جامعة البعث
كلية العلوم

مركز التأهيل العلمي للمواد الأساسية

50
9

مركز
كلية
العلوم
الفصل
الثاني
للعام
الدراسي
2017
2018

قسم الجيولوجيا
السنة الأولى

جيولوجيا فيزيائية

نظري

المحاضرة الخامسة

د. سعيد ابراهيم

مركز التأهيل العلمي للمواد الأساسية

الفعل الجيولوجي للجليديات

الجليديات (Glaciers) هي عبارة عن كتل سميكة من الجليد تكونت على سطح الأرض نتيجة التراكم المستمر للثلوج في أماكن مناسبة، حيث يؤدي انضغاط وإعادة تبلور الثلج الهاطل إلى تشكل هذه الكتل الجليدية. ونظراً لوجود الجليد بالحالة الصلبة وقساوته فهو يستطيع التأثير بشكل كبير على الصخور. ويسمى العلم الذي يدرس ظروف تشكل الجليديات وتوزعها الجغرافي ونظامها وحركتها والأشكال التضاريسية والتوضعات التي تنشأ عنها بعلم الجليديات (Glaciology).

منشأ الجليديات ونظامها: لا بد لنشوء الجليديات من توفر شرطين أساسيين هما درجة حرارة منخفضة، وتهاطل ثلجي غزير. ففي المناطق التي تتحقق فيها هذه الشروط يمكن أن تتجمع كميات كبيرة من الثلج وتتراكم بما يكفي لان تتراص وتتبلور وتتحول إلى جليد. وأثناء ذلك يتناقص حجم وسماكة الطبقات الثلجية، فمثلاً لتشكل 1 م^3 من الجليد يلزم حوالي 11 م^3 من الثلج. والجليد المتشكل تزداد كثافته وقساوته*. وتسمى المنطقة التي يتحول فيها الثلج إلى جليد منطقة التغذية، كما يسمى الحد الفاصل بين مناطق وجود الثلج بشكل دائم والمناطق التي تذوب فيها الثلوج في الفصول الحارة بخط أو **حد الثلج الدائم**. ويرتبط موقع وارتفاع هذا الحد بدرجات الحرارة والإشعاع ارتباطاً وثيقاً. وبالتالي يتغير موقعه حسب العروض الجغرافية المختلفة. فهو يقع على مستوى سطح البحر باتجاه القارة القطبية الجنوبية (على درجة العرض 64 جنوباً)، في حين يرتفع حتى 5200 م في جبل كيلمنجارو (على درجة العرض 3 جنوباً).

أنواع الجليديات: تقسم الجليديات وفقاً لظروف تشكلها وأشكالها وحجومها وعلاقتها بمنطقة التغذية وطبيعة جريانها إلى الأنواع التالية:

1. الغطاءات الجليدية أو الجليديات القارية: وتضم هذه المجموعة الجليديات الضخمة التي تشكل غطاءات متواصلة. مثل غطاء القارة القطبية الجنوبية وغطاء جزيرة غرينلاند. حيث تبلغ مساحة غطاء القارة القطبية الجنوبية 13.9 مليون كم^2، وسماكته الوسطية حوالي 2000 م، والعظمى 4225 م. يتوضع هذا الغطاء فوق تضاريس معقدة مؤلفة من جبال ووديان وسهول. أما غطاء غرينلاند فيغطي مساحة الجزيرة بالكامل (1.8 مليون كم^2)، ولا تظهر الأرض تحت هذا الغطاء إلا عند السواحل أو بعض القمم البارزة المنفردة. وتبلغ السماكة هذا الغطاء حوالي 3400 م، وهي تتناقص باتجاه الأطراف ليبدو الغطاء بشكل قبعة. لذلك تسمى هذه الغطاءات أحياناً بالقبعات الجليدية. ومن الجدير بالذكر أن الغطاءات الجليديات القارية المذكورة سابقاً تشكل حوالي 99 % من مجموع

* تختلف قساوة الجليد حسب درجة الحرارة. ففي الدرجة صفر تكون قساوته حوالي 1.5 (حسب سلم موس) وفي الدرجة – 30 ترتفع إلى 3 – 4، أما في الدرجة – 78 فتصبح حوالي 6، وهذه الدرجة من القساوة تعادل قساوة نصل السكين.

المساحات المغطاة بالجليد على كوكبنا (غطاء القارة القطبية الجنوبية 91 %، وغطاء غرينلاند 8 %).

2. الجليديات الجبلية: وهي تتصف بمقاييسها الصغيرة بالمقارنة مع الغطاءات الجليدية. كما تتصف أحياناً بحركتها المقيدة والمحدودة ضمن السرير الصخري. تنتشر هذه الجليديات فوق قمم السلاسل الجبلية المرتفعة مثل جبال الألب والهيمالايا. وهي يمكن أن تقسم إلى جليديات الحلبات التي تتشكل في أعالي الجبال وتشكل مصدراً للنوع الثاني منها وهو جليديات الوديان التي تنحدر بشكل لسان جليدي يتحرك ضمن سرير معين ويؤدي لتشكل معالم مختلفة من الحت الجليدي.

توازن الجليديات وحركتها: تستطيع الجليديات تحت تأثير الجاذبية الأرضية وحجمها الهائل أن تزحف ببطء إلى خارج أماكن تجمعها، أي باتجاه المناطق الأقل ارتفاعاً على شكل أنهار جليدية صلبة أو ألسنة جليدية. وتسمى المنطقة التي تتم فيها حركة الجليديات بمنطقة الجريان، فإذا كان لسان الجليدية المتحركة يقع تحت خط الثلج الدائم فان هذه الجليدية تبدأ بالذوبان وتشارك المياه الناتجة عن ذلك بتغذية الأنهار، وتكون الجليدية في هذه الحالة بمرحلة تقهقر أو تراجع. أما إذا كانت كمية الجليد الذائب معادلة لكمية الجليد الآتي من منطقة التغذية فان حدود الجليد تكون شبه مستقرة. وأخيراً إذا لم تتعرض الجليدية المتحركة للذوبان فان حدودها تتسع أكثر فأكثر وهي تكون في هذه الحالة بمرحلة تقدم أو طغيان. هذا وتتعلق سرعة حركة الجليدية بالعوامل التالية:

1- كتلة الجليدية، فكلما كانت كتلتها أكبر كلما تحركت بسرعة أكبر*.
2- انحدار السطح الذي تنزلق فوقه، فكلما كان الانحدار أكبر، كلما كانت حركة الجليدية أسرع.
3- فصول السنة، فهي تزداد في الفصول الحارة وتتناقص في الفصول الباردة.
4- مكان وجودها ضمن اللسان الجليدي، فالجليد الموجود في وسط اللسان تكون سرعته أكبر من جليد الأطراف.

تؤدي حركة الجليدية إلى حدوث ظواهر الحت والنقل والترسيب. وهذه العمليات تؤثر بدورها في معالم سطح الأرض وتؤدي إلى تشكل مظاهر خاصة بها. ويمكن تقسيم هذه المظاهر إلى مجموعة المظاهر السطحية الناتجة عن الحت الجليدي، ومجموعة المظاهر التضاريسية الناتجة عن النقل والترسيب الجليدي.

المظاهر السطحية الناتجة عن الحت الجليدي

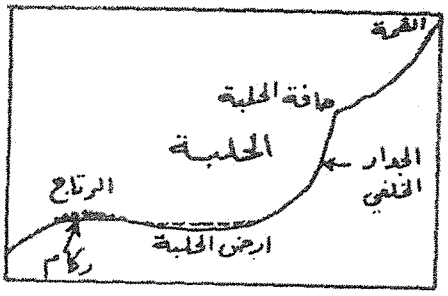
الحلبات الجليدية (Glacial Cirques): تعتبر من أهم الأشكال التضاريسية التي تتميز بها المناطق الجبلية المرتفعة التي تأثرت بعمل الحت الجليدي. وهي تبدو بشكل أحواض هلالية أو نصف دائرية تحيط

* تتحرك جليديات غرينلاند بمعدل 5 – 10 م/ يوم. أما جليديات القارة القطبية الجنوبية فتتحرك بسرعة حوالي 40 م/ يوم.

بها جدران مرتفعة من ثلاث جهات، في حين تنفتح من الجهة الرابعة على الوادي الجليدي الذي ينشأ منها.

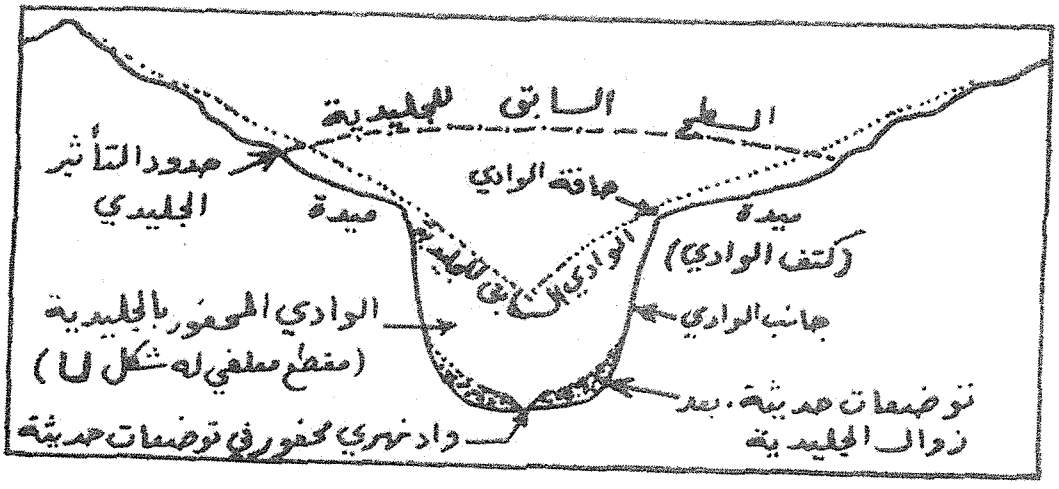
يختلف كبر الحلبات الجليدية وشكلها حسب درجة تطورها، فهناك الحلبات الكبيرة التي تكون أرضها مضرسة ومتعرجة، أما الحلبات الصغيرة فيكون قاعها قليل التعرجات أو شبه مستوي وهذا دليل على حداثة تشكلها.

أما منشأ هذه الحلبات فيفسر أنها كانت في الأصل حفراً تتجمع فيها مياه الأمطار والسيول، أو أنها حفر انحلال كارستية كانت موجودة في الأصل عند رؤوس الأودية في أعالي الجبال. ولقد تعمقت هذه الحفر وتوسعت بتتابع عمليات التجمد والذوبان في الشقوق والفواصل الموجودة في الصخور المحيطة بتلك الحفر (تجوية بالتجلد). وبعد تحطيم الصخور ميكانيكياً تعمل المياه الناتجة عن الذوبان إلى إزالة المواد المفتتة وإخلاء الحفر منها. ونتيجة ذلك ينمو التجويف المملوء بالجليد باستمرار ويصبح حلبة جليدية تشكل مصدراً للسان جليدي. لذلك فان نوع الصخور الموجودة في المنطقة وتماسكها يلعب دوراً كبيراً في سرعة تشكل هذه الحلبات.



شكل يمثل مقطع في حلبة جليدية.

الأودية الجليدية (Glacial Valleys): تقوم الجليديات أثناء حركتها بحفر مجراها وتعميقه وتوسيعه في الأودية القديمة. وتتم عملية التعميق والتوسيع بنفس السرعة والنسبة تقريباً، وذلك لأن الجليد يضغط على القاع والجوانب. لذلك يكون مقطع الأودية الجليدية بشكل الحرف (U) وتسمى أحياناً الأودية المعلفية. وتتعلق قدرة الجليديات على حت هذه الأودية بعاملين أساسيين هما قوة ثقل الجليد على الصخور، وما يحمله الجليد من مواد صخرية التقطها أثناء زحفه. حيث تعمل هذه القطع الصخرية عند احتكاكها بالقاع على حته وصقله، كما أنها تترك خدوش على صخور القاع تدل على اتجاه حركة الجليديات.



شكل يوضح المقطع العرضي للوادي الجليدي.

ويختلف الجليد عن المياه الجارية السطحية بكونه جسماً صلباً لا يتبع في حركته تعرجات الوادي القديم. لذلك إذا صادفته صخور ناتئة من جوانب الوادي أو مرتفعات تفصل بين الأودية النهرية فانه يحتها ويجرفها معه. لذلك فان الأودية الجليدية تكون أكثر استقامة من الأودية النهرية.

الأودية المعلقة (Hanging Valleys): وهي عبارة عن أودية الروافد الجليدية. وهي لا تكون في مستوى الوادي الجليدي الرئيسي وذلك لأن الوادي الرئيسي يستطيع تعميق مجراه بسرعة أكبر من الروافد القليلة الجليد. لذلك تبقى قيعانها معلقة، أي أعلى من قاع الوادي الجليدي الرئيسي. وهذه الظاهرة مهمة لمجرى الجليديات حيث تتميز بها عن مجاري الأنهار الرئيسية التي تتقاطع عادة مع روافدها في مستوى واحد.

الحافات الجبلية والقمم الهرمية: تتشكل الحواف الجبلية الحادة نتيجة تطور الحلبات الجليدية وزيادة الحت في جانبي حلبتين متجاورتين تتسعان وتقتربان من بعضهما بحيث لم يعد يفصلهما سوى حافة جبلية حادة بارزة (Arêtes). أما القمم الهرمية فتتشكل نتيجة تضافر ثلاث حلبات جليدية أو أكثر في حت منطقة جبلية. حيث تتراجع الجدران الخلفية لهذه الحلبات حتى تتقاطع مع بعضها وتكون في النهاية قمة حادة على شكل هرم (Horn). وأشهرها قمة (Matterhorn) في سويسرا.

الصخور الغنمية: وهي صخور بارزة في قاع الوادي الجليدي تتميز بسطحها الأملس وشكلها المنحني الذي يشبه ظهور الغنم. ويعود منشأ هذه الصخور إلى وجود كتل صخرية قاسية في قاع الوادي الجليدي لم يستطع الجليد اقتلاعها أثناء حركته، فبقيت بارزة في قاع الوادي. ولكن الجليد قام بحت هذه الصخور بحيث أصبحت جوانبها لمقابلة لجهة قدوم الجليد قليلة الانحدار وسطحها أملس يتميز بوجود الخدوش والأثلام. بينما الجوانب المعاكسة لسير الجليد تكون شديدة الانحدار وقليلة التأثر بالحت الجليدي. وتنتشر هذه الصخور بشكل خاص في السويد وفنلندا.

المظاهر السطحية الناتجة عن النقل والترسيب الجليدي

تحمل الجليديات أثناء سيرها كمية كبيرة من المواد الحطامية التي تتجمع من حت قاع وجوانب الوادي، وكذلك من الكتل الصخرية المنهارة من السفوح الجبلية المطلة عليها. وتتصف هذه المواد بعدم وجود الفرز الحبي فيها حسب الحجم مثل ما يشاهد في المواد الحطامية المنقولة بواسطة المياه. وتأخذ الرسوبات التي تشكلها الجليديات الأشكال التالية:

الركام الجليدي (Moraines): هو الحطام الصخري المؤلف من الحجارة والحصى والمواد الناعمة التي تحملها الجليديات معها أثناء حركتها وتوضعها على مسارها أو عند نهاية اللسان الجليدي.

ويمكن للمورينات الجليدية أن تكون متحركة مع حركة وزحف اللسان الجليدي (لذلك تسمى المورينات المتحركة). والتي يمكن حسب وضعيتها في جسم الجليدية أن تقسم إلى الأنواع التالية:

1. المورينات السطحية: وتتألف من المواد الحطامية الصخرية التي تنهال وتسقط على سطح الجليدية، وتكون غالباً حادة الأطراف وغير مصقولة.

2. المورينات الجانبية: هي المورينات التي تتجمع على جوانب وهوامش اللسان الجليدي وتنشأ من المواد التي يحتها الجليد من جوانب الوادي أثناء حركته، أو نتيجة سقوط المورينات السطحية الموجودة على الأطراف. وهي تساهم مع الجليد في حت وتوسيع الوادي الجليدي.
3. المورينات الوسطية: وهي نمط من المورينات السطحية الموجودة فوق وسط اللسان الجليدي، وهي تنشأ من اتحاد المورينات الجانبية نتيجة تلاقي لسانين جليديين واتحادهم في مجرى واحد.
4. المورينات الداخلية: وهي تتشكل نتيجة تسرب وسقوط المورينات السطحية إلى داخل الجليديات عبر الشقوق الموجودة في جسم هذه الجليديات.
5. المورينات القاعية: وهي تتشكل نتيجة حت الجليديات للقاع الصخري أثناء حركتها، أو نتيجة وصول المورينات الداخلية والجانبية إلى أسفل المجرى الجليدي. وهي تتميز برسوبات شديدة النعومة مع رمال وحصى تتحرك مع الجليديات وتساهم في حفر الوادي الجليدي وصقل صخوره وتخديشها.

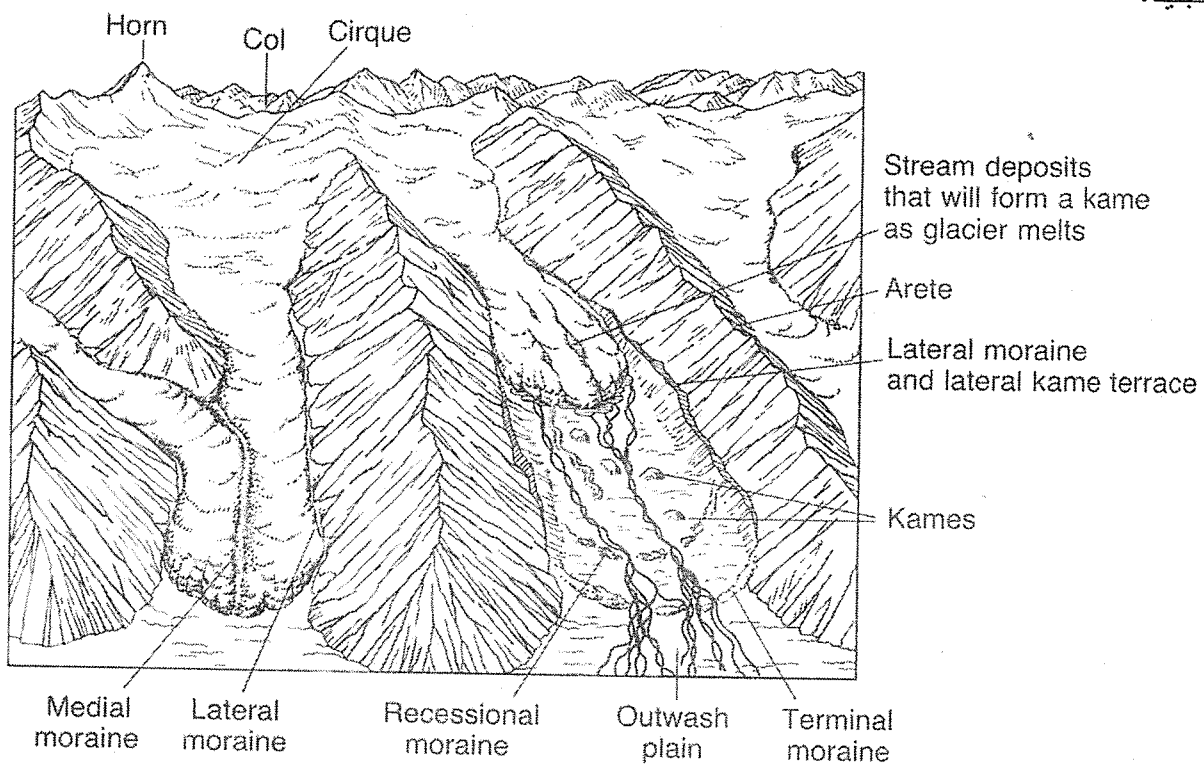
تنحدر المورينات المتحركة بالتدريج نحو الأسفل عند ذوبان الجليديات وتتوضع على القاع وتصبح مورينات غير متحركة، وهي بدورها تقسم إلى نوعين رئيسيين:

1. مورينات أساسية: تتألف من مواد حطامية ناعمة (غضار ورمل) ومواد أكبر منها نسبياً كالحصى. وهي تكون متناثرة على قاع المجرى الجليدي الأساسي الذي سلكته الجليديات سابقاً أثناء حركتها.
2. مورينات نهائية (أو جبهية): ويكون تركيبها مشابهاً للمورينات الأساسية، وهي تتشكل من المواد التي يدفعها اللسان الجليدي أمامه أثناء تقدمه. أو نتيجة ذوبان الجليد وتناقص كمياته، وعند ذلك تتجمع كافة أنواع المورينات المتحركة المذكورة سابقاً عند نهاية اللسان الجليدي لتشكل تلال هلالية الشكل تحيط بنهاية، وهي ترينا الحد الذي وصلت إليه الجليدية. وتتشكل خلف المورينات النهائية أحواض ومنخفضات تتحول بعد ذوبان الجليد إلى بحيرات، لذا فان من المظاهر المميزة لأشكال التضاريس في المناطق الجليدية انتشار البحيرات والمسطحات المائية بأعداد كبيرة (توجد في فنلندا حوالي 10.000 بحيرة).

الكثبان الجليدية (Drumlins): وهي تبدو بشكل تلال نصف بيضوية منخفضة الشكل. تنشأ نتيجة وجود عوائق تصادفها الجليدية أثناء حركتها (مثل الكتل الصخرية البارزة)، فتتجمع الرواسب والمورينات خلفها. وتتفاوت هذه الكثبان الجليدية في أحجامها وأبعادها، فمنها التلال الصغيرة التي لا تتعدى بضعة أمتار، ومنها التلال الكبيرة التي يبلغ طولها حوالي الكيلومتر. وهي تنتشر بكثرة في سويسرا وجنوب المانيا.

الصخور النائهة (Erratic boulders): وهي عبارة عن كتل صخرية كبيرة تتميز عموماً بكثرة الحزوز والخدوش عليها، مما يدل على أثار احتكاك الجليد بها. وقد سميت بالكتل النائهة لأنها توجد حالياً في مناطق غريبة بعيداً عن مكانها الأصلي (مثل وجود كتل من الغرانيت في مناطق وجود الصخور الكلسية). ويفسر وصولها إلى هذه الأماكن بأن اللسان الجليدي حملها معه أثناء زحف الجليد نحو

الوديان والسهول المنخفضة. كما تسمى أحياناً بالصخور المرشدة نظراً لأنها ترشد العلماء إلى مسار الجليد.



شكل يوضح الكثير من مظاهر الحت والترسيب الجليدي.

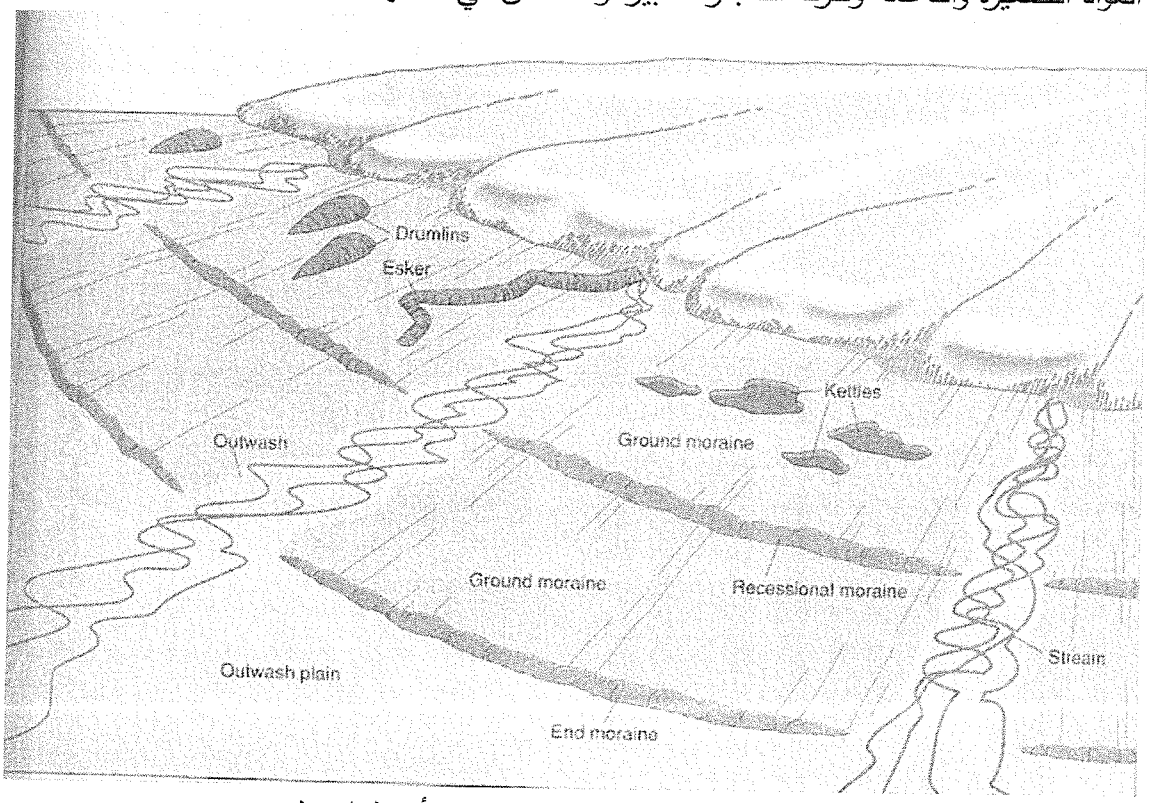
المظاهر الناتجة عن توضعات الأنهار الجليدية:

يؤدي ذوبان الجليد لتشكل أنهار مؤقته تقوم بنقل المواد الحطامية وترسيبها وتشكل مظاهر تضاريسية خاصة. حيث تتألف هذه المظاهر بشكل أساسي من مواد الغضار والرمال والحصى، التي غالباً ما تكون متطبقة ومرتبة حسب مقاساتها بشكل مماثل للرسوبات النهرية. ويمكن ضمن هذه المظاهر النهرية تمييز وجود ثلاث أشكال وهي:

1. رواسب الأوزر (Esker deposits): وهي عبارة عن تلال مستطيلة من الرواسب الجليدية، تبدو بشكل حافة طويلة، تمتد في اتجاه حركة الجليدية. عرضها بضعة أمتار بينما طولها يتراوح بين مئات الأمتار وعشرات الكيلومترات. أما ارتفاعها فيتراوح بين 5 – 50 م. وهي تتألف من مواد رملية وحصوية موزعة توزيعاً منتظماً تظهر على شكل طبقات. أما بالنسبة لمنشأ الأوزر فيعتقد بأنها تشكلت بواسطة مجاري مائية كانت تجري خلال الجليد على القاع أو تحت سطحه (أي بشكل نفق داخل الجليد)، وذلك عندما كان الغطاء الجليدي يتراجع بسرعة. وهي تنتشر بكثرة في دول البلطيق.
2. رواسب الكام (Kames deposits): تبدو هذه الرواسب بشكل تلال مبعثرة بجوار المورينات النهائية. وهي تتألف من الغضاريات والرمال والحصى التي تجمعت في منخفضات شبه دائرية، كما تتصف بوجود ظواهر التطبق فيها. ويعتقد بأن هذه الرواسب قد تشكلت في كتل جليدية ضخمة عديمة

الحركة امتلأت الحفر والشقوق على سطحها بالمياه مشكلتاً بحيرة صغيرة، بدأت المياه الجارية بتفريغ حمولتها فيها. لذلك تشكلت رسوبات بحيرية متطبقة. ومع ذوبان الجليد أخذت هذه المواد بالغوص تدريجياً لتستقر بالقرب من المورينات النهائية بشكل تلال منخفضة.

3. رسوبات السهل الانجرافي (Outwash Plane): وهي سهول واسعة مؤلفة بشكل أساسي من الرمال مع بعض الغضار والحصى تمتد عند منحدرات المورينات النهائية الخارجية. تتشكل هذه السهول نتيجة عمل الأنهار التي تخرج من تحت أطراف الجليدية أثناء ذوبانها. فعندما تخترق هذه الأنهار والجداول جسم المورينات النهائية تحمل معها المواد الترابية الناعمة والرمال، لتوضعها أثناء حركتها بشكل مخاريط تجمع واسعة منبسطة تلتحم مع بعضها وتشكل سهلاً واسعاً قليل التموج. لذلك يسمى هذا السهل أحياناً سهل الغسل الجليدي (Sandur)، لأن المياه تغسل المورينات النهائية وتنقيها من المواد الصغيرة والناعمة وتترك الحجارة الكبيرة والأنقاض في مكانها.



شكل يوضح رسوبات السهل الانجرافي ولاوزور أمام لسان جليدي.

العصور الجليدية: هناك ترابط كبير بين المناخ والتضاريس الجليدية. وهذه الحقيقة تبدو واضحة من خلال دراسة التوضعات الرسوبية النهرية والشاطئية والجليدية التي تشكلت خلال الدور الرباعي والذي بدأ منذ حوالي 1.6 – 1.8 مليون سنة الأخيرة من عمر الأرض. فلقد أمكن في توضعات الدور الرباعي هذا تمييز وجود أربع عصور جليدية رئيسية تفصل بينها ثلاث أطوار ما بين جليدية دافئة*. ويقدر بأنه خلال

* يجب الانتباه أن الرباعي هو دور وليس حقب، فهو جزء من الحقب الثالث (السينوزوي) الذي يقسم إلى ثلاث أدوار هي الباليوجين والنيوجين والرباعي. وتسمية الرباعي تعود إلى العام 1759 عندما قسم العالم اوردونيو صخور الأرض إلى

العصر الجليدي الأخير (الفورم) الذي بدأ منذ حوالي 18.000 – 20.000 سنة، كانت مساحة الأرض المغطاة بالجليد حوالي 40 مليون كم^2، بينما انخفضت هذه المساحة في العام 1957 م إلى حوالي 15 مليون كم^2. وأن ذوبان الجليد الحالي بالكامل سوف يرفع مستوى البحر بمقدار 65 – 70 م. ويلاحظ أن آخر تقدم لجليديات الألب حدث حتى العام 1850 م، وابتدأ من هذه السنة فان معظم الجليديات أخذت بالتراجع وهذا يعني ميل درجات الحرارة للارتفاع.

لقد أدى تعاقب العصور الجليدية المختلفة التي حدثت خلال الدور الرباعي إلى حدوث تبدلات جوهرية في معالم سطح الأرض، وحدوث تطورات في العالمين النباتي والحيواني. فلقد أدى المناخ البارد الذي ساد في كل عصر جليدي إلى تراكم الجليد بكميات كبيرة وانتشاره على مساحات واسعة (تقدم خط الثلج الدائم نحو خط الاستواء) مما أدى إلى تنشيط الأعمال الجيولوجية الجليدية، وإلى انخفاض منسوب مياه بحار العالم حوالي 100 م، وهذا التغير سبب بدوره تغير مكان وشكل الشواطئ وتشكل المصاطب الحتية والترسيبية البحرية، وكذلك تغير المقطع التوازني للأنهار وتجدد دورتها الحتية وتشكل المصاطب النهرية. كما أدى تعاقب فترات الدفء والبرد إلى انقراض بعض الأجناس الحيوانية (مثل فيل الماموث) وإلى هجرات الطيور الموسمية نحو المناطق الدافئة. كما يلاحظ خلال العصور الجليدية انتشار النباتات المقاومة للبرد وانحسار نباتات المناطق الدافئة. ومن أهم ميزات الدور الرباعي أيضاً ظهور الإنسان خلال هذه الفترة، في حين تخلو رسوبات الأدوار السابقة من أي شواهد وبقايا لوجوده.

صخور أولية هي صخور ما قبل الكامبري. وصخور ثانوية هي صخور الحقبين الأول والثاني. وصخور ثلاثية هي صخور الباليوجين والنيوجين. وصخور رباعية هي الصخور الحديثة التشكل في الأودية النهرية والشواطئ البحرية.