصة من الصخور لذلك فهي تنقلها على شكل محلول وهذه ميزة اخرى يتميز بها النقل المائي عن النقل الهوائي . .

اما الوضعية والخصائص العامة للمادة المحمولة فلها اثر في تحديد كمية المواد المنقولة . فالانهار التي تجري بصورة بطيئة تستطيع ان تنقل كميات كبيرة من المفتتات الصخرية الصغيرة ، الا انها لاتستطيع نقل مفتتات صخرية اكبر حجماً .

والطرق التي تنقل بها المياه الجارية حمولتها هي :

(١) التعلق (Suspension) : وهذه هي الطريقة الرئيسية لنقل الرواسب الدقيقة مثل الرواسب الصلصالية والطينية والرمال الناعمة ومن المعروف ان الانهار يمكنها ان تنقل كثيراً من الرواسب الصلصالية والطينية الدقيقة لمسافات طويلة حتى تلقى بها في المسطح المائي الذي ينتهي اليه .

٢ - القفز (Saltation) وهي الطريقة التي يتم بموجبها نقل الرواسب الخشنة التي لاتستطيع بسبب ثقلها أن تبقى معلقة بالماء لمسافات طويلة . لذلك فانها تنتقل في قفزات متتالية حيث يؤدي اصطدامها بالقاع إلى ارتفاعها ثم يؤدي ثقلها إلى هبوطها ثم تتكرر هذه العملية بصورة متتالية .

٣ - الجر (Traction) وهي الطريقة التي تنقل بها الرواسب التي لاتستطيع المياه أن تحملها ولكنها تستطيع أن تجرها . معها فوق القاع ، مثل الحصى والرمال الخشنة . ويطلق على هذا الجزء من الحمولة النهرية اسم حمولة القاع ، (Bed-load)

(١) جبل منفرد ، مروحة صخرية ، ملح صخري

Rock Pediment, Rock Fan, Inselberg.

Zone of Erosion, Zone of Planation

منطقة التعرية

منطقة الإرساب

(٢) شكل تخطيطي يوضح السفوح الصخرية التي تحيط بالجبال وهي متكونة من
مراوح صخرية

Zone of Deposition

منطقة الإرساب

منطقة التحات

دلتوات مروحية

منطقة التعرية

مراوح صخرية

المرحلة الثانية

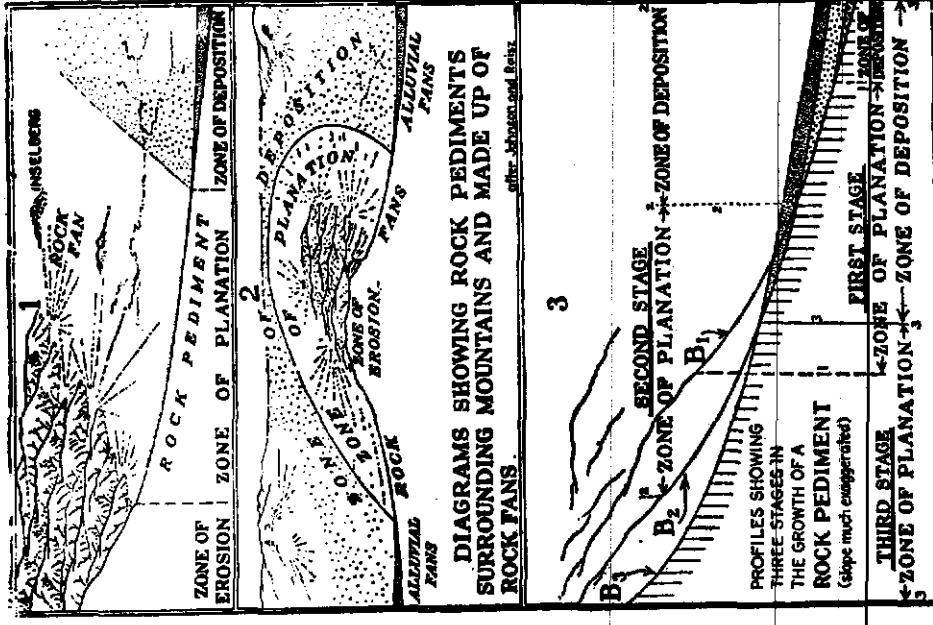
(٣) مقاطع تبين ثلاث مراحل في تكوين السفوح الصخرية (زيادة واضحة في الانحدار)
المرحلة الأولى : منطقة التحات ، منطقة الإرساب

المرحلة الثانية : منطقة التحات ،
 B_1, B_2, B_3 منطقة الإرساب

المرحلة الثالثة : منطقة التحات ،
3, 3, 3, منطقة الإرساب

المصدر

Lobeck, P. 244.



٤ - الذوبان (Solution) وهي الطريقة التي تنقل بها المواد القابلة للذوبان . وتظهر أهمية هذه الطريقة في النقل في الجهات التي تكثر فيها الصخور الجيرية والمناطق التي تحتوي صخورها على أملاح قابلة للذوبان (٣١) . إن الحمولة التي تنقلها الأنهار الفتية قد تكون كبيرة جداً وذلك نظراً لشدة سرعتها ، إلا أن مثل هذه الحمولة الكبيرة لا تصل مقدار ما يمكن أن تحمله الأنهار الناضجة التي هي بنفس الحجم . فمن الناحية النظرية أن طاقة الحمل في أي نهر من الأنهار تتناسب مع سرعة النهر بحيث أنها تكون ستة أضعاف قوة السرعة هذه (Gilbert's sixth power law) ويعني هذا أنه إذا تضاعفت السرعة فإن حجم الذرات التي تكون الحمولة سوف تزداد بمقدار ٦٤ مرة . (٣٢)

وفيما يلي بعض الأمثلة التي توضح طبيعة عمل النهر في نقل المفتات الصخرية فنهر اموداريا ، مثلاً ، ينقل سنوياً حوالي ٥٧٠ طناً من المواد العالقة إلى مجاريه السفلى ، وينقل نهر اليانكتسي ٢,٥٣٢ طناً ، والدانوب ٨٢,١ مليون طن ، ونهر الفولفا ١٩ مليون طن ونهر الراين ٤ ملايين طن . إن هذه الأرقام تعكس الاختلاف في معدل سرعة الأنهار وطبيعة الصخور التي تتكون منها ضفاف الأنهار . والطاقة الحركية (Kinetic energy) في الأنهار ، إضافة إلى بضعة عوامل أخرى . ويوضح التالي بعض هذه الأرقام : ففي سرعة جريان مقدارها ٠,٣ م / ثانية يتم نقل الرمال الناعمة . وفي سرعة جريان مقدارها ٠,٦ م / ثانية يتم نقل الرمال الخشنة .

(٣١) الدكتور عبد العزيز طريغ شرف ، الجغرافية الطبيعية ، اشكال سطح الأرض . ذكر المصدر سابقاً ص ٢٦٥-٢٦٦

(٣٢) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K., Geomorphology.P. 193 .

كذلك لاحظ Gilbert G.K., (1914) , The transportation of debris by tunnig water. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 86. 265p.

كذلك لاحظ : دكتور جودة حسنين جودة ودكتور حسن سيد احمد ابو العنين ، ذكر المصدر سابقاً ، ص ٣٠٦ - ٣٠٧

وفي سرعة جريان مقدارها ١ م / ثانية يتم نقل الحصى الناعم .
 وفي سرعة جريان مقدارها ١.٢ م / ثانية يتم نقل حصى بقلر حجم البيض .
 وفي سرعة جريان مقدارها ٢ م / ثانية يتم نقل حصى قطرها ١٠ سم .
 وفي سرعة جريان مقدارها ٢.٤ م / ثانية يتم نقل حصى قطرها ٢٠ سم . (٣٣)

١-٩ - **الارساب النهري (Accumulation Deposition)** .

تجري ظاهري النحت والنقل بشكل متلازم مع ظاهرة الارساب النهري .
 فلا يوجد نهر في العالم لا يقوم بنقل الرواسب الصخرية من ثم ارسابها في ظروف ملائمة . وحتى في المراحل الاولى من تكوين الأنهار ، وذلك حينما تكون ظاهري النحت والنقل أكثر ظهوراً وانتشاراً من ظاهرة الارساب ؛ فان هذه الحركة التي تنقلها الأنهار لا بد وان ترسب في احدى أقسام مجرى النهر . وتكون مثل هذه الرواسب . في أول الأمر ، غير مستقرة ، فحينما يزداد حجم الماء في النهر في فترة الفيضان فان مثل هذه الرواسب قد تبدأ باتجاه اسفل النهر . وحينما يصل النهر إلى مرحلة التعادل تكون مثل هذه الرواسب الملقاة أكثر استقراراً فلا تتحرك ، بل تستقر في المجرى . ويطلق على الرواسب التي تتجمع في وديان الأنهار اسم الغرين أو الرواسب النهرية (Alluvial deposits or Alluvium) . (٣٤)

فمن الناحية العملية إذن يلقي النهر ما يحمله من الرواسب أو المفتتات الصخرية حينما يقل حجم مياهه أو حينما تتناقص سرعته . ويقل حجم الماء في الحالات التالية :

(٣٣) ذكر المصدر سابقاً G. Gorshkov, A., Yakushova; Physical geology. Op. cit. P. 131.

(٣٤) لاحظ نفس المصدر السابق

(34) F. Gorshov, A., Yakushova; PP. 123-133.

كذلك لاحظ :

دكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً . ص ٣٥٩
 ص ٢٤٧ . (Alluvium) .

(١) واد يملوء بالطمي
أو الرواسب

(٢) المدرج الصخري A=

(٣) المدرج الصخري A=

حافة هذا المدرج

B = الصخري

أعلى من حافة المدرج A

(٤) مدرج صخري واضح

C = A مثل مدرج

(٥) مدرج صخري عال

D = B محل مدرج

(٦) مدرج صخري عال

عندما يكون النهر في جهة

E = اليمين ثانية

بداية مدرج صخري

F = جديد

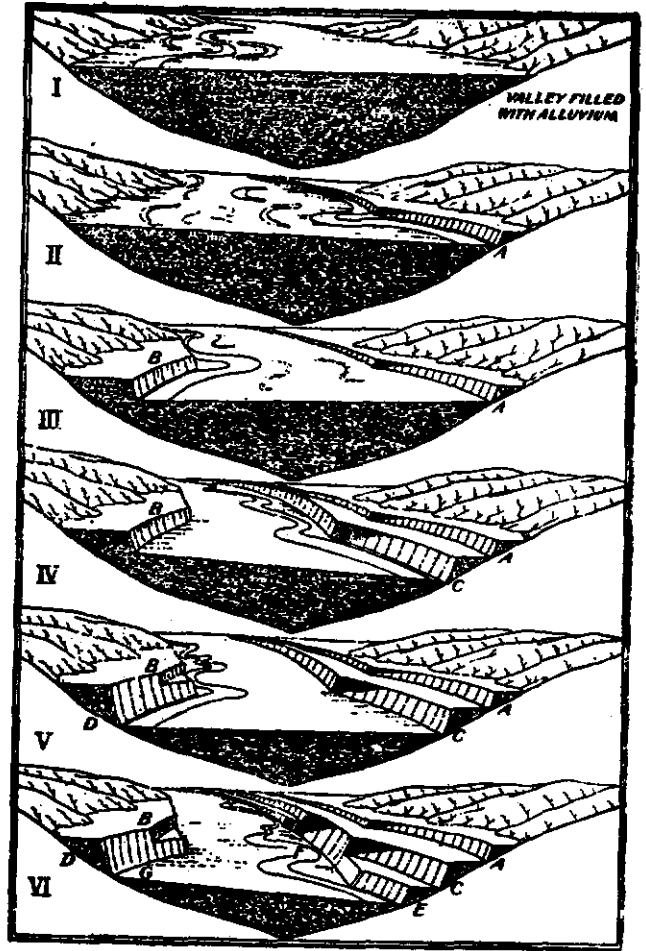
مدرج صخري في جهة اليسار

لا يتطابق في الارتفاع مع

المدرج الذي يقابله في جهة

G = اليمين

المصدر: Lobeck, p.238



تكوين المدرجات النهرية

(١) حينما يعبر النهر اقليما جافاً فتعرض مياهه إلى التبخر الشديد ويزداد هذا التبخر إذا اقترن الجفاف بشدة في الحرارة.

(٢) إذا شق النهر أو جزء منه طريقه خلال منطقة تتركب من صخور مسامية كالصخر الرملي أو الحجر الجيري . حينئذ يتسرب قسم من مياهه خلال هذه المسامات .

(٣) حينما يحل فصل الجفاف فلا تسقط في منابع النهر أو حوضه امطار أو ثلوج تغذيه بالمياه .

وتتناقص سرعة النهر في الحالات الآتية :

١ - عندما يمر النهر ببحيرة متسعة فتتوزع مياهه فيها وتضمحل سرعة تياره .

٢ - حينما يدخل في حوض أو سهل فسيح مستو أو قليل الانحدار .

٣ - عندما ينتهي إلى مصبه في محيط أو بحر أو أي مسطح مائي آخر .

ويلقي النهر بحمولته من الرواسب الخشنة ، كالحصي مثلاً ، في أول الأمر ، أي في أول مرحلة الارساب ويكون ارسابها في مجرى النهر نفسه أو على جوانبه . ولا يقتصر ارساب هذه المواد الخشنة على جهة معينة من وادي النهر دون الأخرى . ولكن معظمها يتم ارسابه في العادة في المجرى الأعلى للنهر . وفي مراحل تالية من عملية الارساب يلقي النهر بحمولته من المواد الدقيقة ثم الأدق منها . فينشر هذه المواد فوق ارض واديه وعلى الأخص في الفترات التي تفيض فيها مياهه . وبذلك تتكون طبقة من الغرين تكون أعظم سمكاً في المناطق الممتدة على جانبي النهر . (٣٥)

(٣٤) دكتور جودة حسنين جودة ، معالم سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً ص ٣٠٧-٣٠٨ .
كذلك لاحظ :

دكتور عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية ، اشكال سطح الأرض . ذكر المصدر سابقاً . ص ٢٦٦ - ٢٦٧

١ - ١٠ - الأشكال الأرضية التي يكونها الارساب النهري (Depositional Form)

تؤدي عمليات الارساب النهري إلى تكوين الاشكال الجيومورفية التالية:

(١) السهول الفيضية : وهي سهول مستوية تغطيها رواسب متنوعة الخشونة تتكون هذه السهول حول مجرى النهر وتبلغ أكبر اتساع لها حول مجراه الأدنى حيث يكون النهر عربضاً بطيء الجريان تكثر فيه المنحنيات النهرية وتفيض مياهه بكثرة على الجانبين فتتكون حوله المستنقعات وبعض البحيرات .

وتوجد الرواسب الطينية التي تتكون منها هذه السهول في طبقات رقيقة إلا أن مجموعة سمكها قد يصل إلى بضعة مئات من الأمتار . وتنشأ على جانبي مجرى النهر ما يسمى بالجسور الطبيعية (Natural levees) أو (Embankment) (٣٦) وهي حافات مرتفعة تفصل السهل الفيضي عن مجرى النهر. وتتكون هذه الجسور نتيجة لكون ارساب المواد الطينية يكون أوضح على جانبي النهر منه في وسطه بسبب بطء حركة المياه في الجانبين . وكثيراً ما تقطع مياه الفيضان هذه الجسور ، في بعض الأحيان ، وتسيل على السهل الفيضي . وقد يصل ارتفاع هذه الجسور الطبيعية في بعض الأحيان إلى ١٠ او ٢٠ قدم فوق مستوى السهل الفيضي على جانبي النهر ، ومن المعلوم كما ذكرنا سابقاً ، ان عملية الارساب تحدث كذلك على قاع النهر لذلك فان النهر بأكمله يرتفع في منسوبه ، بحيث يجري على ما يسمى بسلسلة السد (Levee Ridge) .

وتظهر كذلك وبشكل واضح السلاسل التي تكونها الانهار الضفائرية (Braided streams) . ففي الانهار التي تكثر فيها رواسب الحصى ، مثل الانهار التي تنبع من جهات جبلية او فلاجيات وتجري فوق سهول مروحية (Alluvial fans) ، يتواجد العديد من القنوات على شكل ضفائر (Interlacing channels) .

(٣٦) المصدر السابق ، ص ٢٦٧ .

وسرعان ما تختفي مثل هذه الأنهار تحت المروحية الرسوبية ، وبذلك تلقى جميع حملاتها . وبهذه الطريقة ترتفع قناة النهر فوق مستوى المروحة بحيث ان هذه القناة لا تمتلئ بالماء الا في الاوقات التي يشتد فيها الفيضان ، ويكون من السهل انسداد مثل هذه القنوات الضفائرية ، لذلك فان الأنهار تغير من وضعياتها في غالب الاحيان ، فهي في العادة تنشطر وتكون تفرعات على جوانب القباب الرسوبية (Alluvial domes) . وتقوم هذه التفرعات بعمليات الارساب بصورة مستمرة (٣٧) .

ويكون الانحدار الطولي للسهول الفيضية التي تكونها الأنهار الضفائرية والأنهار الشديدة الحمولة اكثر من الانحدارات الطولية التي تكونها الأنهار التي تتواجد فيها منحنيات اعتيادية . ويعود شدة الانحدار الى زيادة خشونة الحمولة الموجودة في النهر .

وعندما تعمل الأنهار على رفع مجاريها بحيث يصبح مستواها فوق مستوى السهل الفيضي المجاور ، فان الروافد لا تستطيع عند ذلك ، الاتصال بالنهر الرئيسي . ففي بعض الحالات تنسد مثل هذه الروافد لكي تكون بحيرات الا انه في العادة تجري مثل هذه الروافد على طول جانب السهل الفيضي حتى تصل الى نقطة يدور فيها النهر الرئيسي بعكس اتجاه الوادي . وهذا ما يحدث في كثير من روافد نهر المسيسيبي .

ويكون تصريف المياه في السهول الفيضية عبر الانحدار الخارجي للسد الطبيعي بعيداً عن النهر . وفي اوقات الفيضان ، تصبح هذه السدود الطبيعية من الجهات الامنة . وقد يعمل النهر في بعض الاحيان على كسر هذه السدود الطبيعية . ولكنه لا يؤدي في الواقع سوى الى انكسار جزء محدود من السد في حين ينغمر الجزء المنخفض من السهل الفيضي بالماء .

Lobeck, A.K., Geomorphology.
op.cit. PP. 224-225.

(٣٧) ذكر المصدر سابقاً .

وقد يبدو سطح السهل الفيضي لأول وهلة وكأنه شديد الاستواء . على ان تفحص هذا السهل بامعان يعكس عناصر مختلفة من التضاريس الدقيقة ، مثل نتوءات مختلفة مع كثرة في مرتفعات لا تتجاوز بضعة امتار (٣٨) . ويقع مركز السهل الفيضي فيما وراء السدود الطبيعية (The Central part of the flood plain) ، ويتغنى هذا الجزء من السهل بشبكة من البحيرات الحلالية (Oxbow Lakes) ، والأنهار الجانية . وفي بعض الحالات يظهر منخفض قريب من المدرج النهرى (Near - terrace depression) . اي اكثر جهات السهل الفيضي انخفاصاً متلامزماً مع الفراش الصخري الجانبي او مدرج ارضي قديم . وفي غالب الاحيان يمتلئ هذا المنخفض بالمياه الباطنية المرتفعة نحو الاعلى بواسطة مياه البلوج الذائبة وتؤدي هذه الظاهرة الى تكوين نهر قريب من المدرج (Near terrace river) يصب عادة في القناة الرئيسية .

(٢) الأنهار المشنية أو الملتوية (Meandering streams)

لقد جاءت كلمة مينادر (Meander) من نهر بهذا الاسم يوجد في آسيا الصغرى وهو كثير الانثناء والالتواء . فالأنهار الفتية في منابعها العليا تكون نشطة في الحفر والتعمق لذلك فإنها لاتتشني أو تلتوي . ونفس الشيء يقال عن الأنهار التي تكون ذات حمولة كبيرة والتي تصرف طاقتها في تحريك حمولتها . لذلك فان ظاهرة الانثناء هي مقتصرة على تلك الأنهار التي قد وصلت إلى مرحلة النضج بحيث تتواجد فيها حمولة قد تهيأت وتحورت بشكل بحيث لايعمد النهر إلى ارسابها دائماً ، بل يعمل على حفر وطمير واديه بصورة متتالية . فالتواءات وعدم الانتظام في سطح السهل الفيضي التي

(٣٨) ذكر المصدر سابقاً G. Gorshkov, A., Yakushov. Physical Geology. PP. 138-139. fig. 58.

كذلك لاحظ الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً

ص ٧٢ .

يصادفها مجرى النهر أثناء جريانه في السهل الفيضي ، تتحول بشكل تدريجي وبطيء إلى انثناءات وذلك عن طريق ارساب المواد على الجانب الداخلي من الانثناء وحفر ونحت الجهة الخارجية من الشبة النهرية . فاذا كانت حمولة النهر من الرواسب قليلة بحيث لا يحدث ارساب على الجانب الداخلي من الشبة النهرية فان النهر لا يقوم بالنحت بصورة فعالة على الجانب الخارجي من الشبة النهرية ، وبذلك يتضاءل احتمال تكون الشبات النهرية .

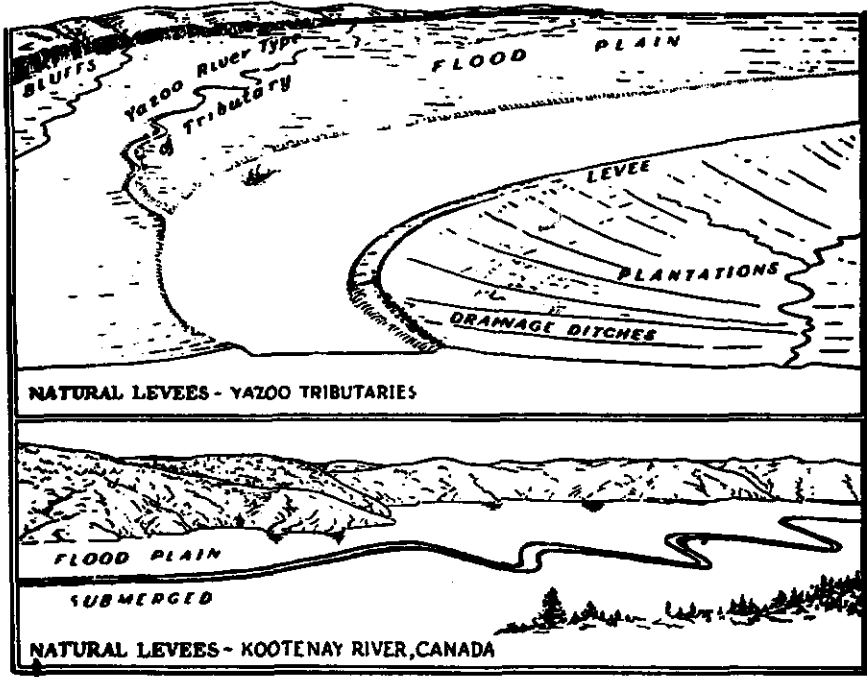
وتنتقل جميع الشبة النهرية وأثناء تكونها باتجاه الجزء الأدنى من مجرى النهر ، فيعمل النهر على نخر وحفر الجانب المواجه لأعالي النهر من بروز أو نتوء (Spur) الشبة النهرية . لذلك فان الحافة الصغيرة التي تتكون على هذه الشاكلة تشكل ما يسمى بمنحدر التقويض (Under cut slope) (٣٩) . في حين يكون الجزء المواجه للمجرى السفلي من النهر انحداراً معتدلاً يطلق عليه اسم انزلاق المنحدر (Slip-off slope) . ويكون حجم الشبة النهرية متناسقا مع حجم النهر . فيزيد عرض منطقة الشبات ثماني عشر مرة على عرض النهر الذي يعمل على تكوينها في حين يكون حجم المياه في النهر وعمقها هي اموراً لا اهمية لها .

ومن المهم ان نلاحظ ان تكون الانثناءات في نهر من الانهار يؤدي إلى تناقص انحدار ذلك النهر ، ذلك لان مثل هذه العملية تؤدي إلى زيادة طول مجرى النهر ، ومن المعلوم ان هذه الظاهرة لا يمكن ان تحدث اذا كان النهر كثير الرواسب في جميع الاوقات .

وتعمل الانهار المثنية او الملتوية في اوقات الفيضان إلى ان تحفر عبر رقبة نتوء الشبة (Neck of the meander spur) ، وبهذه الطريقة تعمل على تقصير المجرى . ويطلق على قوس الشبة النهرية الذي يتركه النهر اثر هذه العملية ، اسم البحيرة الهلالية (Oxbowlake) . وهكذا فان من الواضح

(٣٩) الدكتور يوسف توني ، ذكر المصدر سابقاً . لاحظ ص ١٢٥

(Undercutting)



سدود طبيعية

Bluffs
Yazoo River Type Trib.
Flood Plain
Levee
Plantations
Drainage ditches
Flood Plain Submerged

أعلى : سد طبيعي - روافد يازو

جروف

رافد من نوع يازو

سهل فيضي

سد طبيعي

مزارع واسعة

قنوات صرف

أسفل : سدود طبيعية - نهر كوتني - كندا

سهل فيضي غاطس

Lobeck, P. 224.

المصدر :

ان الانهار الناضجة تحاول ، دائماً ، الاحتفاظ بطول متسق وسبب ذلك ان تقليل طول النهر عن طريق الاقتطاعات (Cut offs) على المدى الطويل ، يكون مساوياً إلى الزيادة في الطول الحادثة من توسيع الانشاءات النهرية (٤٠) . ومن المفيد الإشارة إلى انه في الجهات التي يكتمل فيها الانشاءات النهرية والبحيرات الهلالية لايحتل المجرى النهري او القناة النهرية (River channel) وهو أكثر الجهات انخفاضاً وتتواجد فيه مياه النهر ، روى مساحة صغيرة نسبياً في حين قد يكون السهل الفيضي واسعاً جداً .

(٣) الدالات ، الدلتاوات (Deltas)

وهي مناطق فيضية تكون على الاغلب مثلثة الشكل تتكون من تراكم الرواسب الطينية عند مصبات الانهار نتيجة لتصادم مياهها بمياه المنطقة التي تصب فيها . وفي واقع الامر تكون مصبات الانهار مسرحاً لعمليات معقدة بين المياه العذبة ومياه البحار . حيث يحدث انتقال المياه من الانهار إلى الوضعيات البحرية .

وهناك عوامل عديدة تؤثر في تكوين مصبات الانهار منها :

- (١) الصرف المائي للنهر ومدى تباينه بمرور الوقت (٢) كمية وتركيب الرواسب التي يحملها النهر (٣) درجة ملوحة مياه البحر والمحيط (٤) التيارات البحرية ، (٥) ظاهرة المد وملحنتاتها .. الخ (٦) قلة عمق المنطقة التي يصب فيها النهر ، فالمياه الضحلة اصبح لتكوين الدلتاوات من المياه العميقة .

ان الاختلاف الحاصل في مدى تداخل او تفاعل الانهار والبحار يؤدي في العادة إلى تكوين مصبات نهريّة مختلفة . وهناك نوعين رئيسيين من مصبات الانهار هي : (١) المصب او النوع الدلتاوي Delta Type (٢) نوع المصب الخليجي Estuary Type . ويمكن تمييز الاجزاء التالية في المصبات الخليجية للانهار ذلك اعتماداً على نوع العلاقات بين تأثيرات

(٤٠) ذكر المصدر سابقاً . Lobeck, A.K; Geomorphology. op.cit. P. 227.

Fig. P. 226.

كذلك لاحظ في نفس المصدر

النهر والبحر :

١ - القسم القريب من المصب الخليجي حيث لا يمكن تمييز تأثير البحر او المحيط بشكل واضح . (٤١)

٢ - قسم المصب الخليجي (المصب الخليجي او الدلتا) .

٣ - الطبقات الصخرية القريبة من المصب ، وتمتد هذه الى حدود الجهات الضحلة بالقرب من الشاطئ البحري .

٤ - الجزء البحري القريب من المصب ويقع ضمن ذلك المنطقة التي تتناقص فيها الملوحة الى حد واضح وذلك عندما يكون النهر في مرحلة الفيضان . والدلتا هي سهل مرويحي يتكون من مفتحات صخرية تجلبها الانهار يمتد هذا السهل بصورة تدريجية نحو البحر . وقد استخدم مصطلح الدلتا في اول الامر عن اطلاقه السهل المرويحي لنهر النيل وذلك لكونه مشابها لحرف Δ (الدال) اليوناني .

فعندما يقترب النهر من مصب في البحر تتناقص سرعته ، وينتج عن هذا التناقص في السرعة القاء الرواسب المحمولة والمتدفقة على قاع الوادي النهرى ، في ذلك المكان . فضلا عن ذلك يؤدي التقاء المياه العذبة بالمياه المالحة الى حدوث ما يشبه التخثير (Coagulation) ينتج عن ذلك ترسب الذرات الناعمة المعلقة بمياه النهر .

وينتج عن ذلك هذه الحالة تكون سهل مرويحي واسع بشكل تدريجي ويكون هذا السهل المرويحي رأس (Apex) يواجه النهر ، وقاعدة مؤسفة تنحدر نحو البحر . فعندما يكون البحر ضحلا ، سرعان ما تنسد قناة النهر

(٤١) ذكر المصدر سابقاً G. Gorshkov, A. Yatushova; Physical Geology.

كذلك لاحظ في نفس المصدر ، op. cit. PP.145-149. Fig 65 P. 146

كذلك لاحظ ، الدكتور عبد العزيز طريح شرف ، ذكر المصدر سابقاً ص ٢٦٨ - ٢٦٩

كذلك لاحظ ، الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية

ذكر المصدر سابقاً ص ٤٧٣ (Estuary)

عرض الشبة النهرية = ١٥
إلى ٢٠ مرة عرض النهر.
منحدر النخر أو الحفر
Under cut Slope
وجه المنحدر

1. Slip-off Slope

Radius القطر

Neck الرقبة

Spur التتوء

Nip محل النحت

2. مرحلة تتلو عملية
الانقطاع مباشرة

Stage Soon after cut-off.

Fill ارساب

Nip محل النحت

تكوين ثنية نهرية جديدة.

Ox-Bow Lake

بحيرة مقطعة

Lake

نهر غير مناسب

Misfit Stream

حافة الشبة النهرية

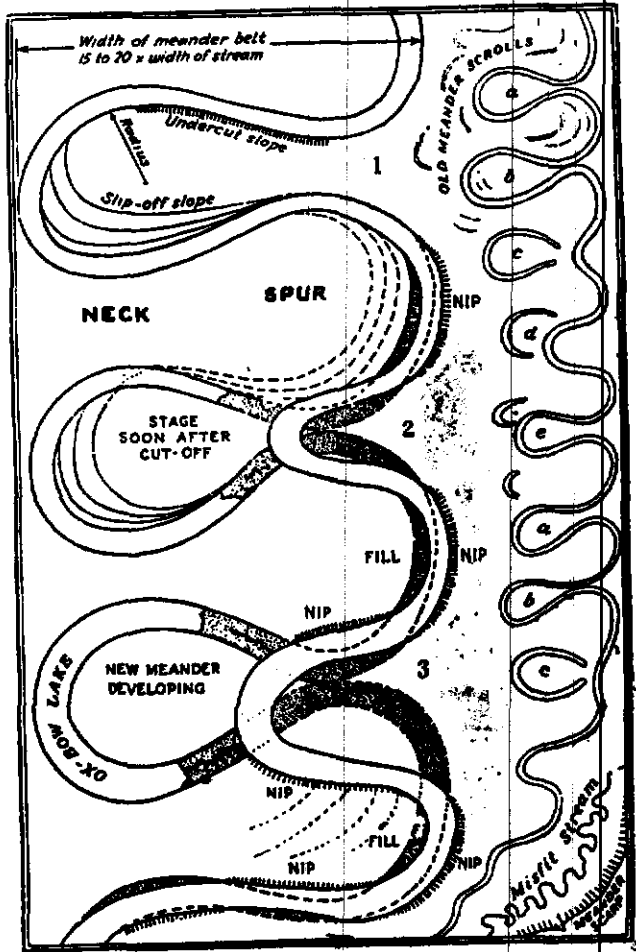
Meander Scarp

ثنيات نهرية قديمة

a, b, c, d, e.

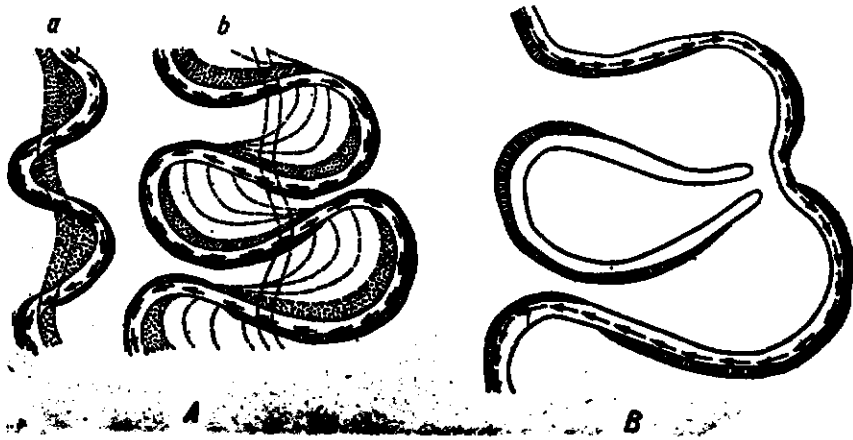
المصدر :

Lobeck P. 226.



مراحل تكوين المقطعات عند تكون المنحنيات النهرية الجديدة

بواسطة الرواسب الملقاة بحيث لا تسمح بمرور جميع المياه الموجودة في النهر. ومن ثم يرتفع مستوى المياه في النهر ، بعد اجتيازها بهذه الطريقة فيحاول النهر التوصل الى مخرج وذلك عن طريق كسر ضفافه فيكون مجموعة جديدة من القنوات . فينتج عن ذلك تكوين تفرعات او انقسامات جديدة للنهر عند مصبه . ان هذه الصفة هي خاصية واضحة للأنهار عند مصباتها. ويتغير شكل الدلتا خلال كل فيضان من الفيضانات ، فيزداد عرضها ويزداد ارتفاعها ثم تمتد باتجاه البحر . وتؤدي هذه العمليات الى تكوين سهل طموي دلتاوي واسع . ومن اكبر هذه السهول الدلتاوية هي الامتداد الواسع



شكل تخطيطي يبين الانتقال المطرد لشبكات الهزية A

المراحل الأولية a

المواضع المتعاقبة للمراحل التالية b

شكل تخطيطي يبين كيفية تكوين البحيرة الغلالية B

المصدر : A. Yakushova; P. 137

كذلك لاحظ ، الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً . ص ٤٧٣ (Estuary)

لرؤاسب الدلتاوية للدلتاوات المغمورة لنهر الهوانكهر (النهر الاصفر) وكذلك دلتا نهر البانكسي . فيصل طول هذا السهل الدلتاوي الى حوالي ١١٠٠ كم ويصل عرضه الى ٤٠٠ كم . واذا اخذنا تكونه بالنسبة لقاع البحر فسوف يصل مجموع عرضه الى حوالي ٥٠٠ كم وتصل مجموع مساحته الى حوالي ٥٠٠,٠٠٠ كم^٢، اي بقدر مساحة بحر قزوين. كذلك تعتبر دلتا نهر البراهما بوترا من الدلتاوات الكبيرة ، وكذلك دلتا نهر الجنج ودلتا نهر ماهانادي التي تتصل بهما في القسم الجنوبي الغربي . يمتد السهل الدلتاوي على طول خليج البنغال مسافة تزيد على ٧٠٠ كم . ويبلغ مجموع المساحة الغاطسة والجهات الظاهرة فوق الماء من هذه الدلتاوات حوالي ٤٥٠,٠٠٠ كم^٢ . ويبلغ طول دلتا نهر الميسيسيبي ٣٢٠ كم ويبلغ عرضها ٣٠٠ كم . وتبلغ مساحة دلتا نهر النيل ٣٥٠,٠٠٠ كم^٢، ودلتا نهر الفولغا حوالي ١٨,٠٠٠ كم^٢، ودلتا نهر دجلة والفرات ٤٨,٠٠٠ كم^٢ ودلتا نهر اموداريا حوالي ١٠,٠٠٠ كم^٢ (٤٢) .

ولا يكون معدل زيادة عرض الدلتا وتوسعها باتجاه البحر ثابتاً فيذكر الاستاذ ام . كلييوف (١٩٥٠) بان دلتا نهر الفولغا تمتد باتجاه البحر بمعدل متوسطه حوالي ١٧٠ م في السنة . وقد ازداد هذا المعدل في السنوات الاخيرة الى حوالي ٥٠٠ م في السنة بالنظر للانخفاض الحاصل في مستوى بحر قزوين . ومن ابرز المعالم النموذجية التي تحدث في المناطق الدلتاوية هو التغير الذي يحصل في قناة النهر بمرور الزمن . ومن ابرز الامثلة على ذلك ما يحصل في المنطقة الدلتاوية لهذا النهر (الهوانكهر) . فقد كانت القناة الرئيسية للنهر تمر شمالي جبال شانتونغ منذ عام ١٨٥٢ . اما قبل هذا التاريخ فان القناة كانت تجري في الجزء الجنوبي من الدلتا، فتعبر جبال شانتونغ في الجنوب وتنصب في

G.Gorshkov, A. Yakushova; op.cit. P. 147.

Fig. 66. P. 148.

(٤٢) ذكر المصدر سابقاً
كذلك لاحظ : في نفس المصدر

البحر على بعد ٤٨٠ كم من مصبها الحالي . ويكون نموذجاً لنهر النيل باتجاه البحر بطيئاً . وسبب ذلك ان نهر النيل يفقد بعد ان يقطع اكثر من ١٠٠ كم في الصحراء ، يفقد كثيراً من مياهه ويلقي كمية كبيرة من حمولته عند رأس الدلتا المروحية . كما ويعود النمو البطيء لدلتا نهر النيل من ناحية اخرى الى انخساف القشرة الارضية وهبوطها في هذه المنطقة ، ويفوق معدل الهبوط او الانخساف معدل الارساب فينتج عن هذه العملية انفجار دلتا النهر بمياه البحر .

وتشكل ابعاد الدلتا ومعدل اتساعها وسيلة لقياس كمية المواد المعدنية التي تحملها الانهار الى البحر . كما وانها تبين نظام الحوض البحري التي تنصرف المياه اليه . وتعتبر الحالات التالية من ابرز الوضعيات التي تساعد على تكوين الدلتاوات .

- ١ - ضحلة مياه البحر عند المصب .
 - ٢ - كثرة الفتحات والرواسب الصخرية التي يجلبها النهر الى مصبه .
 - ٣ - عدم وجود ظاهرات قوية للمد والتيارات التي تعمل على حمل الرواسب التي تجلبها النهر نحو داخل البحر او على طول الساحل .
- ويشكل الرمل والغضار الجزء الاكبر من رواسب الدلتا للانهار التي تجري في جهات مستوية . اما في حالة الانهار التي تنبع من الجبال فان جزءاً كبيراً من الرواسب تتكون من المواد الحصوية . هذا اضافة الى ان المواد التي تجلبها الانهار على شكل مذاب ، خصوصاً عندما تكون ذات طبيعة غروية فانها ترسب كذلك ضمن حدود الدلتا .

واذا درسنا المقطع العرضي للدلتاوات يمكن تمييز اربعة انواع من الرواسب المتواجدة على شكل طبقات هي (٤٣) : (١) الطبقات العليا فوق مستوى

(٤٣) المصدر السابق ، G. Gorshkov, A. Yakushova, p. 149. Fig. 67.

(١) أنهار تابعة تجري

على عدة أنواع من
المنحدرات

(٢) جبل قبلي

Dome Mountain عليه

أنهار تابعة

C-Consequent Streams

أنهار تالية

S- Subsequent Streams

أنهار عكسية

O-Obsequent Streams

أنهار حديثة

R-Resequent streams

(٣) جبال التوائية

Folded Mountains

C- أنهار تابعة

S- أنهار تالية

O- أنهار عكسية

R- أنهار حديثة

(٤) سهل ساحلي

Coastal Plain عليه

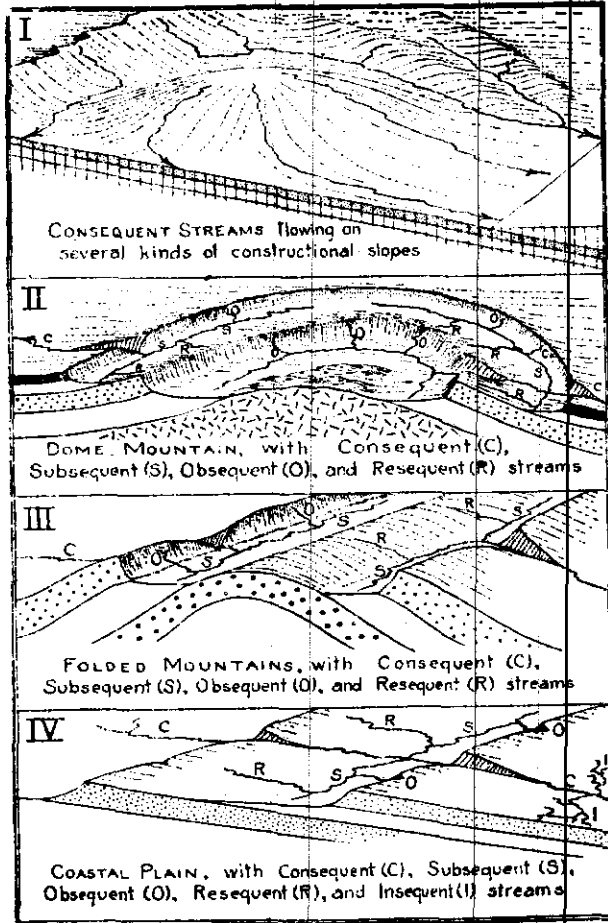
C- أنهار تابعة

S- أنهار تالية

O- أنهار عكسية

R- أنهار حديثة

المصدر: Lobeck; P. 170



أنواع متعددة من اشكال الأرض الارسابية مينة انواع متعددة
من الأنهار

الماء وتتكون هذه من رواسب الأنهار والبحيرات والمستنقعات. (٢) الطبقات
الفوقية العليا وتتكون هذه الطبقات من رواسب الأنهار بشكل رئيسي إلا أن
هذه الرواسب تكون في العادة تحت مستوى سطح البحر. (٣) الطبقات الامامية
الوسطى وتتكون هذه الطبقات من رواسب قد القيت على سفح شديد الانحدار
وتتغسل بصورة دائمية بواسطة التيارات المائية. (٤) الطبقات الدنيا وتتكون
هذه الطبقات من مواد غروية كالعادة.

لقد سبق وذكرنا أن مصطلح دلتا قد اطلق في اول الامر على دلتا نهر النيل.
ويمثل شكلها الشكل السائد للدلتاوات وهو الشكل المروحي (Arcuate delta).
على أن الدالات قد تتخذ اشكالا اخرى حسب ظروف تكوينها
ومن امثلتها الدلتاوات المعروفة بالدلتاوات الاصبعية (Digitate delta)
، التي تسمى كذلك بدلتاوات قدم الطير (Bird's Foot deltas)
لأنها تشبه قدم الطير. ووضح مثال لها هي دلتا نهر المسيسيبي (٤٤).

٤ - المصاطب النهرية (River Terraces)

تتكون المصاطب النهرية في وديان الأنهار نتيجة القاء الطمي في السابق
في وديان الأنهار ومن ثم ازالته ولو بصورة جزئية عن طريق التحت.
ومعنى ذلك أن مثل هذه الظاهرة إنما تنتج عن تحديد النهر (Rejuvenation)
بعد أن كان في السابق قريباً من مرحلة النضج (٤٥) ويرجع حدوث ظاهرة

(٤٤) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A. K; Geomorphology op. cit. P. 232

كذلك لاحظ : الدكتور عبد طريح شرف . الجغرافية الطبيعية

ذكر المصدر سابقاً . ص ٢٦٩ .

(٤٥) الدكتور يوسف توني ؛ معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً

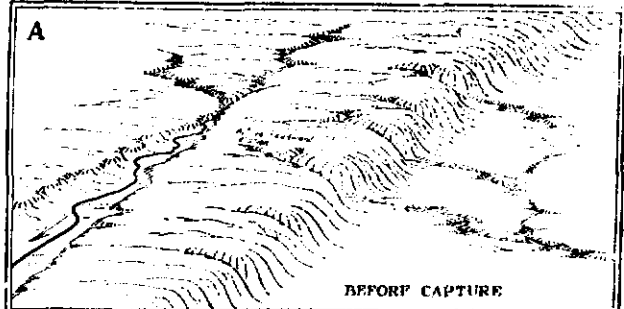
لاحظ ص (١١٧) تحديد Rejuvenation

وكذلك ص ٥٣٥ Rejuvenated stream.

التصالي الى عوامل عديدة منها زيادة انحدار الوادي النهري نتيجة الانكسار وزيادة حجم النهر او نتيجة لقلة الحمولة النهرية من الرواسب . على ان سبب حدوث تحديد ليس له سوى علاقة ضئيلة في تكوين المصاطب النهرية . فاذا ازبلت جميع الرواسب من الوادي النهري التي تتواجد فيه اثشاءات نهريّة ، بحيث انقسم المجال امام النهر لكي يحضر في هذه الرواسب ، فمن المحتمل جداً ان يتكون خائق عميق نتيجة لتعمق الثنيات الى مادون مستوى سهل المصاطب على انه من النادر حدوث مثل هذه الظاهرة في الطبيعة . فبدلاً من ذلك ، يفقد النهر حمولته من الرواسب بشكل تدريجي ويستمر بالاحتفاظ بمعظم خصائص النهر في مرحلة النضج . فينتقل من جانب الى آخر في السهل الفيضي، ومن ثم تنتقل الاثشاءات النهرية باتجاه ادني الوادي - النهري . الا انه خلال هذه العملية ، يقوم النهر بنقل بعض الرواسب من السهل الفيضي بصورة مستمرة بحيث يعمل على تخفيض مستوى هذا السهل ففي بداية الامر يكون الوادي النهري مملوء بالرواسب ، ويحتل مثل هذا الوادي نهر في مرحلة النضج ، انه وادي مثل هذا النهر لا يحتل سوى جزء ضئيلاً من السهل الفيضي . ثم يتبع ذلك انتقال النهر عبر الوادي بحيث يقلل من سمك الرواسب الى حد واضح وفي النقطة A من الشكل الثاني يتوقف الانتقال الجانبي للنهر نتيجة لوجود طبقة مطمورة من صخور الوادي . ويبقى كما هو واضح من الشكل ، شريط من سطح السهل الفيضي الاصلي على شكل مصطبة نهريّة . ويطلق على مثل هذه المصطبة اسم مصطبة محمية بالصخور (Rock defended terrace) . ويبدو النهر في الشكل الثالث على الجانب الايسر من الصورة ، ولكنه متواجد على مستوى اكثر انخفاضاً لذلك تكون حافة المصطبة في النقطة B على المصطبة المتواجدة عند النقطة A في الشكل السابق . ولا يمكن اعتبار المصطبة في نقطة B مصطبة محمية بواسطة الصخور

وذلك لان النهر لا يصل ، في الواقع ، الى حائط الوادي قبل ان يرجع ثانية الى الجهة الاخرى في السهل الفيضي . ويبدو النهر في الشكل الرابع وقد عاد الى الجهة اليمنى من السهل الفيضي كما يبدو في

A- حالة الانهار قبل عملية
الاسر النهري



B- حالة النهر بعد عملية
الاسر مباشرة
النهر المأسور

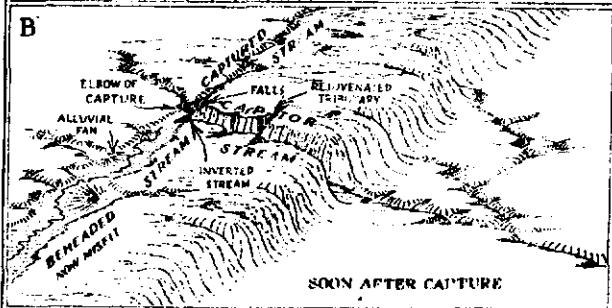
Captured Stream

كوع الاسر

Elbow of Capture

Alluvial Fan سهل مروحي

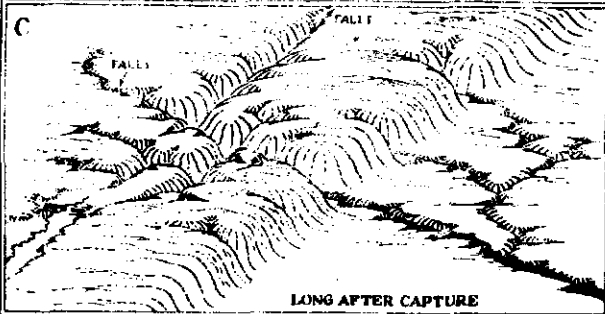
Misfit Stream نهر غير ملائم



C- حالة النهر بعد الاسر
بمدة طويلة

Falls مساقط مائية

المصدر. P. 198. Lobeck,



مراحل حدوث الاسر النهري

الشكل تكوين مصطبتين محميتين بواسطة الصخور في التفتتين A,C . وفي الشكل الخامس يظهر النهر في الجانب الأيمن من السهل الفيضي وكذلك كما تظهر في نفس الصورة ثلاث مصاطب محمية بواسطة الصخور وهي A,C,E . وهكذا يبدو ان بالأمكان تكوين اي عدد من المصاطب على جانبي النهر فلا حاجة الى ان تتطابق هذه المصاطب على الجانبين من حيث الارتفاع ، باستثناء المصاطب القوقية في كلا الجهتين من الوادي النهري (٤٦) . وعلى الرغم من امكانية تقدير ارتفاع اية مصطبة من المصاطب بواسطة العين المجردة الى درجة لا بأس بها من الدقة ، فان من الاصلح ان يحدد ارتفاع المصاطب بواسطة الادوات والالات الخاصة المعدة لهذا الغرض (٤٧) .

٥ - السهول المروحية ، (Alluvial Fans)

تتحول المسيلات والنهيرات التي تتكون على سفوح جبلية شديدة الانحدار ، الى قنوات عميقة تصل مصباتها الى السهول الواقعة عند قدمات هذه المرتفعات وفي غالب الاحيان لا يوجد في مثل هذه القنوات مياه دائمة وان وجدت فانها تكون قليلة للغاية . على ان هذه القنوات تمتلئ بالماء اثناء شدة الامطار او ذوبان الثلوج ، تنحدر هذه المياه بشدة على سفوح المنحدرات والمرتفعات . وتعمل المساقط المائية المؤقتة على حمل كميات كبيرة من مفتتات الصخور والرمل ، وقد تحمل ، في بعض الاحيان ، كتلا صخرية كبيرة الحجم والتي تزيد من القوة التحاتية لمثل هذه النهيرات وعندما تفرغ هذه النهيرات مياهها وحمولتها ومياهها في السهول الواقعة عند قدمات المرتفعات ، نظراً للانخفاض الشديد الحاصل في سرعتها ، نتيجة للتغير

(٤٦) ذكر المصدر سابقاً .

Lobeck, A. K; Geomorphology op. cit.P. 239

Fig. P. 238.

كذلك نفس المصدر .

(٤٧) ذكر المصدر سابقاً ...etc. P, 309 Sparks, B. W; Geomorphology. op, cit,

كاد في درجة الانحدار ، تنتشر هذه النهرات على شكل مروحة فوق هذا السهل حيث تلقي منه جميع حملاتها (٤٨) .

وعند تكرار جريان النهر فوق هذه الرواسب التي اتخذت شكل المروحة فانه يبدأ بعملية النحت . لذلك يظهر النهر ، او روافده ، عند حافات هذا السهل المروحي وهو محمل بكثير من الرواسب ، فيبدأ بالارساب ثانية ، وقد تتخذ هذه الرواسب ثانية ، شكل سهل مروحي ، تتعرض كذلك الى عملية النحت والتقطيع ، فتتبعها مروحة سهلية اخرى . وهكذا تتكون سلسلة من السهول المروحية تكون متتالية الصغر في ابعادها . لذلك فان تواجد سلسلة من السهول المروحية ، لايعني بالضبط حدوث تغيرات فجائية في التاريخ الفيزيوجرافي للمنطقة التي تتواجد فيها هذه السهول المروحية (٤٩) .

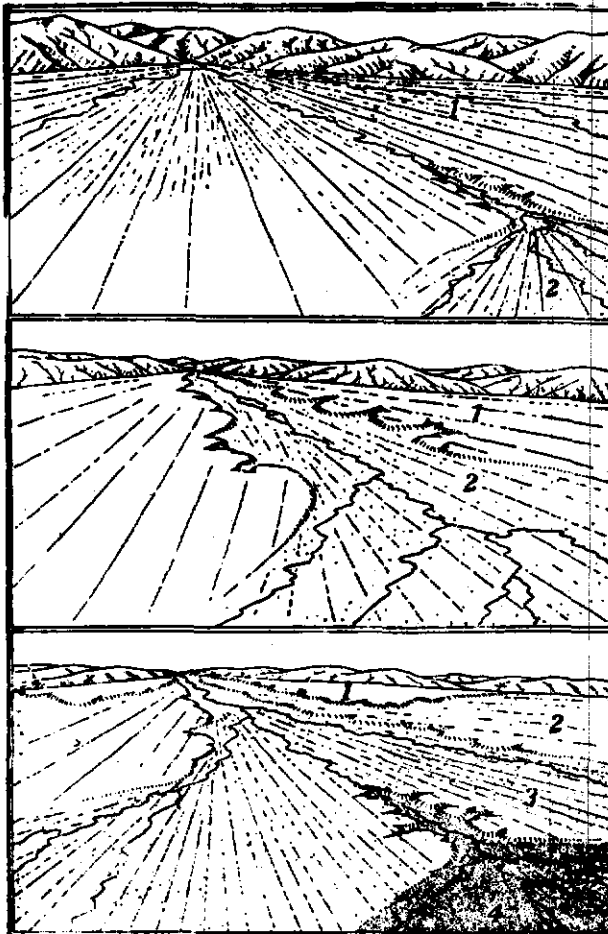
وفي خلال عملية بناء الدلتا قد يقوم النهر الذي يجري فوقها بتغيير مجراه مرات عديدة . وفي واقع الامر ، قد ينقسم النهر الرئيسي عند بداية الدلتا المروحية الى اقسام عديدة ، قد تختفي هذه التفرعات تحت حصى الدلتا المروحية ثم تظهر على شكل ينابيع بعد بضعة اميال بعيدة عن قدمات السفوح التي انت فيها الانهار التي كونت الدلتا المروحية . لذلك تتميز سطوح الدالات المروحية بوجود شبكة من القنوات الضفائرية (Braided Channels) تكون جافة في العادة ، الا في الفترات التي تعقب سقوط امطار غزيرة على الجهات التي تنبع فيها الانهار التي أدت الى تكوينها .

وفي الطبيعة ، لا تتكون السهول المروحية في الوديان او على السفوح التي نشأت من عمليات نحت مستمرة غير مضطربة . فقد تتكون الخواثق ، وفي العادة نتيجة لمزاولة عمليات الزراعة ، كذلك تتكون عند قدمات الجبال الانكسارية حيث تظهر انهار جبلية نشطة فوق السهول التالية ، او

(٤٨) ذكر المصدر سابقاً G. Gorshkov. A. Yakushova., op. cit, P. 118-120.

(٤٩) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A. K. Geomorphology. op. cit. P. 243.

على جانب الوديان الجليدية حيث تنحدر الانهار في الوديان المعلقة او من سفوح جبلية اعلى باتجاه السهول المستوية القاع (٥٠) .



- ١ - المرحلة الاولى
- ٢ - المرحلة الثانية
- ٣ - المرحلة الثالثة
- ٤ - المرحلة الرابعة

المصدر :

Lobeck, P. 242.

بضعة مراحل من تكوين الدلتا المروحية

(٥٠) ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K ; Geomorphology. op.cit. P. 242.

٦ - السفوح الصخرية (Rock Pediments) (٥١) .

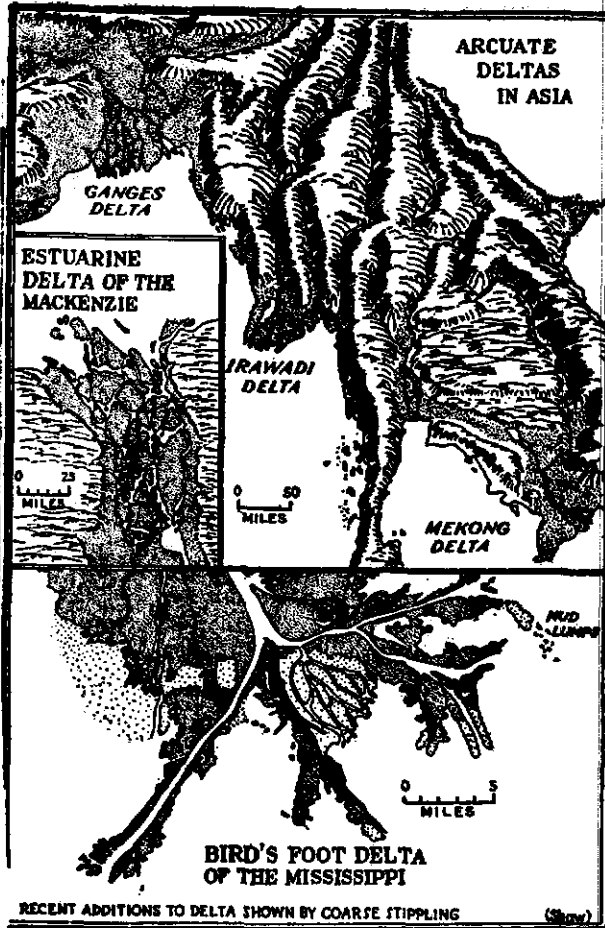
توجد عند قدمات جبال عديدة وعلى الاخص في المناطق الحافة منطقة مستوية يتراوح عرضها بين ميل واحد وعدة اميال تنطفي بطبقة رقيقة من الرواسب المائية . وينحدر هذا الغطاء مبتعداً عن القدمات وباتجاه الاحواض المجاورة . وكلما زاد ابتعاد هذا السطح الصخري عن الحافة الجبلية كلما تنطفي بطبقات سميكة من الرواسب النهرية .

ويطلق على مثل هذه الظاهرة اسم السفح الصخري (Rock Pediment) او المسطح الصخري (Rock Plane) . كما وقد يطلق عليها في بعض الاحيان اسم السهل السفحي (Conoplain) او قد يرد على انه سهل تحاتي يتصل بالبنية الصخرية بزواية مائلة . وقد اوضحت تجارب مختلفة بأن هذه المنطقة تمثل في واقع الامر منطقة بين الجهة الجبلية حيث يكون النهر فتياً يتميز بتعرية او تحت فعال وبين منطقة الحوض حيث يعتمد النهر الى الارساب بشكل فعال . ويطلق على هذه المنطقة اسم منطقة التسوية (Zone of Planation) .

فعندما تظهر الانهار الفتية من الجهات الجبلية الى الجهات السهلية ، او حتى جهات الاحواض فانها تتعرض الى نقص واضح في درجة انحدارها لذلك فانها تضطر الى القاء رواسبها تبعاً لذلك . فاذا كانت مثل هذه الانهار شديدة الحمولة فان عملية الارساب هذه سوف تحدث ، في اول مخرج يتواجد في الجهات الجبلية ، وتؤدي بهذه العملية الى تكوين مخاريط رسوبية طموية (Alluvial cones) ، او حتى في ربط هشيم ، خشنة ، (Talus cones) . وفي واقع الامر فان مثل هذه الانهار ، حتى بعد ان تجتاز الجهات الجبلية ، او الجهات المرتفعة فانها لا تزال قادرة على ان تحمل ما يتواجد

(٥١) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً ص ٧٤

(pediment)



(١) الدلتاوات المقوسة في آسيا

دلتا نهر اليكونك

Mekong Delta

دلتا نهر الايروادي

Irawadi Delta

دلتا نهر الكنج

Ganges Delta

(٢) الدلتا الفاطسة لنهر

مكتري

(٣) دلتا رجل الطير لنهر

الميسيبي

المصدر

Lobeck, P. 230.

ثلاثة أنواع من الدلتا : المقوسة والفاطسة ودلتا رجل الطير

فيها من رواسب . ومن الصحيح القول بأن مثل هذه الانهار قد فقدت قابليتها على الصخر والنحت الا انها ليست مضطربة ، في هذه المرحلة على ان تلقي رواسبها ، لذلك يقال عن مثل هذه الانهار بأنها في حالة تعادل (Equilibrium) ويتغير آخر انها تكون في حالة طور النضج . لذلك

فان مثل هذه الانهار تنتقل بشكل جانبي في سهلها الفيضي وبهذه العملية فانها تؤدي الى ازالة التواءات الموجودة في المنطقة التي تجري فيها ، بحيث انها تترك بعض الظواهر التضاريسية التي يطلق عليها اسم الجبال المنفردة (Monadnocks) ويشار اليها في حالات خارجية بأسم (Enselberg) اي بنفس معنى المصطلح السابق (٥٣) ان العمليات السابقة التي ترمي الى التسوية سرعان ما تنتهي بظهور التواءات الجبلية ومن ثم فان ظاهرة التسوية كما هو معلوم فتتقدم باتجاه اعالي النهر بحيث انها تؤدي الى زيادة عرض السفح على حساب قدمات الجهات الجبلية . ويمكن تلخيص الامر على الشكل التالي :

ان النهر يسعى الى تكوين سفح او منحدر فوق سطوح صخور صلبة تأقلمت صخورها بحيث لا تحدث عمليات الارساب والحفر بشكل واسع او متطور الا ان السفح الصخري يتعرض الى الانطمار خصوصاً في حافته الخارجية برواسب طموية وخصوصاً اذا كان النهر المتواجد فيه يصب في حوض قرب او حوض مجاور ان هذا الارتفاع الذي يحصل في منطقة التسوية بفعل الارساب يعني ان هذه المنطقة تتوسع باتجاه المنطقة الجبلية ، اذ سيكون لها ارتفاع اكثر مما كان لها في السابق وذلك اذا بقيت المقاطع المتتالية للسفح الصخري باكملة ثابتة في مختلف الازمان ، ورغم ان منطقة التسوية تتواجد في ذلك الجزء من المجرى النهري الذي يكون النهر في حالة تعادل (٥٤) بحيث انه لايقوم بالنحت فان هذا السطح بأكملة يتغطى بغطاء رقيق من الرواسب الخشنة الذي تأتي عبر سفوح المرتفعات .

١ - ١١ - القطاع الطولي لوادي النهر (longitudinal Profile)

ان المقصود بهذا القطاع هو ما يمتد على طول النهر من منبعه وحتى مصبه

(٥٣) لاحظ نفس المصدر السابق : الدكتور يوسف توني ، قاموس المصطلحات الجغرافية

ص ٥١ وكذلك ص ١٤٧

(٥٤) ذكر المصدر سابقاً (54) Lobeck, A.K., Geomorphology. op. cit.

P. 245. Fig. P. 244.

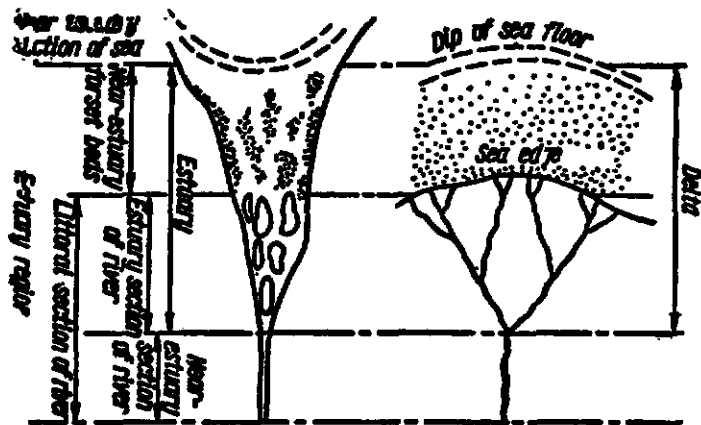
G. Gorshkova A, Yakushov. physical

وكذلك لاحظ ، ذكر المصدر سابقاً

Geology. PP. 431, 135-137, 431-432

بحيث تتمثل في هذا القطاع جميع انحدارات المجرى والتواءات - المتواجدة على طول امتداده . ومن الممكن توضيح ذلك بالرسم . وهناك علاقة واضحة بين القطاع الطولي للنهر وبين مستوى القاعدة الخاص بكل نهر من الأنهار . على ان الهم من ذلك ان القطاع الطولي للنهر يوضح مراحل تطور النهر . وهذه المراحل كما ذكرها الاستاذ وليم موريس ديفز ، هي مرحلة الحداثة ، مرحلة النضج ومرحلة التقادم . وعلى الرغم من ان النهر بأكمله قد يكون ممثلاً لمرحلة من هذه المراحل الا انه في غالب الاحيان تكون هذه المراحل الثلاثة ممثلة على طول مجرى النهر بحيث تتمثل المرحلة الاولى وهي مرحلة الحداثة في الجزء العلوي من المجرى وتظهر خصائص مرحلة النضج في جزء الاوسط كما وتظهر مرحلة التقادم في جزء الادنى . ولكل مرحلة من هذه المراحل خصائص خاصة بها .

فعندما يبدأ النهر بحفر مجراه فانه يكون شديد الانحدار وسريع الجريان تكثر فيه المساقط والشلالات والبرك والبحيرات والحفر الوعائية والمنحنيات . ان مثل هذه الظواهر تستمر اثناء مرحلة الشباب الا ان النهر يعمل على تخفيفها باستمرار وذلك اثناء قيامه بتعميق مجراه وتوسيعه . ويكون هدف النهر في الواقع هو الوصول الى مستوى القاعدة بحيث يعمل النهر على تشكيل قطاع طولي يبدو عند رسمه على شكل قوس شديد الانحدار في قسمه العلوي ومعتدل الانحدار في القسم الاوسط وقليل الانحدار في الجزء الادنى . وعندما ينحدر القطاع هذا الشكل يسمى عندئذ بالقطاع المتعادل (Graded Profile) او قطاع التعادل (Profile of Equilibrium) وفي هذه الحالة يكون النهر نهراً متعادلاً (Grad River) . وعندما يصل النهر هذه المرحلة فان مياهه تستطيع ان تنقل كل الحمولة المتواجدة فيه من المنبع الى المصب الا ان النهر في مثل هذه الحالة لا يستطيع تعميق مجراه بالحفر ولا حتى بإمكانه ان يرفع مستواه بالارساب . وحتى اذا قام النهر في هذه الحالة



معالم منطقة الدلتا

Delta	لدلتا
Sea Edge	نهاية مياه البحر
Dip of sea floor	اتجاه انحدار مياه البحر (القاع)
Estuary	الخليج الفاطس
Near Estuary Section of the river.	جزء النهر القريب من الخليج الفاطس
Estuary Section of the river.	الجزء الخليجي من النهر
Near Estuary Forset	الطبقات الامامية القريبة من الخليج
Beds	الجزء الساحلي من النهر
Littoral Section of river.	منطقة الخليج
Estuary Region	الجزء البحري القريب من الخليج
Near Estuary Section of sea.	

A. Yakushova; P. 146.

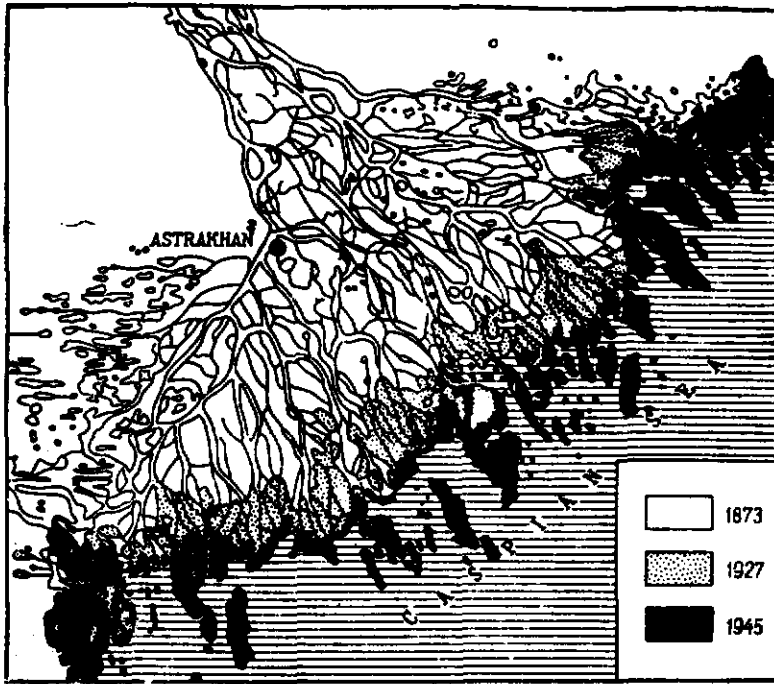
المصدر

بالنحت أو الارساب فان العمليتين تكونان متعادلتين بحيث لا يطرأ اي تغيير في منسوب المنطقة التي يصب فيها .

وبالاضافة الى ان حجم النهر وسرعته وحمولته ونظام جريانه كلها تؤثر في سرعة وصوله الى مرحلة التعادل فان تضاريس المنطقة التي تجري فيها وتركيبها الصخري لها كذلك دخل كبير في هذه السرعة حيث ان النهر قد يتعطل مدة طويلة نسبياً في تذليله للمقبات التي تعترضه مثل البحيرات والحواجز الصخرية الصلبة ، فاذا وجدت بحيرة في طريق النهر فانه يتعطل عندها بعض الوقت لانها تكون بمثابة مستوى قاعدة محلي ويضطر الى ان يبسط في سيره عند اختراقه لها وان يقي فيها ببعض رواسبه فتتكون فيها ، بصورة تدريجية دلثا بحيرية . وبعد ان تمتلئ البحيرة تفيض مياهها على حافتها السفلى فتأخذ في نحت الحافة وتخفيضها ويترتب على ذلك صرف مياه البحيرة بالتدريج حتى تجف . وبعد ذلك يبدأ النهر في حفر مجراه في الدلتا النهرية وفي الصخور التي يجري فوقها (٥٥) .

كذلك اذا وجدت في المجرى طبقة صخرية تكون صخورها اشد صلابة من صخور مجرى النهر فان النهر لن يتمكن من نحتها بنفس السرعة التي بها بقية صخور المجرى . لذلك تبقى هذه الطبقة عقبة في طريق النهر زمنا طويلا وتتكون منها سلسلة من المساقط والشلالات بحيث ينقسم النهر بسبب وجودها الى قسمين يقع احدهما في اعلى هذه الطبقة ويقع القسم الثاني دونها . ذلك تصبح هذه الصخور بمثابة مستوى قاعدة للقسم الذي يقع الى اعلى هذه

(٥٥) عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية ، اشكال سطح الأرض ، ذكر المصدر سابقاً ٢٧٠-٢٧٣ . شكل رقم ٩٠ . وكذلك لاحظ . الدكتور جودة حسنين جودة - معالم سطح الأرض . ذكر المصدر سابقاً . تحت عنوان القطاع الطولي للنهر ص ٣٣٤-٣٣٨



نمو دلتا نهر الفولغا باتجاه البحر

الصخور . وقد يصل كل قسم من القسمين إلى مرحلة التعادل بينما تبقى هذه الصخور ناتئة بارزة بين الجزئين ، ان سطحها ينخفض بالتدريج وذلك بفعل النحت المائي ، وتبعاً لذلك يتناقص منسوب القسم الاعلى من النهر فتزداد قدرته على الحفر تبعاً لذلك . وهكذا حتى تزول العقبة فيواصل النهر نشاطه للوصول إلى مرحلة التعادل .

١ - ٢٢ - المساقط المائية (Water falls)

ان كلمة شلالات تستخدم بمعناها العام للدلالة على اشكال مختلفة من العقبات التي تعترض طريق النهر . ومن اهم هذه العقبات المساقط المائية

(Water falls) والجنادل (Cataracts) والمندفعات (Rapids)
ولكن المقصود بالمساقط المائية بمعناها الدقيق هو حدوث تغير فجائي في انحدار
النهر يترتب عليه سقوط المياه من مستوى اقل منه . وهناك اسباب مختلفة
لظهور هذه المساقط من اهمها .

١ - مرور النهر فوق طبقة صخرية شديدة الصلابة تتركز فوق طبقات
لينة فان اى كسر في الطبقة الصلبة تؤدي إلى تعميق الحفر المائي في الطبقات
اللينة وتآكلها بسرعة فتظهر مقدمة الطبقة الصلبة بشكل حافة تسقط فوقها المياه .
وبمرور الوقت تقوم المياه الساقطة بنحت الطبقات اللينة فتبقى مقدمة الطبقة
الصلبة معلقة ولكنها لا تلبث ان تهوى الى القاع وبهذا الشكل يتراجم المسقط
المائي نحو المنيع تاركا المجرى بشكل خائق عميق . وتعتبر شلالات نياكارا
مثلا واضحا على ذلك .

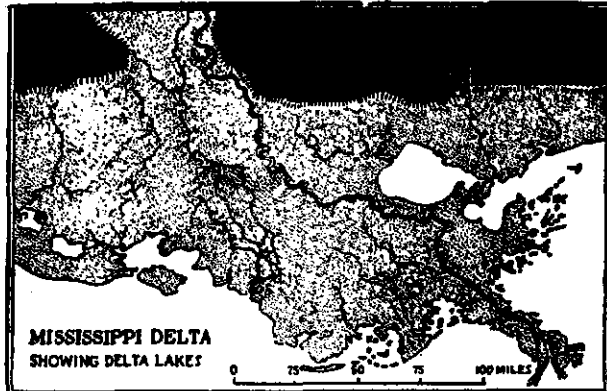
اما اذا كانت التكوينات التي تعترض مجرى النهر شديدة الصلابة ومائلة
نحو المصب ولم تظهر في اسفلها اى طبقات لينة فان مجرى النهر فوقها يكون كثير
المندفعات (وهي الاماكن التي تنحدر فوقها المياه انحدارا شديدا ولكنه غير
رأسي) وكثير الجنادل ، وهي الصخور الصلبة التي تبرز على قاع النهر .

٢ - هبوط النهر فجأة فوق حافة جبلية ومثال ذلك المساقط الموجودة في
بعض الانهار الافريقية مثل نهر الكونغو ونهر الاورنج عند سقوطها
على حافة الهضبة الافريقية نحو السهل الساحلي . ويدخل في هذا الصنف كذلك
المساقط التي تنشأ عند نقاط تجديد النهر (Rejuvenation) بسبب هبوط

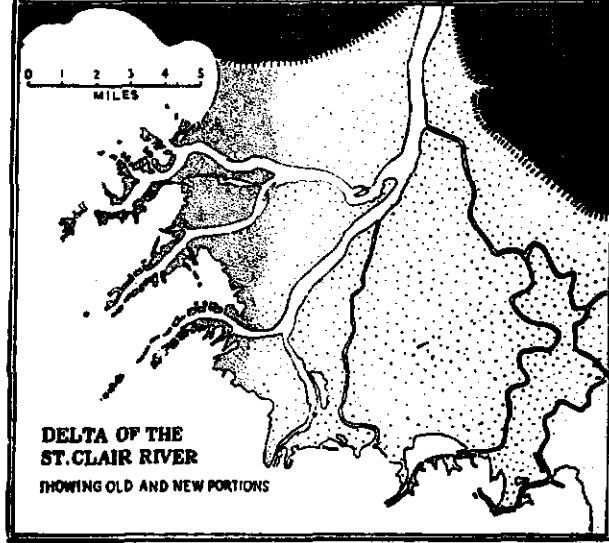
سطح مياه المصب او ارتفاع سطح المنطقة التي تجري فيها مياه النهر (٥٦)
٣ - حدوث تصدع في قشرة الارض يترتب عليه زحف الطبقات الصخرية
بحيث تقع احدى الطبقات اللينة على جانبي الكسر من ناحية المصب امام طبقة
شديدة الصلابة على جانبه من ناحية المنيع . وتعتبر شلالات فكتوريا على نهر
الزيمبيزي في افريقيا مثالا على هذا النوع من المساقط .

(٥٦) المصدر السابق ، ٢٧٥ ، شكل ٩٣

اعلى



أسفل



أمثلة عن دالات ر جل الطير

اعلى : دلتا نهر المسيسيبي

يبين الشكل الدلتاوات

والبحيرات الموجودة فيها

أسفل : دلتا نهر سانت كلير

يبين الشكل الاجزاء

القديمة والاجزاء الحديثة من الدلتا

المصادر : Lobeck.P.232

٤ - زيادة سرعة تعميق احد الانهار الرئيسية لمجراه اكثر من سرعة تعمق روافده لمجاريها . وهذه ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساهم الجليد في حفر وديانها ، حيث ان حفر الجليد لبعض الوديان الرئيسية يكون اسرع من حفره لبعض روافده . لذلك فان قاع هذه الروافد يكون اعلى من قاع الانهار الرئيسية. وتعرض هذه الروافد باسم الوديان المعلقة. (Hanging valleys) وتكون المساقط المائية عادة عند مصبات هذه الروافد وهي ظاهرة موجودة بكثرة في المناطق التي ساد فيها النحت الجليدي في بعض العصور ، مثل جبال الالب في اوربا .

١ - ١٣ - القطاع العرضي للنهر (River's cross section)

المقصود بهذا القطاع هو القطاع الذي يمتد على جانبي النهر في اى جزء من اجزائه. كما ان القطاع الطولي له علاقة وثيقة بمراحل تطور النهر فان قطاعاته العرضية لها كذلك علاقة بمراحل تطوره ، وهي مرحلة الشباب التي - تتمثل في قسمه العلوي ومرحلة النضج التي تتمثل في قسمه الاوسط ومرحلة الشيخوخة التي تتمثل في قسمه الادنى . ولكل مرحلة من هذه المراحل مظاهر جيومورفية خاصة .

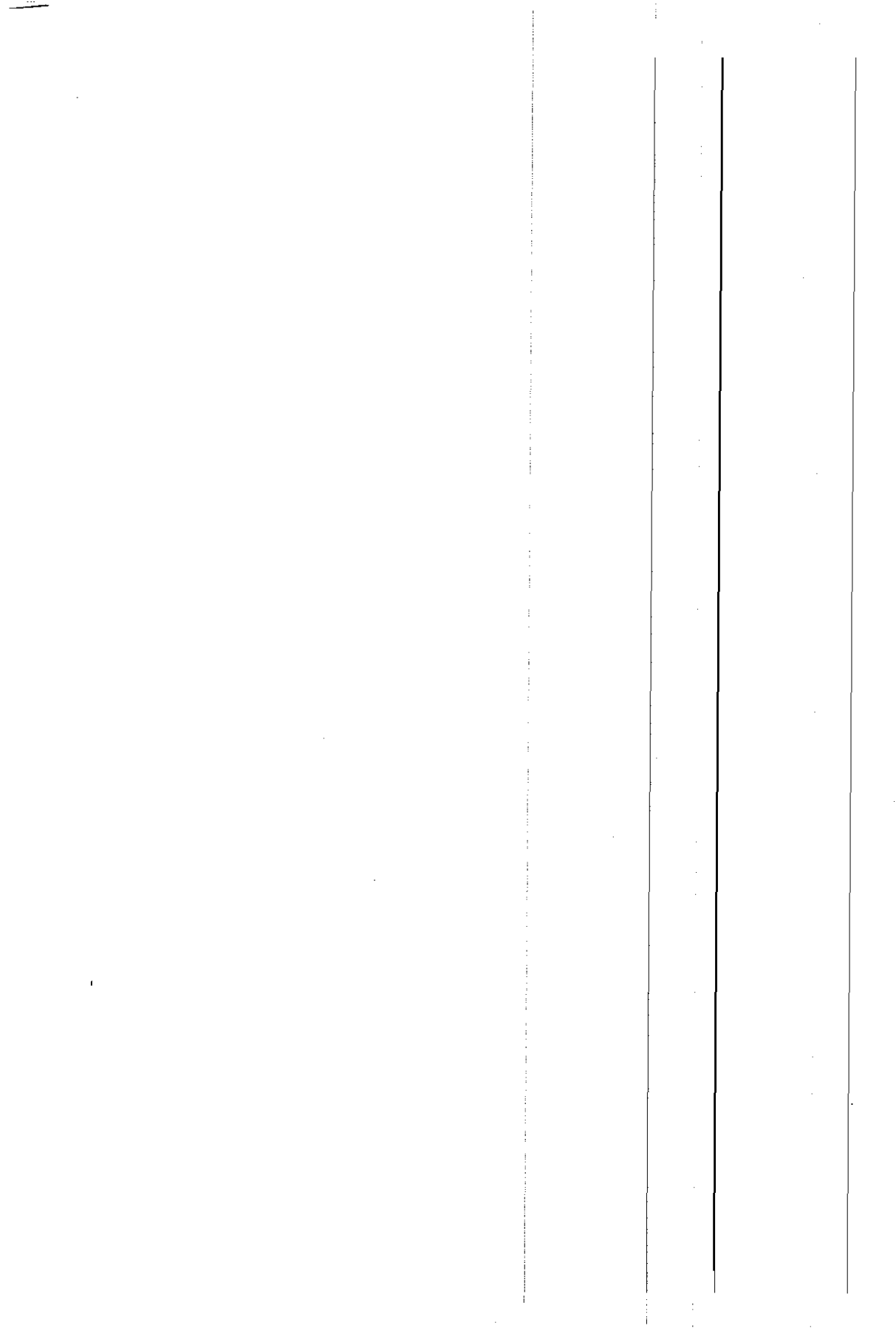
ففي مرحلة الشباب يكون النهر شديد الانحدار وتتوجه معظم طاقة النهر إلى تعميق مجراه بواسطة عمليات النحت الرأسى وخصوصاً عمليات تكوين الحفر الوعائية (Pot - Holes) . ويأخذ مجرى النهر في هذه المرحلة شكل حرف (V) اللاتينى ولا يكون له اى سهل فيضي وذلك لان عمليات توسيع واديه تكون محدودة جداً ، سواء اكان ذلك بواسطة النحت الجانبي او بواسطة العمليات الاخرى المساعدة وهي التجويه والانهار الارضي وجرف الرواسب بواسطة الامطار (Rain Wash) .

وفي مثل هذه الحالات يأخذ الوادى شكل خائق عميق تكون جوانبه رأسية تقريباً . وقد يكون مجرى النهر في حالات كثيرة شديد التعاريج لانه يضطر للدوران حول اى عقبة من العقبات الصخرية التي تقف في طريقه واهمها

الألسنة الجبلية (Spurs) التي تتداخل في بعضها على امتداد المجرى (Inter Locks). ويتزايد وضوح هذه التعاريج تدريجياً نتيجة للنحت المستمر في جوانبها المحدبة والارساب على جوانبها المقعرة . وفي هذه المرحلة يكون قاع النهر غير منتظم وتكثر به الحفر الوعائية والجنادل والمندفعات ومساقط المياه . وتستمر هذه المرحلة حتى يصل النهر إلى مرحلة التعادل (Graded) . وعندئذ يبدأ في تكوين سهل فيضي حوله ، ويعتبر البدء في تكوين هذا السهل احد العلامات الرئيسية لانتهاؤ مرحلة الشباب وبدء المرحلة الثانية وهي مرحلة النضج . (٥٧)

وفي مرحلة النضج ينشط النهر في توسيع مجراه بينما تتناقص قدرته على تعميقه ويزداد وضوح تعرجاته بسبب تزايد نشاط النحت في جوانبها المقعرة ويزداد الارساب على جوانبها المحدبة التي يهدأ امامها التيار المائي . وتحول هذه التعرجات بالتدريج إلى منحنيات او انثناءات (Meanders) تفصل بينها ألسنة رسوبية منحدرية يطلق عليها اسم منحدرات الانزلاق (Slip off—slopos) اما في مرحلة التقادم التي تتمثل عادة في القسم الأدنى من النهر فيكون السهل الفيضي قد بلغ اقصى اتساع له . ويجرى النهر في هذا السهل دون ان تكون له جوانب مرتفعة وكذلك فانه يكون كثير المنحنيات والانثناءات وكثير الفيضان على الجانبين . وقد يزداد اتساع السهل الفيضي نتيجة للانسيارات التي تحدث في جوانبها او نتيجة للنحت المائي الذي يحدث عندما تصل مياه الفيضان إلى هذه الجوانب . وعندما تنفصل إحدى هذه المنحنيات نتيجة لاقتراب طرفيها من بعضها، فان هذا المنحني يتحول إلى بحيرة هلالية كما سبق ذكره في ابواب اخرى.

(٥٧) المصدر السابق ص ٢٧٧ - ٢٧٨ ، كذلك الاشكال ٩٤، ٩٥ . وكذلك ص ١٧٩ .
Lobeck, A. K. Geomorphology. op. cit. 161-169. كذلك ذكر المصدر سابقاً
Sparks, B.W. Geomorphology. op.cit. P. 14. وكذلك لاحظ ذكر المصدر سابقاً
PP. 16-17 نفس المصدر



الباب السادس

العَمَلُ الجيولوجي للمياه الجوفية

٦ - ١ - مقدمة :

ف جميع المياه المتواجدة في المسامات وشقوق الصخور تحت سطح الارض على انها مياه جوفية . وهذه المياه واسعة الانتشار في القشرة الارضية لذلك كانت دراستها امراً مهماً جداً في حل عدد من المشاكل مثل :

(أ) اسالة الماء إلى مراكز الاستيطان والمراكز الصناعية .

(ب) الاعمال الهندسية المتعلقة بالمياه والمنشآت الصناعية .

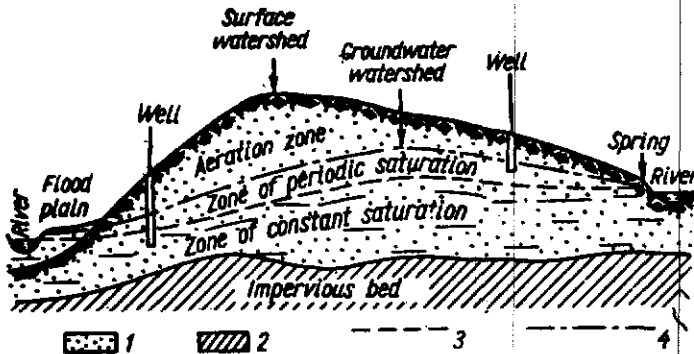
(ج) احياء الاراضي .

(د) انشاء المصحات المختلفة . . . الخ

ان المياه الجوفية عامل جيولوجي قوي يؤدي إلى حدوث عمليات تكوين الكارست (Karst processes) وخاصة في الصخور القابلة للذوبان (الصخور الجيرية -

والدولومايت والجبس وغيرها) وفي حدوث الانهيارات الارضية على سفوح الجوانق وضفاف الانهار والبحار .

ان دراسة المياه الجوفية اصلها وتوزيعها وخصائصها والتباينات الكمية لها بمرور الزمن اضافة إلى عملها الجيولوجي تشكل موضوع نوع خاص من فروع علم الجيولوجيا يطلق عليه اسم غلم المياه (Hydrology) .



تواجد وحركة المياه الجوفية

River	نهر
Spring	ينابيع
Well	بئر
Ground water	حوض المياه
Shed	الجوفية
Surface water shed	حوض المياه السطحية
Flood plain	سهل فيضي
Aeration zone	منطقة التهوية
Zone of periodic saturation.	منطقة الأشباع الفصلية
Zone of constant saturation	منطقة الأشباع الدائمة
Impervinus bed	طبقة غير نفاذة
1. Sand	رملة
2. Loam	مزيج
3. أقل مستوى الماء الباطني	أقل مستوى الماء الباطني
4. أعلى مستوى الماء الباطني	أعلى مستوى الماء الباطني

A. Yakushova, P. 166.

المصدر

٦ - ٢ - النفاذية في الصخور (١) (Permeability of Rocks)

يتحكم في تجمع المياه الجوفية بكميات كبيرة مدى نفاذية الصخور المختلفة، أي مدى قابلية الصخور على تمرير الماء من خلالها ، وقد دلت التجارب العملية، أن التساقط من الجو يبقى في المحلات التي يتواجد الغضار فيها على السطح ومن ثم يتبخر في حين أنه في أماكن أخرى . تتكون في أغلب الأحيان من الرمل . ينساب بسهولة من خلال هذه التكوينات إلى أفاق سفلية تحتية. وتنساب هذه المياه بشكل أسرع في مختلف أنواع الحصى . ويمكن تحديد معدل الانسياب إلى العمق بموجب الفرق الموجود بين درجة نفاذية الصخور.

لذلك يمكن تقسيم صخور القشرة الأرضية بموجب درجة نفاذيتها إلى :
(أ) صخور نفاذة (Permeable Rocks) كما هي الحال في الرمل والحصى والزلط والصخور الرملية المشققة والصخور الجيرية والمجمعات الصخرية ... وغيرها من الصخور .

(ب) صخور شبه نفاذة (Semipermeable) مثل المزيج الرمي والمزيج النضحل واللباد الصلب (Uncomposed peat) ورواسب اللويس (Loess) ... وغيرها .

(ج) صخور غير نفاذة (Impervious Rocks) كما هي الحال في أنواع الغضار والمزيج العميق ، واللباد المفكك والكتل الصخرية البلورية غير المشققة إضافة إلى الصخور الرسوبية الملتحمة (Cemented Sedimentary Rocks) وفي الطبيعة يصبح الصخر صخوراً نفاذاً إذا كان مفككاً أو كان حبيبي

Ray. K. Linsley, J.R; Max A. Kohler, Joseph; L.H. (١)

Paulhus; Hydiology for Engineers

MacGraw-Hill; 1958.PP. 130-132.

كذلك لاحظ فيما يتعلق بنفاذية الصخور

Lobeck, A.K., Geomorphology.

ذكر المصدر سابقاً . الشكل الموجود في P. 116.

البنية (Granular) (كما هي الحال في الرمل والحصى) وبذلك يفسح المجال أمام الماء للانسياب من خلال فراغات المسامات التي تفصل بين حبيبات أو ذرات . أو يبيء طريقاً صالحاً للانسياب نحو الداخل عن طريق القواصل والشقوق الصخرية الموجودة فيه (Fissures) رغم كونه . بحد ذاته صخوراً قوياً ملتصقاً مثل : الكرانيت والحجر الجيري .

ويمكن تعريف النفاذية على أنها النسبة بين حجم المسامات والحجم الكلي للصخور $n = \frac{V_n}{V}$ أو على شكل نسبة مئوية .

$$n = \frac{V_n}{V} \cdot 100\% \text{ وذلك حيث تكون}$$

نفاذية الصخور أو مساميتها $n =$

حجم المسامات في صخور نموذج $n =$

الحجم الكلي للنموذج الصخري $V =$

على أنه من الضروري الإشارة في هذا المجال إلى أن المسامية الكبيرة بحد ذاتها، لا تعني في جميع الحالات انسياباً سريعاً للمياه إلى داخل القشرة الأرضية (٢) . فالغضار في واقع الأمر كثير المسامات حيث تبلغ درجة المسامية في بعض الحالات إلى ٥٠ أو حتى ٦٠٪ ، إلا أنه من الناحية العملية عديم النفاذية . ويمكن تفسير ذلك في كون المسامات الموجودة في الغضار دقيقة جداً ماتحت الشعرية (Subcapillary) بحيث أنها تصبح ذات مقاومة شديدة لترشيح المياه نحو الداخل نظراً لقوة شدتها السطحي (Surface tension) . ومن ناحية أخرى نلاحظ أن الرمل الاعتيادي في الطبيعة بدرجة نفاذية تتراوح بين ٣٠ و ٣٥٪ تكون سمحة إلى حد كبير بانسياب المياه خلالها إلى صخور تحتية في القشرة الأرضية وكلما زاد حجم ذرات هذه التكوينات كلما زادت وسهلت وضعية نفاذية الماء من خلالها . فيكون للطبقات الصخرية

(٢) ذكر المصدر سابقاً G. Gorsheov. A., Yakushova; Physical Geol. P.158.

التي تتكون من الزلط (Shingle) والرمال الخشنة والحبيبات نفاذية لانتزيد على ٢٠٪ الا أنها في الطبيعة تكون شديدة النفاذية . وعلى هذا الاساس يمكن القول بأن تعداد نفاذية الصخور المفككة تعتمد لاعلى كمية المسامات فقط بل انها تعتمد كذلك على حجم وشكل الحبيبات او الجزئيات التي تكون الصخر ذاته وعلى مدى تماسك نسيجه

وتعتمد درجة نفاذية الصخور التي تكثر الفواصل فيها على ابعاد وطبيعة الشقوق الموجودة فيها . ففي الجهات التي تنساب فيها المياه الجوفية من خلال مسامات الصخور المتكسرة يطلق عليها اسم المياه المسامية (Poros Waters) اما اذا ما انسابت من خلال التكسرات فيطلق عليها حينئذ اسم مياه الانكسارات او التشققات (Fracture Waters) .

اما اذا كانت الصخور تتميز ، اضافة إلى التكسرات ، بوجود حفر كارستية (Karst Cavities) او قنوات تحتية اخرى ، يطلق على الماء الذي يتداور بشكل تحتي اسم مياه الانكسارات والكارست (Fracture Karst waters) .
٦-٣ - انواع المياه في الصخور (Types of Water in Rocks)
لقد اكد ليديف (A. Lebedev) بأن الصخور تحتوي على انواع مختلفة من الماء هي :

١- ماء في حالة صلبة (Water in the solid state)
ويكون هذا على شكل جليد فيتواجد هذا الشكل من الماء في صخور تكونت في درجة الصفر المئوي . وبتنشر هذا الماء بكثرة في مناطق الجلودية (Permafrost) في سيبيريا وآلاسكا .

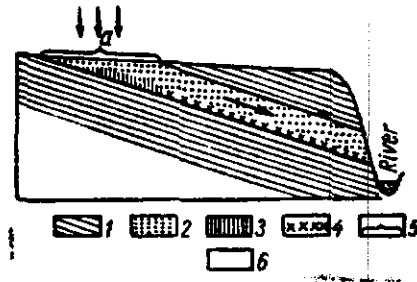
٢- ماء في حالة بخار (Water in the vaporous state)
ويتواجد هذا الشكل من الماء في الهواء كما يملأ في العادة مسامات وشقوق الصخور التي لا تحتوي في العادة على مياه في حالة سائلة .

٣ - المياه الهيكسكوبية (Hygroscopic Waters)

هذه المياه تحيط بجزيئات بعض الصخور على شكل فلم رقيق او غشاء وتمسك هذه الجزيئات او النرات بالمياه بشدة بواسطة الطاقة الجزيئية والكهربائية. ويمكن استخلاص هذا النوع عن طريق التسخين إلى درجات حرارة تتراوح بين ١٠٥-١١٠ م° .

٤ - الماء الغشائي (Film Waters)

هذه المياه تشكل في الطبيعة اغشية اكثر سمكا بحيث يصل سمكها إلى جزيئات تقع في عدد من الطبقات وحتى تغلف المياه المسترطبة في بعض الاحيان .



المياه الوسيطة

- 1 . صخور صماء غير نفاذة
- 2 . خزانات المياه الجوفية
- 3 . مياه جوفية
- 4 . مياه وسطية
- 5 . منطقة التنفذية
- River

المصدر : A. Yakushov.P.167

على ان المياه في هذه الحالة تستطيع الانتقال من جزيئة او ذرة صخرية إلى اخرى بشكل يقاوم قوة الجاذبية بشكل واضح . فاذا كان سمك الاغشية المائية في الجزيئات المجاورة مختلفاً نوعاً عما حوله فان المياه تنتقل بشكل بطيء من

الجهات التي يزداد فيها سمك الغشاء المائي إلى الاغشية القليلة المياه حتى يتساوى الغشاء آن من حيث سمكهما (٣).

٥ - مياه الخاصية الشعرية (Capillary Waetrs)

هذه المياه تعتمد إلى ملء المسامات والشقوق في الصخور بشكل كلي او جزئي وتبقى المياه في هذه المواقع بفعل ظاهرة الشد السطحي . وفي العادة يرتفع الماء خلال المسامات الشعرية باتجاه علوى قادم من مستوى المياه الجوفية. وكلما زاد صغر قطر جزئيات الصخر زادت دقة قطر مسامات الصخور وفي نفس الوقت يزداد مدى الارتفاع الذي قد تصل اليه المياه المسامية بموجب هذه الخاصية . ففي الترب المزيحية (Loams) قد يصل مدى ارتفاع المياه الجوفية بهذه الوسيلة إلى حوالي مترين او حتى اكثر من ذلك في حين لا ترتفع المياه الجوفية بموجب هذه الخاصية في التراكيب الرملية الخشنة سوى بضعة سنتمترات فقط . وبالإضافة إلى ماسبق ذكره هناك نوع خاص من المياه تسمى مياه الربط (Bound waters) والتي تدخل في تركيب عدد من المعادن كماء تبلور (Crystallization water) ومن امثلة ذلك المياه الموجودة في الجبس وصخور الليمونائيت .. الخ . ويزول الماء من هذه المعادن وذلك عن طريق التسخين .

٦ - السائل المتقطر (Dropping Liquid) (المنفصل) مياه الجاذبية (Gravitational water) ، هذا النوع من الماء يملأ جميع المسامات والشقوق الموجودة في الصخور ويتحرك بسهولة تامة وذلك بفعل عامل الجاذبية .

٦ - ٤ - أصل المياه الجوفية (Origion of undergrond waters)

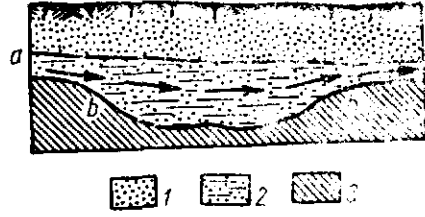
ويمكن تمييز الانواع التالية من المياه الجوفية وذلك بناءً على اصل تواجدها وهي :

مياه الترشيح Infiltration ومياه التكاثف Condensation ومياه الحفريات

(٣) المصدر السابق 160 . 159 P.

تتكون مياه الترشح الجوفية من عملية التساقط من الغلاف الغازي، فكما هو معروف أن الكرة الأرضية هي مسرحاً لدورة مستمرة لبخار الماء تدخل ضمنها المياه الجوفية والسطحية فتتبخر مياه المحيطات والبحار بفعل حرارة الشمس بحيث أن بخار الماء يعمل على اشباع الهواء وتعمل الكتل الهوائية وباستمرار على حمل بخار الماء إلى جهات يابسة حيث تتوفر لها حالات ملائمة ومن ثم فإن بخار الماء يتكاثف ويتزل ثانية على شكل تساقط جوي (Atmospheric prapicitation) ان بعضاً من مظاهر التساقط هذه تجري عبر السفوح إلى الجداول والأنهار التي تعمل على نقل المياه إلى البحار والمحيطات ، كما ان قسماً من مظاهر التساقط تتبخر في حين ينساب القسم الثالث إلى داخل القشرة الأرضية حيث تجري ظاهرة تجمع المياه الجوفية . ومن ثم تتحرك هذه المياه أي الأخيرة باتجاه الأنهار والبحار . ومن الدلائل التي تؤكد حدوث هذه الظاهرة وتشير إلى أصل المياه الجوفية عن طريق الترشح ما يحدث من تغير في نوعية وكمية المياه المتواجدة في الآبار خلال الفصول المطيرة . فهناك دلائل كثيرة تشير إلى أن الترشح هو المصدر الرئيسي لمعاودة تغذية (Replenishment) المياه الجوفية والحفاظ على مستواها .

أما فيما يتعلق بالمياه الجوفية التي يرجع أصلها إلى التكاثف فيمكن القول أنه في بعض المناطق المناخية من مثل الجهات الصحراوية تتواجد ظاهرات معينة يمكن ملاحظتها الا أنه لا يمكن تفسيرها أو شرحها على أساس نظرية الترشح فيما يخص أصل المياه الجوفية . فاذا ما أخذنا بنظر الاعتبار قلة التساقط الجوي وعدم انتظام توزيعه وشدة التبخر فإن الصحارى بصورة عامة تفتقر إلى تواجد وضعيات تساعد على تغذية المياه الجوفية بواسطة الترشح . ومع ذلك توجد على أعماق معينة تحت السطح في جهات الصحارى طبقة من الصخور الرطبة أو تجمعات للمياه الجوفية .



خزان المياه الجوفية

aa =

سطح المياه الجوفية

bb =

الحد الفاصل بين جريان المياه الجوفية وحوض المياه الجوفية

1 =

رميل

2 =

رمال مشبعة بالماء

3 =

تربة مزيجية Loam

المصدر 155 A. Yakushova;

وفي عام ١٨٧٧ اقترح المهندس الهيدرولوجي الالماني آو. فولكر (O.Volger) نظرية تكاثف تتعلق بالمياه الجوفية (٤) فقد كان يتصور ان الهواء الساخن الذي يحمل بخار الماء والذي يتوغل إلى داخل الصخور الباردة يترك جزءا من رطوبته عن طريق التكاثف. وقد اعتقد فولكر في حينه ان هذه نظرية عالمية تنكر احتمال تجمع المياه الجوفية عن طريق ترشح التساقط الجوى فلا ترجع ولاحتى قطرة واحدة من هذا الماء ، في اصله ، إلى مايتساقط من مطر . ومن المعلوم ان نظرية فولكر هذه لم تعزز بمعلومات تجريبية ، كما انها متناقضة إلى حد كبير مع التصورات المتعلقة بمعدل تبادل الهواء بين الغلاف الغازى والطبقات الصخرية العليا غير المشبعة بالماء . وقد اثارت هذه النظرية مناقشات حادة .

ثم اعيد سبك نظرية التكاثف الخاصة بأصل المياه الجوفية وعلى اساس جديد من قبل الباحث الزراعي الروسي اى . لبيديف (A.Labedev) فقد اجرى

(٤) المصدر السابق (4) G. Gorshkov, A. Yakushova; P. 161. Fig. 73, P. 160.

وكذلك لاحظ

في المدة الواقعة بين ١٩٠٧ - ١٩١١ تجاربه المتعلقة بالمحتوى المائي في التربة وحركة هذه المياه في وضعيات مختلفة .

وقد بين ليبديف بان هناك تعادلا في النظام المائي بين الغلاف المائي والغلاف الصخري ، فيتواجد الماء على شكل بخار في الغلاف الغازي وفي الهواء الذي يملأ المسامات في التربة وفي الصخور . وبالنظر للاختلافات الموجودة في مقدار الضغط فان بخار الماء قد يتحرك من الجهات التي يشد فيها ضغطه إلى جهات يقل فيها هذا الضغط . وعندما يتواجد بخار الماء في جهات منخفضة الحرارة في التربة والصخور فانه يبدأ بالتكاثف ويتحول إلى حالة سائلة بواسطة عملية تشبه عملية تكوين الندى (Dew) عند حدوث تغيرات حادة في درجات الحرارة بين الليل والنهار . وقد تؤدي هذه العملية الى تجمع مقادير معينة من المياه في الصخور وتكون مثل هذه الكميات على اهمية كبيرة في الجهات الصحراوية والجافة .

ان تجمع المياه داخل التربة عن طريق التكاثف يفسر في امثلة عديدة كيفية بقاء بعض النباتات نضرة خضراء في فترات جفاف طويلة . ففي مثل هذه الحالات تمتص النباتات مياهاً من الافاق العميقة للتربة لكي تبقى حية نضرة . وتحدث عملية التكاثف في المناطق المعتدلة والرطبة كذلك . الا أنها تكون ذات اهمية قليلة في تغذية المياه الباطنية بالمقارنة مع الدور الذي يقوم به ترشيح المياه الجوفية . ومع ذلك لم يتغاض ليبديف عن اهمية عملية الترشيح في هذا المجال .

وتمثل المياه المتحجرة او المياه الحبيسة (Connate or fossil water) مياهاً قد انحبست في رواسب بحرية ونهرية وبقيت ضمن هذه الرواسب عند تضاغطها وتحولها إلى صخور . وقد قسم جي . كامنسكي (G.Kmensky) المياه الجوفية من اصل بحري الى :

١ - مياه جوفية مترامنة (Syngenetic) فان مياه البحار بما يتواجد فيها من املاح تعمل على اشباع الرواسب المفككة التي تتراكم بصورة مستمرة على

قاع البحر . وعندما استمرت عملية الارساب فان بعضا من هذه المياه تخرج من الرواسب الا أن البعض الآخر يبقى داخل هذه الرواسب . ان مياه الحفريات هذه في الاحواض البحرية تشكل مياهها جوفية مترامنة.

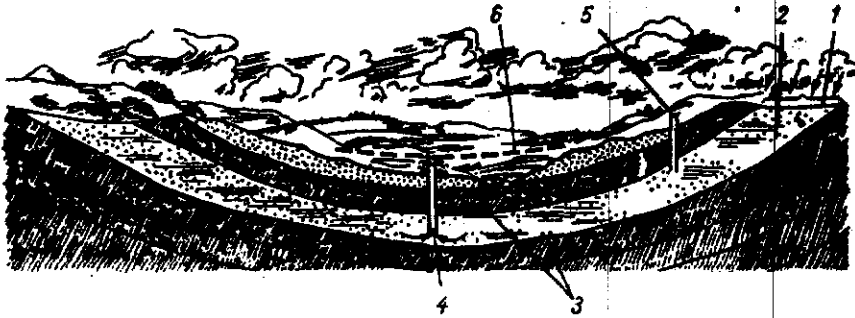
٢ - مياه جوفية منطبعة (Epigenetic Ground Water)

ويشتق هذا المصطلح من الكلمة اليونانية (epi) وتعني بالقرب او مع ، وكلمة (genesis) وتعني اصل . وهذه مياه تدخل من الاحواض البحرية الى داخل صخور كانت قد تكونت في السابق . وتظهر الظروف الملائمة للحفاظ على الخزانات الاصلية من المياه الحبيسة عندما تغطي هذه المياه بطبقة سميكة من الطبقات غير النفاذة ولذلك اطلق عليها اسم مياه الحفريات. وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تتعرض المياه الجوفية البحرية او النهرية او البحرية الاصل الى تغيرات عديدة. فتمتزج في بعض الاحيان مع مياه ذات انواع اخرى من حيث اصلها الى درجة بحيث تحمل مياه الترشح محلها بصورة كلية .

اما فيما يتعلق بالمياه الجوفية الوليدة (Juvenile ground waters) فان مصادر عديدة من المياه الجوفية في جهات بركانية حديثة او معاصرة ذات جبال حديثة تكون حارة وتحتوي على مواد مذابة ومركبات غازية لاتكون مألوفة في الوضعيات السطحية . وفي عام ١٩٠٢ تقدم الجيولوجي النمساوي واى سويس (E. Suess) ، بنظرية المياه الجوفية الوليدة وذلك لكي يشرح اصل تواجدتها . وقد اعتقد انها ربما تكون قد تكونت من المنتجات الغازية التي توجد بكثرة نتيجة لبرودة مادة الماكما. وعندما تصل مثل هذه المياه المتبخرة الى مناطق ذات درجات حرارية اكثر انخفاضاً فانها تبدأ بالتكاثف وتنتقل الى حالة المياه المتقطعة مكونه نوعا جديدا من المياه الجوفية الاصلية .

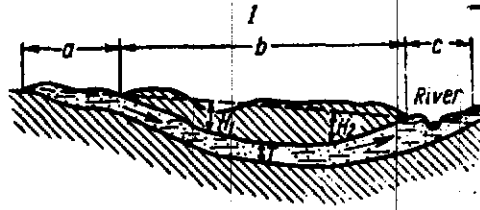
لقد اظهرت الدراسات التفصيلية التي قام بها المتخصصون بعلم المياه السوفيت وفي الاتحاد السوفيتي لبنابيع المياه الحارة قد بينت ان المياه الجوفية الوليدة

لا تتواجد في الاقسام السطحية من القشرة الارضية . فان بخار الماء الذي يتكون من الماكنا في اعماق القشرة الارضية يشبه المركبات الغازية الاخرى اذ يرتفع على طول الشقوق الموجودة في قشرة الارض ثم يختلط مع المياه الجوفية العادية فيصل إلى السطح على هذه الطريقة المختلطة .

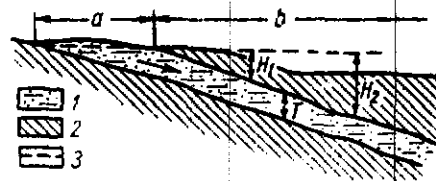


المياه الارتوازية

1. منطقة تغذية المياه الجوفية.
2. خزانات المياه الجوفية
3. صخور صماء غير نفاذة
4. آبار تتحرك فيها المياه
5. آبار لا تتحرك فيها المياه
6. مستوى المياه الجوفية المعتمد على الضغط



- a- منطقة تجمع المياه الجوفية-
- b- منطقة الضغط
- c- منطقة الصرف
- $H_1 - H_2$ البداية أوالمصدر
- T- سمك المنطقة الارتوازية
- 1- خزانات المياه الجوفية
2. صخور غير نفاذة
3. مستوى المياه الجوفية



مقطع عرضي لخوض ارتوازي

A. yakushova; P. 168

المصدر :-

ومن ناحية اخرى قد تتوغل مياه الترشح في ظروف ملائمة إلى اعماق اكبر ، اى إلى المنطقة التي تكون فيها درجات الحرارة عالية ، فتتسخن وتكتسب صفات المياه الباطنية الوليدة .

٦-٥- تصنيف المياه الجوفية

يمكن تصنيف المياه الجوفية إلى انواع عديدة وذلك وفقاً لخصائصها المختلفة مثل :

اصلها - حالات تواجدها - خصائصها الهيدرولوجية - تركيبها الكيماوى - عمرها ... الخ . وتواجد في واقع الامر عدة انواع من هذه التصنيفات . ويحتل تصنيف المياه الجوفية وفقاً لاصلها المرتبة الاولى من بين انواع التصنيف الاخرى . وتوجد ثلاثة انواع من المياه الجوفية وذلك وفقاً لطريقة تواجدها هي مياه فادوز ومياه الضغط الجوفية الوسطى ، وفي حالات معينة يمكن تمييز مياه وسطية عديدة الضغط . فتوجد مياه فادوز بالقرب من سطح قشرة الارض وذلك ضمن منطقة التهوية. فتكون مياه فادوز اقرب الى سطح القشرة الارضية من بقية المياه الجوفية ، اى في الطبقة التي يحدث فيها ترشح المياه الجوفية . وبالإضافة إلى ذلك تكون هذه المياه محدودة في مساحة وجودها فتتجمع في سطوح عدسات صغيرة او تتعاقب من الصخور الصماء وشبه الصماء . ومن مثل ذلك العدسات الصخرية المتواجدة في الرواسب الجليدية المائية وفي الترب المظمورة كترب اللويس التي تشابه الترب المزيجية والعدسات الغضارية (Clayey) في الطمي الرملي ... الخ . ويبلغ سمك مياه فادوز من ٠.٥ إلى ١ متر ومن النادر ان يصل هذا السمك من ٢ - ثلاثة امتار ، كما ان سطحها يكون عرضة لكثير من التذبذبات وذلك ارتباطاً مع

Lobeck; A.K; Geomorphology, op.cit .

لاحظ: وفيما يتعلق

P. 117-118

بتصنيف المياه الجوفية .

التغيرات الفصلية . ويكون سمك مياه فادوز على اشدّه في فصل الربيع . وفي الاوقات التي يشح فيها المطر قد يختفي هذا النوع من المياه تماماً .

المياه الجوفية : وتكون المياه الجوفية واسعة الانتشار . وتشمل هذه على مياه الافق الاول من خزانات المياه الجوفية الدائمة (Aquifer) والتي تتواجد فوق الطبقة الصخرية الصماء العليا . وقد تتجمع هذه المياه في كل من الصخور الهشة المتسلسلة زمنياً او حتى غير ذلك وفي الصخور الصلدة المتكسرة . ونظراً لعدم وجود غطاء عديم المسام فانها سرعان ما تتغذى بالمياه في جميع المنطقة التي تتواجد فيها .

ويطلق على السطح العلوي من المياه الجوفية اسم مستوى المياه الجوفية (Water table) (٥) ويتكون السطح السفلي من طبقة صخرية صماء تمتد تحت المياه الجوفية . ويطلق على الطبقة المشبعة بالماء اسم خزان المياه الجوفية (Aquifer) الاقي المحتوي على المياه الجوفية (Water bearing horizon) ويمثل سمك الاقي الحاوي على المياه الجوفية المسافة الممتدة بين مستوى المياه الجوفية والطبقة الصخرية الصماء .

ولا يوجد للمياه الجوفية مصدر للضغط وراثتها او عند بدايتها ، او عندما تنحس هذه المياه بواسطة الابار والحفر فانها تبقى في المستوى الذي كانت تواجدت فيه صخور او تربة معينتان دون ان يحدث فيها اى ارتفاع . ويجد لمستوى المياه الجوفية اطار شعري تمتليء مساحات هذا الاطار بصورة جزئية بواسطة المياه التي ترتفع عن طريق الشعيرات .

٦ - ٦ - حركة المياه الجوفية (Movement of Ground Waters)

ومن النادر ان يكون مستوى المياه الجوفية افقياً . وفي العادة يتبع هذا المستوى شكل تضاريس السطح فيسيل بشكل واضح باتجاه المنخفضات

(٥) ذكر المصدر سابقاً P. 163. Fig. 74. G, Gorshkov, A. Yakushova;

Ray K. Linsley, JR and others.

P. 122.

لاحظ كذلك

ذكر المصدر سابقاً

ويرجع سبب ذلك إلى ان المياه الجوفية تكون في حركة مستديمه (incassant motion) فان هذه المياه تنتقل بتأثير الجاذبية نحو الاخاديد والانهار والبحار . وغيرها من الجهات المنخفضة بحيث انها تخرج في نهاية الامر على شكل ينابيع (Springs) . ويطلق على الاماكن التي تحدث فيها هذه الظاهرة مناطق صرف او تصريف المياه الجوفية . وتنحرك المياه الجوفية خلال المسامات والشقوق الصغيرة على شكل غشاء رقيق مواز للانهار . ويطلق على مثل هذه الحركة اصطلاح الحركة الصفائحية (Laminar Move) . ويعتمد معدل حركة المياه الجوفية على مدى نفاذية الصخور وعلى درجه ميل مستوى هذه المياه . ويمكن التعبير عن هذه العلاقات بالمعادلة التالية :

تتكون

$$V = K \frac{h}{l}$$

V = سرعة الجريان والحركة
K = معامل ثابت يرمز إلى درجة مسامية او نفاذية صخور معينة
h = الارتفاع النسبي لمستوى المياه من نقطة معينة فوق مستوى الماء الجوفي إلى نقطة اخرى
l = المسافة الواقعة بين النقطتين

وفي العادة يطلق على النسبة الموجودة بين h - مصطلح انحدار المياه الجوفية أو منحدر الضغط ويرمز لذلك بالحرف i . وعند تعويض هذه القيمة تصبح المعادلة .

$$V = ki$$

ويكون معدل حركة المياه الجوفية واطناً نسبياً وذلك عند مقارنته مع حركات المياه في الانهار . فيكون هذا المعدل في الرمال الناعمة المتجانسة من ١ إلى ٥ أمتار في اليوم الواحد ، ويزداد هذا المعدل إلى ١٥ أو ٢٠ متراً في الرمال الخشنة ويرتفع إلى ١٠٠ متر أو أكثر في طبقات الزلط (Shingle Beds) وفي الصخور الجيرية الكثيرة التكسر أو المتعرضة إلى عمليات الكارست .

وفي حالات معينة تصمد المياه الجوفية على ملء التدرجات الموجودة في الطبقات الصخرية الصماء الواقعة تحتها وبهذه الطريقة تؤدي إلى تكوين خزانات من المياه الجوفية تكون لها سطوح أفقية أو قريبة من ذلك. وفي حالات أخرى يمكن ملاحظة تواتر بين خزانات المياه الجوفية والجريان الواضح للمياه الجوفية

٦-٧ - نظام المياه الجوفية (Ground Water regime)

إن نظام المياه الجوفية : مستواها وكميتها ونوعيتها يتغير بمرور الزمن . فالمياه الجوفية تستجيب بشكل واضح للتغيرات التي تحصل في الوضعيات المائية الجوفية فتكون قريب الصلة من النظام المائي الموجود في اليابس . فإن أي تغير في وضعيات تغذيتها بالماء يؤدي إلى اضطراب سريع في نظامها لذلك فإن العوامل المتحكممة في هذا النظام هي الوضعيات المناخية ، وعلى الاختصاصية التساقط . ففي السنوات الرطبة التي يكثر التساقط فيها . يرتفع مستوى المياه الجوفية ، وفي السنوات الجافة ينخفض هذا المستوى بشكل واضح . وفي بعض الحالات تكون التغيرات الحاصلة في مستوى المياه الجوفية فصلية بشكل واضح بحيث تصل إلى بضعة أمتار في السنة الواحدة . وفي خلال مثل هذه التغيرات تشبع بعض الطبقات الصخرية أو تنصرف مياهها بشكل متعاقب وعلى هذا الأساس يمكن تمييز ثلاث مناطق واضحة تمتد بين سطح القشرة الأرضية والطبقات الصخرية الصماء هي : -

(١) منطقة التهوية . (Aeration Zone) وتمتد هذه المنطقة فوق اعلى جزء من مستوى المياه الباطنية : تتكون بعد فترة طويلة في الفصل المطير

(٦) نفس المصدر : P. 165.

Ray K. Linsley JR; and others;

ذكر المصدر سابقاً P. 209.

Sparks, B.W., Geomorphology. op.cit. P. 194. ذلك لاحظ: ذكر المصدر سابقاً

او الرطب ، على انها لا تنشع بالماء مطلقاً ، بل انها تعمل بمثابة مر لمظاهر التساقط التي ترشح او تفور الى مستويات اكثر انخفاضاً .

(ب) المنطقة المتوسطة (Intermediate Zone) وتحتل هذه المنطقة المسافة بين اعلى مستوى المياه الجوفية (بما في ذلك منطقة الارتفاع الشعري) واكثر انخفاضاً والتي تتطابق مع فترات الجفاف .

(ج) منطقة الاشباع التام والدائم (Zone of complete and constant saturation) تقع هذه المنطقة بين اقل مستوى للمياه الجوفية والصخور الصماء الواقع تحت هذه المياه . ويتباين مقدار تدفق الماء من الينابيع كلما تختلف نوعيتها ، كذلك ، عند اي تغير يحصل في مستوى المياه الجوفية .

وبالنظر للاهمية الاقتصادية الواضحة للمياه الجوفية فانها كانت ولا زالت مجالاً واسعاً للدراسات المستقيضة . فعلى سبيل المثال يكون من الضروري عند محاولة حل مشاكل توفير المياه للجهات الكثيفة السكان . معرفة الحد الادنى الذي يصل اليه مستوى المياه الجوفية وذلك بغية ايجاد الابار الارتوازية والحفريات الى هذا المستوى، وإلا فان هذه الوسائل تتعرض الى الجفاف في فصول شحة الامطار . وهناك اعتبارات اخرى تتحكم في اختيار مواقع مختلف المراكز الصناعية . ومن اهم الجوانب في هذا المجال معرفة أعلى مستوى تصل اليه المياه الجوفية بشكل دقيق لما لهذا من اثر واضح على اساس هذه المنشآت وبنيته ومن المجالات الاخرى المهمة في دراسات المياه الجوفية

A. Siline-Bekchonnine ، لاحظ فيما يتعلق بنظام جريان المياه الجوفية ،

Hydrology of Irrigated Lands.

Foreign Languages Publishing House,

Moscow. PP. 55-62.

P. 76 وفيما يتعلق . بحركة المياه الجوفية لاحظ

Lobeck, A. K; Geomorphology; op. cit. fig 116 لاحظ ايضاً :

هي معرفة الاختلافات الحاصلة في نظام المياه الجوفية بمرور الزمن . وتشتمل هذه الدراسات ملاحظة دقيقة تستمر عدة سنوات تتعلق بمستوى المياه الجوفية ودرجة الحرارة للمياه الجوفية وكية التساقط ودرجة حرارة الهواء ، إضافة الى التغيرات الحاصلة في مستوى المياه في الاجسام المائية السطحية كالانهار مثلا والتي تكون ذات صلة وثيقة مع المياه الجوفية .

٦- ٨ المياه الجوفية الوسطى عديمة الضغط (Pressureless Middle Water)

وبالإضافة الى المياه الجوفية يمكن ان نلاحظ في بعض الاحيان وجود مياه سطحية عديمة الضغط وهذه الاخيرة تختلف عن المياه الجوفية في كونها تتواجد محصورة بين طبقتين صامدتين من الصخور الصماء . ولا تتغذى هذه المياه في جميع اجزاء خزان المياه الجوفية بل في ذلك الجزء الذي ينكشف فيه هذا الخزان لسطح الارض .

وفي اغلب الاحيان تتواجد مثل هذه المياه تحت تضاريس تكون شديدة التقطع وتكون اعلى من مستوى القاعدة المحلي للتعرية . ولا تعمل مثل هذه المياه على مليء خزان المياه الجوفية كلياً لذلك فانها لاتلامس الصخور الصماء التي تغطيها من الاعلى كما وانها تتميز بوجود سطح عديم الضغط .

وفي غالب الاحيان تتسع تدفق هذه المياه على شكل ينابيع من سفوح الاخاديد وضيفاف الانهار خصوصاً عندما تكون طبقات الصخور الصماء مائلة وعلى هذا الاساس فان المياه الوسطية انما تعود الى صنف المياه الجارية التي يتحكم فيها عامل الجاذبية اي انها تشبه المياه الجوفية الاعتيادية .

٦- ٩ المياه الارتوازية او مياه الضغط (Artesian or Pressure Waters)

تظهر المياه الارتوازية تحت ظروف بنية معينة . ففي غالب الاحيان تكون

لا حظ ذكر المصدر سابقاً Ray, K. Linsley JR; and others; P. 123-145.

كذلك لاحظ G. Gorshkov, A. Yakushova, op. cit. P. 167-169.

وايضاً Lobeck, A.K., Geomorphology. op. cit. PP 119-120.

محصورة في تكوينات مقعرة والتواءات بسيطة . ففي الحالة الاولى تنحصر خزانات المياه الجوفية بين طبقتين من الصخور الصماء وتنحني على شكل وعاء أو حوض . وفي مثل هذه الوضعية يتغذى هذا الخزان من المياه الجوفية من خلال الانكشافات الموجودة في التكوينات الصخرية . فعندما تدخل المياه في التكوينات الصخرية المسامية فانها تنتقل إلى الاجزاء الوسطى والسفلى من الحوض بحيث أنها تملأ جميع التكوينات الحاوية للماء وتكون تحت ضغط مائي ثابت ، فاذا ما حفرنا الآبار إلى هذا الخزان المائي الجوفي فان المياه الجوفية سوف ترتفع إلى مسافة غير قليلة . وفي البعض الآخر من الآبار التي تقع في جهات تضاريسية أقل ارتفاعاً فان المياه تبدأ بالتدفق على السطح وفي آبار أخرى يقف الماء على عمق معين قبل الوصول إلى سطح الأرض . ويعتمد مستوى الماء في الآبار على مدى ارتفاع منطقة التغذية أو منطقة تجمع المياه (Catchment Area) ويحدد السطح الذي هو بمنطقة التجمع بداية تواجد الماء في هذه المنطقة . ويطلق على هذه البداية اسم مستوى المياه الجوفية (Pizomefric Level) فلا تتمكن المياه الجوفية أن ترتفع فوق هذا المستوى ومن الضروري أن نفرق بين مصطلحي مستوى وضغط بداية المياه الجوفية ففي العادة يعبر عن المياه الجوفية على شكل مرتفعات مطلقة فوق مستوى سطح البحر . في حين يقاس ضغط بداية المياه الجوفية بالامطار ويمثل ارتفاع عمود الماء بين غطاء التكوينات الحاوية للمياه ومستوى المياه الجوفية .

وتقع الانكشافات الموجودة في خزانات المياه الجوفية في عدد من البنات الجيولوجية التي تحتوي على مياه ارتوازية على ارتفاعات بؤرية مختلفة . وفي مثل هذه الحالات تقوم اشد الانكشافات ارتفاعاً بدور مناطق التجمع او مناطق التغذية في حين تتدفق المياه الارتوازية من انكشافات اقل ارتفاعاً على شكل ينابيع (منطقة الضغط الواقعة بين منطقة التجمع او التغذية ومناطق التضاريس اسم منطقة بداية الضغط) (Pressure Head area) .

وقد تكون المياه الجوفية تحت بداية الضغط كذلك في حالة وجود التواء بسيط في الصخور خصوصاً حينما تتعاقب صخور نفاذة مع صخور صماء. فإن الماء الذي يدخل الى داخل الصخور النفاذة قادماً من منطقة او التغذية ، يتحرك بصورة تدريجية نحو الاسفل على طول خط الميل بحيث يصل في آخر الامر الى طبقة من طين (Clay) لا يوجد فيها مشد من اي نوع كان . وعندما تتجمع هذه المياه في التكوينات الحادية للماء تتكون بداية لضغط مائي ورائها . فاذا انجست المياه الجوفية بواسطة بشر من الابار فان بداية الضغط هذه سوف ترتفع المياه الى مستوى ارتفاع منطقة تجمع المياه او منطقة التغذية . كذلك فان من المحتمل ان تتجمع المياه الارتوازية في مناطق الانكسارات التكوينية حيث تتلاقى التكوينات الحاوية للمياه مع صخور صماء متواجدة على مستوى سطح الانكسار .

وعند تعاقب صخور نفاذة مع صخور صماء عديدة المسامات فان مثل هذه التكوينات قد تحتوي على عدد من خزانات المياه الجوفية .

١٠-٦-١ الاحواض الارتوازية (Artesian Basins) .

وهناك بنيات جيولوجية ذات احجام لا بأس بها تحتوي على مياه ضغط ويطلق عليها اسم الاحواض الارتوازية . وفي العادة تحتوي هذه الاحواض على كميات كبيرة من المياه ذات نوعية جيدة منحصرة في مساحات واسعة وتشكل مصدراً للمياه الصالحة للشرب (Potable) والمياه المستخدمة في مجالات الصناعة . وتعتبر المياه الارتوازية ، في عدد من المدن الكبيرة مصدراً رئيسياً لاسالة المياه .

ومن اشهر هذه الاحواض الارتوازية هو حوض منطقة موسكو . الذي يلعب دوراً بارزاً في توفير المياه للمدن والقرى الواقعة في الجزء الاوسط من القسم الاوربي في الاتحاد السوفيتي . ويتحدد وجود المياه الارتوازية في هذه المنطقة في الصخور الـ وصخور الدولومايت العائدة الى العصر

القمحي . ويتراوح سمك رواسب العصر الكاربوني في هذه المنطقة بين ١٥٠ و ٣٢٠ متراً في الجزء الاوسط من منخفض موسكو . ويزداد هذا السمك الى ٢٠٠ متر في القسم الشمالي الشرقي من المنخفض . ويكون الماء عادة من نوعية جيدة ومحصور بشكل واضح في عدد من المواقع بما في ذلك منطقة موسكو على اساس هذه المياه صالحة للشرب والاستعمال المنزلي . وتتواجد مناطق تجمع او تغذية هذه الافاق الصخرية الجارية للمياه في الجهات الغربية والجنوبية.

٦-١١ - الينابيع (Springs)

يعرف الينبوع بأنه المحل او المكان الذي يتدفق الماء منه نحو السطح بصورة طبيعية . وفي كثير من الاحيان تتواجد هذه الينابيع في وديان الانهار وفي الاخاديد وفي المسيلات (Ravines) التي تحفر خلال تكوينات ارضية حادية للماء . وتختلف الينابيع عن بعضها وذلك اعتماداً على بضعة عوامل منها : طبيعة الصخور الحاوية على الماء (كونها مسامية ام كثيرة الشقوق والانكسارات) ومدى انكشاف ضفاف وسفوح النهر او الاخادود وكيفية تواجد الصخور ... الى غير ذلك من العوامل .

وقد يتدفق الماء من هذه الينابيع بشكل هادئ على صورة انهار متفرقة ضمن مساحات متباعدة بشكل مناسب (ويحدث هذا على الاغلب في مناطق الصخور المسامية) عند جهات اتصالها مع تكوينات صخرية صماء عديمة المسام .

على أنها في بعض الاحيان تظهر على شكل نهر منفرد واضح القوة والنشاط (في صخور مسامية كثيرة التشقق والانكسار بشكل خاص) . واخيراً تظهر هذه المياه في بعض الاماكن على شكل تيار شديد منفرد متوجه نحو الاعلى (Upward Jet)

لاحظ كذلك

ذكر المصدر سابقاً

Ray K. Linsley, JR. PP. 133-134.

Lobeck, A.K., Geomorphology, op.cit. PP. 122-123.

وايضاً

فاذا كانت سفوح الوادي النهري او سفوح الاخدود مغطاة مزيجي قليل المسام فان هذا الغطاء لايساعد على تصرف هذه المياه على شكل نهر متجمع المياه ، لذلك تجد هذه المياه منفذاً وطريقاً من تحت هذا الغطاء المزيجي . اما اذا كان هذا الغطاء المزيجي رقيقاً فانه سرعان ما يترطب بفعل المياه الجوفية مشكلاً نزيزاً (Seepage) في مناطق واسعة من السفوح والمنحدرات وسرعان ما تتحول هذه الى جهات مستنقعية .

ان كل نوع من المياه الجوفية (المياه الجوفية ومياه الضغط) له خصائص معينة تميز تدفق الينابيع نحو السطح .

فيطلق على الينابيع التي تغذيها مياه الفادوز والمياه الجوفية - اصطلاحاً ينابيع الجاذبية (Gravity Springs) في حين يطلق على الينابيع التي تغذيها مياه الضغط فقط اصطلاحاً ينابيع (Ascension Springs) وتكون الينابيع التي تتغذى بمياه الفادوز اكثر عرضة للتذبذبات والتغيرات الى حد انها تتلاشى تماماً في بعض الاحيان . وتكون ينابيع الجاذبية اكثر دواماً وبقاء رغم ان جريانها وخصائصها تعتمد الى حد كبير على التغيرات الفصلية في الأوضاع المائية الجوية (Hydrometeorological Conditions) .

ويوجد في عدد من الينابيع كميات لا بأس بها من المياه تعتمد هذه الكمية على مقدار ما تتغذى به هذه الينابيع من المياه وعلى مدى نفاذية الطبقات الصخرية التي تحيط بهذه المياه ، وتتبع اكثر الينابيع غزارة من طبقات صخرية تكون من رمال خشنة وزلط وصخور جيرية شديدة التكسر قد تعرضت لعمليات الكارست . ان ينابيع الكارست التي تكون بداياتها على شكل كهوف وقنوات كارست اخرى تكون في بعض الاماكن غزيرة المياه بحيث تؤدي إلى تكوين جداول او حتى انهار صغيرة . وتنتشر مثل هذه الينابيع في القوقاز ومنطقة لينغراد وفي اماكن اخرى من الاتحاد السوفيتي .

تكون ينابيع الارتفاع اماكن طبيعية لصرف مياه الضغط . وهي تتميز من الناحية النموذجية بوجود مصدر ثابت للضغط المائي إلى حد واضح وجريان

مائي ثابت وتركيب كيميائي ودرجة حرارة ثابتان نوعاً ما . ويتحدد وجودها في العادة في مناطق تضاريس الاحواض الارتوازية كما أنها ترتبط في الغالب مع مناطق الانكسار التكتونية . ان دراسة المياه الجوفية ونظمها امر مهم جداً ، وذلك لان مثل هذه الدراسات تعطي فكرة عن مدى توازن المياه الجوفية في منطقة معينة . ويقصد بتوازن المياه الجوفية كمية هذه المياه في منطقة معينة ومدى تغيرها بمرور الوقت ويعبر عن هذا التوازن بمقدار تغذية هذه المياه الجارية الجوفية ودرجة فقدانها .

ونحدث تغذية المياه الجوفية بالوسائل التالية :

- (أ) ترشح مظاهر التساقط الجوي
 - (ب) تكاثف الابخرة وترشح مياه التكاثف إلى الاعماق
 - (ج) نيز مياه الأنهار والاجسام المائية السطحية إلى باطن الارض .
ويحدث تناقص وفقدان المياه الجوفية عن طريق :
 - (أ) ظهور مصادر المياه الجوفية إلى سطح القشرة الارضية .
 - (ب) تغذية المسطحات المائية المفتوحة بواسطة المياه الجوفية .
 - (ج) تبخر المياه التي ترتفع من خلال الخاصية الشعرية .
 - (د) تبخر المياه الجوفية بواسطة النباتات عن طريق عملية النتح .
 - (هـ) السحب الاصطناعي للمياه الجوفية من قبل الانسان .
- فجميع هذه الامور تؤخذ بنظر الاعتبار وذلك عند تقييم توازن موارد المياه الجوفية .

٦ - ١٢ - المياه المعدنية (Mineral Waters)

تحتوي جميع الموارد المائية على شيء من المركبات المعدنية بشكل او اخر أما عن طريق الاملاح او الغازات اي أنها تحتوي على بعض من المعادن لذلك يمكن ان يقال عن اي ماء طبيعي على انه معدني . وفي غالب الاحيان يستخدم

اصطلاح معدني على المياه التي يتواجد فيها خصائص فيزيائية كيميائية معينة بحيث تكون لها تأثيرات فيزيولوجية معينة على الجسم البشري ، لذلك فقد استخدمت كعامل طبي علاجي . وترجع الخصائص العلاجية في مثل هذه المياه الى عدد من العوامل مثل مجموع محتوي المعدني فيها ومركباتها الغازية وبعض المركبات الخاصة - الحديد - والراديوم - والبروم واليود... الخ والتي تكون بصورة عامة نادرة نسبياً في المياه الجوفية العادية وبالإضافة الى ذلك فان كثيراً من الينابيع المعدنية المشهورة تكون اكثر حرارة ودفئاً من المياه الجوفية الاعتيادية في المنطقة القريبة من السطح .

وعلى اساس درجة الحرارة يمكن تقسيم المياه المعدنية الى :

- (١) باردة (Cold) (تكون حرارتها دون ٢٠°م) .
 - (٢) دافئة (Warm) تتراوح حرارتها بين ٢٠-٣٧°م
 - (٣) حارة (Hot) تتراوح درجة حرارتها بين ٣٧°م و ٤٢°م
 - (٤) شديدة الحرارة (Very Hot) وتزيد درجة الحرارة فيها على ٤٢°م .
- ومن اهم انواع المياه المعدنية المعروفة :

(١) المياه الكربونية (Carbonate waters) وتزداد في هذه المياه يه ثاني اكسيد الكربون .

(٢) المياه الكبريتيدية (Hydrogen sulphide waters)

(٣) المياه الاشعاعية (Radioactive waters) . وتسمى في بعض الاحيان مياه الراديوم .

ان توزيع المياه المعدنية في العالم ليس امراً اعتباطياً . فان البعض من هذه المياه المعدنية ترتبط الى حد كبير باجزاء عميقة في قشرة الارض حيث تستمد من هذه الاجزاء بعض مكوناتها الغازية اضافة الى حرارتها . فمن الملاحظ مثلاً ان الينابيع التي يكثر فيها غاز ثاني اوكسيد الكاربون تميل الى التركز في تواجدها في المناطق التي تتكون من انبثاقات ارضية حديثة . وتشير بعض الآراء

إلى ان الصخور الكربونية (Carbonaceous Rocks) الموجودة في الجهات التي تتلامس فيها هذه الانبثاقات ، او تتحاذى مع بعضها ، تتحول نظرا لوجود درجات حرارة عالية (حوالي ٤٠٠ م) ويصاحب هذا التحول تكون كميات كبيرة من غاز ثاني اوكسيد الكربون وعندما يرتفع هذا الغاز عن طريق الشقوق الموجودة في الصخور فانه يعمل على اشباع المياه الجوفية الموجودة في المناطق العليا من القشرة الارضية .

تتكون المياه الكبريتيدية في الصخور الرسوبية عادة ، خصوصا اذا كانت هذه الصخور غنية بالمواد العضوية. ويتركز وجود المياه الكبريتيدية في المياه الجوفية التي تتواجد في جهات يكثر فيها البترول .

٦-١٣ - الكارست (Karst)

تقوم المياه الجوفية المتحركة بعمل جيولوجي معقد بحيث تجعل من عملية تكوين الكارست والانهيارات الارضية موضوعاً مهماً .

وتعرف عملية تكون اشكال الكارست (Karsting) بأنها غسل الصخور المتكسرة القابلة للذوبان وذلك بفعل المياه الجوفية ومياه القادوز بحيث تنتهي هذه العملية إلى تكوين منخفضات مغلقة فريدة الشكل على سطح اليابس اضافة إلى تكوين مجاري توجد في جهات اعظم من ذلك . لقد اشتق اسم الكارست من هضبة الكارست الواقعة بالقرب من تريستا ، في يوغوسلافيا حيث يتشعب هذا النوع من اشكال السطح وتمت دراستها لأول مرة .

تشمل الصخور القابلة للذوبان الصخور الملحية والجبس والانهيابدر ايسر والصخور الجيرية واللولومايت وصخور المرو ، وتكون عملية تكوين

G. Gorshkov, A; Yatushova, op.cit. PP. 174-175.

كذلك لاحظ :

Loček, A.K; Geomorphology. op.cit. P. 125-127.

وايضاً .

اشكال الكارست في هذه الصخور على اشدّها . وقد سبق ان لاحظنا ان المياه الجوفية تحتوي في اغلب الاحيان على كمية معينة من الاملاح الذائبة والغازات . لذلك فان العامل الفعّال الذي يؤثر في الصخور لايشتمل على مياه نقية من الناحية الكيماوية بل محلول معقد تتغير فيه نسبة تركيز الاملاح بشكل دائم . وتؤثر الاملاح المختلفة وثنائي اوكسيد الكربون المذابان في الماء على درجة استجابة الصخور لعملية الذوبان . فالمياه المشبعة بثنائي اوكسيد الكربون مثلاً تزيد الصخور الجيرية واحجار الدولومايت بشكل يفوق سرعة اذابة الماء النقي لها بمرات عديدة .

وتؤدي التفاعلات الكيماوية المختلفة التي تتعرض لها المياه الجوفية إلى تكوين محاليل طبيعية معقدة اذا صادفت هذه المحاليل صخوراً مفصلية قابلة للذوبان فأنها تؤدي إلى تكوين اشكال كارست مختلفة . فتكون الصخور الكربونية كالحجر الجيري والدولومايت أكثر انتشاراً في الطبيعة من صخور الجبس والملح الصخري .

ويتواجد الصخر الاخير على الاغلب على شكل عدسات منفصلة ومواد لاحمة توجد بين الصخور الطينية . لذلك فقد تمت دراسة اشكال الكارست بصورة دقيقة في الجهات التي يتواجد فيها تكوينات سميكة من الصخور الجيرية وصخور الدولومايت . وتظهر أكثر اشكال الكارست تطوراً في يوغسلافيا وبقية اجزاء سواحل والماسيا والجزء الجنوبي من الاتحاد السوفيتي .

٦- ١٤ - اشكال الكارست السطحية (Surface Karst Forms)

من اشكال الكارست التي تظهر على سطح القشرة الارضية هي المنخفضات التي تشبه الثلم والمجاري والشقوق والحفر . ويتراوح عمق هذه الاشكال بين بضعة سنتيمترات إلى متر واحد ومن النادر ان تزيد على المترين . وفي بعض الاحيان تظهر هذه الاشكال متوازية مع بعضها بصورة تقريبية بحيث

انها تتطابق مع ميل السطح . ويعود اصل هذه الاشكال إلى العمل الازادي للمياه الساقطة من الجو على الصخور المحيطة بالشقوق الموجودة في الكتل الصخرية . ومع ذلك فان الجرف الذي تقوم به المياه الجارية يلعب دوراً في تكوين هذا النوع من الطبوغرافيا . فعندما تنساب المياه إلى داخل الفواصل فأنها تعمل على اذابة ونحت ونقل اجزاء من الحجر الجيري ويؤدي هذا إلى توسع هذه المفاصل (٧) .

وقد تعمل المياه عند تسربها إلى المسامات الدقيقة والشقوق بشكل بطيء ولكن بصورة اكيدة بحيث تحول هذه الصخور إلى شقوق واسعة وانفاق أرضية (Sinks) ويطلق على السطوح التي تنتشر فيها الشلم والبالوعات اسم حقول الكارست (Karst fields) .

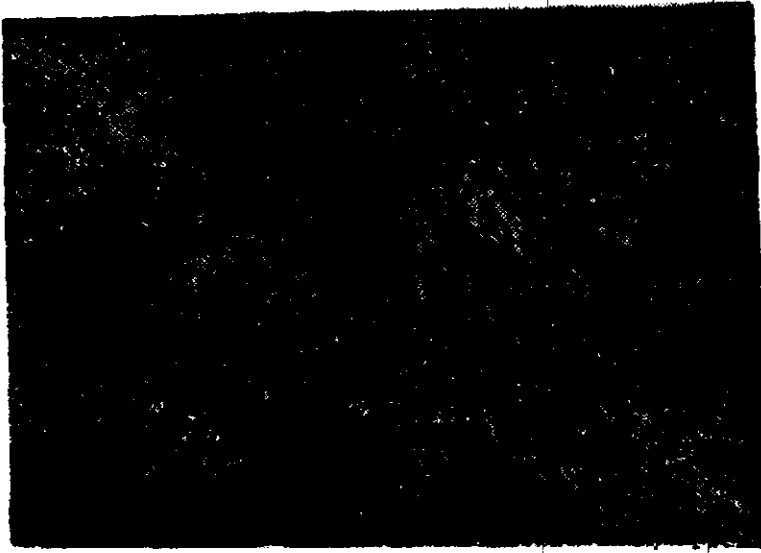
وتعتبر الانفاق الأرضية (Swallo holes) من ابرز المظاهر السطحية لاشكال الكارست . وهي تبدو في الطبيعة على شكل مدخل عمودي يشكل ممراً للمياه الجوية لكي تدخل إلى باطن الارض .

تتكون هذه الحفر في الجهات التي تتكون وتتقاطع فيها المفاصل الرئيسية التي تمتد إلى أعماق كتل الكارست بحيث تدور المياه في داخلها بشكل سهل وميسور . وعندما تتكون الحفر البالوعية في مثل هذه الاماكن فانها تتوغل إلى اعماق وتصبح أكثر عرضاً وسرعان ما تتحول إلى قناة لجمع المياه تعمل على تصريف الماء من سطح الارض .

ومن النادر ان توجد هذه الحفر بشكل منفرد بل انها تكون في الغالب مرتبطة مع الكارست الاخر .

وتتكون كرات ذات ابعاد مختلفة في الجهات التي تنكشف فيها صخور قابلة للذوبان . وتنشأ هذه الكرات نتيجة للعمل الازادي المركز الذي تقوم

(٧) ذكر المصدر سابقاً . G. Gorshkov, A.Yakushova; physical Geol. P. 177, fig. 82.



منخفضات الكارست

به المياه الجوفية، كما انها قد تنشأ كذلك نتيجة لفعل التجوية ، وفي غالب الأحيان يرتبط وجود الكرات مع المفاصل الطباقية (Bedding Joints). وتعتبر الانفاق الأرضية (Sinks) من أكثر أنواع الاشكال المسطحة للكارست وتواجد هذه الظاهرة بأعداد كبيرة من أقاليم مناخية مختلفة على طول سواحل البحر الاسود والبحر المتوسط . وتتخذ في بعض الأحيان شكل القمع الاعتيادي بحيث يكون لها جوانب شديدة الانحدار ، وفي أحيان أخرى يكون لها شكل حوض ضحل او الطبقة الصغير بجوانب معتدلة الانحدار . يتراوح قطر معظم هذه الانفاق الأرضية في الغالب بين ١ م و ٥٠ متر، ومن النادر ان تصل إلى ١٠٠ متر او تزيد على ذلك ، كما انه من النادر ان يزيد عمقها على ١٥ او ٢٠ م. وفي الغالب يوجد في قيعان هذه البالوعات حفر بالوعية تتسرب المياه السطحية من جذورها إلى الاعماق . وفي الجهات التي تسود فيها مظاهر الكارست ، تنتشر الانفاق الأرضية

على جميع السطح فتبدو بشكل ندب مرض الجدري . وقد تتكون البالوعة كذلك نتيجة لانهيار سقف كهف تكون بفعل المياه الجوفية . وتبدو هذه الظاهرة بشكل واضح في الجهات التي تنتشر فيها الصخور جيرية وصخور جبسية وصخور اخرى قابلة للذوبان على ان تكون مثل هذه الصخور مغطاة بسلسلة سميكة من صخور غضارية رملية غير قابلة للذوبان . ففي مثل هذه الجهات تتركز الكارست في العمق حيث يمكن غسل (Leach) عدد من المغارات . وتبقى سقفوف مثل هذه المغارات مده معينة . على ان مثل هذه السقفوف سرعان ماتتهار مكونة حفرأً بالوعية . تكون كبيرة في بعض الاحيان وتكثر مثل هذه الحفر بالوعية في منطقة الاورال .

تمتد حفر الكارست في بعض الاحيان على شكل سلاسل مستقيمة ، الا انها في بعض الاحيان تتخذ شكلاً غير منتظم وبصورة مجاميع . ويعتمد التوزيع المستقيم هذه الظاهرة وعلى الطريقة التي تتوزع بها الشقوق التكتونية الرئيسية حيث تشدد عملية الكارست على طول هذه الشقوق . وتعتبر دارات الكارست (Polje) اشكالا أرضية كبيرة واكثر تعقيداً . وقد تتكون هذه الاشكال بطرق مختلفة منها :

- (أ) توسع وتلاحم عدد من حفر الكارست .
- (ب) او عن طريق انهيار سقفوف عدد من مغاور الكارست الواسعة . وقد تبسط مثل هذه الاشكال في أغلب الاحيان مع العمليات التكتونية . فهي في واقع الامر ذات اصل تكتوني كارستي . ولذلك فان تكونها تتطلب تظافر عمليتين الذوبان والنحت . وتتواجد في قيعان بعض الدارات حفر بالوعية تعمل كمخارج لتصريف المياه (أ) .

Sparks, B.W., Geomorphology.

P, 190, 197, 200.

Lobeck, A.K., Geomorphology.

P.P. 115-133

(أ) ذكر المصدر سابقاً

لاحظ الصفحات

وكذلك لاحظ :

وترتبط عمليات الكارست مع ظاهرة الانهار والبحيرات المؤقتة . وتتواجد الانهار المؤقتة في مناطق مختلفة واقاليم مناخية متباينة . تجري بعض هذه الانهار تحت الارض ثم تظهر في اجزاء خاصة على السطح على شكل ينابيع . ويتباين مستوى الماء في البحيرات المرتبطة بالكارست . وتتواجد عدد كبير من هذه - البحيرات في الاتحاد السوفيتي وفي مقاطعة ينان في الصين .

٦- ١٥- اشكال الكارست الباطنية (Underground Karst Forms)

وبالإضافة الى الاشكال السطحية تؤدي عملية الكارست الى تكوين العديد من المجاري الباطنية (Subterranean channels) العمودية والافقية اضافة الى تكوين الكهوف . وقد درست الظاهرة الاخيرة بشيء كبير من التفصيل . وفي العادة تتواجد هذه الكهوف فوق مستوى المياه الباطنية حيث تكون الظروف ملائمة جداً لتكوينها . وتشكل هذه الكهوف نطاقاً من المجاري الافقية وشبه الافقية وتتفرع وتلتقي بصورة غير منتظمة عن طريق ممرات ضيقة ثم لاتلث ان يزداد عرضها وفي بعض من الحالات تلاحظ جداول وانهار صغيرة وبحيرات في قيعان مثل هذه الكهوف . وتقوم هذه الانهار اضافة الى عملها الكيماوي بعملية الحت الالي . فتتألم في قيعان بعض هذه الكهوف رواسب مفككة مكونة من مفتتات الصخور التي سقطت من السقوف اضافة الى جزيئات صخرية لم تتأثر بعملية الذوبان . وتؤدي المياه السطحية المتسربة الى باطن الارض الى تكوين اشكال خاصة من الحجر الجيري في الكهوف مثل الاعمدة النازلة (Stalactite) والاعمدة الصاعدة (Stalagmite) . وترسب كاربونات الكالسيوم الذي تتكون منه هذه الاعمدة من قطرات المياه التي تنساب خلال المفاصل والشقوق الموجودة في سقف الكهوف . فكل قطرة ماء تحتوي على كمية معينة من كاربونات الكالسيوم تعمل على انشاء مثل هذه الظواهر . (٩)

Sparks, B.W., Ibid. PP. 201-203.

Lobeck, A.K; Geomorphology P.535

(٩) المصدر السابق ،

كل ذلك لاحقاً

٦-١٦ - العلاقة بين كهوف الكارست ومستوى القاعدة للتعرية .

إذا قطع نهر كتلة من الكارست فإن مستوى المياه الباطنية للكارست سوف يرتبط بمستوى الماء الموجود في النهر وإن ارتفاع مستوى المياه في النهر سوف يؤدي إلى رفع مستوى المياه الجوفية في الجهات المحيطة بكتلة الكارست والعكس صحيح . إذ يؤدي انخفاض مستوى المياه في النهر إلى انخفاض مماثل في مستوى المياه الجوفية . وفي العادة تقع نهايات انكحوف على سفوح تتواجد بالقرب من مستوى المياه في النهر . لذلك فإن هناك ارتباط وثيق بين وضعية الكهوف ومستوى القاعدة للتعرية . وتوجد الكهوف في بعض الحالات عدة مستويات يربط كل منها بمدرجات قديمة تقع أعلى السهل الفيضي . إن هذه الحقيقة تشير إلى العوامل العامة التي أدت إلى تغيرات في تطور عمليات الأنهار والكارست . وتشمل هذه العوامل نحو الأعلى أو نحو الأسفل تحدث في قشرة الأرض . ويبدأ النهر عند انخفاض مستوى القاعدة للتعرية بالخفر خلال سهله الفيضي السابق فلا يتركه إلا على شكل مصطبة (Terrace) ومن ثم يحتل وضعية أوطأ ينخفض بعدها مباشرة مستوى مياه الكارست الجوفية حتى يمكن الوصول إلى تعادل جديد بين النهر ومستوى المياه الجوفية . وفي مثل هذه الحالة يصبح الكهف السابق جافاً وبشكل مستوى طابق علوي وينشأ كهف جديد على مستوى أوطأ من الكهف السابق ..

٦ - ١٧ - أقسام الكارست (Karst Divisions) .

يعتمد تطور عمليات الكارست وتجمع مختلف أشكال طبوغرافيا الكارست على الوضعيات المناخية وعلى الطريقة التي تتواجد الصخور فيها ونظام المفاصل في هذه الصخور . وتتواجد أشكال الكارست في نوعين رئيسيين ولكل منها مميزات خاصة بها .

Lobeck, A.K.; Geomorphology
PP. 115-133.

لاحظ :
ذكر المصدر سابقاً

١- نوع البحر المتوسط از النوع المفتوح (Mediterranean or open type).

تتواجد هذه الاشكال في منطقة القرم وفي قوقازيا وفي المنطقة المجاورة للبحر المتوسط . وتتحكم ظاهرة التساقط في تكوين اشكال الكارست في هذه المنطقة الى حد كبير . ويكون التساقط في هذه الجهات على شكل زخات مطر قوية تحمل الرواسب المفككة وبقايا الصخور المذابة التي تتخذ اشكال الكارست . ويكون سطح كتلة الكارست معرضاً دائماً لتأثير العوامل الجوية . وتلاحظ في مثل هذه الجهات سعة في عمليات الكارست كما تظهر فيها مجاميع من اشكال الكارست كالبالوعات والحفر البالوعية والاحواض والندارات والكهوف .

٢- نوع أوروبا الوسطى او النوع المغلق (Mid-European or closed type)

ويوجد هذا النوع من الكارست في مناطق ذات مناخ معتدل الرطوبة ففي الاتحاد السوفيتي مثلاً توجد هذه الظواهر بالقرب من جبال الاورال ، وفي بعض اجزاء سيبيريا . ففي مثل هذه المناطق يكون التساقط اكثر انتظاماً في توزيعه فلا تنجرف الرواسب المفككة فتكون كتل الكارست محضة دائماً من تأثير العوامل الجوية بشكل مباشر . فضلاً عن ذلك فان مناطق واسعة في هذه الجهات مغطاة بطبقات سميكة من الرواسب الجليدية او مايلازمها من رواسب . ففي مثل هذه الحالات تتطور اشكال الكارست تحت غطاء من الرواسب المفككة لذلك فلا تتواجد سوى انواع محددة من هذه الاشكال . فلا يجد المرء في هذه المناطق مثلاً احواضاً للكارست اودارات . على ان من اكثر ظواهر الكارست انتشاراً في هذه الجهات هي البالوعات التي تتواجد في داخلها احياناً حفراً بالوعية ، وفي حالات نادرة قد يجد المرء في مثل هذه الجهات بعض الاخاديد والانهار المؤقتة والبحيرات .

وهناك نوع خاص من الكارست يطلق عليه اسم الكارست الغضاري (Clay Karst) ويوجد هذا النوع من الكارست في صخور غضارية

عملية جبهية حديدية او في صخور مفككة من الطين الجيري ، حيث تلعب عمليات التجوية الميكانيكية دوراً كبيراً بالإضافة الى عملية غسل (Leaching) وتلاحظ في الجهات التي قد تكونت فيها رواسب اللويس (Loess) او رواسب تشابه ذلك اشكال ارضية كارستية نموذجية مثل حفر التدرج (Slump holes) والاحواض المغلقة . وتكثر مثل هذه الاشكال عادة في وضعيات مناخية جافة حيث تحتوي رواسب اللويس والرواسب المشابهة لها على املاح قابلة للذوبان . وتقوم المياه الجوفية المتحركة بعملين متلازمين اذابة المواد الملحية وحملها من جهة ، ومن ثم نقل الرواسب الدقيقة بشكل ميكانيكي ، من ناحية اخرى . يؤدي مثل هذا العمل الى تفكك السطح ، فيسرع هذا في تكوين الحفر التي تعمل بدورها الى تدرج المواد الواقعة فوقها وتكوين انواع مختلفة من حفر التدرج (١٠). ان هذه العملية تختلف بشكل اساسي ، عن عمليات الكارست النموذجية التي تعمل على الصخور الجيرية والجبس وغيرها من الصخور القابلة للذوبان . لذلك فان استعمال مصطلح الكارست في هذه الحالة لا يكون مناسباً تماماً وربما كان مصطلح « داخنة الكارست » (Karst Suffione) اكثر ملائمة لذلك.

٦ - ١٨ - الاهمية العملية للكارست (Practical Importance of Kart)

ان دراسة ظاهرات الكارست له اهمية عملية في حل عدد من المشاكل الاقتصادية . فعلى سبيل المثال اذا لم تؤخذ دراسة مظاهر الكارست عند بناء السكك الحديد بنظر الاعتبار ، فان عمليات من هذا النوع قد تؤدي الى انحراف قواعد هذه السكك بصورة خارجية تدريجية نتيجة للعمليات الاذابة . كذلك يصبح من الضروري عند استخراج الخامات المعدنية من المناجم حساب مقدار المياه المناسبة من شقوق مظاهر الكارست وذلك لتجنب حدوث ظاهرة الفيضان او الغرق . وقد تصبح مجاري الكارست الباطنية ممرات

لضخايع مياه الخزانات المتكونة وراء السدود الاصطناعية . وهذا ما يحدث فعلاً في اسبانيا وفرنسا وإيطاليا ، مثلاً . وبغية تجنب مثل هذه النتائج يصبح من الضروري دراسة ظاهرات الكارست بصورة كلية لكي يصبح بالامكان انتنبؤ وبشكل صحيح من التغيرات المقبلة والتوصل الى وسائل للتحكم في ظاهرة الكارست .

كذلك فان ظاهرة الكارست ودراستها تشكل عاملاً مهماً في حل مشاكل اسالة الماء في المدن الكبرى والمراكز الصناعية .

الباب السابع

دور الرياح في تشكيل سطح الأرض

٧-١- أهمية الرياح كعامل من عوامل التعرية

الرياح هي أهم عامل مناخي يساهم بطريق مباشر في تشكيل سطح الأرض ويكون تأثيره واضحاً بصفة خاصة في الأقاليم الصحراوية وشبه الصحراوية لأن رياح هذه الأقاليم تكون قوية في أغلب الأوقات ولأن سطح أراضيها مكشوفة لا يحميها غطاء نباتي . لذلك فقد أصبحت الرياح مسؤولة عن تكوين كثير من الظواهر الطبوغرافية المنتشرة فيها . ولكن هذا لا يمنع في أن توجد في نفس هذه الأقاليم ظواهر أخرى يرجع إلى تكوينها إلى فعل المياه الجارية أو غيرها من العوامل الأخرى .

ويتضمن دور الرياح في تشكيل سطح الأرض أربع عمليات محددة هي :
 النحت (أو البرد) (Abrasion) والصقل بطريقة الاحتكاك ((Attrition)
 والتذرية والنقل (Deflation) والارساب (Deposition) .
 وعلى الرغم من أن كل عملية من هذه العمليات تختلف في وضعيتها
 عن العمليات الأخرى فإنها جميعاً تؤدي أدوارها في وقت واحد . فعندما
 تقوم الرياح بنحت أو إزالة أجزاء من السطح فإنها تحمل معها المواد الناعمة
 التي تكونت بسبب النحت والتجوية ثم تقوم بترسيبها في أماكن جديدة .
 ومعنى ذلك أن الرياح تقوم بدورين أساسيين أحدهما هو النحت والهدم
 والثاني هو الارساب والبناء وعلى هذا الأساس فإن الأشكال الجيومورفية
 الناتجة عنها تنقسم إلى مجموعتين ، أحدهما ناتجة عن عمليات النحت
 والثانية ناتجة عن عمليات الارساب والبناء (١) .

٢-٧ الرياح كعامل من عوامل النحت

تعتبر هذه العملية واحدة من عمليات الهدم الرئيسية التي تقوم بها الرياح .
 ويختلف تأثيرها من محل إلى آخر على حسب قوة الرياح ومقدار ما تحمله
 من أتربة ورمال ، وذلك لأن هذه المواد وخصوصاً إذا كانت رمالاً خشنة
 هي الأدوات التي تساعد الرياح على برد الصخور . ويختلف تأثير هذه العملية
 في الصخور المتجانسة عنه في الصخور غير المتجانسة . فإذا كانت الصخور
 متجانسة في تركيبها ودرجة صلابتها فإن عملية النحت تؤدي إلى صقلها
 وقد تؤدي في بعض المناطق إلى صقل مساحات كبيرة من سطح الأرض .
 أما إذا كانت الصخور غير متجانسة فإن عملية النحت تؤدي إلى تآكل
 الأجزاء اللينة قبل الأجزاء الصلبة فتأخذ هذه الصخور أشكالاً متباينة حسب
 تركيبها .

(١) دكتور عبد العزيز طريح شرف : الجغرافيا الطبيعية أشكال سطح الأرض .

ذكر المصدر سابقاً . ص . ٢٤١-٢٤٢

وتكون عملية النحت قوية بصفة خاصة على ارتفاع قدم واحد تقريباً من سطح الأرض، فعلى هذا المستوى تكون الرياح قوية ومحتفظة بمعظم حمولتها من الرمال وخصوصاً الرمال الخشنة، وكلما زاد الارتفاع تناقصت الحمولة وتناقص حجم الرمال وتناقصت بالتالي مقدرة الرياح على النحت . أما تحت هذا المستوى فإن احتكاك الرياح بالأرض يقلل من سرعتها ويقلل من قدرتها بالتالي على البرد والنحت، على الرغم من أن حمولتها من الرمال تكون أكبر منها في المستويات الأعلى (٢).

٧-٣ الاشكال الجيومورفية الناتجة عن عمليات النحت

تشمل هذه الاشكال :

أ - السطوح المجمدة :

وهي سطوح صخرية غير متجانسة في أجزائها السطحية ولذلك فإن الرياح تنحت بعض المواضع اسرع من نحتها لمواضع أخرى ويتج عن ذلك أن السطح يبدو كثير التجاعيد والفجوات والثقوب بأشكال مختلفة .

ب - الحمادات :

وهي هضاب صحراوية قليلة الارتفاع تغطي أحياناً مساحات تبلغ مئات الألوف من الأميال المربعة، واهم ما يميزها هو أن سطحها صخري لا تغطيه رواسب مفككة تستحق الذكر ، وذلك لأن الرياح تزيل باستمرار كل ما يتكون فوقها من رمال دائرية ، ولهذا فإن الحمادات تعتبر من أفقر مناطق الصحراء.

ج - المناضد والمسلات الصحراوية :

وهي كتل صخرية استطاعت الرياح أن تنحت أجزاؤها القريبة من سطح الأرض اسرع من نحتها للأجزاء العليا ولذلك فإنها تبدو بشكل مناخذ أو بشكل مسلات ان كانت قليلة السمك .

(٢) الدكتور يوسف عبد المجيد فايد : جغرافية السطح

ذكر المصدر سابقاً . ص ٩٧-٩٨ .

كذلك لاحظ : الدكتور عبد العزيز طريح : المصدر السابق ص ٢٤٣ .

د - اليرداندك او الابراج الصحراوية : (Yardang)

وهي كتل صخرية مكونة من طبقات متباينة الصلابة ولذلك فقد استطاعت الرياح أن تنحت طبقاتها اللينة فظهرت بشكل أحزمة بين الطبقات الصلبة .

ولفظ يارداندك مأخوذ من لغة سكان صحارى وسط اسيا حيث توجد هذه الظاهرة بكثرة .

هـ - الكهوف الجبلية :

وهي كهوف تتكون في جوانب الجبال المكونة من طبقات صخرية متباينة الصلابة حيث تستطيع الرياح أن تنحت الطبقات اللينة اسرع من الطبقات الصلبة . وتتكون الكهوف بصفة خاصة في الجانب المواجه لهبوب الرياح السائدة . وتساعد عملية التجوية والتعرية المائية على توسيعها .

و - المنخفضات الصحراوية :

وهي تشمل معظم المنخفضات والأحواض التي توجد فيها الواحات . ومن الثابت ان الرياح هي العامل الرئيسي في تكوينها وهي توجد غالباً على امتداد خطوط الضعف التي تفصل تكوينات صخرية متباينة الصلابة .

ولكن على الرغم من أن الرياح هي العامل الرئيسي في تكوين المنخفضات الصحراوية فيجب أن لانهمل عامل التجوية وعامل المياه الجارية ، لأنهما يعتبران كذلك عاملين أساسيين مساعدين في تكوين هذه المنخفضات .

٧ - ٤ - الصقل بطريق الاحتكاك (Attrition)

من الحقائق المعروفة أن حبات الرمال وحبات الحصى التي توجد بكثرة في الصحراء تكون في الغالب مصقولة وملساء . والسبب الرئيسي في ذلك هو أن تصادم الرمال التي تحملها الرياح بعضها ببعض يؤدي إلى ازالة ما بها من

زوايا حادة فيصبح سطحها املسا مصقولاً كما أن اندفاع الرمال بين الحصى الذي يوجد على السطح يؤدي كذلك إلى صقل الحصى بإزالة ما به من حافات حادة ولهذا السبب فإن سطحه هو الآخر يكون املسا ومصقولا. وتوجد في بعض الصحاري مثل الصحراء الكبرى مناطق واسعة يتغطى سطحها بطبقة متصلة من الحصى الأملس وأغلبه مستمد من تجوية الصخور النارية. ويطلق على مثل هذه المناطق اسماء مختلفة فهي تشتهر في معظم البلاد العربية باسم مناطق «الرق» أي الحصى الصغير. وتوجد في شرق ليبيا منطقة واسعة من هذا النوع مساحتها حوالي ١٥٠ ألف كيلو متر مربع. ويطلق عليها اسم منطقة السرير وكلمة سرير هي جمع «سريرة» ومعناها «حصوة».

٧-٥- التذرية والتقل بفعل الرياح (Deflation)

المقصود بالتذرية هو رفع المواد المفككة بواسطة الهواء إلى أعلى تمهيداً لنقلها. ومن الواضح أن التذرية تؤدي بالضرورة إلى نقل المواد من اماكنها إلى مسافات صغيرة، ولذلك فإن التذرية والتقل يمكن اعتبارها عموماً عملية واحدة.

وتتوقف الطريقة التي تنتقل بها المواد المفككة بواسطة الرياح على عاملين رئيسيين هما حجم الحبيبات وسرعة الرياح. وهناك ثلاثة طرق لهذا الانتقال هي :

١ - الزحف على السطح Surface creep . وهي الطريقة التي تنتقل بها الحبيبات الكبيرة التي لا تستطيع الرياح أن ترفعها. لذلك فإنها تدفعها امامها على سطح الأرض. وهذه هي الطريقة التي تنتقل بها عادة الرمال الخشنة والحصى وربما تنتقل بها الرمال الناعمة إذا لم تكن الرياح قوية.

٢ - القفز Saltation وهي الطريقة التي تنتقل بها الحبيبات التي تستطيع الرياح أن ترفعها ولكنها لا تستطيع أن تحملها إلى مسافة كبيرة ولذلك فإنها

تسقط بسبب ثقلها . وترتبط هذه الطريقة غالباً بوجود بعض التيارات الهوائية الصاعدة . وقد لوحظ أن ارتفاع الحبيبات يكون أسرع من هبوطها لأن الرياح تعمل على دفعها إلى الأمام أثناء الهبوط فيكون خط سيرها لهذا السبب أشبه بقوس شديد الانحدار في قسمه الأول وبطيئة في قسمه الثاني . وقد تقوم الحبة الواحدة بعدة قفزات متتابة ويساعدها على ذلك اصطدامها بسطح الأرض عند سقوطها خصوصاً إذا اصطدمت بعقبة صغيرة . واقصى ارتفاع أن تقفز اليه الحبيبات بهذه الطريقة متران .

٣ - التعلق Suspension ويقصد به تعلق المواد الناعمة في الهواء لمدة طويلة نسبياً وهذا هو ما يحدث عند انتقال الغبار والأتربة . والمعتاد هو أن لا يزيد قطر الحبيبات التي تنتقل بهذه الطريقة عن ٠.٢ ملليمتر .

وتستطيع الرياح أن تنقل الغبار الناعم لمسافات كبيرة ، وقد يبقى بعضه عالقاً بالجو عدة أشهر ، ومثال ذلك ما يحدث للغبار الذي تطلقه بعض البراكين ، فقد ذكر مثلاً أن الغبار الذي انطلق من بركان كراكاتوا عند ثورانه قد ظل معلقاً بالهواء سنة كاملة وأنه طاف حول الكرة الأرضية كلها . وبغض النظر عن مثل هذه الحالات الشاذة ، فقد استطاعت الرياح فعلاً أن تنقل بهذه الطريقة كميات ضخمة من الأتربة لبضعة آلاف من الكيلومترات . ومن أوضح الأمثلة على ذلك الأتربة التي تكونت منها تربة اللويس Loess التي تغطي مناطق شاسعة في شمال الصين والتي يزيد سمكها على مائة متر . فقد تكونت هذه الأتربة التي نقلتها الرياح من غربي آسيا ووسطها وارسبتها في مناطق أخرى من العالم .

٦-٧ - الارساب الهوائي والظواهرات التي تنتج عنه

من الواضح ان عملية الارساب هي عملية بناء . ومع ذلك فانها لاتعمل منفردة لان دورها يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالعملتين الاخرتين خصوصاً عملية التلذرية والنقل . فكلما كثرت كمية الاتربة والرمال كثرت كمية المواد

التي ترسبها وعظم بالتالي دورها في البناء . والمعتاد هو ان ترسب الرياح حمولتها بالتدرج بحيث ترسب اولا الرمال العشرة ثم الرمال الناعمة ثم الاتربة بينما قد يستمر الغبار الدقيق معلتا بها لمدة طويلة .

ويمثل دور الرياح في الشتاء بأشكال متباينة أهمها :

- ١ - تكوين بعض أنواع التربة الطينية الناعمة مثل تربة اللويس.
 - ٢ - تكوين الكثبان الشاطئية التي نمت على طول كثير من سواحل البحار.
 - ٣ - تكوين الكثبان الصحراوية وغيرها من أشكال التراكبات الرملية التي تغطي مناطق واسعة في مختلف الصحاري. وهذه التراكبات هي في الواقع اهم المظاهر الجيومورفية التي توضح الدور الكبير الذي تقوم به الرياح في تشكيل سطح الأرض.
- ٧-٧ - التراكبات الرملية الصحراوية

ان أهم مظاهر هذه التراكبات هي الكثبان الرملية (Sand Dunes) بمختلف أشكالها وأهمها : الكثبان الهلالية (Crescentic Dunes) وهي التي تشتهر كذلك باسم البراخان (Barkhan) والكثبان الطولية أو السيف (Seifs) وظهور الحيثان (Whalebacks) والظلال الرملية (Sand Shadow) وبحار الرمال (Sand seas).

أ - الكثبان الهلالية : ان كلمة كتيب بمعناها الجيومورفية تعني أي تل رملي له قمة محدودة درجة شديد الانحدار تتزلق عليه الرمال ويعرف باسم « وجه الانزلاق » (Slip face) . وينطبق هذا بصفة خاصة على الكثبان الهلالية .

ويطلق على هذه الكثبان في الكتابات الجيومورفية اسم براخان يتكون البراخان اذا بدأت الرياح السائدة تلقي حمولتها من الرمال في اي موضع من المواضع ولاي سبب من الاسباب . ولا يشترط لذلك وجود اي عقبة بل يكفي ان تحدث فترة هدوء قصيرة في حركة الرياح . وعندما تراكم هذه الرمال المترسبة يتكون منها في اول الامر كومة صغيرة ولكنها لا تلبث ان ننحدر وتتكون لها بالتدرج قمة محدودة تنحدر منها الرمال فوق وجه الانزلاق (Slip face) في الجانب الذي تنصرف اليه الرياح (Leeward side)

ويكون انحدار الكثيب شديداً في هذا الجانب بينما يكون بطيئاً نسبياً في الجانب الآخر المواجه لها (Windward side) وعلى هذا الجانب ترحف الرمال الى اعلى نحو القمة . ونتيجة لرحف الرمال على هذا الجانب وهبوطها على جانب الانزلاق يبدأ الكثيب بالترحف مع الرياح كما يأخذ شكل الهلال الذي يواجهه الرياح بظهره ويمد طرفيه نحو الجهة المقابلة ، ومعنى ذلك ان الامتداد العام للكثيب يكون متعامداً على اتجاه الرياح . تتميز الكثبان الهلالية بأنها تهاجر من اماكنها ببطء شديد مع اتجاه الرياح . وتتراوح سرعة تحركها بين ٨ أو ١٠ أمتار في السنة .

وليس هناك حجم معين للكثبان حيث انها تتباين من مكان الى آخر على حسب توفر الظروف الملائمة لنموها ، واهمها ثبات اتجاه الرياح وتوفر الرمال المفككة فحينما تتوفر هذه الظروف الكثيب المكتمل قد يبلغ ارتفاعه حوالي ٤٠٠ متر وعرضه حوالي مائة متر (٣) .

بـ الكثبان الطولية (السيوف) (Longitudinal Seif Dunes)

ان اهم ما يميز هذه الكثبان عن الكثبان الهلالية ان امتدادها يتفق مع اتجاه الرياح السائدة كما انها تكون اقل تحركاً وانها اطول منها بكثير فقد يصل طول الواحد منها الى بضعة كيلومترات . ولكنها مع ذلك تشبهها فان لها قمة واضحة ودرجة انزلاق واضح كذلك . وكثيراً ما تظهر على امتداد قمة الكثيب سلسلة من القمم التي تفصل بين بعضها وبعض اجزاء اقل منها ارتفاعاً من نوع السروج (Saddles) .

(٣) دكتور محمد ابراهيم فارس ودكتور محمد يوسف حسن :

قواعد الجيولوجيا العامة والتطبيقية .

الطبعة الثانية - ١٩٦٩ . دار النهضة العربية .

وكذلك لاحظ ص ٢٦٩ وما بعدها .

عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية ، ذكر المصدر سابقاً ص ٢٤٩ - ٢٥٠

وما بعدها .

وتتكون الكثبان الطولية غالباً في المناطق التي تتوقف رياحها السائدة من وقت الى آخر وتهب بدلا منها رياح او دوامات اعراضية من الجانبيين ، ففي هذه المناطق تعمل الرياح السائدة على تكوين صفوف من الكثبان الهلالية ولكن الرياح الجانبية تعمل على دفع رمال الطرفين او الاجنحة نحو الداخل وقد تضيف اليها رمالا اخرى من الجانبيين ويترتب على ذلك امتلاء المناطق التي تفصل كثبان كل صف عن بعضها فتتحول هذه الصفوف الى كثبان طولية ، الا ان قسم الكثبان الاصلية تظل بارزة على سطحها .

وبالاضافة الى تكون الكثبان الطولية بهذه الطريقة فانها يمكن ان تتكون كذلك اذا صادفت الرياح المحملة بالرمال عقبة طبيعية او صناعية تعترض طريقها بشكل حائط ، ففي هذه الحالة تلقي الرياح بمعظم حملتها من الرمال على الجانب المحمي للعقبة ويتكون منها تل يأخذ في الاستطالة الى الامام . وتساعد الرياح الجانبية التي تلتف حول طرفي العقبة على زيادة الاستطالة لانها تكنس الرمال نحوه من الجانبيين وتحول في نفس الوقت دون تشتيت رماله

ج - ظهور الحيتان (Whalebacks)

وهي عبارة عن تلال رملية طولية سطحها محدب او مستو . وقد سميت بهذا الاسم لانها تشبه ظهور الحيتان الضخمة . وهي تشبه الكثبان الطولية في انها تمتد في نفس اتجاه هبوب الرياح السائدة ولكنها تختلف عنها في عدم وجود المظهرين الرئيسيين للكثبان وهما القمة المحددة ووجه الانزلاق ، كما انها اكبر منها حجماً . فقد يبلغ طول ظهر الحوت حوالي ١٥٠ كيلو متر ويبلغ عرضه حوالي ثلاثة كيلومترات وارتفاعه حوالي ٥٠ متراً وهي ثابتة في اماكنها بخلاف الكثبان .

د - بحور الرمال (Sand Seas)

يطلق هذا التعبير على مناطق صحراوية شاسعة تغطيها تراكيمات رملية

مختلفة الاشكال . فقد تتمثل فيها جميع الاشكال التي ذكرناها كما توجد فيها مناطق مستوية تكسوها غطاءات رملية سميكة . ومن اشهر بحار الرمال واعظمها اتساعاً في العالم بحر الرمال العظيم الذي يمتد على طول الحدود المصرية الليبية وهو يغطي منطقة تزيد مساحتها على ٧ آلاف كيلومتر . ويطلق عليه في كثير من الاحيان اسم « العرق الكبير » والواقع ان المناطق الرملية الصحراوية عموماً تشتهر في البلاد العربية بأسماء محلية مختلفة من بينها «العرق» و « الرملة » و « الادهان » .

هـ - الظلال الرملية (Sand Shadows)

يطلق هذا التعبير على بعض التراكمات الرملية الصغيرة التي تتكون بنظام معين حول عقبة من العقبات . ويعتبر وجود هذه العقبة شرطاً اساسياً لتكونها . ولا يشترط أن تكون العقبة كبيرة الحجم بل يكفي ان تكون صخرة صغيرة او نبات عشبي . اذ ان وجود مثل هذه العقبة في طريق الرياح يؤدي إلى خلق منطقتين في ظلها هوائهما ساكن، وتكون احدى المنطقتين في الاتجاه الذي تأتي منه الرياح والثانية في الاتجاه الذي تنصرف اليه الرياح . ومن هاتين المنطقتين يبدأ تراكم الرمال ويتكون منهما الكثبان احدهما في مواجهة الرياح ويعرف باسم كتيب الرأس (Head Dune) والثاني في الاتجاه المقابل ويعرف باسم - كتيب الذنب - (Tail Dune) . وفي الجهة المواجهة للرياح يتكون كتيب آخر يعرف باسم الكتيب المتقدم (Advanced Dune) وهو يتكون في منطقة السكون التي تتكون في النقطة التي تبدأ عندها الرياح ، صلة صعودها لاجتياز العقبة .

وبفصل هذا الكتيب عن كتيب الرأس منطقة تنشط فيها الدوامات الهوائية ويخلو سطحها لهذا السبب من الرمال . وفي مرحلة تالية تتكون على جانبي العقبة كثبان اخرى جانبية (Lateral Dunes) وذلك لان بعض الرياح تتوزع على جانبي كتلة الرمال التي تجمعت حول العقبة فتحمل معها بعض الرمال التي تتكون فمنها الكثبان الجانبية ممتدة في نفس اتجاه الرياح .

الباب الثامن

الجليد وإثره في تشكيل سطح الأرض

تقوم الثلجات بعمل هدمي وعمل بنائي في القشرة الأرضية . ويؤدي مثل هذا العمل إلى تغيير تضاريس سطح الأرض وتحريك كميات كبيرة من المشيم الصخري فينتج عن ذلك تراكم كميات كبيرة من الرواسب.

٨-١- خط الثلج الدائم The Snow Line

تتكون معظم الثلجات من تراكم الثلوج ومايعقبها من تغيرات . ويسقط الثلج في مختلف المناطق المناخية ، إلا أنه في الغالب لايبقى لمدة طويلة من الزمن إلا في ظروف خاصة ومعينة . ففي العروض المعتدلة يسقط الثلج ويتراكم في فصل الشتاء فقط ، ثم يتلاشى الثلج كلياً عند حلول فصل الصيف . وفي

العروض العليا وعلى قمم الجبال، حيث تسود درجات حرارة منخفضة،
لا تتوفر فترات دافئة طويلة لاذابة الثلج المتراكم. لذلك فان هذا الثلج
الكم لا يذوب كلياً بل يستمر بالتزايد من سنة إلى أخرى.

ومع ذلك فإن انخفاض درجة الحرارة لا تكفي لوحدها لتكوين حقل دائم
من الثلج، بل يستلزم الأمر سقوط كميات وافية من الثلج (١).

وهكذا فإن تلازم انخفاض درجات الحرارة ووفرة الثلج يعتبر امراً أساسياً
لبقاء غطاء ثلجي دائم وسميك. وتتوفر مثل هذه الشروط في الجهات الباردة
في العروض العليا وعلى جهات معينة المرتفعات.

ومن المعروف أن درجات الحرارة تنخفض لاصورة أفقية - من خط
الاستواء باتجاه القطبين - بل انها تتناقص كذلك بشكل عمودي، ويكون
الانخفاض الأخير أكثر سرعة. فقد ظهر أن درجة الحرارة تنخفض بمقدار
٥,٥ إلى ٦,٦ م° كلما زاد الارتفاع بمقدار ١٠٠ م. وعلى هذا الأساس فإن
الثلج يبقى على ارتفاعات مختلفة في مناطق مختلفة. ويكون تواجده في جهات
شديدة الانخفاض في المناطق القطبية كما تكون جهات تواجده في المدارين
شديدة الارتفاع.

ويطلق على الحد الأدنى للغطاء الثلجي أو على المستوى الذي يبدأ الثلج
دونه بالذوبان في فصل الصيف اسم خط الثلج الدائم، في حين يبقى الثلج
الواقع فوق هذا الخط دون ذوبان. وفي هذه المنطقة يوجد نوع من التعادل
بين كمية الثلوج الساقطة والذائبة. على أن احتمال تكون كتلة من الثلج
دائمة التواجد دون ذوبان لا يتوفر سوى في الجهات الواقعة فوق خط الثلج

G. Gorshkov, A. Yakushova; Physical Geol.
PP. 195-206.

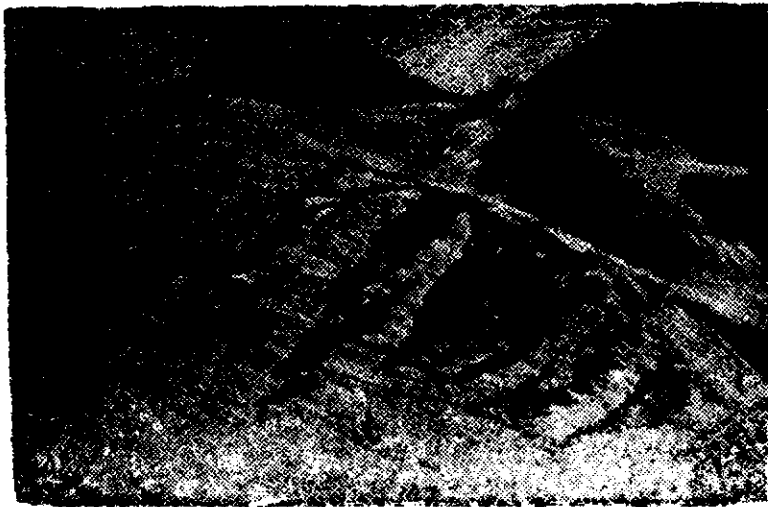
ذكر المصدر سابقاً

(١)

Lobeck, A.K; Geomorphology.
P. 262.

كذلك لاحظ
ذكر المصدر سابقاً، لاحظ،

الدائم ويكون خط الثلج الدائم على أشد انخفاضه في القارة القطبية الجنوبية (Antarctica) حيث يتطابق مع مستوى سطح البحر ، فلا يوجد في هذه الجهات فصل صيف بالمعنى الدقيق إذ تكون درجات الحرارة دون الصفر في الأشهر الدافئة . كذلك يكون خط الثلج الدائم قريباً من مستوى سطح البحر في المناطق القطبية . وكلما اتجهنا من المناطق القطبية نحو خط الاستواء كلما استمرت الزيادة في الارتفاع خط الثلج الدائم بحيث يصل أقصى ارتفاع في جبال الجهات المدارية . وهكذا يصل ارتفاع هذا الخط حوالي ٩٠٠ متر في الجهات الجنوبية من كرينلاند و ١,٥٠٠ م في القسم الجنوبي من الترويج وجنوب السكا و ٢٧٠٠ إلى ٢٨٠٠ متر في جبال الألب و ٢٧٠٠ م إلى ٣٦٠٠ م في القوقاز من ٣٠٠ إلى ٥٥٠٠ م في جبال أواسط آسيا وإلى ٦٠٠٠ م في جبال همالايا ، وإلى حوالي ٦٤٠٠ م في جبال الانديز في أمريكا الجنوبية . (٢)



شقوق على سطح ثلجات

G. Gorshkov, A. Yakushova; Physical Geol.
P. 196.

(٢)

ذكر المصدر سابقاً ، .

وتؤثر في وضعية خط الثلج الدائم عوامل عديدة منها : الاختلافات الموجودة في عوامل المناخ والتضاريس ضمن المنطقة الواحدة والرياح المحملة ببخار الماء ، التي تهب باتجاه الجبال وتفرغ جزءاً كبيراً من حملتها على شكل تساقط . كذلك يختلف ارتفاع خط الثلج الدائم باختلاف موقع السفوح والمنحدرات بالنسبة لاشعة الشمس . فيكون الخط على السفوح المواجهة للجنوب بحيث يصبح الفرق في ارتفاعه بين المنحدرين ٥٠٠ م او اكثر . لذلك فان خط الثلج الدائم لا يبقى ثابتاً بل انه يتغير عند تغير الوضعيات المناخية . فعندما يزداد الغطاء الثلجي يتجه خط الثلج الدائم نحو الاسفل ، وعندما تتناقص كمية الثلوج وتظهر بواذر الدفء في المناخ فان هذا الخط يزحف باتجاه الاعلى ويترأوح هذا التباين بين بضعة امتار وبضعة مئات من الامتار (ويصل هذا التباين حوالي ٧٠٠ م في جبال الانديز في شيلي) . وهناك خط ثلج دائم اخر يسمى بخط الثلج الدائم التضاريسي (Orographic Snow line) ويقع هذا الخط عادة اسفل خط الثلج الدائم الاعتيادي ويمثل الحد الادنى لامتداد احواض ثلجية منفصلة منحصرة في منخفضات مختلفة تتواجد على سفوح تقع في الظل .

٨-٢ تكون الانهار الجليدية او الثلجات . (٣)

يعتمد تراكم كميات كبيرة من الثلوج وتحولها بعد ذلك الى جليد (ice) لاعلى عوامل مناخية فقط بل على عامل التضاريس ايضاً . فتكون الاشكال الارضية الملائمة في الجهات الجبلية ما يظهر على شكل احواض تشبه الحلبات الجليدية (Cirque-like basin) المتواجدة في الاجزاء العليا من المناطق الجبلية ، او الاشكال التي تظهر على صورة قمم قبابية (Dome-shaped Summits) ذات سفوح معتدلة الانحدار وارصفة مستوية (Flat platforms) ، ففي مثل هذه الجهات تتكون الثلجات عادة .

G. Gorshkov, A. Yakushova; P. 197.

(٣)

Sparks, B.W; Geomorphology, PP. 385-391.

وكذلك لاحظ :
ذكر المصدر سابقاً .

وعندما يترك التلج فانه يتعرض الى تغيرات معقدة بفعل اشعة الشمس اولا وبتأثير عملية التصعيد (Sublimation) ثانياً ومن ثم بتأثير - الضغط الناتج عن التراكم كعامل ثالث . وفي فصل الصيف وبتأثير حرارة الشمس يبدأ التلج المفكك بالدوبان على السطح ، وتستدير بعض البلورات الثلجية ثم تتخذ شكل حبيبات (Grains) اثناء الليل . وينساب جزء من ماء التلج الذائب الى التلج المفكك فيعمل على اذابة بلورات ثلجية اخرى تقع الى الاسفل من ذلك . وتكرر هذه العملية بعد كل وجبة من التلج المتساقط . وبهذه الطريقة يتحول التلج المفكك الى كتلة اكثر تماسكاً يطلق عليها اصطلاحاً اسم (الثلج الجليدي Neve) .

ان عملية التصعيد تلعب دوراً كبيراً في تحويل التلج الى ثلج جليدي (٤) . وعملية التصعيد هي عملية تبخير الجليد واعادة تبلور المياه الناتجة من الابخرة المتكونة . ويعتمد ضغط البخار على سطح الجليد على مقدار درجة الحرارة وعلى حجم وشكل البلورات . ففي العادة ينتقل البخار من البلورات الصغيرة الى البلورات الكبيرة ، وبهذه الطريقة يزداد حجم البلورات الكبيرة . وتعمل عملية التصعيد الى اطلاق حرارة تعمل على التحام البلورات المنفصلة الى مجتمعات بلورية اكبر .

وبهذه الطريقة تؤدي عملية التصعيد وبصورة تدريجية الى تحويل التلج الى ثلج جليدي الذي يتحول من بعد ذلك الى جليد خالص .

(٤) دكتور محمد ابراهيم فارس ودكتور محمد يوسف حسن ، قواعد الجيولوجيا العامة التطبيقية ، ذكر المصدر سابقاً . ص ٣٥٨ .

ان مصطلح الثلج الجليدي (Neve) فرنسي يقابل مصطلح (Firn) باللغة الالمانية . انظر : معجم المصطلحات الجغرافية ، الدكتور يوسف توني ، وقد ذكر المصدر سابقاً ، وذلك في الصفحة ١٤١ .

ويلعب الضغط كذلك دوراً مهماً في هذا المجال ، كذلك . فعند توفر جزء جديد من الثلج الجليدي فان الضغط الواقع على الطبقات السفلى في كتلة الثلج الجليدي يزداد باطراد . وينتج عن زيادة الضغط زيادة في التماسك بحيث ينطلق الهواء المحصور بين البلورات نحو الخارج . وعندما يتحول الثلج الى جليد فانه يصبح اكثر تماسكاً . فان كل متر مكعب واحد من الجليد في واقع الامر من قرابة ١٠ او ١١ متر مكعب من الثلج . ويكون الجليد المتكون بهذه الطريقة قابلة على الحركة يشكل مايسمى بالثلاجة او النهر الجليدي (Glacier) شأنه في ذلك شأن بقية الاجسام الصلبة ، فيصبح الجليد جسماً لدينا في ظروف معينة ومن ثم يبدأ بالحركة .

وتعتمد درجة لدونة الجليد على درجة الحرارة والضغط . وتكون الطبقات الدنيا من الجليد تحت ضغط عظيم بسبب الطبقات الواقعة فوقها لذلك تكون اكثر لدونة من غيرها وتبدأ بالانسياب حالما تسمح التضاريس بذلك (٥) . وهكذا تكون الثلاجة او النهر الجليدي جسماً طبيعياً متحركاً ذو ابعاد واسعة مركباً من جليد بلوري تكون على سطح الارض نتيجة تراكم وتحول مظاهر التساقط الصلبة .

G. Gorshkov, A. Yakushova; P. 198.

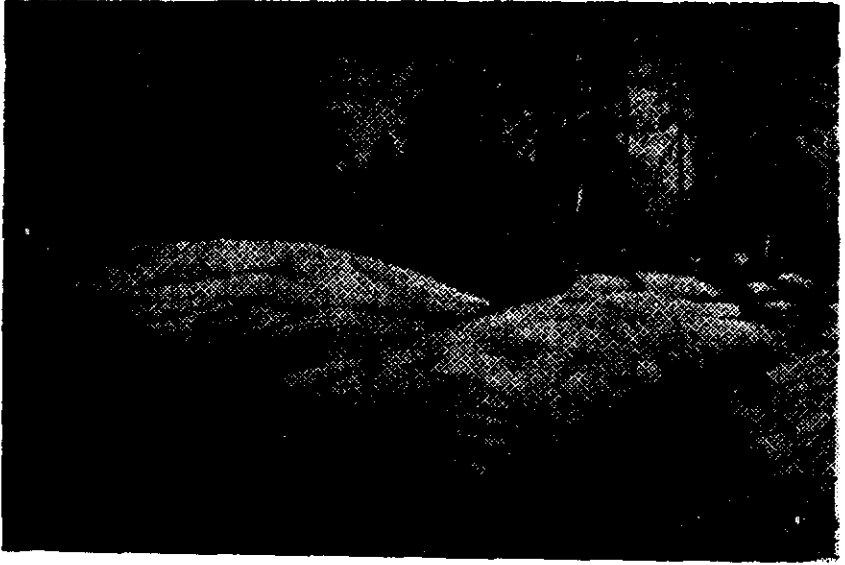
I obeck, A.K , Geomorphology.

P. 261.

(٥) ذكر المصدر سابقاً .

وكذلك لاحظ :

ذكر المصدر سابقاً .



صورة تمثل صخور ظهر الحمل

لقد تكونت هذه الصخور من التأثير الشديد للزحف الجليدي على الصخور الأصلية بحيث أدت إلى صقلها وإزالة بعض أجزائها الرخوة في حين بدت الأجزاء الصلبة منها على هذا الشكل.

المصدر : Yakushova;P. 209

٨-٣- أنواع الانهار الجليدية المعاصرة وتوزيعها الجغرافي :

تغطي الثلجات في الوقت الحاضر مايقارب ١٦,٣ مليون كيلو متو مربع أو مايعادل أكثر من ١٠٪ من مجموع مساحة الأراضي اليابسة . ويذكر الأستاذ كاليسينيك (Kalesnik) بأنها موزعة على الشكل التالي :

المساحة كم ^٢	المنطقة
٢,١٠٠,٠٠٠	المناطق القطبية
١٠٠,٠٠٠	المناطق المعتدلة في نصف الكرة الشمالي
١٠٠	المناطق المدارية
٢١,٠٠٠	المناطق المعتدلة ونصف الكرة الجنوبي
١٤,١٠٠,٠٠٠ (٦)	المناطق القطبية الجنوبية

ويتضح من هذا الجدول بأن الجهات المغطاة بالجليد تكون على اوسعها في الجهات القطبية وخاصة في الجهات القطبية الجنوبية .

ويمكن تصنيف الأنهار الجليدية أو الثلجات وفقاً لمرحلة تكونها وعلى أساس العلاقة بين تغذيتها وتلاشيها ، إلى ثلاثة أصناف :

١ - ثلجات الجبال أو الوديان (Mountain or valley glaciers)

٢ - الغطاءات الجليدية القارية (Continental ice sheets)

٣ - الثلجات المتوسطة أو الثلجات الاسكندنافية :

(Intermediate or secundinavian glaciers)

ويقصد بثلجات الجبال أو الوديان نفس الاصطلاح الذي أورده الأستاذ لوبيك (Lobeck) عند تسميتها بالثلجات الالبية (Alpine Glaciers) . وينحصر وجود مثل هذه الثلجات في علو الجبال الحديثة التي أدت الحركات التكتونية الألبية إلى تكوينها . ويمكن تمييز أنواع مختلفة من هذه الثلجات وذلك وفقاً لمرحلة تكوينها . وسوف نتعرض الآن إلى أكثر أنواع ثلجات الوادي اتساعاً وانتشاراً في جبال الألب وهمالايا والقوقاز والتي تعرضت إلى كثير من الدراسات التفصيلية.

تتميز ثلاثيات الوادي بصورة عامة بوجود حوض واضح من الثلج الجليدي يتجمع الثلج فيه ومن ثم يتحول إلى ثلج جليدي أو جليد .

هذا إضافة إلى وجود منطقة اضمحلال أو تلاشي خاصة بها (٧) .

وتقع منطقة تغذية مثل هذه الثلاثيات في جهات أعلى من الجهة التي يتواجد فيها خط الثلج الدائم وذلك في أحواض ومنخفضات قد انخفضت (Incised) في الكتل الجبلية وتحيط بها سلاسل وقمم مرتفعة . ومن مثل هذه المحلات يتقدم الجليد بشكل بطيء في حركة خطية (Linear motion) . وبين وديان ذات سفوح شديدة الانحدار فتبدو في الطبيعة على شكل ألسنة بارزة وفي هذه الجهات تظهر علاقة وثيقة بين حوض الثلج الجليدي وهذه الألسنة الجليدية فكلما زاد الجليد في الحوض زاد طول لسان أو بروز النهر الجليدي (Glacier tongue) داخل الوادي الجليدي وتكون النسبة بين منطقتي تغذية الثلاثية وتلاشيها أو ذوبانها هي ٣ إلى ١ .

ويمكن تقسيم ثلاثية الوادي ، اعتماداً على خصائص بنيتها الذاتية ، إلى ثلاثيات بسيطة (Simple) وثلاثيات معقدة (Complex) . وتكون الثلاثيات الأولى معزولة وتشمل على أنسياب منفرد دون أن يكون لها أي روافد . وتتواجد مثل هذه الثلاثيات في جبال الألب وفي جبال القوقاز . اما بالنسبة للثلاثيات المعقدة فانها تتكون من عدة ثلاثيات متلاحمة (Goalescing Glaciers) بحيث يكون نمطها (Pattern) مشابهاً لنمط نهر

Lobeck, A.K, Geomorphology. P.261

(٧) ذكر المصدر سابقاً

G. Gorshkov, A., Yakushova, Physical Geol. P.200

وكذلك

وكذلك لاحظ ، الدكتور محمد إبراهيم فارس ودكتور محمد يوسف حسن ، قواعد الجيومورفولوجيا العامة والتطبيقية . ذكر المصدر سابقاً . ص ٣٥٨ .
وكذلك : الدكتور وفيق الخشاب : أسس الجيومورفولوجيا ترجمة كتاب ثورنبري ؛ الجزء الثاني ، الفصل الرابع عشر ص ٥٧ وما بعدها .

ذي روافد متعددة . وتتواجد مثل هذه الثلجات كذلك في جبال الالب مثل
 ثلاجة التش (Aleisch glacier) ، كما تكون مثل هذه الثلجات مظهراً سائداً
 في جبال القوقاز . ومن بين الثلجات المعقدة الثلجات التي لاتتملاً الوديان
 العرضية (Transverse valleys) بل الوديان الطولية (Longitudinal valleys)
 ايضاً التي تفصل بين سلسلتين جبليتين . تتكون مثل هذه الثلجات عندما
 يكون الرحف الجليدي قوياً بشكل مناسب . ففي مثل هذه الحالة تمتلأ الوديان
 الطولية بالجليد وسرعان ماتنتهي إلى هذه الوديان وديان اخرى مستعرضة .
 ويكون للوديان الاخيرة ، عادة ، روافد اصغر منها . لذلك فقط أطلق
 على هذا النمط من الثلجات اسم الثلجات المتفرعة (Dendritic Glaciers) .
 وتكثر مثل هذه الثلجات ، في الغالب ، في جبال الهمالايا وفي الاتحاد
 السوفيتي (٨) .

وفي بعض الاحيان يلتحم حقل ثلجي يقع على سفحين متعاكسين من سلسلة جبلية ،
 ونتيجة لذلك تتغذى ثلجتين من حوض واحد . وفي مثل هذه الحالة يطلق
 على هذه الثلجات اسم الثلجات المتفرعة (Diffluent or through Glaciers)
 وبالإضافة إلى هذين النوعين السابقين من ثلجات الوادي المعروفة يمكن
 تمييز نوعين آخرين - بسهولة - هما : الثلاجة الجبلية (Corrie)
 والثلجات المعلقة (Hanging Glaciers) (٩) وتكون هذه في العادة

G. Gorshkov, A. Yakushova; P, 20.

(٨) ذكر المصدر سابقاً

(٩) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً

لاحظ صفحة ١٨٩

G. Gorshkov, A. Yakushova, P. 20.

كذلك لاحظ ،

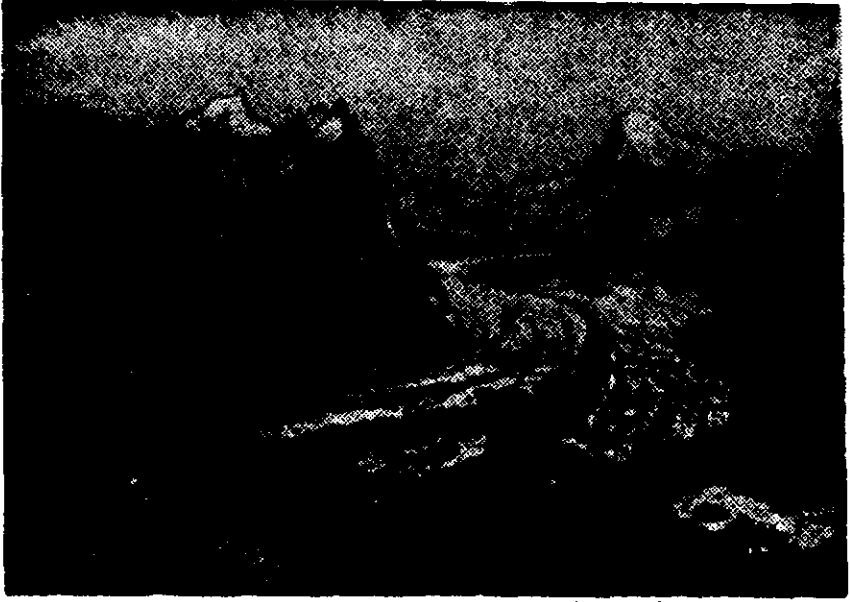
Sparks, B.W., Geomorphology. PP. 259-360

وكذلك لاحظ، ذكر المصدر سابقاً

كذلك لاحظ 394 - 393

Lobeck, A.K., PP, 74, 299, 323.

ذكر المصدر سابقاً ،



ثلاجة وادي

وتبدو في الصورة هذه

1. مناطق تفتية الثلاجة

2. جهات تلاشي الثلاجة

A. Yakushova, P. 200

المصدر :

صغيرة ومنعزلة وليست مكتملة التكوين . وتتكون الثلاجات الحليية في منخفضات تشبه حذاء الفرس (Horse Shoe depressions) قد انحفرت في سفوح جبلية شديدة الانحدار تتواجد في غالب الاحيان على سفوح الحلبات الجليدية او وديان الحلبات الجليدية .

تتميز هذه في غالب الاحيان بوجود سمك رقيق من الجليد لذلك فانها تفتقر إلى الانسياب في غالب الاحيان

اما الثلاجات المعلقة (Hanging glaciers) فانها تكون محصورة في منخفضات تقع في اعالي جبال شديدة الانحدار وتخرج من هذه المنخفضات على شكل السنة قصيرة وسرعان ما تنكسر على حافة هذه المنخفضات وتتدحرج نحو الاسفل.

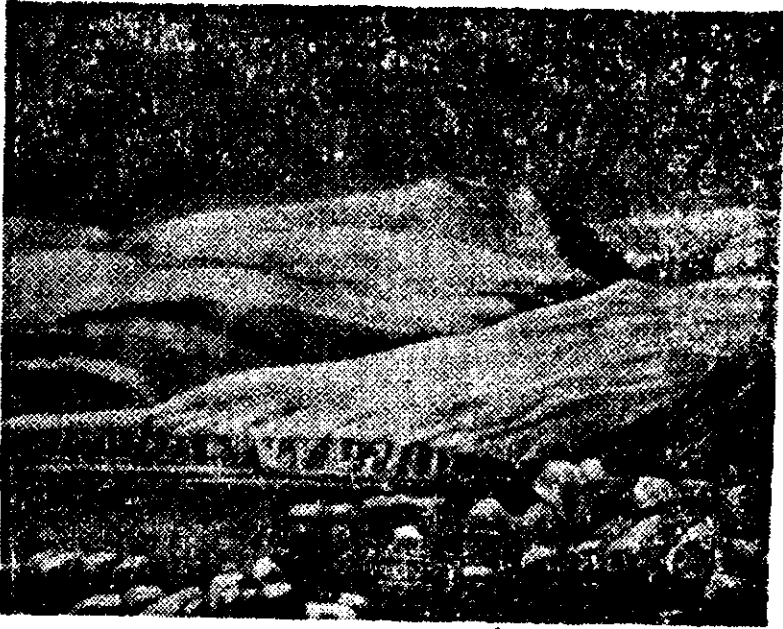
٨ - ٤ الغطاءات الجليدية القارية

توجد مثل هذه الغطاءات الجليدية في القارات والجزر . ويمكن تمييزها عن الانهار الجليدية الجبلية بالخصائص التالية :

- (١) عظم سمك الجليد .
- (٢) عدم وجود تأثير للتضاريس التي كانت موجودة قبل الزحف الجليدي خصوصاً فيما يتعلق بتوزيع هذه الغطاءات .
- (٣) وجود نوع من التطابق والتماثل بين مناطق التغذية ومناطق التلاشي لهذه الغطاءات .
- (٤) الانسياب الاشعاعي لهذه الغطاءات باتجاه حافاتهما .

(٥) يكون سطح الثلاثات عادة مقعراً بحيث يشابه الدرع إلى حد كبير . ويكثر انتشار الغطاءات الجليدية في المناطق القطبية . ومن الامثلة المألوفة على ذلك هي الدروع الجليدية في كرينلاند والقارة القطبية الجنوبية . ففي جزيرة كرينلاند يغطي الجليد جميع انحاء الجزيرة (فيغطي الجليد حوالي ١٨٠٧ مليون كم^٢ من مجموع مساحة الجزيرة البالغ حوالي ٢ مليون كم^٢) ويكون سمك الغطاء الجليدي في قسمة الاوسط حوالي ٢٤٠٠ م ويتناقص هذا السمك عند حافات الغطاء بحيث يبرز فوق الجليد قمم الجبال والجروف . ويطلق الاسكيمو على هذه الظاهرة اسم (القمم المنفردة) (Nunataks) على ان الغطاء الجليدي في جزيرة كرينلاند لا يصل إلى البحر الا ان هذا الغطاء يتحرك خلال ممرات جبلية معينة فيؤدي ذلك إلى تكوين عدد من الثلاثات الجبلية الكبيرة ، وتصل هذه الثلاثات إلى البحر ومن ثم تنكسر مكونة عدداً من الجبال العائمة (Icebergs) .

ويتباين ارتفاع خط الثلج الدائم في الجزيرة ويذكر الأستاذ اس . كالسنك



صورة تمثل ثلاجة لوحية

وهذه ثلاجات تكثر بشكل خاص في شمال بعض القارات وتتميز بسمك الجليد فيها وتحرك الجليد فيها بشكل اشعاعي كما يكون سطحها مقوساً على الأغلب .

A. Yakushova, P. 203.

المصدر : -

(S.Kalesnik) بان هذا الخط يتناقص من الجنوب إلى الشمال من حيث الارتفاع . (١٠)

ويعتبر الغطاء الجليدي الموجود في القارة القطبية الجنوبية من أكبر الثلاجات القارية الحديثة (أكثر من ١٣ مليون كم ٢) . وفي الأونة الأخيرة تم جمع كميات وافرة من المعلومات عن وضعية الجليد في القارة القطبية الجنوبية

Sparks, B.W., Geomorphology.
PP. 378, 443.

(١٠) ذكر المصدر سابقاً

كذلك لاحظ ، الدكتور وفيق الخشاب ، اسس الجيومورفولوجيا ، ترجمة كتاب تورنبري ، الجزء الثاني ، الفصل السادس عشر ص ١٠١ .

وقد ساهم العلماء الروس بقسط وافر من هذه الدراسة ، وتشير مثل هذه الدراسات إلى أن سمك الجليد يزيد في الواقع على ٤٠٠٠ قدم. أما خط الثلج الدائم فإنه يكون في مستوى سطح البحر - وتعتبر بعض الثلجات خط الساحل وتنتشر في المحيط على شكل كتل واسعة من الأرضة الجليدية (Shelf ice) إلا أنها تكون مرتبطة بالجليد القاري من إحدى ناحيتها ، رغم أنها تكون طافية . وفي بعض الأحيان يفصل عن هذه الأرضة الجليدية جبال جليدية عائمة يطلق عليها اسم الكتل الهضابية العائمة (Tabular ice bergs)

٨ - ٥ - الثلجات المتوسطة أو الاسكندنافية

يشتمل هذا النوع من الثلجات على ثلجات الهضاب والغطاءات الجليدية وثلجات البيدمونت (Piedmont glaciers) .

قد توجد ثلجات الهضاب على السطوح المستوية المتواجدة عند قمم الجبال القديمة حيث يوجد غطاء من الجليد يمتد مسافة مئات من الكيلومترات المربعة .

ويتحرك الجليد عادة من المركز باتجاه الحافات لذلك فإن مثل هذه الثلجات تظهر في الوديان النهرية . وتنساب على شكل جريان منعزل منفرد . لذلك توجد في ثلجات الهضاب مجموعة خصائص الثلجات القارية وثلجات الوادي . تنتشر مثل هذه الثلجات في جبال اسكندنافية (النرويج) ومن امثلة هذه الثلجات ثلج جستيڨال (Justedahl) في جنوب النرويج (حوالي ٩٤٣ كم^٢) تتكون من غطاء جليدي رئيسي تبلغ مساحته حوالي ٦٤٠ كم^٢ وبضعة غطاءات ثانوية أخرى . وتتفرع من هذه الثلجة عشرات من الثلجات على شكل السنة قصيرة تسير خلال مايتواجد من الوديان .

تتكون ثلجات البيدمونت في جبال عالية الوعورة التي تسقط عليها كميات كبيرة من الثلوج . ونظراً لوفرة الثلوج التي تسقط على أحواض الثلج الجليدي فإن ثلجات الوادي تظهر في وديان البيدمونت حيث تظهر على

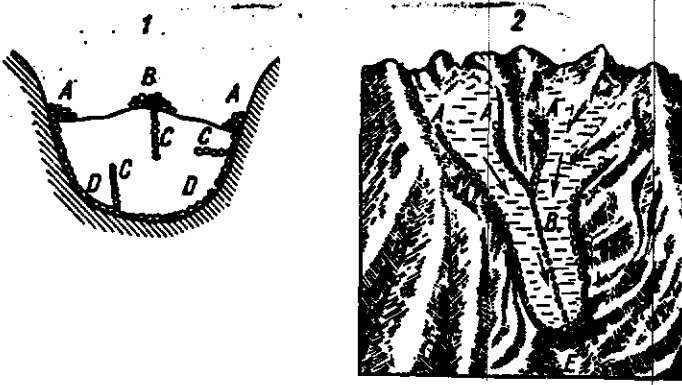
شكل وتتشعب بحيث تظهر بمظهر الدلتا النهرية . وسرعان ما تلتحم هذه الأجزاء من نهايات الوديان مع بعضها البعض مكونة غطاء جليدياً صلباً يمتد عند قدمات الجبال ، ويطلق على هذا الغطاء اسم ثلجات البيدمونت .
يتنشر وجود مثل هذه الثلجات على ساحل المحيط الهادي في شبه جزيرة السكا حيث تتواجد سلاسل جبلية وعرة حديثة يصل ارتفاعها إلى ٥٠٠٠ أو ٦٠٠٠ قدم ، إضافة إلى عوامل مناخية تمثل وضعيات ملائمة جداً لحدوث الزحف الجليدي (١١) .

ومن أبرز الأمثلة على هذه الثلجات هي ثلجة مالاسبينا (Malaspina) في السكا بالقرب من خليج ياكوتات . تغطي هذه الثلجات منطقة تبلغ مساحتها حوالي ٣,٨٠٠ كم^٢ تكونت نتيجة التحام جهات عدد من الوديان الجليدية تمتد من الجبال حتى تصل إلى البحر .

٨-٦- معالم سطح الانهار الجليدية (الثلجات)

تؤدي حركة الجليد إلى تكوين الشقوق (Crevasses) على سطحه ، وذلك لأن الحركة تحدث فوق نتوءات كثيرة تحفزت على حدوث الانكسار والشقوق في كتلة الجليد . ومن العوامل التي تساعد على حدوث الشقوق ما يوجد من تباين في المقطع العرضي للوادي الذي تتحرك الثلجة فيه ، أي ما يوجد في الوادي من تضايق وتوسع . فعند خروج الثلجة من محل ضيق إلى جزء أوسع فإن هذه الثلجة تنتشر بحيث تتخذ شكل هذا الجزء الواسع من الوادي ويؤدي مثل هذا الانتشار إلى تكوين الشقوق الطولية (Longitudinal Crevasses) . خاصة في الأجزاء العليا من الثلجة التي تفتقر إلى اللدونة نظراً لانخفاض درجات الحرارة .

ومن العوامل الأخرى التي تساعد على تكوين الشقوق على سطح الثلجة وجود التتواتر والبروزات فوق قاع مجرى الثلجة . فعندما تتحرك فوق هذه التتواتر أو الانحدارات الشديدة المتواجدة في الوادي يتعرض الجليد إلى



وضعية الركامات في مقطع عرضي لنهر جليدي

1. وضعية الركامات في مقطع عرضي للثلاجة
2. وضعية الركامات على سطح مستوي للثلاجة
 - A. ركامات جانبية
 - B. ركامات وسطية
 - C. ركامات ضمن الجليد
 - D. ركامات قاعدية - أرضية
 - E. ركامات نهائية

A. Yakushova, P. 213

المصدر :

الضغط والشدتين . وتكوين الشقوق المتكونة بهذه الطريقة شقوقاً مستعرضة (Transvers crevasses) (١٢) .

أما العامل الثالث الذي يؤثر في تكوين الشقوق فإنه يتمثل في التباين الموجود في سرعة الحركة وانسياب الجليد في وسط الثلاجة وحافاتهما وقد تكثر هذه الشقوق في سطح الثلاجة إلى درجة يتعذر منها عبور الثلاجة .

١٢ ذكر المصدر سابقاً : Gorshkov, A. Yakushova, Physical Geolo. P. 208.

Sparks, B.W., Geomorphology.

PP. 417-418.

كذلك لاحظ ،
ذكر المصدر سابقاً

وتؤدي أشعة الشمس إلى ذوبان الجليد ومن ثم إلى زيادة اتساع هذه الشقوق .
ويصل عمق هذه الشقوق إلى ٥٠ م وقد يزداد في بعض الأحيان فيصل إلى ٢٥٠ م .

٨-٧ العمل الهدمي للثلجات (١٣)

تشتمل الاعمال التي تقوم بها الثلجة على الهدم والنقل والارساب .
فتقوم الثلجة اثناء حركتها فوق السطح بعمل هدمي كبير وعلى الاخص
عندما يكون سمك الجليد كبيراً ويكون الضغط على الارض الواقعة تحت
الجليد عظيماً . ويتوقف العمل الهدمي للجليد الى حد كبير على كمية الهشيم
الصخري الذي ينحصر في الثلجة اثناء حركتها .

فتعمل الثلجة التي يكثر فيها الهشيم الصخري صقل ونحت وحفر الغلاف
الصخري الواقع تحتها . فتؤدي ذرات الكوارتز وحبيبات الرمل والصخور
الخشنة الى تكوين مايشبه الندب على سطح الارض . ويطلق عليها اسم الندب
الجليدية (Glacial Scars) .

وفي العادة يتراوح طول هذه الندب بين متر واحد وعدة امتار في حين
يصل عرضها الى بضعة ستمترات ومن النادر ان يتجاوز عمقها بضعة ملليمترات .
وتسير هذه الندب في بعض الحالات بشكل متواز لبعضها البعض ويدل
اتجاهها في العادة على اتجاه حركة الجليد في منطقة معينة . وفي حالات اخرى
تتقاطع هذه الندب وتدل هذه الحالة على تغير في اتجاه حركة الجليد .

وتصادف الثلجات اثناء حركتها صخوراً ومرتفعات قليلة وفراش
صخري وحينئذ تعمل هذه الثلجات على صقل واستدارة وحك هذه الاشياء
وتؤدي هذه العمليات الى تكوين اشكالا خاصة يطلق عليها اسم صخور

(١٣) ذكر المصدر سابقاً . Sparks, B. W; Geomorphology. PP.401-404, 467-468.

كذلك لاحظ: الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً لاحظ
صفحة ٣٦٤ .

وكذلك لاحظ : دكتور محمد ابراهيم فارس ودكتور محمد يوسف حسن ، قواعد الجيولوجيا
العامه والتطبيقية ، ذكر المصدر سابقاً ص ٣٥٩ .

ظهر الغم (Sheep Back Rock) . وتكون هذه الصخور غير منتظمة بشكل طولي فتكون واجهتها المقابلة للجهة التي تحرك الجليد منها ملساء معتدلة الانحدار في حين تكون الجهة العاكسة شديدة الانحدار قليلة التأثير بعملية الصقل الذي يقوم به الجليد وتشكل مجموعة من هذه الاشكال التي تكونها الصخور كتلا صخرية ومنخفضات يطلق عليها اصطلاحاً اسم الصخور الغنمية (Roche Moutonnee) . وقد تعمل مثل هذه الاشكال على تكوين جزر صغيرة كما هي الحال في بعض الجزر الفنلندية التي غمرتها مياه البحر .

ويتغير مظهر المفتات والكتل الصخرية الموجودة في الجليد وذلك اثناء حركته اذ تنصل الكتل الصخرية وتستدير في شكلها وتصبح ملساء تكثر فيها الشقوق ويطلق عليها اسم الكتل الصخرية الجليدية (Glacial Boulders) وتظهر مجموعة من الاشكال الارضية في المناطق الجبلية تكون من حيث الاصل مرتبطة بشكل وثيق مع العمل التحاتي الذي يقوم به الجليد والثلج وتشمل هذه الاشكال : الحلبات الجليدية الصغيرة (Corries) . والحلبات الجليدية الكبيرة (Glacier Cirques) والاخاديد الجليدية (Glacier troughs) . تشمل الحلبات الجليدية الصغيرة منخفضات تشبه المعلقة في شكلها تتواجد على سفوح الجبال تنشأ فيها ثلاجات صغيرة تسمى الثلاجات الحليية . تحيط بهذه المنخفضات حيطان شديدة الانحدار من جهات ثلاثة في حين يفتح الجانب الرابع نحو وادي يتواجد في رصيف شديد الانحدار (Steep Ledge) ، ومن المحتمل جداً ان تكون هذه المنخفضات الصغيرة قد تكونت بفعل الثلج او الجليد بشكل متكرر ، هذا اضافة الى تأثير التجوية الفيزيائية . (١٤)

(١٤) لاحظ المصدر السابق ص ١٨٩

Sparks, B. W; PP. 317, 467-468.

كذلك لاحظ ، ذكر المصدر سابقاً

Lobeck, A.K., PP. 262-264.

وكذلك لاحظ ، ذكر المصدر سابقاً

260, 265.

اما الحلقات الجليدية الكبيرة (Cirques) فانها تشبه الوعاء في شكلها (Bowl Shaped Basin) تبدو على شكل مدرج يشغل الاجزاء العليا من الوديان الجبلية التي عمات التلاجات على زيادة عرضها . كذلك تكون هذه الحلقات محاطة بحيطان عمودية شديدة الانحدار الا انها تكون مفتوحة من ناحية واحدة بحيث تتصل بالوادي المجاور - بشكل تدريجي . وتكون هذه الحلقات المصدر الرئيسي لتكوين الانهار الجليدية ويعزى السبب في تكوين هذه الحلقات الجليدية الى عمليات عديدة منها :

(١) تأثير الانهار الجليدية ذاتها .

(٢) تأثير عملية التجوية .

(٣) تأثير المياه المتخلفة عن عملية الذوبان .

وتلعب الشقوق الحدية دوراً فعالاً في زيادة عرض الحلبة الجليدية وبهذه الطريقة تتراجع حوايط الحلبة بصورة تدريجية فتزداد منطقة الحلبة اتساعاً . اما الاخاديد الجليدية فانها تنشأ عادة عند ظهور الانهار الجليدية من حقل الثلج الجليدي وانحدارها الى الوديان التحتانية التي حفرتها الانهار المائية في فترة سابقة فتؤثر فيها هذه الانهار الجليدية مجدداً . يكون شكل هذه الوديان في أصلها على شكل حرف (V) اللاتيني في غالب الاحيان ، الا ان فعل الجليد المستمر يؤدي إلى زيادة عمقها وزيادة عرضها بحيث تظهر على شكل خنادق تتخذ مظهر حرف (U) اللاتيني . ويكون الجزء العلوي من الاخادود تحتياً ومفتوحاً ، تحده سفوح معتدلة الانحدار بحيث يتراوح انحدارها بين ٤٠ و ٤٥ درجة . اما الاجزاء الدنيا منه فتحيط به سفوح شديدة الانحدار . وتظهر بعض المدرجات او الارصفة على جانبي الاخادود في الجزء العلوي من الوادي . ويطلق على هذه المدرجات اسم اكتاف الاخادود (Trough Shoulders) .

وعند التمعن في المقطع الطولي للوديان الاخادودية تظهر فيه بعض الصفات الخاصة ، مثل عدم انتظام قيعانها بشكل واضح اضافة إلى تواجد مدرجات

عرضية (Transverse steps) يطلق عليها اسم الحواجز الصخرية (Riegels) (١٥). ويعزى السبب في تكوين مثل هذه الحواجز إلى وجود تباين في مدى مقاومة الصخور التي يتكون منها قاع الوادي وإلى تباين سمك الجليد في اجزاء الوادي .

٨-٨- النقل والارساب الجليديان

وتنقل الانهار الجليدية اثناء حركتها كميات كبيرة من المواد الصخرية المفتة تتراوح من الذرات الصغيرة إلى الكتل الكبيرة التي تكونت من الفعل السفلي والعادي للجليد اضافة إلى عمل التجوية والعمل الفيزياوي للانهار الجليدية تشكل هذه المواد جميعها المادة التي يحملها الجليد ، ويطلق عليه اصطلاحاً اسم الركام (Miraine) .

ويمكن تمييز انواع مختلفة من الركامات . فيكون بعضها متحركاً مع كتلة الجليد في حين يترسب البعض الاخر نتيجة لذوبان الجليد في النهر الجليدي . لذلك كان بالامكان تقسيم الركامات إلى ركامات متحركة وركامات مترسبة .

٨-٩- اما فيما يتعلق بالركامات المتحركة ، فان بالامكان تمييز بضعة انواع من الركامات المتحركة في كل نهر جليدي جبلي وذلك اعتماداً على وضعية النهر الجليدي ذاته . وتمثل الركامات السطحية الجانبية امتدادات طويلة من الرواسب

$\left. \begin{array}{l} \text{ركامات جانبية} \\ \text{ركامات وسطية (١٦)} \end{array} \right\}$	ركامات سطحية	$\left. \begin{array}{l} \text{الركامات المتحركة} \end{array} \right\}$
	ركامات داخلية	
	ركامات تحتية	

(١٥) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً ، لاحظ صفحة ١٧٤ .

(١٦) ذكر المصدر سابقاً ، G. Gorshkov, A. Yakushova; PP. 213-218.

كذلك لاحظ ، ذكر المصدر سابقاً Lobeck, A.K; PP. 272, 303-305.

وكذلك لاحظ الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً لاحظ صفحته ١٩٨ .

تتواجد على جوانب الالسنه الجليديه . وتتكون هذه الرواسب عادة من مفتتات الصخور تكونت نتيجة تجوية سفوح الوديان الشديده الانحدار والواقعة الى الاعلى من النهر الجليدي . وقد يضاف الى هذه الركامات في بعض الاحيان رواسب جلبتها الانهار التي تجري في وديان جانبية او من زحف التربة على السفوح المجاورة .

وتتكون الركامات السطحية الوسطية باحدى طريقتين فهي اما تنشأ نتيجة اتحاد ركامتين جانبيتين لثلاثتين ملتقيتين ، وحينئذ تتخذ الركام الوسطي شكل الطاقات أو الأخرمة (Ribbons) . ان تواجد الركامات الوسطية يشكل دليلاً على التحام أو اتصال عدة أنهار جليدية وتعقد تركيبها . وقد تتكون الركامات السطحية الوسطية نتيجة لذوبان الركامات الجليدية التحتية أو الأرضية نتيجة للذوبان والتبخر المستمران في سطح النهر الجليدي .

وقد تتجمع الركامات الداخلية في كل من الحقل الثلجي أو في منطقة خرطوم النهر الجليدي . وتكون طريقة تكوين هذه الركامات بسيطة ذلك لأن جميع الرواسب التي تدخل إلى الحقل الثلجي تنطمر باستمرار تحت أجزاء حديثة في الثلج . وبعد فترة معينة سرعان ماتنجراف هذه الرواسب مع الجليد المتحرك بحيث أنها تصل إلى منطقة تلاشي الجليد .

أما الركامات التحتية أو الأرضية فإنها تتكون من رواسب قد تجمدت ضمن هيكل النهر الجليدي . وتشتمل هذه الركامات على مفتتات صخرية جاءت في (١) تجوية سبقت الزحف الجليدي (Preglacial Weathering) و(٢) وتجوية تحتية (Subglacial Weathering) و(٣) انهدام قاع النهر الجليدي بفعل الجليد المتحرك . وعندما يتحرك النهر الجليدي من الحقل الثلجي فإنه يجرف معه هذه الرواسب ويزيد عليها أثناء الطريق .

وتعتبر الركامات الداخلية والركامات التحتية من أبرز خصائص الأنهار الجليدية من النوع القاري . ولا تظهر الركامات الجانبية سوى في الأجزاء الحافية من الغطاءات الجليدية حيث يسير الجليد حول الجبال المنفردة التي تعترض طريقه .

٨ - ١٠ - الركامات المترسبة (Deposited Moraines)

يكون تراكم الرواسب على أشدة في الوقت الذي تبدأ فيه الثلجة بالتراجع أي أثناء تعرضها للذوبان . وتبقى جميع أنواع الركامات التي ذكرت في السابق على سطح قاع الثلجة وذلك بعد اكتمال عملية الذوبان . ويمكن تقسيم الركامات المترسبة إلى ركامات نهائية (Terminal Moraines) ورواسب قاعدية (Basal Moraines) .

فتتحرك الثلجات بصورة مستمرة من الحقل الثلجي نحو الحافات وهي بذلك تحمل كميات كبيرة من المواد المفتتة . وينوب الجليد في مقدمة الثلجة أو اللسان الجليدي فتتراكم جميع الرواسب التي كانت تحملها الثلجة عند الحافة وعندما يبقى خرطوم الثلجة ثابتاً مدة طويلة من الزمن فإن جميع الحافات التي تنشأ من المواد المفككة حينئذ يطلق عليها اسم الركامات النهائية وتتكون عادة في مقدمة الثلجة . وتسهم جميع أنواع الركامات المتحركة - السطحية والداخلية والتهتية في عملية ترسيب الركامات النهائية .

وتعكس حافات الركامات النهائية التي تحيط بالأنهار الجليدية شكل مقدمة النهر الجليدي . فبالنسبة للأنهار الجليدية الجبلية تكون هذه الحافات مقوسة (Arcuate) مع وجود تحديات مختلفة في القوس كما يتراوح ارتفاعها بين ٣٠ و ٤٠ متراً . أما في حالة الغطاءات الجليدية القارية فإن هذه الركامات النهائية تتبع شكل حافة الغطاء الجليدي كما قد تكون في بعض الأحيان ذات عرض وارتفاع عظيمين . وفي غالب الأحيان تقطعها مياه الجليد الدائبة التي تجري من تحت النهر الجليدي .

أما للركامات النهائية أهمية كبيرة في تحديد وضعية حركة النهر الجليدي فالركامات النهائية المحدودة بشكل واضح تشكل دليلاً عن وضعية سكون

طويلة الامد في جهة النهر الجليدي كما يشير تعدد الركامات النهائية الى حدوث تراجعات متقطعة للثلاجة . كما ان حدوث تقدم جديد في الثلاجة قد يؤدي الى تبعثر الركامات النهائية التي قد تكونت في وقت مبكر بشكل متكامل او شكل جزئي ثم تتأثر بفعل الجليد مرة ثانية (١٧) .

وتتكون الركامات القاعدية من الركامات التحتية والركامات الداخلية اضافة الى امكانية تكونها من الركامات السطحية التي تتكون على سطح الثلاجة وذلك نتيجة لذوبان الركامات الداخلية لذلك لا يكون في هذه الركامات اي خصائص معينة من حيث الشكل . ويصبح ترسيب الركامات القاعدية ممكناً عندما تتلاشى الثلاجة بصورة نهائية . فعندما يذوب الجليد ويبقى سمكه يهبط الركامات السطحية والركامات الداخلية نحو الاسفل بصورة تدريجية حتى تنتهي في آخر الامر الى قاع الثلاجة وتلتحم مع الركامات التحتية . وتتميز المناطق التي تتكون فيها الركامات القاعدية بوجود مناطق ذات تضاريس مختلفة . ومن الاشكال التضاريسية تضاريس ركامية ملساء ومتعرجة . ويرجع تكون التضاريس المتعرجة الى تراكم مواد الركامات الداخلية بشكل غير متناسق ضمن الثلاجة ويرجع توزيع المطالع الركامية الى طبيعة مواقع الشقوق الجليدية الكبيرة التي تتراكم فيها مختلف انواع الهشيم الصخري .

وفي المناطق الجبلية تستطيل الركامات الجانبية والوسطية عند ذوبان الجليد الى سطح الركامات القاعدية بحيث انها تشكل في غالب الاحيان سلاسل طويلة خلال ما يتواجد من تضاريس . ويطلق على الركامات الجانبية التي ترسب على هذه الشاكلة اسم الركامات الجانبية (Flanks Moraines) . في حين يطلق على الركامات الوسطية التي ترسب على هذه الشاكلة ايضاً اسم الركامات الطولية (Longitudinal Moraines) . ولاتتكون سلاسل طويلة في جهات قد تعرضت الى زحف جليدي قديم وذلك لانها تفتقر

Sparks, B.W; Geomorphology.

(١٧) لاحظ ، ذكر المصدر سابقاً ،

PP. 388, 416, 410, 414.

في العادة الى الركامات الجانية والركامات الوسطية بل يتكون عوضاً عن ذلك بعض المظاهر التضاريسية الاخرى مثل المطالع المتموجة والسهلية .

(Plainor Undulating Swells) وتضاريس المروج الجليدية
(Swale morainic relief) اضافة الى سلسلة من سلاسل الركامات
النهائية المعقدة .

٨-١١ الكتلان الجليدية البيضاء (Drumlins) (١٨)

ينشأ عن ارساب الركامات الجليدية في بعض الاحيان اشكال معينة منتظمة يطلق عليها اسم الكتلان الجليدية البيضاء . وتظهر هذه في العادة على شكل تلال مستطيلة منخفضة يكون محورها الطويل موازياً لاتجاه حركة الجليد . تتكون هذه الكتلان من الطين الكثيف (Clay) والكتل الصخرية يمتد تحتها رصيف من القراش الصخري المصقول . وتقع نواة هذا القراش الصخري اما في وسط الكتيب الجليدي او في احدى نهايتيه .

ويكون الرصيف الصخري في الحالة الاخيرة متكشفاً وبشكل في واقع الامر صخوراً غنية يكون الكتيب الجليدي البيضي امتداداً لها . ويختلف طول الكتيب من بضعة مئات من الامتار الى ١ أو ٢ كيلومتر ويزيد مقدار طولها على عرضها بحوالي مرتين او ثلاث مرات ولو ان هذه النسبة تكون في بعض حالات من واحد الى عشرة مرات . اما ارتفاعها فانه في العادة لايزيد على بضعة امتار . وتكون سفوح الكتب في الغالب معتدلة الانحدار . وتتواجد الكتلان على شكل مجموعات وتغطي مساحات واسعة يطلق عليها اسم حقول الكتلان (Drumlins fields) ويفصل بين كتيب وآخر منخفض صغير . ويبدو ان هذه الكتلان في اصلها هي تكوينات جليدية تحمية تتصل اتصالاً وثيقاً مع امتدادات توجد في القراش الصخري الصلب الموجود في قاع الثلجة .

Lobeck, A.K; Geomorphology.

(١٨) المصدر سابقاً ،

PP. 292, 309, 307.

كذلك الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ذكر المصدر سابقاً لاحظ ص. ٤٧٧ .

وعندما تتحرك الأنهار الجليدية فوق هذه - الامتدادات الصخرية غير المنتظمة فإنها في الواقع تنتقل من سطح معتدل الانحدار الى سفح شديد الانحدار وعندئذ تتكسر الثلجة فتترك ورائها رواسب صخرية فوق امتدادات الصخور التي سبق ذكرها .

تتكون الكثبان الجليدية البيضوية عادة في مناطق تتميز بوجود انهار جليدية سميكة من النوع القاري .

٨-١٢ بنية الركامات (١٩)

تتكون الركامات الجليدية في العادة من مواد صخرية مختلفة كالغضار الناعم والرواسب المزيجة (Loam) والرمال الطينية والحصى والحساء والكتل. ويتراوح قطر هذه الكتل بين بضعة سنتيمترات الى مترين او ثلاثة .

وقد يكون توزيع هذه المواد التي يتكون الكثيب منها متبايناً وذلك اعتماداً على عدد من العوامل . ومن هذه العوامل مدى القرب من مركز الحركة الجليدية ومقدار ما يتواجد في النهر الجليدي في مفتحات صخرية والتركيب الصخري لقاع النهر الجليدي وطول المسافة التي يعطيها الجليد وسلك الجليد ذاته .

٨-١٣ الانهار الجليدية والرواسب الجليدية المائية (Glacia fluvial deposits)

لقد سبق وذكرنا بأن ظاهرتا الذوبان والتبخّر تكونان مستمرتان على سطح الأنهار الجليدية. وكنتيجة لذلك تظهر المياه في الثلجات وتتجمع بشكل خاص في المنخفضات وتعمل على تكوين أنهار تجري بين جوانب الجليد كما تظهر لها شبكة واضحة من الروافد . وتكون هذه الأنهار في بعض الاحيان كبيرة كما ويكون لها طاقة ذاتية واضحة . على ان الطريق الذي تسلكه يكون معقداً للغاية . ففي بعض الاحيان تجري مثل هذه الأنهار في مجاري سطحية تتواجد في الثلجات الانهار في احيان اخرى تتلاشى وتختفي في داخل الشقوق

G. Gorshkov, A. Yakushova ; PP. 217-218.

(١٩) ذكر المصدر سابقاً ،

الكبيرة وتستمر في جريانها خلال انفاق تتواجد ضمن الثلجة ، ومن ثم فإنها تعمل وتصل الى قاع الثلجة فتشكل انهار جليدية تحتية. (Subglacial Streams). وتعمل المياه المتواجدة تحت الجليد على نحت شبكة المجاري تجري خلالها بحيث انها تصل الى حافة الجليد ومن ثم تظهر من تحت هذه الحافة متخذة شكل انهار متعددة مؤقتة او دائمية . وفي بعض الاماكن يمكن ملاحظة نهاية المجاري تحت الجليدية في نهاية الثلجات وتبدو هذه النهايات على شكل كهوف تظهر منها انهار قوية مركزة الجريان . وتعمل جميع هذه الانهار سواء كانت سطحية او متواجدة داخل الجليد او تحته اثناء جريانها على نحت الركامات (٢٠) الجليدية واقتناص مختلف المواد الركامية ونقلها ومن ثم إعادة ترسيبها .

الكتاب التاسع

الأمواج وأثرها في تشكيل سطح الأرض

٩-١ حركة مياه البحار والمحيطات وأنواعها

يمكن تصنيف حركة المياه في البحار والمحيطات على الوجه التالي

١. أمواج تتكون بفعل الرياح عادة .
Waves
٢. ظاهرة المد وذلك بتأثير القمر والشمس .
Tides
٣. التيارات البحرية والمحيطية .
Currents

٤. دوران المياه بشكل بطيء من العروض العليا باتجاه خط الاستواء وبالعكس .
ومن المعلوم ان الأمواج تتكون بفعل الرياح . فتؤدي الرياح الى حركة
جزئيات الماء على السطح ضمن محاور دائري او قريب من الدائري من مستوى

يكون موازياً لاتجاه الرياح . ولا توجد للامواج حركة امامية ملحوظة .
اما ما يترأى من مثل هذه الحركة فانه نتيجة لتغير في الشكل ولا يشمل حركة
الكتل المائية ذاتها . وتنتج عن عدم انتظام حركة الرياح امواج ثانوية على
سطح الامواج الكبيرة ويحدث تداخل وامتزاج بين هاذين النوعين من الامواج
في اي وقت وفي جهة من جهات البحر أو المحيط . وتتكون الامواج في الواقع
من قمم ومنخفضات مطردة وفي الواقع يمكن تمييز العناصر التالية في اي موجة
من الامواج : (أ) طول الموجة (Wave Length) ويعني ذلك البعد بين
قمة منخفض في موجة من الموجات وبين مايمثله في موجة اخرى .

(ب) ارتفاع الموجة ، (Wave Height) وهو البعد العمودي المتواجد بين قمة الموجة
ومنخفضها و(ج) فترة الموجة (The Period of the Wave) ويعتمد
ارتفاع الموجة على قوة الرياح وهو يرتبط كذلك بطول الموجة . وعلى هذا
الاساس يرى الاستاذ في . زنكومنج (V. Zenkovich) ان في قوة رياح
تبلغ ٤ يكون معدل ارتفاع الامواج ٢,١ م ، في حين يبلغ هذا الارتفاع في
قوة رياح مقدارها ١٠ حوالي ١٠,٢ م . ويزداد متوسط طول الموجة وفقاً
لذلك من ٥١م الى ١٩٥ م . (١) وقد تتوغل الموجة فيما وراء مدى الريح التي

(1)G. Grovshkov, A. Yakushova,Physical Geol.

Chap. 10. P. 257 ... et.

Fig, 141, P. 294.

Fig. 142, P. 285.

Fig. 134, P. 275.

عملت على تكوينها بحيث تعمل بمرور الزمن على تكوين مطلقاً بحرياً ارضياً (٢) (Ground Swell) . وعندما تقترب الموجة من الشاطئ تنقص سرعتها ويتناقص طولها : الا انها تصبح اكثر ارتفاعاً وتنب الى الاعلى فوق الشاطئ على شكل ماء خضارب (Surf) .

وتظهر حركة الموجة على أوجها على السطح . ففي البحار القارية تشمل مثل هذه الحركة طبقة تتراوح بين ١٠٠ و ٥٠ م من حيث السمك ، في حين قد يتراوح هذا السمك في الموجات المحيطية بين ١٥٠ و ٢٠٠ م في بعض الاحيان وهناك بعض الدلائل التي تشير الى ان الامواج التي تحدث خلال الزوايا الشديدة على سواحل اسكتلندة مثلاً تعمل على اثاره جزئيات من الرمال تتواجد في اعماق تزيد على ٤٠٠ م . وبالإضافة الى ذلك فان حركة مياه البحر على القاع امر مهم جداً لعملية الارساب وذلك لان المياه تنقل وتعيد توزيع المواد المفتتة التي تصل الى البحر .

ويعزى تكون التيارات البحرية التي تعمل على تحريك كتل كبيرة من المياه الى اسباب متنوعة . فيرجع تكون التيارات الرئيسية في العالم الى عدد من العوامل مثل: الرياح الدائمة (كالرياح التجارية والموسمية) ، كذلك تعزى الى وجود اختلاف في الضغط الجوي بين اجزاء المحيط او البحر واختلاف كثافة المياه التي تعزى بدورها الى عامل درجة الحرارة والملوحة وعوامل اخرى . ومن ابرز الامثلة على هذه التيارات هو تيار الخليج ، وهو تيار دافئ عظيم في النصف الشمالي من المحيط الاطلسي يصل الى المحيط المنجمد

(٢) الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً : لاحظ الصفحات

٢٨٩ - ٢٩٠ .

كذلك لاحظ : G. Grovshkov, A. Yakushova, Op.cit, P. 274-275.

كذلك لاحظ : الدكتور وفيق الخشاب والاساذ عبدالوهاب الدباغ ، اشكال سطح الارض

١٩٦٥ الفصل الخاص بالامواج البحرية ص ٢٩٦ وما بعدها .

الشمالي حيث يطلق عليه في هذه الجهة اسم التيار الاطلسي . وتعمل الرياح الشمالية والشمالية الغربية التي تهب على السواحل الشرقية من القارات الشمالية على تكوين تيارات تتحرك باتجاه جنوبي مثل تيارات كرينلاند ولبرادور في المحيط الاطلسي وتيار كلفورنيا في المحيط الهادي .

وتلعب التيارات البحرية دوراً هاماً في عملية الارساب كما انها تؤثر في توزيع البلاكتون (Plankton) والبنثوس (Benthos) اللذان يؤديان دوراً مهماً في تراكم الرواسب . وتعمل التيارات البحرية في بعض الاحيان على اثاره وسحب الرواسب الناعمة فتبقى الرواسب الخشنة في منطقة الرصيف القاري (Continental Shelf) بعيدة عن تأثير الرياح .

٩-٢ عمل الامواج

تعمل امواج المحيطات دون توقف على اعادة تشكيل سواحل القارات والجزر وقد اظهرت الدراسات المتعددة بان الامواج تنتقل عبر المحيطات وهي اثناء هذا الانتقال تفقد طاقتها بشكل تدريجي الا انها ما ان تصل الى المياه الضحلة حتى يتغير شكل الموجة تغيراً كلياً فتنشأ حركات مائية جديدة بحيث تتخذ هذه الحركات شكل الامواج الزاخرة (Surges) وتكون شديدة القوة كما انها تتخذ شكل تيارات بحرية في استطاعتها اداء اعمال الهدم والنقل الكبيرين .

تقوم الامواج بقليل من عملية التعرية في اوقات الهدوء النسبي او الرياح المعتدلة الهبوب ويغلب على عمل الامواج مظاهر الارساب المشتقة من الرمال والحصى واما في وقت العاصفة حيث تتكون امواج صاخبة حيث تلقي هذه الامواج اطنان كبيرة من الماء على خط الشاطئ وحينئذ تصبح التعرية عملية سريعة المفعول . وتتولى العمليات المستمرة لتكسير صخور الساحل وجرتها اثناء ارتطام الصخور بعضها ببعض الاخر . ثم ترسب المقتات الصخرية حسب الحجم . فالجزيرات الناعمة يتم حملها بعيداً نحو البحر حيث تستقر في النهاية في الجهة العميقة ذات الماء الهادي لتكون طبقات الطين . وتبقى الرمال

والحصى مترسبة على مقربة من الشاطئ لتبنى هذه الشواطئ إضافة الى الحواجز البحرية . (١)

فاذا كان الساحل مكوناً من صخر صلب فان ظاهرة التعرية تسير حينئذ سيراً بطيئاً ، في حين تكون عملية التعرية سريعة جداً في الجهة التي تؤلف المواد الهشة كالركام الجليدي خط الساحل . وتكون قوة الماء وحدها كفيلاً لان تجرف الرواسب والمفتتات المختلفة عن التعرية بحيث قد يتراجع جرف البحر بضع بضعة اقدام ابان عاصفة واحدة .

٩-٣ المصطلحات المتصلة بالبيئة البحرية

يقصد بلفظة ساحل (Shore) الاراضي التي تمتد الى جانب مياه البحر مباشرة وتتشرب بين تلك المياه وبين الجروف المطلة على البحر ، وينقسم الساحل في العادة الى قسمين ، ساحل امامي (Forershire) ويشمل النطاق اليابس الذي تضره مياه البحر في فترة المد وتنحسر عنه في فترة الجزر . اما القسم الثاني فهو الساحل الخلفي (Bachshore) ويشمل النطاق الذي يمتد خلف الساحل الامامي وينحصر بينه وبين الجروف التي تطل على البحر فكأنه بذلك يقع في مستوى اعلى من موجة المد اما سيف البحر (Shore-Line) فيقصد به الخط الذي تلتقي عنده مياه البحر بالارض اليابسة وهو خط متغير اذ يتقدم نحو اليابس في فترة المد ويتقهقر عنه في فترة الجزر . اما لفظ شاطئ (Coast) فانه يدل على الارض التي تمتد خلف الجروف التي تشرف على الساحل وهي ارض تعلو في العادة عن مستوى الساحل ويقصد بسيف الشاطئ (Coastline) الخط الذي يعين الطرف الاعلى للجروف البحرية وهي النهاية التي تقف عندها المنطقة الشاطئية . ويقصد بالجرف (Cliff) الحائط الصخري

W.M. Davis; Gneogra Physical Essays.

(٣) لاحظ :

Dover edition, 1954, W.S.A.

PP, 323, 700, 701, 703.

الذي يشرف على البحر ويفصل بين الشاطئ (وهو الارض العالية) وبين الساحل وهو (الارض المنخفضة) (٤)

٩-٤ التعرية البحرية

ان العامل الرئيسي في التعرية البحرية هي الامواج المنكسرة التي تدفعها الرياح نحو الشاطئ . اما التيارات البحرية فانها ، حسب ما يعتقد الجيولوجيون ، لاتقوم الا بنصيب ضئيل جدا لاتتعدى مهمتها نقل المواد الناعمة والحصي الرفيع الذي كونه الامواج من جهة إلى اخرى . وفي البحار الواسعة لاتأثر مياه البحر بفعل التيارات البحرية الابشياء بسيط جدا. واذا بلغت الامواج منطقة ساحلية ضحلة يقل عمقها عن ارتفاع الموجة تكسرت الامواج واندفعت المياه نحو الشاطئ بقوة هائلة فيكون لها مقدرة كبيرة على النحت والجرف . ويقابل حركة الامواج البحرية نحو الشاطئ حركة مضادة في الطبقات السفلى من الماء تجرف معها نحو البحر كثيرا من المواد المفتتة، وتعد هذه الحركة الاخيرة موازنة للحركة الاولى .

ولاتؤثر الامواج في الشاطئ الا على ارتفاع معين والحد الاعلى الذي لاتتعداه فعلها هو اقصى ما تبلغه مياه الامواج اذا ساقتها رياح شديدة . اما الحد الادنى الذي لاتتقوى الامواج بعده على القيام باى عمل من اعمال التعرية فغير معروف تماماً وهو على كل حال الحد الذي تبقى عنده الرواسب البحرية الدقيقة ثابتة دون ان تهيج ذراتها حركة الامواج . وتوجد ادلة تثبت ان هذا الحد يهبط إلى عمق يتراوح بين مائة قدم وستمائة قدم .

وتوزع الامواج كثيرا من المواد المفتتة التي تحملها فتلقي على الساحل الامامي او بعارة اخرى في المنطقة التي تمتد بين الحد الاعلى لموجة المد

(٤) دكتور محمد متولي : وجه الارض ، مكتبة مصر - القاهرة ص ٢٥٠ ، مابعدا . كذلك

لاحظ شكل ٧٢ ص ٢٥٠ .

وكذلك لاحظ الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً :

الصفحات ٢١١ ، ٢٦١ ، ٢٨٩ .

والحد الأدنى لموجة الجزر وتركها على شكل نطاقات من المواد الحصوية Shingle او المواد الرملية والطينية .

٩-٥ المظاهر الجيومورفية في الشواطئ الصخرية

تتماز دون غيرها بتعدد الظاهرات الجيومورفولوجية فيها. واهم تلك الظاهرات :

الفجوات الجانبية :

اذا كان الشاطئ الصخري قائماً على شكل جرف عمودي فان امواج البحر ترتطم في صخوره في المنطقة التي تقع بين مستوى موجتي المد والجزر. وينتج عن ذلك التصادم المستمر ان تتآكل جدران الشاطئ وتتهشم صخوره. وتتكون فيه فجوة افقية عند المنطقة التي تتصادم فيها الامواج . وتظهر فوق تلك الفجوة او تنهار في البحر بفعل الجاذبية فيظهر الشاطئ من جديد على شكل جرف قائم . وما تزال الامواج بهذا الجرف الجديد ترتطم به وتآكل صخوره حتى تكون في اسفله فجوة جديدة وهكذا

وعندما يقوى فعل الامواج في الشواطئ الصخرية ويعظم تحطيمها للاجزاء السفلى منها وعندما تعجز الصخور الناشئة من الجروف الشاطئية عن مقاومة قوي الجذب تتقهقر الشواطئ بسرعة ومن خلفها مياه البحر تغمر الاجزاء التي كسبها البحر من المنطقة الشاطئية .

وهذه المناطق التي تضيفها الامواج إلى البحر لاتكون عظيمة العمق في العادة لان اثر الامواج في التعرية لايتعدى عمقا معيناً ، وبالإضافة إلى ذلك فانها تمتاز باستواء السطح لان الامواج البحرية تقطعها من الصخور الشاطئية في مستوى معين . وتعرف هذه المناطق بمدرجات الامواج

الكهوف : Caves

يكثر وجود الكهوف البحرية في الشواطئ الصخرية حيث تكثر المفاصل الراسية في الصخور وحيث يتعرض الشاطئ للزوابع والاعاصير التي تزيد

الامواج قوة . والسبب في تكوين الكهوف ان قوة الامواج هي وما تحمله من حجارة و مواد مفتتة تكون عظيمة الاثر على طول التكوينات اللينة . وكثيرا ماتكون الكهوف من الطول بحيث لاتصل مياه الامواج إلى اطرافها الداخلية وهذه الكهوف يزداد اتساعها بفعل الامواج كذلك .

ومن هذه المظاهر ايضا الاقواس البحرية . فاذا صادف وجود لسان صخرى في المنطقة الشاطئية وكان ذلك اللسان يمتد في عرض البحر بحيث ترتطم الامواج في جانبيه فأن الامواج تساعد على تكوين كهوف بحرية في تلك الجوانب ونظراً لأن الكهوف تتكون على طول المفاصل والشقوق التي تنتشر في الصخور وكثيرا مايقابل كهفان جانبيين من تلك الكهوف وتتكون من مجموعها فتحة في اللسان الصخرى تبدو على شكل باب ضخيم وتعرف امثال تلك الفتحات بالاقواس البحرية . (٥)

٩-٦ التعاريج الساحلية Indentations

اذا كان الساحل متكوناً من صخور ذات صلابة مختلفة فان التعرية المائية تؤثر في التكوينات اللينة الضعيفة بدرجة اعظم مما تؤثر في التكوينات الصخرية الصلبة . فتتآكل التكوينات الاولى وتمتد فيها مياه البحر مكونة خلجانا ومضايق في حين تبقى التكوينات الثانية وتشكل مايشبه اللسان الصخرية التي تمتد الى داخل البحر . ومعنى ذلك ان امثال تلك المناطق الساحلية تتحول بعد حين إلى شواطئ متعرجة كثيرة الروس والخلجان . ومن الملاحظ في مثل هذه السواحل المتعرجة ان خلجانها تكون متباينة من حيث الحجم تبعاً لطبيعة التكوينات الصخرية الموجودة في هذه السواحل وتبعاً لقوة الامواج التي ترتطم بها .

٩-٧ العمل الارسابي للامواج :

عندما تصطدم الامواج بالسواحل فان اندفاع الموجة نحو الساحل لا يكون بقوة واحدة في جميع الجهات فهناك جهات من الساحل تتعرض للامواج

(٥) محمد متولي ، قشرة الارض ، ذكر المصدر سابقاً . ص ٢٥٤ وما بعدها .

أكثر من غيرها وهناك جهات محمية من الساحل تكون الأمواج عندها ضعيفة بحيث لا تقوى على القيام بأي عمل هدمي . وفي الحالة الأخيرة يكون عمل النهر أرسائياً بحتاً . وتعتبر الخلجان الموجودة في السواحل جهاتاً محمية لذلك تظهر فيها مظاهر الأرساب التي تقوم بها الأمواج .

ومن الأعمال الأرسابية الهامة التي تقوم بها الأمواج :

السواحل الحصوية (Shingle Beaches) :

تكثر المفتتات الصخرية على الشواطئ التي يشتد فيها ارتطام الأمواج بالشاطئ . وعندما تراجع مياه الموجة فإنها تأخذ معها كثيراً من هذه المواد المفتتة ثم تعود فتدفعها نحو الشاطئ ثانية فتضرب بها الصخور الموجودة على الشاطئ . وعندما تتكرر هذه العملية ينتج عن ذلك زيادة في المفتتات الصخرية وعندما تشتد الرياح وتقوى إلى درجة الزوابع أو العواصف تشتد قوة الأمواج فتقذف بالكثير من هذه المفتتات الصخرية على الشاطئ وتؤدي إلى تركها في جهات تعلو في العادة عن مستوى البحر وأمواجه عندما يكون البحر هادئاً . وأهم ما يلاحظ في المواد التي تتكون منها هذه الرواسب أنها غليظة في العادة فلا توجد فيها رواسب رفيعة وذلك لأن هذه الأخيرة تنتقل بواسطة الأمواج المترجعة نحو البحر (٦) . ويطلق على السواحل التي تراكم فيها أمثال هذه التكوينات اسم السواحل الحصوية، ويغلب وجودها في الجهات الصخرية من المناطق الساحلية وفي الأطراف الداخلية للخلجان الساحلية إذا كان في هذه الخلجان جوانب صخرية ترتطم بها الأمواج .

السواحل الرملية والسواحل الحاجزة : — فإذا دخلت موجة من الموجات فجوة من الفجوات الساحلية المحمية فإنها تفقد قوتها بصورة تدريجية لذلك تلقي الموجة بحمولتها في قاع الفجوة أو على جوانبها وتكون بذلك السواحل الرملية (Sand Beaches) والسواحل الحاجزة (Barrier Beaches) . تتكون السواحل الرملية من الرواسب الدقيقة ويكون شكلها العام هلالياً،

اما السواحل الحاجزة فانها تظهر على شكل رواسب بحرية تشبه سداً عرضياً يصل ما بين جانبي الخليج ويفصل المنطقة الخليجية عن البحر بحيث تتحول هذه المنطقة الخليجية إلى بحيرة ساحلية (Lagoon) .

ومن مظاهر العمل الارسابي للامواج كذلك تكون الألسنة والخطاطيف، فعندما تمر التيارات الساحلية بأجزاء مقعرة من الساحل فإن التيارات تواصل اندفاعها في الاتجاه الذي كانت تسير فيه وتوزع رؤوسها في المناطق التي تحتازها وتكون لساناً رسوبياً يتصل بالساحل ويمتد في البحر. واذا ألتوى هذا اللسان عند نهايته لاي سبب من الاسباب سمي خطافاً . (٧)

(٧) الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية ، ذكر المصدر سابقاً ، لاحظ ص ٧١ وكذلك ص ٤٢٤ .

كذلك لاحظ: الدكتور محمد متولي، وجه الارض، ذكر المصدر سابقاً، لاحظ ص ٢٦٠ وشكل ٧٧.

الباب العاشر

الانكسارات والإلتواءات وأثرها في تشكيل سطح القشرة الأرضية

- ١٠-١ أنواع الانكسار (Kinds of Fault)
قد يكون الانكسار او التصدع (Fault) الذي يصيب قشرة الارض عمودياً او افقياً ، الا أنه قد يحدث في اى زاوية متوسطة من الزوايا .
ويحدث الانكسار الاعتيادى (Normal Fault) اذا كان مستوى الانكسار عمودياً تقريباً ويكون الجانب المعلق او الجانب العلوي منخفضاً ، وفي هذه الحالة تتكون حافة (Scarp) على سطح الارض ويطلق عليها اسم حافة الانكسار (Fault scarp) .
وفي غالب الاحيان يحدث عدد من الانكسارات في وقت واحد، فتتواجد على شكل منطقة تسمى بمنطقة الانكسار (Fault zone) ويطلق على الحافة المتكونة اثر ذلك اسم الحافة المتدرجة (Stepped scarp). وقد ينقسم الانكسار فيكون منفردا

في جهة من الجهات ومزدوجاً في جهة اخرى، ويؤدي ذلك إلى تكوين الانكسار المتشعب (Fault splinter) الذي قد يكون متعدداً عندما تتواجد عدد من الانكسارات

واذا اندفع الجانب العلوي من الانكسار نحو الاعلى يتكون على اثر ذلك الانكسار المعكوس (Reverse Fault) لذلك فان الجرف الطبوغرافي الذي يتكون لا يطل مباشرة على الجزء السفلي من الانكسار بل ينحرف نحو الخلف وتكون حافة انكسارية ، كذلك تشابه الحافة المتكونة في الانكسار الاعتيادي. واذا مال مستوى الانكسار المعكوس قليلا اطلق عليه حينئذ اسم الانكسار العكسي (Thrust fault) (١) . وقد يصل طول الانكسارات الاعتيادية والانكسارات المعكوسة إلى عدة الاف من الاميال او قد تزيد على ذلك . (٢)

وقد تؤدي الانكسارات العمودية الشديدة الانحدار إلى حدوث حركات افقية وعند حدوث مثل هذه الحركات فان تزعزع الكتل المنكسرة لا يزيد على عشرات الاقدام مع وجود انكسارات ذات حركات انكسارية رأسية . وتتخلف كمية الحركة العمودية على طول مستوى الانكسار إلى درجة كبيرة بحيث تتلاشى الانكسارات كلياً في النهاية فبعضها يرتفع إلى الاعلى في حين ينخفض البعض الآخر نحو الاسفل او يميل ، على انه من الشائع في هذه الحالة ان تتحول الكتل الانكسارية إلى التواءات في هذه المرحلة . وتتواجد الانكسارات في الغالب على شكل مجموعات تلتقي مع بعضها نزوايا قائمة مكونة كتلاً مستطيلة .

وتؤثر الدرجة التي تحدث فيها الانكسارات واتجاه حركة الانكسار ومقدار انحدار التكوينات الذي يؤثر في درجة التعرية والتحات التي تحدث بعد عملية الانكسار تؤثر كل هذه على نمط انكشاف الصخور ووضعية المظاهر الطبوغرافية.

(١) الدكتور يوسف توفى : معجم المصطلحات الجغرافية، ذكر المصدر سابقاً .

لاحظ الصفحات ٥٤ - ٥٥

Lobeck, A.K., Geomorphology. op. cit, P. 559. Fig. 558.

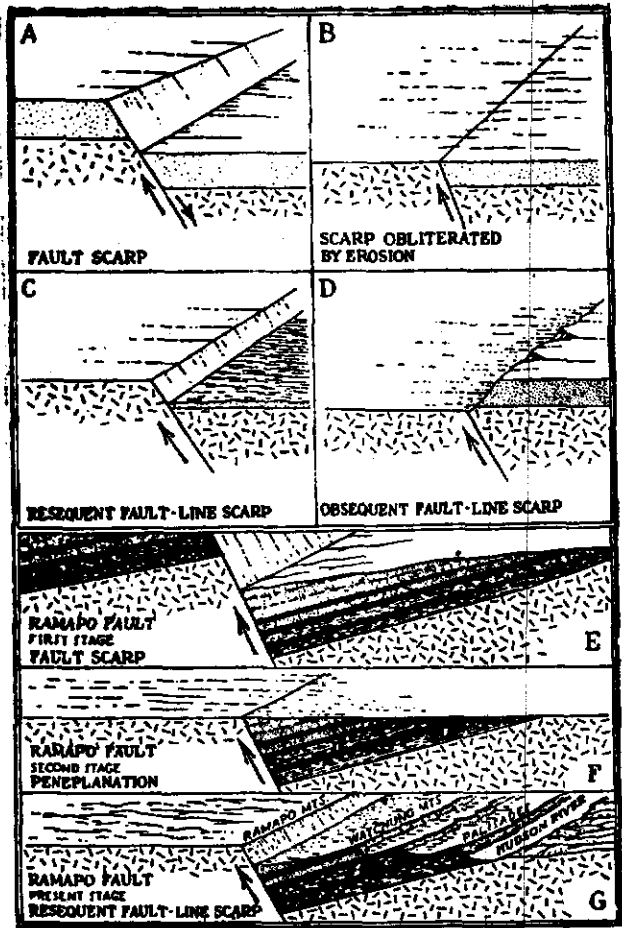
(٢)

١٠-٢ الحافات الانكسارية وحافات خط الانكسار

(Fault Scarps and Fault Line Scarps)

لا يمكن ان يعزى ارتفاع جميع الحافات التي تتكون على طول خط الانكسار إلى درجة الانكسار ذاتها . ومن الا جدر القول ان الوضعية الحالية لمعظم الحافات الموجودة في الطبيعة تعود بشكل واضح إلى عمليات التعرية والتحات ، اما دور الانكسار فانه يظهر في تحديد موقع الحافة فقط . وتحدد كمية ارتفاع الحافة درجة الانكسار وشدته . وعندما تبدأ عمليات التعرية بازالة التكوينات الضعيفة الموجودة على جانب الانكسار فان هذه العملية تؤدي إلى تجديد الحافة ويصبح من الواضح ان هذا التجديد في الحافة انما يرجع إلى عمليات التحت وحدها . ويطلق على مثل هذه الحافة اسم حافة خط الانكسار (Fault line scarp) . فاذا كانت هذه الحافة تواجه نفس اتجاه حافة الانكسار الاصلية ففي هذه الحالة يطلق عليها اسم حافة خط الانكسار الحديثة (Resequent fault line scarp) . (٣)

وإذا حدث أن تعرضت الكتلة المرتفعة من الانكسار إلى التعرية والتحت بحيث وصلت إلى مستوى أقل انخفاضاً في الكتلة المنخفضة من الانكسار بالنظر لكونها ذات صخور هشة ضعيفة ، فعند ذلك يكون اتجاه الحافة معكوساً ويطلق على مثل هذه الحافة اسم حافة خط الانكسار المعكوسة (Obsequent fault line scarp) . وتدل الحافات الانكسارية ، اسوة بحافات خط الانكسار ، على حداثة جريان عمليات التعرية والتحت في المنطقة التي تتواجد فيها . وفي مثل هذه الحالات يكون حدوث الانهيارات الارضية شيئاً مألوفاً .



حافات الانكسار وخطوط حافات الانكسار

- (أ) حافة انكسارية
 (ب) حافة قد تأثرت بعملية التآكل
 (ج) حافة خط انكساري حديث
 (د) حافة خط انكساري عكسي
 (هـ) انكسار رامابو
 المرحلة الاولى / حافة انكسارية
 (و) انكسار رامابو
 المرحلة الثانية / العملية التآكلية
 (م) انكسار رامابو
 المرحلة الحالية / حافة خط انكساري حديث

المصدر : Lobeck. P,562

١٠ - ٣ الاخاديد والظهور او الهضاب الاندفاعية (Graben and Horsts).

يمكن تعريف الاخدود بأنه منخفض ضيق وطويل تحيط به الانكسارات من جانبيه . ويمثل الظهر كتلة مرتفعة بالنسبة للمنطقة المجاورة لها والممتدة على طول خط الانكسار . ومن النادر أن تكون الاخاديد والظهور بسيطة في تركيبها بل أنها تتكون من عدد من الكتل قد ترحزحت إلى حد بسيط بالنسبة لموقعها من بعضها البعض . ويعود أصل كلمة (Graben) إلى اللغة الالمانية وهي تعني قناة أو قبر (Ditch or Grave) وتمثل هذه الظاهرة بصورة خاصة في وادي نهر الراين حيث يحيط بهذا الاخدود من الشرق والغرب شوارزوالد (Schwarz Wald) والفوج (Voges) على التعاقب . (٤)

١٠ - ٤ النشاط البركاني على طول خطوط الانكسارات (٥)

تمثل خطوط الانكسار في مناطق الاخاديد وغيرها مناطق تنبعث من خلالها الصخور المصهورة إلى سطح القشرة الارضية . لذلك فإن من المألوف جداً، أن نجد على حافات الاخاديد طفحاً بركانياً ومخاريط وحتى كتلاً بركانية كبيرة . ومن أمثلة ذلك منطقة كيسرستل (Kaiserstuhl) التي تمثل رقبة بركانية في أخاديد الراين . ومن الامثلة الاخرى على ذلك سلسلة المخاريط البركانية الموجودة على طول خطوط انكسارات بالكونز في ولاية تكساس في الولايات المتحدة .

١٠ - ٥ الجبال الانكسارية : Fault Mountains (Block Mountains)

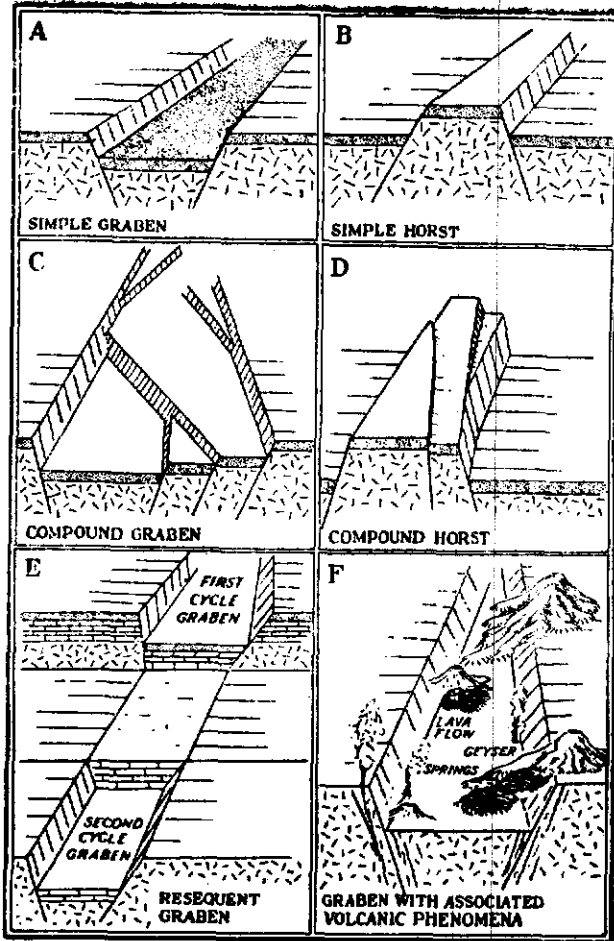
الجبال الانكسارية في الواقع هي اجزاء من قشرة الارض اندفعت إلى أعلى فاصبحت مرتفعة عن الارض المحيطة بها او اجزاء تحلقت وهبط ماحولها من الارض فظهرت عالية . ومن الامثلة التي ترد بهذا الخصوص هي جبال الفوج وجبال الغابة السوداء وهما كتلتان جبليتان حافظتا على ارتفاعهما على حين هبط وادي الراين الذي كان يصلهما الواحدة بالآخرى

(٤) الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية ذكر المصدر سابقاً، لاحظ الصفحات :

٢٠ ، ٥٤٩ ، ٣٢٤ ، ٥٤٧ .

Lobeck, A. K . Geomorphology op. cit .P. 564-565

(٥)



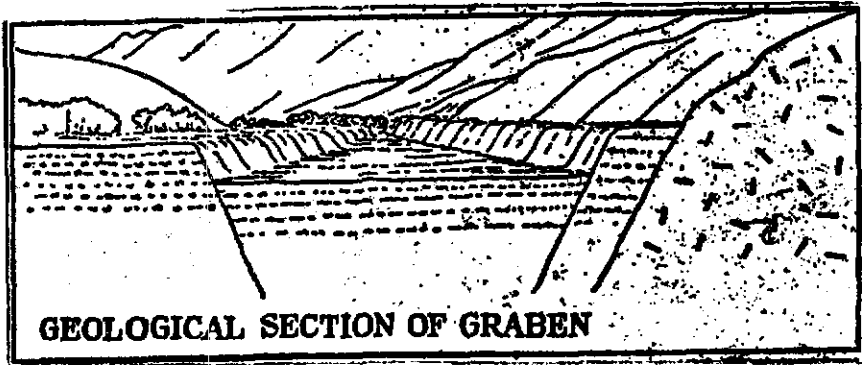
الظهور والاختاديد

(ب) ظهر بسيط	(أ) اخدود بسيط
(د) ظهر مركب	(ج) اخدود مركب
	(هـ) اخدود الدورة الاولى
	الخدود الدورة الثانية
	اخذود حديث
{ اخدود وما يصاحبه من ظواهر بركانية	(و) انبثاب الحمم البركانية
	الينابيع والنافورات
	المصدر : Lobeck; P. 564

الى المنطقة التي تكسرت وتكونت منها جبال الفوج وجبال الغابة السوداء
قد تأثرت بالحركات التي اصابته القشرة الارضية في الزمن الجيولوجي
الاول في نهاية العصر الكاربوني وبداية العصر البرمي وظهرت على وجه
الارض كمنطقة جبلية .

كذلك يمكن ان تعد السلاسل الجبلية التي تمتد في الجزر اليابانية جبالا
انكسارية وشبيه بها جبال الغات الشرقية التي تحده هضبة الدكن من ناحية
الشرق او جبال الغات الغربية التي تحدها من ناحية الغرب .

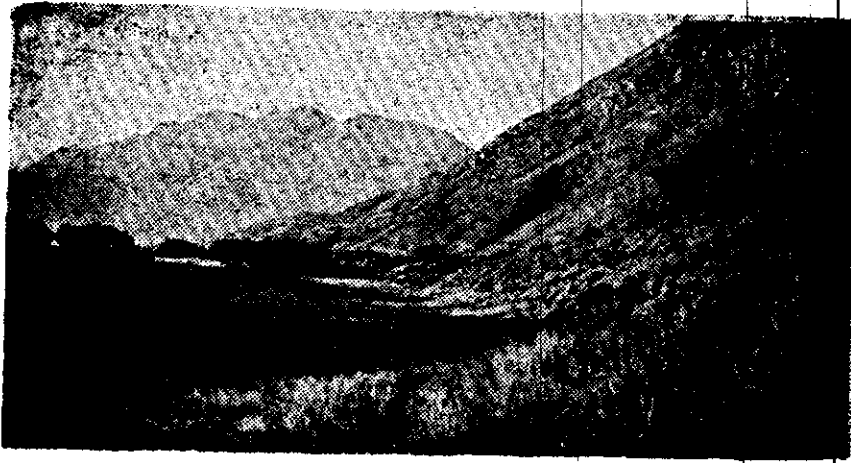
وشبيه بذلك ايضاً جبال البحر الاحمر التي تشرف على مياه البحر الاحمر
من جهة الغرب والجبال التي تقابلها من جانب شبه الجزيرة العربية وهي
الجبال التي تكملها وتشرف على مياه البحر الاحمر من جهة الشرق . (٦)



مقطع عرضي تخطيطي لظهر حديث تكون أثر الانكسار تظهر فيه الوضعية الجيولوجية
لهذا الظاهر .

المصدر : Lobeck, P. 573

(٦) الدكتور محمد ،تولي : وجه الارض ،ذكر المصدر سابقاً ،لاحظ الصفحات ٣١٩ إلى ٣٢١
كذلك لاحظ Spark, B. W. Geomorphology. PP. 225-226,384.



ظهر انكساري يقع عند قدسات سلسلة جبال واساج في يوتا - الولايات المتحدة وقد تكون بفعل انكسار حديث .

المصدر : Lobeck, P. 573

١٠ - ٦ عناصر الالتواء (Elements of Polds)

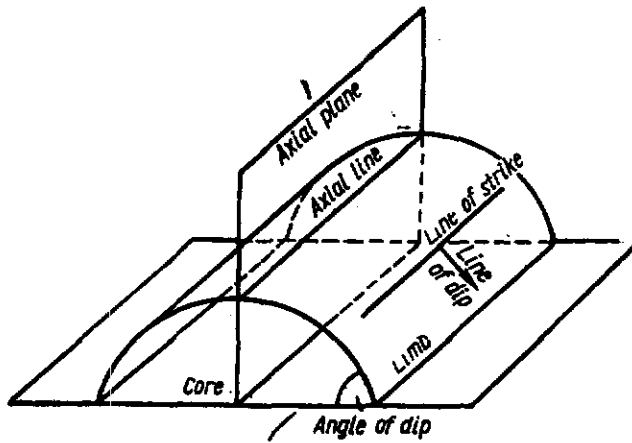
يمثل الالتواء انحناءات تشبه الموجة تظهر في طبقات القشرة الأرضية ذات نطاق مختلف واشكال مختلفة. وتشكل ابرز انواع التغيرات التي تصيب القشرة الأرضية بسبب عوامل تتصل بباطن الأرض . ومن الصعوبة بمكان تصنيف مثل هذه التغيرات او اعطاءها نطاقاً ونسقاً معيناً . ويشكل الالتواء الواحد انحناءاً كاملاً للطبقات إلى درجة بحيث ينقلب ميلها .

ويمكن ملاحظة العناصر التالية في كل التواء : النواة (Core) وهي الجزء الداخلي من الالتواء ، الاطراف (Limbs) وهي جوانب الالتواء ، والسطح المحوري (Axial surface) وهو السطح الذي يقسم الالتواء إلى قسمين متساويين ، والخط المحوري (Axial surface) وهو الخط الذي يتقاطع مع السطح المحوري في الالتواء ، وانحناء الالتواء (Curve of fold) وهو ذلك الجزء من الالتواء الذي يتصل مباشرة بشية الالتواء ، ودرجة

ارتفاع الالتواء (Height of fold) وهو البعد الرأسى او العمودي بين ثنية الالتواء في التواء محدب والتواء مقعر: ودرجة عرض الالتواء (Width of fold) وهو البعد بين المخطوط المحورية بين التواءين مقعر ومحدب متجاورين. (٧)

١٠-٧ اشكال الالتواء (Forms of folds)

يكون الالتواء محدباً (Anticline) اذا انثنى نحو الاعلى وفي مثل هذه الحالة تتواجد في نواة الالتواء التكوينات الصخرية القديمة في حين تظهر في أطراف الالتواء تكوينات صخرية احداث . ويكون الالتواء مقعراً



عناصر الالتواء

1. Axial plane	سطح محور الالتواء
2. Axial line	خط محور الالتواء
3. Core	النواة
4. Limb	طرف الالتواء
5. Line of dip	خط الميل
6. Line of strike	خط الظهور
7. Angle of dip	زاوية الميل

A. Yakushova; P. 363

المصدر

Yakushova, Physical Geology. op. cit. P. 365, 368.

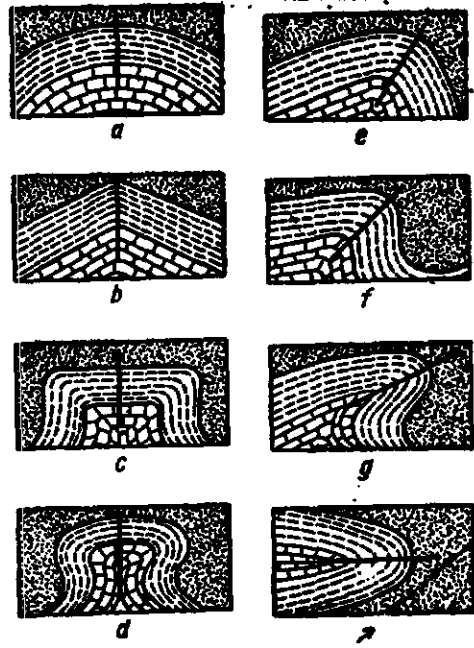
(٧)

(Syncline) اذا انثنى نحو الاسفل . وفي هذه الحالة تتواجد في نواة الالتواء
تكوينات صخرية حديثة وتظهر في أطراف الالتواء تكوينات صخرية أقدم .
وهناك نوع آخر من الالتواء يطلق عليه اسم الالتواء البسيط او احادي
الميل (Monocline) وهو جزء من الالتواء يتميز بميل واضح الشدة او
مناسق في الطبقات الصخرية .

ويمكن تصنيف الالتواءات كذلك على اساس الشكل الذي تظهر فيه
عند أخذ مقطع عرضي لها إلى : التواء منتصب (Erect or upright) وهو
الالتواء الذي يكون محور الالتواء فيه عمودياً ، والالتواء المائل او التواء
الميل (Oblique or Dip Fold) يكون محور الالتواء فيه مائلاً فتتميل
اطراف الالتواء باتجاهات متعاكسة وبزوايا مختلفة ، والالتواء المقلوب
(Overturned Fold) ويكون محور الالتواء فيه مائلاً الا ان اطراف
الالتواء تميل باتجاه واحد لذلك فان الطرف السفلي تظهر فيه تكوينات
صخرية مقلوبة ، والالتواء المستلقي (Recumbent or Lying Fold) ويكون
محور الالتواء فيه افقياً ، وتكون الاطراف ايضاً افقية تقريباً ويكون احد
الاطراف مقلوباً .

وبالاضافة إلى ما سبق يمكن تمييز نوعين من الالتواء هما : الالتواء المفتوح
والالتواء المغلق (Open and Closed Folds) ففي الالتواء المفتوح تلتقي الطبقات
الارضية عند نقطة الالتواء بزواوية منفرجة ثم ينغلق الالتواء بزواوية محدبة (A)
ومن المعلوم ان الالتواء هو جسم ذو ثلاثة ابعاد لذلك فان بالامكان
دراسته من حيث الهيئة اضافة إلى دراسة مقطعه العرضي . وعلى هذا
الاساس يصبح بالامكان تمييز نوعين من الالتواء هما : الالتواء الخطي
(Linear fold) والالتواء المقطوع او المكسور (Broken folds) ويكون
طول الالتواء الخطي اضعاف عرضه وتمتد خطوط الظهور في الاطراف

(٨) الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية، ذكر المصدر سابقاً لاحظ الصفحات
٥٦١ ، ٤٢٠ .



اشكال الالتواء

- a- التواء نحو الاعلى
- b- التواء ذو زوايا
- c- التواء صندوقى الشكل
- d- التواء مروحي
- e- التواء مائل
- f- التواء زاحف
- g- التواء مقلوب
- h- التواء مستلقي

المصدر : A, Yakushova, P.369

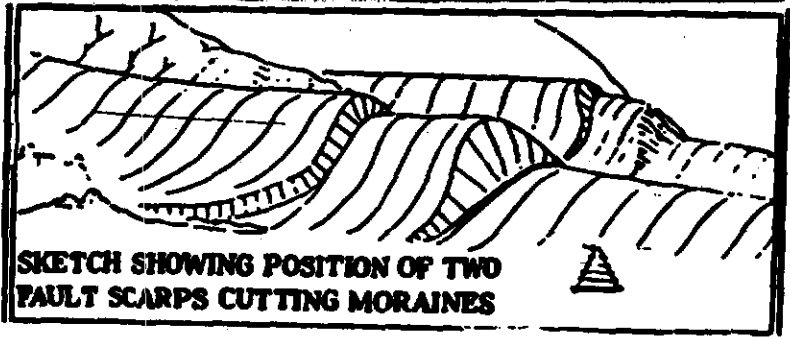
المجاورة موازية لبعضها البعض لمسافات طويلة . وتكون الالتواءات الخطية في العادة ضيقة من حيث السعة الا انها تمتد لمسافات طويلة ويطلق على هذا الالتواء في بعض الاحيان اسم الالتواء الكامل (Complete Folding) . ويتميز مثل هذا الالتواء بالاضافة الى ذلك بتساوي ابعاد الالتواءات المحدبة والالتواءات المقعرة وتتواجد هذه الالتواءات المختلفة باعداد متساوية، اما الالتواءات المقطوعة او المكسورة ، وتسمى في بعض الاحيان بالالتواءات المنعزلة (Isolated folds) او القباب (Domes) فتتميز بكونها متساوية الطول والعرض تقريباً . وفي غالب الاحيان تتكون الالتواءات المقطوعة الجهات التي تكثر فيها الارصفة الارضية (Plat forms) . وتكون هذه الالتواءات متباعدة عن بعضها البعض فلا تربطها ببعضها سوى روابط قليلة . و الشائع من هذه الالتواءات تحذبات تفصل بينها مناطق واسعة لم يحدث فيها تغيير في الطبقات .

وقد تكون الالتواءات الخطية لمثل هذا الالتواء مستقيمة (Straight) او محدبة ، وهناك نوع آخر هو الالتواء السيئي (Sigmoid) والالتواء الصفحي (Lechelon) والالتواء المتفرع (Branching fold) . (٩) وقد تتعرض ثنية الالتواء إلى الارتفاع او الهبوط وتطلق على هذه العملية اسم التجعد (Undulation) ، فعندما يهبط الالتواء المحدب او عندما يرتفع محور الالتواء المقعر يقال عندئذ ان الالتواء قد انتهى (Terminates)

ويصطلح على الالتواء المحدب المنتهي اسم في حين يطلق على الالتواء المقعر المنتهي اسم (Centricline).

وتختلف الالتواءات من حيث الحجم ايضاً واستناداً إلى هذه الصفة يمكن تقسيم الالتواءات إلى عدد من المجموعات .

(٩) لاحظ المصدر السابق: الدكتور يوسف توفيق، معجم المصطلحات الجغرافية ص ٢١٢ ، ص ٣٤٧.

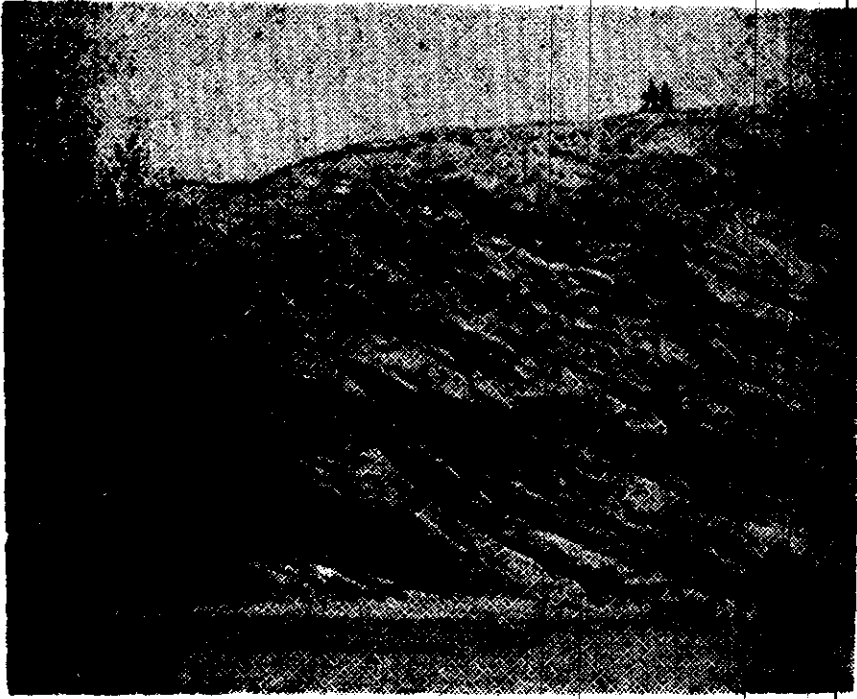


مخطط بين حافتي انكساريتين تقطعان ركامات جليدية

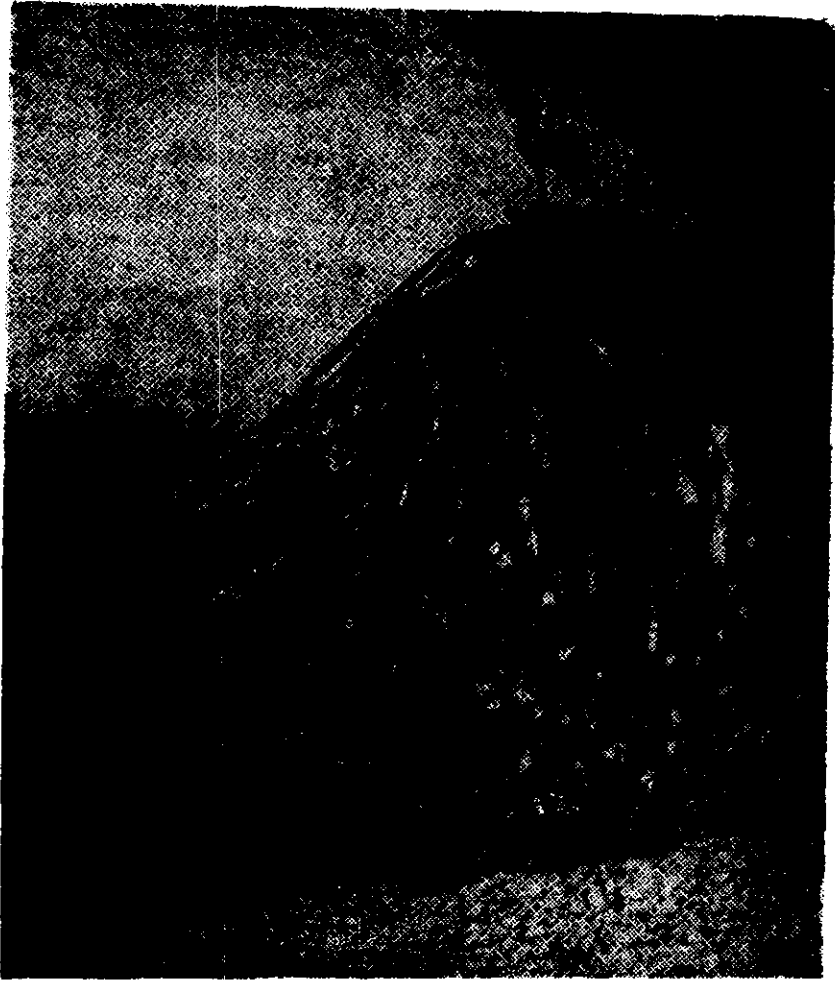
١٠-٧ الجبال الالتوائية Folded Mountains

تعتبر الجبال الالتوائية من اعظم ظاهرات التضاريس التي تظهر على سطح الارض . وهي جهات من قشرة الارض تتكون من طبقات رسوبية المتوت التواءاً شديداً فارفعت مستواها عن السطح العام للارض واثرت فيها التعرية فشقت فيها اودية واحواضاً وجعلتها تبدو كسلاسل هائلة تمتد امتداداً متصلاً على نحو مازي في جبال الالب .

والتعرية هي العامل الذي يعطي للجبال الالتوائية مظهرها النهائي الذي تبدو فيه كسلاسل متوازية ومكملة (Sierr A) . كلمة اسبانية تطلق على هذا النوع من المرتفعات وهذه الكلمة دلالة على مبلغ مايصيب هذه الكتل من آثار التعرية .



اعلى - التواء محذب في رواسب طباشيرية



التواء في صخور رملية

الباب الحادي عشر

البراكين والزلازل وآثارها في تشكيل سطح الأرض

١١ - ١ عمر البراكين شأنها في ذلك شأن بقية اشكال سطح الارض في سلسلة من مراحل التطور تبدأ بمرحلة الحدائة وتنتهي بمرحلة التقادم . على انه لايمكن اعتبار النمو العمودي للبركان ، نتيجة الانفجارات المتكررة ، من مخروط صغير الى جبل ضخم ، جزءاً من دورة التطور من مرحلة الشباب الى مرحلة النضج . ويكون البركان خلال هذه الفترة حديثاً وذلك اذا لم يتعرض الى عمليات التعرية .

وتختلف الاشكال البركانية عن الاشكال الارضية الاخرى من حيث ان اشكالها الاولى تكون اكثر ثباتاً وانها من المحتمل ان لا تتغير بواسطة قوى التغيير . ويرجع السبب في ذلك الى ان الاشكال البركانية كالمخاريط والفوهات والحمم البركانية تتكون بصورة سريعة بحيث لا تتمكن عوامل التعرية من التأثير عليها خلال عملية تكونها .

تتراوح الاشكال الاولى للبراكين من المخاريط الصغيرة مع بعض حمم
اللافا الصغيرة الى البراكين الكبيرة المركبة التي تتعدد القمم فيها . وهناك ايضاً
براكين معقدة تتكون من قمم تمثل بقايا جبال قديمة . ان التدرج من الحمم
البركانية الى القباب البركانية الى القمم البركانية يعتمد على درجة شدة الانفجارات
في المنطقة . (١)

١١-٢ تصنيف الاشكال البركانية :

تقع الاشكال الارضية التي تكونها الفعاليات البركانية في صنفين
رئيسيين هما : الاشكال التي ترجع لشكل اساسي الى فعل الانفجار (action
Explosive) وتلك التي ترجع الى التدفق البطيء لحمم اللافا (Quiet lava emission)
ويمكن اعتبار كل شكل من اشكال هاتين المجموعتين في مرحلة الشباب
والنضج ومرحلة الشيخوخة كلما دخل في حالات التغيير في خلال دورة
التطور وذلك بواسطة عوامل النحت المختلفة .

وهناك ايضاً اشكال انتقالية واشكال مركبة . وفي مثل هذه الاشكال تظهر
صفات الفعالية البركانية السريعة والهادئة .

١١-٣ الاشكال الناتجة عن الانفجارات القوية :

يتمثل هذا النوع من الاشكال بما يسمى الطوفا البركانية (Tuff)
ومخاريط الرماد (Ginder Cones) والمخاريط المركبة (Composite Cones)
وهي تتكون من التأثير المتلازم للانفجارات القوية والتدفق البطيء
للحمم البركانية وتشكل هذه اعظم البراكين الموجودة في العالم . وهناك انواع
متعددة من المخاريط بالعلاقة مع بعضها البعض من حيث الحجم والشكل
والتوزيع . وقد تتواجد على جوانب المخاريط الكبيرة . مخاريط
عارضة (Adventive or Parasitic Cones) . وتظهر في المخاريط
البسيطة فوهات بسيطة او فوهات الانفجار (Simple Crater)

(Explosive Crater) ، الا ان هذه قد تصبح فوهة مكسورة Breached Crater وذلك بفعل الحمم البركانية المتدفقة. وقد تؤدي الانفجارات المنفصلة التي تتميز بتناقص في الشدة الى تكوين الفوهات المعلقة (Nested Craters). وترتبط مع المخاريط البركانية ظاهرات اخرى مثل القنابل البركانية (Volcanic Bombs) وتدفقات الحمم البركانية (Lava flows) وتدفقات الوحل Mudflows ورواسب الرماد (Ash deposits) (٢).

١١ - ٤ تصنيف البراكين

يمكن تصنيف البراكين بالنسبة الى مدى قوته او كمية المواد المنبثقة منه الى :

١ - نوع هاواي : Hawaii

ويتمثل في جزر هاواي ، ويتميز بخروج اللافا القاعدية (البازلتية) المتحركة التي لا يصحبها انبثاق غازات او مقلدوفات صخرية ودرجة حرارة اللافا تكون عظيمة الارتفاع ، لذا تكون في حالة سائلة . وحين تمتلئ الفوهات باللافا تطفح وتفيض من حوافها على جوانب المخروط .

ومن هذه البراكين بركان مونالوا Mana - Loa (٤١٠٠ م) وكبلويا (٤٢٠٠ م) .

٢ - نوع بيلي : Pele

يطفح هذا النوع من البراكين لافا لزجة Viscons lava تتصلب في فوهة البركان فتسد الطريق امام انبثاق الغازات والابخرة ، وهذا يفسر نوع ثورانات هذه البراكين التي يصحبها هزات ارضية عنيفة وانفجارات تقذف بكميات هائلة من الابخرة والغازات واراماد والحطام الصخري والقذائف.

(٢) الدكتور يوسف توني : معجم المصطلحات الجغرافية. ذكر المصدر سابقاً ص : ٣٣٥ وكذلك ص : ٤٤٨ .

Lobeck, A.K. Geomorphology. op.cit. PP. 662-663.

الدكتور يوسف توني : ذكر المصدر سابقاً . ص : ٤٤٨ .

وتُقذف هذه البراكين غازات حارة جداً (٧٠٠م) ولهذا فان سحب الغازات والرماد التي تهبط على جوانب المنحدرات تدمر كل ما يصادفها .

٣- نوع فيزوف : Vesuvian Type

تتميز لافا هذا النوع من البراكين باحتوائها على كمية كبيرة نسبياً من السيليكا ولهذا فانها تكون لزجة لدرجة قد تعمل على إنسداد قمة العنف البركاني الى القوهة . ويترتب على هذا ان تتجمع الغازات والابخرة في اعماق قشرة الارض . (٣)

ونتيجة لذلك تحدث انفجارات عنيفة تقذف كميات ضخمة من الرماد البركاني والحطام الصخري والقذائف في الهواء . وحينما تسقط على الارض تبسط على هيئة اقراص مفرطحة وتتخذ شكل الجلاميد الخشنة . ومن هذا النوع براكين كشاتكا وبركان اتنا (Etna) (صقلية) وفيزوف في ايطاليا .

٤- نوع استرومبولي Stromboli

ويمثل هذا النوع بركان استرومبولي في البحر المتوسط وهو يخرج لافا بازلتية سائلة كبراكين هاواي ولكنه يختلف عنها في انه ينفث كميات كبيرة من الغازات كما يقذف رماداً وقذائف وكثيراً ما تلتوي القذائف في الجو .

٥- نوع بانداي Bandai

تتميز ثورات هذا النوع من البراكين بحدوث هزات ارضية عنيفة وانفجارات شديدة واندفاع كميات عظيمة من الغازات والرماد البركاني ، ومن هذه البراكين بركان بانداي وكراكاتاو (Krakatau) وقد لا يصحب ثورات هذه البراكين خروج اللافا .

ذكر المصدر سابقاً . (3) Lobeck. A.K., Geomorphology. P. 686.

لاحظ شكل

٦ - نوع الحفر الانفجارية او الاعناق البركانية : Volcanic Pipes
ينشأ هذا النوع من البراكين نتيجة لانفجارات غازية عنيفة منفردة
دون ان يصحبها خروج اللافا وهي تتركب من اعناق نهاياتها بيضاوية الشكل
وفوهات عبارة عن تجاويف تشبه الكأس او القمع تتميز جوانبها بانحدار
طفيف .

وتقع قيعان الفوهات دون منسوب الارض المحيطة بها . ويحيط ببعض
فوهات هذه البراكين حاجز من الحطام البركاني . وتمتلئ الفوهات بالمياه
في البحيرات المطيرة وتكون بحيرات ، وتمثل هذه البراكين في المانيا الى الغرب
من نهر الراين وجنوب افريقيا في مرتفعات كيمبرلي (Kimberly) وفي
اريزونا (الولايات المتحدة) (٤) .

١١- ٥ اشكال البراكين :

هناك اشكال متعددة لنوع المخروط البركاني وفوخته ومن هذه الاشكال :

- ١ - براكين الحطام الصخري (Pyroclastic)
- ٢ - بركان اتنا (Etna) في صقلية .
- ٣ - في القسم الشرقي من البحر المتوسط (بحر ايجه) منطقة بركانية ولكنها
خامدة في الوقت الحاضر .
- ٤ - منطقة الشرق الاوسط معرضة للحركات الزلزالية والبركانية ولكنها
خامدة في الوقت الحاضر مثل جبل ارارات وجبل دماوند (بالقرب
من طهران) .
- ٥ - منطقة شرق وجنوب آسيا (النطاق الهندي) تتميز بوجود البراكين
الحية ، ففي اليابان فرجي باما وفي اندونيسيا بركان كراكاتوا (بين
جاوه وسومطرة) وكذلك في جزر الفلبين وفي قاع المحيط . وفي
القسم الغربي من المحيط الهندي (سواحل افريقيا الشرقية) تنتشر براكين
خامدة ومن اشهرها جبال كليمنجارو) .

(٤) المصدر السابق . لاحظ الاشكال الموجودة في الصفحات

كذلك لاحظ : (1931): Tyrrell, G. W. 666, 668, 670, 674.

(5) Volcanoes, London. 252. PP.

(٥)

- ٦ - نطاق امريكا الشمالية والجنوبية حيث تنتشر البراكين الحية والخامدة ومن اشهرها بركان اكونكاكوا (Aconcagua) في شيلي (منقرض في الوقت الحاضر) والبراكين الحية توجد في هضبة بوليفيا وفي اكوادور، واهم البراكين في الاكوادور بركانين هما جيمبارازو (Chimborazo) وبركان (Cotopaxi)
- ٧ - في اوربا هناك نطاق هام للبراكين الخامدة منطقة ايفل في غرب الراين ثم في منطقة الهضبة الوسطى في فرنسا .
- ٨ - النطاق البركاني في القارة الجنوبية (انتركيتكا) (٦) .
- ١١ - ٧ الينابيع الحارة : (Hot-Springs)
- يكثُر وجودها بالقرب من المداخل في الاقاليم البركانية وهناك ارتباط وصلة وثيقة بينهما ، اذ تتحول بعض الينابيع الحارة الى مداخل جيما يحين الفصل الجاف ثم تعود سيرتها الاولى في الفصل الرطب . وهناك اشكال كثيرة من الينابيع الحارة والنافورات ولكن اهمها :
- ١ - الينابيع الفوارة (Boiling Springs)
- وهي ظاهرة تتميز بها كثير من المناطق البركانية ، وتوجد بكثرة في منطقة لاسين (Lassen) البركانية حيث تتميز مياه هذه الينابيع بالغليان الشديد تصحبها فترات هدوء قصيرة

Washington, H.S. present volcanic activity over the earth.

Wash. Acad. Sci. Jour. 18. P. 509-515.

(٦) كذلك لاحظ المصدر السابق I obeck, A.K., Geomorphology, Fig. 780.

٢ - الجيزر (Geyser)

وهي نافورة حارة تنفجر على فترات مكونة اعمدة من الابخرة والمياه الساخنة . والجيزر هي ينابيع حارة من نوع خاص قليلة الانتشار حيث يتركز وجودها في ثلاث مناطق هي : جزيرة ايسلند وجزيرة نيوزيلند ومنطقة يالوستون بارك (Yellaostone Park)

الزلازل :

هزات ارضية تصيب قشرة الارض ، وتنتشر في شكل موجات خلال مساحات شاسعة ، وتعاني قشرة الارض دائماً من الحركات الموجية نظراً لعدم استقرار باطنها ، الا ان مثل هذه الهزات المستديعة تكون عادة من الضعف بحيث لا نشعر بها ومنها الهزات الشديدة المدمرة (٧) .

١١- ٨ منشأ الزلازل :

هناك عدة أنواع من الزلازل بحسب القوى التي تسببها :

١ - زلازل بركانية : (Volcanic Earthquakes)

ويرتبط حدوثها بالنشاط البركاني ، فان انفجار البراكين يؤدي إلى هزات عفيفة مدمرة ولكن تتصف هذه الهزات بأنها محلية ولا تؤثر إلا على مساحات صغيرة .

٢ - زلازل تكتونية (Tectonic Earthquakes)

وتحدث في المناطق التي تصيبها الانكسارات والعيوب وتتعرض للتصدع وهذا النوع شائع ويتركز غالباً في القشرة السيلية على أعماق تصل إلى ٧٠ كم .

٣ - زلازل بلوتونية : (Plutonic E.)

مركزها على عمق كبير من الأرض فقد سجلت زلازل على عمق ٨٠٠ كم في نطاق بحر اخوستك (Oknotsk) في شرق آسيا .

(٧) الدكتور محمد متولي : وجه الارض . ذكر المصدر سابقاً . لاحظ ص ١٨ . تحت عنوان : الموجات الزلزالية كوسيلة لمعرفة طبيعة باطن الارض .

ويحدث النوعان الاخيران من الزلازل التكتوني والبلوتوني على الحصول نتيجة لتحركات في قشرة الأرض وما تحتها. وهناك الكثير من الأدلة والشواهد المقنعة تشير إلى أن معظم الهزات الأرضية الرئيسية تحدث نتيجة لضغوط عنيفة فجائية في قشرة الأرض ينجم عنها تصدع وانكسار وانزلاق الطبقات على طول خطوط انكسارات وعيوب قديمة كانت موجودة بالفعل .

وقد يصل تأثير الهزات الأرضية لمساحة كبيرة ولكن غالباً ما يتناول تأثير الزلازل مسافات تتراوح بين ٤٠ - ٨٠ كيلومتر.

وتنتشر حدوث الزلازل في المناطق من قشرة الأرض التي اصابها حركة التواءات الألبية الحديثة وماتزال تعاني من تأثيراتها . أي أنها في مرحلة يستمر فيها تغير تركيبها الجيولوجي ويزداد عنف الزلزال في مناطق الالتواءات القديمة التي تأثرت بحركات . وهي الضغوط الألبية نظراً لكثرة ما يتركبها الجيولوجي من عيوب وانكسارات وتؤدي الطاقة التي تتجمع من تحركات مكونات القشرة الأرضية في نطاقات الضعف والحركة إلى منشأ الزلازل العنيفة . ومثلها الزلزال الذي هز نطاق صحراء غوبي ومرتفعات التاي Gobi-Altai في سنة ١٩٥٧ وهو يعتبر من أقوى الزلازل التي حدثت في العصر التاريخي ثم الزلازل التي تحدث في مرتفعات تيان شان (Tien-Shan) وبامير Pamir . وبعضها قوي - عنيف كالزلزال الذي حدث في عام ١٨٨٢ وفي عام ١٩١١ وقد كان مركز الأخير إلى الجنوب من بلدة الماتاوكال بالغ العنف وامتد تأثيره إلى مساحة قدرت بنحو مليون كيلو متر مربع وقد انتشرت موجاته في جميع أرجاء الكرة الأرضية ودارت حولها ثلاث مرات. وقد تحدث بعض الهزات الخفيفة التي لا تؤدي سوى صدوع في جدران المنازل وقد تهدم المنازل الضعيفة كما يحدث عادة في مدينة طاشقند وسمرقند وقد حدث زلازل مدمرة اصاب مدينة اشحباباد في سنة ١٩٤٨ وكانت مراكزها الداخلية على عمق يتراوح بين ١٥ - ٢٠ كم من قشرة الأرض. وكان المركز الداخلي للزلزال المدمرة الذي اصاب مدينة اغادير المغربية في عام ١٩٦٠ على عمق

يتراوح بين ٥-١٠ كم هذا وتحدث زلازل عنيفة في ايطاليا والصين واليابان وغيرها من الأقطار .

١١-٩ - المركز السطحي والمركز الداخلي Epicentre and Hypocentre

لا تكون قوة الزلزال واحدة على سطح الأرض، وتبلغ قوة ذروتها عند نقطة على سطح الأرض تسمى بالمركز السطحي، وفي أسفلها في اتجاه عمودي تقع نقطة أخرى هي نقطة مولدة وتسمى بالمركز الداخلي للزلازل وفيه تنشأ الهزات العنيفة التي تحدثها القوى التكتونية وهذه تحدث ذبذبات تموجية تصل من اتجاه رأسي إلى المركز السطحي، كما انتشر في اتجاهات متباينة أخرى إلى جميع أجزاء سطح الأرض تصل الاهتزازات أولاً في نقطة تقع فوق المركز مباشرة ويطلق عليها (Epicentre) حيث تحدث بداية الاهتزاز في هذه النقطة ثم تبدأ في الانتشار على سطح الأرض على موجات مثل تلك الموجات الناتجة عن حجر وقعت في بركة ماء.

وإذا ما لوحظ زمن حدوث الزلزال في تباع مختلفة فيمكن تحديد مكان (Epicentre) من الخطوط التي تسمى (Homoseismal Lines) وهي الخطوط التي رسمت عبر الأماكن التي تعرضت للزلزال في نفس الوقت - وهي خطوط بيضوية في شكلها يكون الجزء الأوسط منها مختلفة (Epicentre) ومركز الزلزال (Focus) يقع على نقطة عمودية من (Epicentre) غالباً ما تكون نقطة (Epicentre) هي النقطة المعرضة لأكبر الأضرار ولكن هذه الحالة لا تحدث دائماً فقوة الاهتزاز في هذه النقطة تبلغ أقصاها ، ولكن الاهتزاز هذا يكون من النوع العمودي ولذلك يكون أقل مفعولاً في تهديم البنايات من ذلك الاهتزاز الذي يصيب المناطق الواقعة إلى يمينه وشماله والتي تصل إليها الموجات بصورة مائلة (مع مراعاة قربها من المركز).

١١-١٠ قوة الزلازل ومدى تأثيرها:

تباين الهزات الأرضية في درجة قوتها ، فمنها الشعب الذي لا يكاد يحس به الفرد ومنها العنيف المدمر الذي يسبب خسائر كبيرة . ولقد انشأ المختصون

بالدراسات الزلزالية مقياساً لمعرفة درجة الزلزال — وتندرج درجة الزلزال من ١ موجة إلى أكثر من ١٢ موجة . كما هو مبين طياً :

خفيفة	٦ — ١
مخرّبة	٨ — ٦
مدمرة	١٠ — ٨
شديدة التدمير	١٢ — ١٠
فما فوق بالغة التدمير	١٢

جهاز قياس الزلزال :

يسمى جهاز تسجيل الزلزال بالسيزموجراف — وأهم شيء فيه هو الجزء الذي يجب أن يكون ثابتاً عندما تهتز قشرة الأرض . وهذا يتكون من ثقل معلق في حلزون مشدود إلى قائم قوي مثبت في الصخر الاصم بواسطة أساس من الخرسانة ويثبت هذا الثقل قلم يمس طرفه ورقة ملتفة على طبلة دوارة تديرها ساعة تسجيل الزمن على مدرجات معدة على الورقة . وقد يستبدل القلم بقضيب في نهايته مرآة مثبتة بحيث تعكس شعاعاً من الضوء على ورق حساس حول الطبلة بدلاً من الورق العادي . وعندما تكون القشرة الأرض فان الطبلة تهتز ولكن الثقل يظل ثابتاً في وضعه الأصلي بحكم القصور الذاتي وبذلك يسجل الجهاز على الورقة التي تلف حول الطبلة خطاً متموجاً تختلف شدة تموجه بشدة الزلزال او قربه من المنطقة الموجودة بها الجهاز .

ويسمى ذلك الخط المتموج بالسيزموجرام أو السجل الزلزالي .

١ - ١١ كيفية تعيين موقع الزلزال :

يلزم لتعيين موقع الزلزال تعاون ثلاث محطات للأرصاد على الأقل وذلك برسم ثلاث دوائر على خارطة يمثل كل مركز دائرة محيطه . ويكون نصف قطر كل دائرة هو بعد الزلزال عن المحطة فالنقطة التي تتقاطع الدوائر الثلاث تحدد موقع الزلزال ، وبحسب بعد الزلزال عن محطة الرصد من مقارنة الفرق

بين وقت وصول الموجات الزلزالية الابتدائية والموجات الثانوية في السجل الزلزالي بالمسافة التي تقابله في جداول محسوبة ومعدة لهذه الغاية .

١١-١٢ الزلازل البحرية :

عندما يحدث الزلزال في البحر او بالقرب منه بحيث تمتد اهتزازات القشرة بقوتها إلى قاع البحر ونتيجة لذلك تضطرب مياه البحر بشدة وتكون امواج كبيرة جداً وتشمل مسافات هائلة وتعرف هذه الامواج باسم ياباني تسونامي Tsunami ويطلق عليها ايضاً تعبير الامواج الزلزالية البحرية Seismic Sea Waves وبعض هذه الامواج كبير للغاية، اذ يبلغ طول الموجة بين ١٥٠-٣٠٠ كم ويبلغ ارتفاعها ١٢ م وسرعتها قد تبلغ ٥٠٠-٨٠٠ كم بالساعة . وتحدث هذه الزلازل غالباً في المحيط الهادي ويندر حدوثها في الاطلسي .

١١-١٣ التوزيع الجغرافي للزلازل :

في بعض الاجزاء من العالم كما هي الحالة في اليابان يندر ان يمر يوم دون حدوث زلزال قوي او ضعيف ولكن هناك مساحات كثيرة من العالم يندر ان تحدث بها زلازل (٨) .

وفي معظم المناطق الرئيسية للزلازل نجد دليلاً جيولوجياً لحركات حديثة في الارض وفي كثير منها نجد عدداً كبيراً من البراكين النشطة .
واهم منطقة الزلازل في العالم هي :

- ١ - نطاق يمتد فوق سلاسل المرتفعات التي تحيط بسواحل المحيط الهادي في أمريكا الشمالية والجنوبية وآسيا ويتضمن الجزر أو شبه الجزر التي تكتنف تلك السواحل كجزر والوشيان واليابان والفلبين .
- ٢ - نطاق يمتد فوق سواحل البحر المتوسط ويشمل مرتفعات الألب والقفقاس ويمتد شرقاً ليشمل الهملايا إلى جزر اندونيسيا .

Reeds C.A. (1934) Earthquakes Nat.Hist

(٨)

Vol. 34. pp.733,747.

٣ - نطاق يشمل منطقة الاتحاديد بشرق أفريقيا وجنوب غربي آسيا ويرتبط حدوث الزلازل بهذا النطاق بوجود الانكسار الأفريقي العظيم الذي أصاب قشرة الأرض في اواخر الزمن الجيولوجي الثاني .

ومن ذلك نجد أن توزيع الزلازل يتفق مع نطاق توزيع النشاطات البركانية والمرتفعات الحديثة التي تمثل مناطق ضعف واضطراب في قشرة الأرض، ولهذا فإن منشأ الزلازل والبراكين إنما يرجع إلى سبب مشترك وهو الاضطراب الذي يحدث في مناطق الحركة والضعف في قشرة الأرض.

٤ - نطاق بحري يمتد في المحيط الأطلسي من الشمال إلى الجنوب .

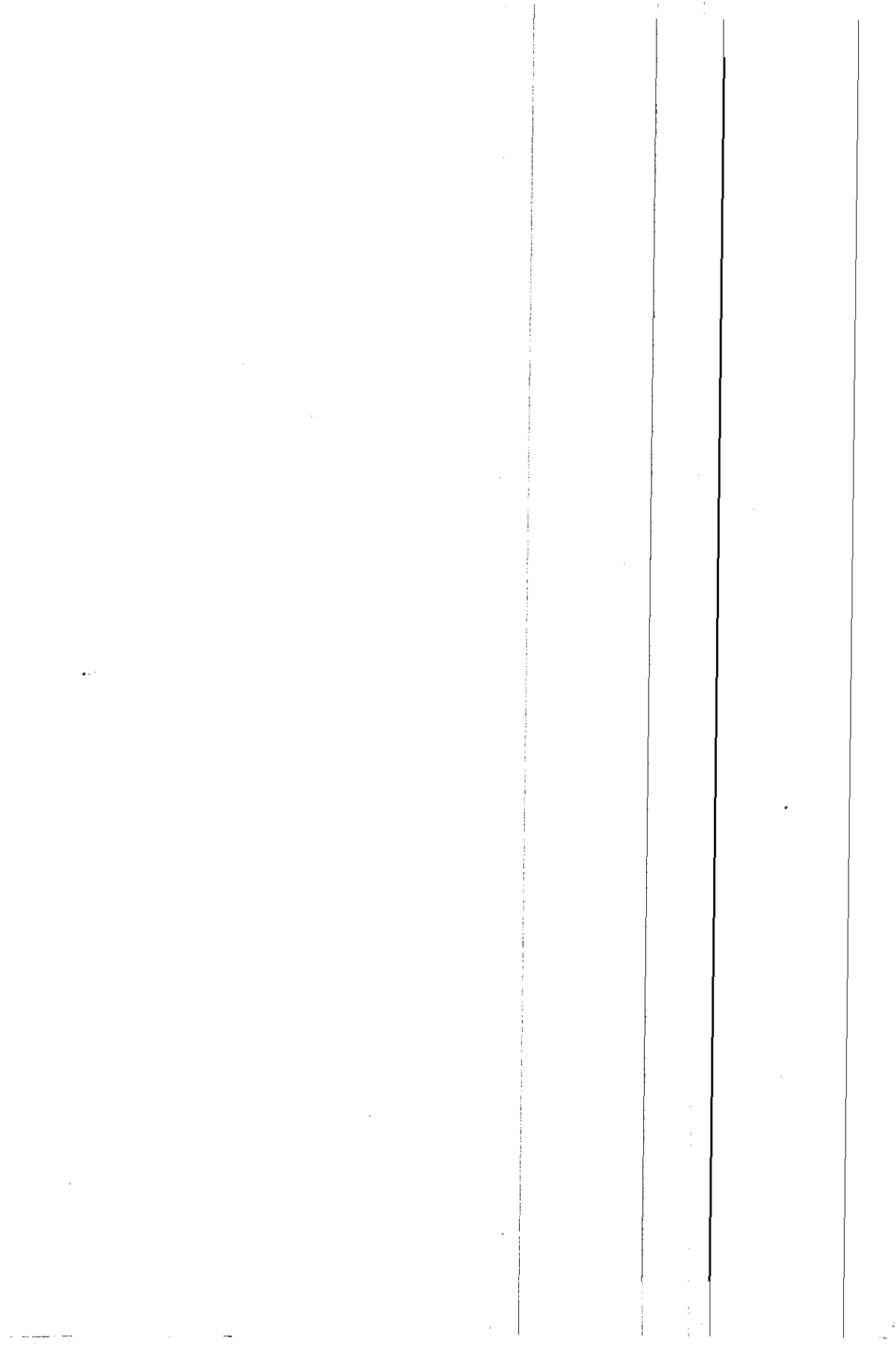
المصادر العربية

- ١ . الدكتور جودة حسنين جودة ودكتور سيد أحمد أبو العنينين ،
سطح هذا الكوكب وظواهره التضاريسية الكبرى ، دار النهضة
العربية للطباعة والنشر ١٩٦٨ .
- ٢ . الدكتور عبد العزيز طريح شرف ، الجغرافية الطبيعية ، أشكال
سطح الأرض ، ١٩٧٦ .
- ٣ . الدكتور مهدي محمد علي الصحاف ، المحيطات وأثرها في الاقتصاد العالمي.
في المستقبل والحاضر. مجلة الاقتصادي العدد الثالث والرابع.
مطبعة العاني ١٩٧٥ .
- ٤ . الدكتور محمد ابراهيم فارس والدكتور محمد يوسف حسن ،
قواعد الجيولوجيا العامة والتطبيقية، الطبعة الثانية، دار النهضة العربية ١٩٦١.
٥ . الدكتور محمد متولي ، وجه الأرض. مكتبة مصر — القاهرة ١٩٦٤
- ٦ . الدكتور محمد عبد الوهاب الشناوي ، مقدمة في علم البلورات والمعادن
الأخرى والصخور . الطبعة الاولى، دار المعارف بمصر.
- ٧ . الدكتور وفيق حسين الخشاب ، اسس الجيومورفولوجيا (ترجمة)
دار الكتب للطباعة والنشر — جامعة الموصل ١٩٧٥.
- ٨ . الدكتور وفيق حسين الخشاب والأستاذ عبد الوهاب حسن الدباغ ،
أشكال سطح الأرض. مطبعة الزمان ، بغداد ١٩٦٤ .
- ٩ . الدكتور يوسف عبد المجيد فايد ، جغرافية السطح ، دار النهضة
العربية — بيروت ١٩٧١ .
- ١٠ . الدكتور يوسف توني ، معجم المصطلحات الجغرافية دار الثقافة
العربية للطباعة ، ١٩٦٤ .
- ١١ . تغلب جرجيس ، شكل حوض نهر العظيم وخصائصه ، اطروحة
ماجستير ، غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ، ١٩٧٥ .

REFERENCES

- 1 . Ashley G.H. (1931) Our Youthful Scenery .Bull. Geol. Soci. Am. Vol. 42 .
- 2 . Bryan kirk. (1941) Physiography, Geol. Soc. 50 th, Ann, Vol.
- 3 . Birkeland p. Pedology, Weathering... etc. 1973 .
- 4 . Barry, A.G. The Hydrological cycle .(Water, Earth and Man). Ed. R. T. Chorely. 1974.
- 5 . Cnchlaine A.M. King ; Techniques in Geomorphology . London , 1967.
- 6 . Cooke, R.N.J.C. Doornkamp; Geomorphology in — environmental Managment.
- 7 . Corley, Beckensale and Dunn; The study of land forms or the development of geomorphology. 1964 .
- 8 . Cooke and Smally T.J. Saek weathering in Deserts . Nature, vol. 220.
- 9 . Chester R. Long and others; Introdution to Physical Geology. 1962.
10. Davis W.M. Geographical Essay . 1939 .
Dudly stamp; Geography and Geology , 1964 .
11. Greenwood C.G. Rain and Rivers, 1859.
12. Gorshkov G.A. Yakushova; Physical Geology; Moscow, 1967.
Translated by A. Gurevich.
13. Goldrich S.S. (1938) Astudy in Rock weathering .
14. Gillrert G.K.(1914) The transportation of debris by running water U.S. Geol. Surv .paper 86 .
15. Jolle J.S. (1949) Pedology.
16. Kroshkopf K.B. An Introduction to Geomorphology. McGraw Hill. 1971.
17. Lobeck.A.K.GEOMORPHOLOY, an Introduction to the Study of Landscape. London. 1939 .
18. Lvovch, M.I , (1961) The Water balance of the Land. Soviet Geog. 2.No. 4.

19. Ray K. Linsley, JR; Max A. Kohler; Hydrology for Engineers. Mac Graw Hill, 1958 .
20. Reeds C. A; Earthquakes Not Hist (1934).
21. Sparks B.W. Geomorphology, Geographies for Advanced Study . Second Edition , 1972 .
22. Sawyer, K. E; Landscape .
23. Strahler A; Physical Geography; 1967 .
24. Siline A. Beck Chonrinr, Dr. Sc; Hydrology of Irrigated Lands . Moscow ; 1956 .
25. Thornbury W.D. Principles of Geomorphology , 1992 .
26. Tyrrell G,W, (193) Volcanoes ; London,
27. Winkler E.M. (1965) Weathering rates as Exemplified by Cleopatra needle in New york city .
Jour. Geoe. Education , Vol 13 .
28. Williams R.B.G; (1969) periglacial climate and its relation to landforms.
29. Washington H.S. Present Volcanic activity over the earth Washington Acad. Soc Jour . 18.



المحتويات

الباب الاول ٣

- ٣ تعريف الجيومورفولوجيا
- ٤ علاقة الجيومورفولوجيا بالعلوم الاخرى
- ٦ تطور علم الجيومورفولوجيا
- ١١ مجال علم الجيومورفولوجيا
- ١٣ الصخور وبنياتها
- ١٥ انواع الصخور
- ١٧ الصخور النارية
- ٢٢ بنيات الصخور النارية
- ٢٥ الصخور الرسوبية
- ٣١ بنية الصخور الرسوبية
- ٣٣ الصخور المتحولة
- ٣٣ التحول الاقليمي والتحول الديناميكي ...
- ٣٥ توزيع القارات والمحيطات وتضاريسها العامة
- ٣٩ العوامل والعمليات الجيومورفية
- ٤٢ عامل الزمن في العملية الجيومورفية

الباب الثاني

- ٥٥ ثورنبري والعملية الجيومورفية

الباب الثالث

- ٦٥ تفصيل العمليات الجيومورفية
- ٦٥ عمليات التجوية
- ٦٦ التجوية الفيزيائية
- ٧٢ التجوية الكيميائية
- ٧٧ التجوية البايولوجية
- ٧٨ العوامل التي تؤثر في التجوية
- ٨٠ تأثير التركيب المعدني على عملية التجوية
- ٨٤ تأثير المناخ على عملية التجوية
- ٨٦ تأثير الزمن على عملية التجوية
- ٨٧ تجوية الصخور الرسوبية
- ٨٩ تجوية الصخور المتحولة
- ٩٠ معدل التجوية في الوقت الحاضر
- ٩٥ مراحل التجوية ، مخلفاتها ، ومناطقها
- ٩٩ غشاء التجوية
- ١٠١ التجوية وعمليات تكوين التربة
- ١٠٢ تكوين التربة
- ١٠٦ الاشكال التي تكونها التجوية
- ١٠٧ زحف التربة
- ١٠٩ قباب التقشر

الباب الرابع

- ١١٥ الانهيارات الارضية
- ١١٦ موضع الانهيارات
- ١١٨ تصنيف الانهيارات والظواهر الملازمة لها

الباب الخامس

١٢٣	المياه الجارية على السطح
١٢٦	دورة الماء في الطبيعة
١٣٣	النظم النهرية
١٣٦	انماط الانهار
١٤٠	انواع الانهار من حيث النشأة
١٤٤	النحت الذي تقوم به الانهار
١٤٩	عملية النقل
١٥٢	الارساب النهرية
١٥٥	الاشكال الارضية التي يكونها الارساب النهرية
١٧٥	القطاع الطولي لوادي النهر
١٧٩	المساقط المائية
١٨٢	القطاع العرضي للنهر

الباب السادس

١٨٥	المياه الجوفية
١٨٧	التفادية في الصخور
١٨٩	انواع المياه الموجودة في الصخور
١٩١	اصل المياه الجوفية
١٩٧	تصنيف المياه الجوفية
١٩٨	حركة المياه الجوفية
٢٠٢	المياه الجوفية الوسطى عديمة الضغط
٢٠٢	المياه الارتوازية او مياه الضغط
٢٠٤	الاحواض الارتوازية
٢٠٥	الينابيع
٢٠٧	المياه المعدنية

٢٠٩	الكارست
٢١٠	اشكال الكارست السطحية
٢١٤	اشكال الكارست الباطنية
٢١٥	العلاقة بين كهوف الكارست ومستوى القاعدة للتعرية
٢١٥	اقسام الكارست
٢٢٧	الاهمية العملية للكارست

الباب السابع

٢١٩	دور الرياح في تشكيل سطح الارض
٢٢٥	الرياح كعامل من عوامل النحت
٢٢١	الاشكال الجيومورفية الناتجة من عمليات النحت
٢٢٣	التذرية والنقل بفعل الرياح
٢٢٤	الارساب الهوائي والظواهر التي تنتج عنه

الباب الثامن

٢٢٩	الجليد واثره في تشكيل سطح الارض
٢٢٩	خط الثلج الدائم
٢٣٢	تكون الانهار الجليدية والثلجات
٢٣٥	الانهار الجليدية المعاصرة وتوزيعها الجغرافي
٢٤٠	الغطاءات الجليدية القارية
٢٤٣	معالم سطح الانهار الجليدية
٢٤٥	العمل الهدمي للثلجات
٢٤٨	النقل والارساب الجليديان
٢٥٠	الركامات
٢٥٢	الكتبان الجليدية البيضوية
٢٥٣	بنية الركامات
٢٥٣	الانهار الجليدية والرواسب الجليدية المائية

الباب التاسع

- الامواج واثرها في تشكيل سطح الارض ٢٥٥
حركة مياه البحار والمحيطات وانواعها ٢٥٥
عمل الامواج ٢٥٨
المصطلحات المتصلة بالبيئة البحرية ٢٥٩
التعرية البحرية ٢٦٠
المظاهر الجيومورفية في الشواطئ الصخرية ٢٦١
الفجوات ، الكهوف ، التعاريج الساحلية
العمل الارسابي للامواج ٢٦٢

الباب العاشر

- الانكسارات والالتواءات واثرها في تشكيل
سطح القشرة الارضية ٢٦٥
أنواع الانكسار ٢٦٥
الحافات الانكسارية وحافات خط الانكسار ٢٦٧
الانحداد والضمور والهضاب الاندفاعية ٢٦٩
النشاط البركاني على طول خطوط الانكسارات ٢٦٩
الجبال الانكسارية ٢٦٩
عناصر الالتواء ٢٧٢
اشكال الالتواء ٢٧٣
الجبال الالتوائية ٢٧٧

البراكين والزلازل واثروهما في تشكيل سطح

- الارض ٢٨١
- تصنيف الاشكال البركانية ٢٨٢
- الاشكال الناتجة عن الانفجارات القوية ٢٨٢
- أشكال البراكين ٢٨٥
- الينابيع الحارة ٢٨٦
- الزلازل ٢٨٧
- منشأ الزلازل ٢٨٧
- قوة الزلازل ومدى تأثيرها ٢٨٩
- جهاز قياس الزلازل ٢٩٠
- كيفية تعيين موقع الزلازل ٢٩٠
- الزلازل البحرية ٢٩١
- التوزيع الجغرافي للزلازل ٢٩١
- المراجع الاجنبية والعربية ٢٩٣-٢٩٤