الفصل التاسع

العمل الجيومورفولوجي للجليد والثلاجات والأشكال الأرضية الناتجة عنه

الفصل الثالث عشر

الجليد وتأثيره في تكوين الأشكال الأرضية

يعد الثلج Snow مظهراً من مظاهر التساقط، حيث يتساقط الثلج عندما تنخفض درجات الحرارة دون درجة التجمد. ويتساقط في العروض المختلفة الا أن تساقطه في العروض القطبية يكون عند مستوى سطح البحر، فيما يتساقط في العروض المدارية على قمم الجبال الشاهقة الارتفاع التي تنخفض فيها درجات الحرارة دون درجة التجمد. ويطلق اسم خط الثلج الدائم Snow Line على المستوى الذي لايذوب الثلج الذي اعلاه خلال فصل الصيف، أو بتعبير آخر الخط الذي يمثل الحد الأسفل لغطاء ثلجي مستديم.

يتباين ارتفاع خط الثلج الدائم من مكان إلى آخر تبعاً للموقع بالنسبة لدوائر العرض، ففي المناطق القطبية ينطبق منسوبه مع مستوى سطح البحر بسبب انخفاض درجات الحرارة طوال العام، وبمعنى آخر فان الثلوج تغطي دائماً سطح الأرض في تلك المناطق. ثم يأخذ ارتفاع خط الثلج الدائم بالزيادة التدريجية كلما ابتعدنا عن القطبين حتى يبلغ اقصى ارتفاع له في المناطق المدارية والاستوائية. ففي جبال الألب في اوربا يبلغ ارتفاع هذا الخط حوالي 3000 متراً، فيما يصل إلى حوالي 5000 متراً في جبال الهملايا، أما عند خط الاستواء فيصل إلى حوالي 6000 متراً في جبال كينيا وكلمنجارو (تراب، 2005، 267). ومما تجدر الاشارة اليه ان ارتفاع خط الثلج الدائم لا يتأثر بعامل الموقع بالنسبة لدوائر العرض فحسب، بل ان ثمة عوامل اخرى تؤثر في مستوى ارتفاعه مثل نوع الكتل الهوائية الباردة أو الدافئة، وكذلك درجة تعرض السفوح الجبلية إلى اشعة الشمس، اذ يكون مستوى خط الثلج الدائم اكثر ارتفاعاً فوق السفوح الجبلية الجنوبية المواجهة إلى اشعة

الشمس من المرتفعات الموجودة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية مقارنة بالسفوح الشمالية، ويحدث العكس في النصف الجنوبي.

تحول الثلج إلى جليد

عندما يكون تساقط الثلج غزيراً وتبقى درجات الحرارة منخفضة دون درجة الانجماد وتحول دون ذوبانه، مما يؤدي إلى تراكمه على سطح الأرض وزيادة سمكه وتحوله إلى طبقة صلبة من الجليد Ice. لذا فان عملية تحول الثلج إلى جليد تجري داخل الحقول الثلجية، فيتحول الثلج بصورة تدريجية إلى جليد حبيبي بعد تساقطه وبقائه على سطح الأرض لفترة زمنية تتراوح ما بين بضعة ايام إلى عدة أشهر. وتختلف كتل الجليد التي تتراكم حقول الثلج عن المياه المتجمدة في انها تحتفظ بقدر من الهواء بين جزيئاتها، وبسبب تعرضها إلى الضغط الناجم عن تساقط كميات اخرى من الثلوج وما يصاحبها من ذوبان جزئي لبعض البلورات الثلجية، فان المياه تتسرب في الفراغات التي توجد بين جزيئات الحقل الثلجي وتحل محل الهواء فيها، وسرعان ما تتجمد المياه مرة اخرى فتعمل على تلاحم بلورات الجليد الحبيبي وتتحول إلى جليد متماسك تتراوح كثافته ما بين 0.89- 0.90 غم / سم^3 (كربل، 1986، 188)، مما يجعل من الجليد عاملاً جيومورفولوجياً فاعلاً خلال حركته وما يرافق ذلك من حت ونقل وترسيب.

انتشار الجليد

يشكل الجليد 2٪ من مجموع مصادر المياه على سطح الأرض، ويغطي نحو 15 مليون كم^2 وبنسبة تبلغ حوالي 10٪ من مساحة اليابس، ويتركز معظم الجليد في الوقت الحاضر في القارة القطبية الجنوبية وكرينلاند اللتين تحتلان معاً حوالي 96٪ من هذه المساحة، فيما يتواجد الباقي في المناطق الجبلية ضمن العروض

المختلفة، ويشكل هذا الجليد البقايا المتخلفة عن تراجعه عن مساحات واسعة من اليابس غطاها خلال المليوني سنة الأخيرة.

تميز عصر البلايوستوسين بحدوث تقلبات مناخية تراوحت ما بين الانخفاض الشديد في درجات الحرارة، مما ادى إلى زحف جليدي مرحلي تخلله ارتفاع نسبي في درجات الحرارة نجم عنه تراجع وتقهقر الجليد باتجاه الأقاليم القطبية والأراضي الأكثر ارتفاعاً. وتباينت الفترات الجليدية ابان مراحل البلايوستوسين الأدنى والأوسط والأعلى التي يوضحها الجدول (5). وقد شهدت الفترات الجليدية انخفاضاً عاماً في درجات الحرارة تراوح ما بين 5- 10°م عن المتوسط الحالي وانخفض منسوب خط الثلج الدائم بنحو 1000متراً دون منسوبه الحالي ورافق ذلك انخفاض في مستوى سطح البحر، وتقدمت الغطاءات الجليدية في نصفي الكرة الأرضية من عدد من المراكز الرئيسة التي تمثلت في شمال امريكا الشمالية وشمال اوربا والقارة القطبية الجنوبية وجنوب شيلي والأرجنتين ونيوزيلنده، فضلاً عن نطاقات صغيرة فوق بعض المرتفعات مثل جبال الألب في اوربا وجبال الهملايا في آسيا، وبشكل عام وصل الزحف الجليدي إلى دائرة عرض 55° شمالاً في قارة اوربا و38° شمالاً في قارة امريكا الشمالية (سلامه، 2010، 290-291). ورافق ذلك تكون العديد من الأشكال الأرضية بفعل الجليد. أما في الفترات ما بين الجليدية فقد تراجعت المساحات الجليدية وارتفع منسوب خط الثلج الدائم بسبب ارتفاع عام في درجات الحرارة، ونجم عن ذلك ايضاً ارتفاع منسوب البحر وانكشاف الكثير من الأرضية التي كونها الجليد. ويعتقد ان مثل هذه التغيرات المناخية سواء التي ادت إلى الزحف الجليدي أو تراجعه قد تتكرر، وان العصر الجليدي البلايوستوسيني لم يكن الأول من نوعه كما لم يكن الأخير.

جدول (5) الفترات الجليدية في بعض الأقاليم

الزمن	جبال الألب	امريكا الشمالية
البلايوستوسين الأعلى	فيرم Wurm	وسكنسن Wisconsin
		سانغامون Sangamon
	ريس Riss	الينوي Illinoian
البلايوستوسين الأوسط	مندل Mindel	يارموث Yarmouth
		كانزان Kansan
		افتوني Aftonian
البلايوستوسين الأدنى	غونز Gunz	نبراسكا Nebraskan
	دوناو Donau	ما قبل نبراسكا Pre- Nebraskan

الثلاجات Glaciers

تعرف الثلاجة على انها كتلة من الثلج والجليد الذي يتحرك ببطئ من مكان إلى آخر فوق اليابسة مبتعداً عن منطقة التراكم، وان تلك الحركة البطيئة لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، الا انه امكن التأكد منها عندما قام عدد من العلماء بتثبيت مجموعة من الأعمدة بشكل خط مستقيم على سطح ثلاجة في جبال الألب، ثم لوحظ بعد مدة ان مواقع هذه الأعمدة تقدم نحو الامام نتيجة لحركة الثلاجة.

تتحرك الثلاجات على طول منحدرات الجبال من اماكن تراكم الجليد وتتخذ دائماً مناطق الضعف في القشرة الأرضية التي تتمثل في الأودية أو على طول خطوط الانكسار. ويتباين معدل تحرك اجزاء الثلاجة، اذ أن الجزء الأوسط منها يتحرك بسرعة اكبر نسبياً من حركة الجوانب، ويعزى ذلك إلى الاحتكاك المسلط على جوانب الثلاجة بسبب تماسها مع الوادي، مما يقلل من حركة هذه الأجزاء مقارنة بالجزء الأوسط، وللسبب ذاته يتحرك الجزء الأعلى من الثلاجة بسرعة اكبر من الأجزاء السفلى التي تكون على تماس مباشر مع قيعان الوديان التي تعرقل من حركتها بسبب الاحتكاك.

تعد قوة الجاذبية الأرضية السبب الرئيس لحركة الثلاجات التي تتباين من مكان إلى آخر، اذ يتراوح معدل سرعة الثلاجات في جبال الألب ما بين 30 – 100سم في اليوم، فيما تبلغ سرعة الثلاجات في الاسكا حوالي 30 متراً في اليوم الواحد. وبصورة عامة يتراوح معدل حركة الثلاجات ما بين 15 – 60 سم في اليوم الواحد (السنوي، 1979، 307). ويعزى هذا التباين إلى عدد من العوامل لعل ابرزها عامل الانحدار الذي كلما ازداد ازدادت معه حركة الثلاجة، وكذلك سمك الجليد ودرجة حرارة الجو، حيث ان ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى تحويل قسم من الجليد إلى مياه تسهل انزلاق الثلاجة، فضلاً عن نعومة السطح التي تسهل ايضاً الحركة، وكلما قلت المواد التي تحملها الثلاجة كلما قل احتكاكها مع قاع الوادي ومن ثم تسهل حركتها.

انواع الثلاجات

تصنف الثلاجات اعتماداً على اسس مختلفة، الا أن اكثر انواع التصنيف شيوعاً ذلك الذي يعتمد على حجم الثلاجات وموقعها واصلها، ووفقاً لهذا التصنيف يمكن تقسيم الثلاجات إلى الأنواع الآتية:-(كريل، 1986، 189-195).

1- الغطاءات الجليدية Ice Sheets: يأتي هذا النوع في مقدمة الأنواع الاخرى من الثلاجات من حيث الحجم والمساحات الشاسعة التي يشغلها، وتتمثل الغطاءات الجليدية في الوقت الحاضر في القارة القطبية الجنوبية وجزيرة كرينلاند. ويشكل الغطاء الجليدي الموجود في القارة القطبية الجنوبية اكبر كتلة جليدية على سطح الأرض حالياً، حيث يغطي مساحة مقدارها 6. 12 مليون كم^2 ويبلغ معدل سمكها 2. 2 كم، ومن المحتمل ان حجم الجليد الموجود يستطيع عند ذوبانه ان يرفع سطح المحيط حوالي 40 متراً عن مستواه الحالي. أما الغطاء الجليدي الموجود في كرينلاند فانه يغطي مساحة مقدارها 1.73 مليون كم^2 ويبلغ سمك هذا الغطاء 6. 1 كم، وقد ادى ثقل هذا الغطاء الجليدي إلى احداث حالة هبوط لسطح الأرض الذي يقع اسفله.

يتحرك الجليد من مراكز تجمعه فوق الغطاءات الجليدية بصورة بطيئة نحو الخارج وفي مختلف الاتجاهات، حيث يتحول في كرينلاند إلى ثلاجات الوديان التي تصل بدورها إلى سواحل المحيطات فتتكسر هناك وتنفصل عنها كتل جليدية تجرفها الأمواج والتيارات مكونة مايعرف بالجبال الجليدية العائمة Icebergs. وتعد ثلاجات الوديان التي تخرج من الغطاء الجليدي فوق جزيرة كرينلاند المصدر الرئيس للجبال الجليدية العائمة في البحار الشمالية وقد تسبب كوارث بحرية جراء اصطدام بعض السفن بها، وخير مثال على ذلك ماحدث لسفينة الركاب تيتانك

Titanic التي اصطدمت بجبل جليدي عائم في عام 1912، مما ادى إلى غرقها وموت اكثر من الف شخص من ركابها. أما في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية فان الجبال الجليدية العائمة تندفع من القارة القطبية الجنوبية، وتكون طولية الشكل يصل طول البعض منها إلى بضع عشرات من الكيلومترات وتصل ابعد مدى لها إلى حوالي دائرة العرض 40° جنوباً.

2- القلنسوات الجليدية Ice Caps: يطلق مصطلح القلنسوات الجليدية على الغطاءات الجليدية الصغيرة أو على التراكم الجليدي الذي يحدث فوق مناطق مرتفعة وتخرج منه ثلاجات الوديان التي تتحرك في اتجاهات مختلفة. وتعد ثلاجة Vatnajokull في آيسلنده خير مثال على القلنسوات الجليدية، حيث يتراوح سمك هذه الثلاجة ما بين 600 – 700 متراً وتقع قاعدتها على ارتفاع يتراوح ما بين 200 – 1000 متراً عن مستوى سطح البحر.

3- ثلاجات الوديان Valley Glaciers: تندفع هذه الثلاجات اما من القلنسوات الجليدية ومن الغطاءات الجليدية أو انها تنشأ من حقل ثلجي منفرد وتحتل وادياً جبلياً معيناً. وتسمى احياناً باسم الثلاجات الألبية نسبة إلى جبال الألب، ويطلق عليها احياناً اسم الأنهار الجليدية لكونها تتصرف احياناً بشكل يشبه الأنهار الاعتيادية. وتختلف هذه الثلاجات فيما بينها من حيث الاتساع والسمك والطول وكذلك في مقدار سرعتها.

تقسم ثلاجات الوديان إلى عدد من الأنواع الثانوية التي اهمها:-

أ- ثلاجات الحلبات الجليدية التي تشغل اعالي الوديان أو انها تتواجد في المنخفضات التي على جوانب الوديان الجليدية. وتكون هذه الثلاجات صغيرة لايتجاوز طولها وعرضها عن بضعة مئات من الأمتار ولا يزيد سمكها عن بضعة عشرات من الأمتار.

ب- ثلاجات الوديان (النمط الألبي) التي تنشأ من جراء تطور الثلاجات السابقة بعد هبوط مستوى خط الثلج الدائم، حيث تمتد تلك الثلاجات إلى الأسفل باتجاه الوديان الجبلية، ومن المحتمل ان تتحد مجموعة من ثلاجات حلبات جليدية كي تقوم بتغذية ثلاجة وادي واحدة. وتكون هذه الثلاجات شائعة في الأقاليم الجبلية كما هو الحال في جبال الألب والجبال الساحلية في الاسكا وجبال الهملايا.

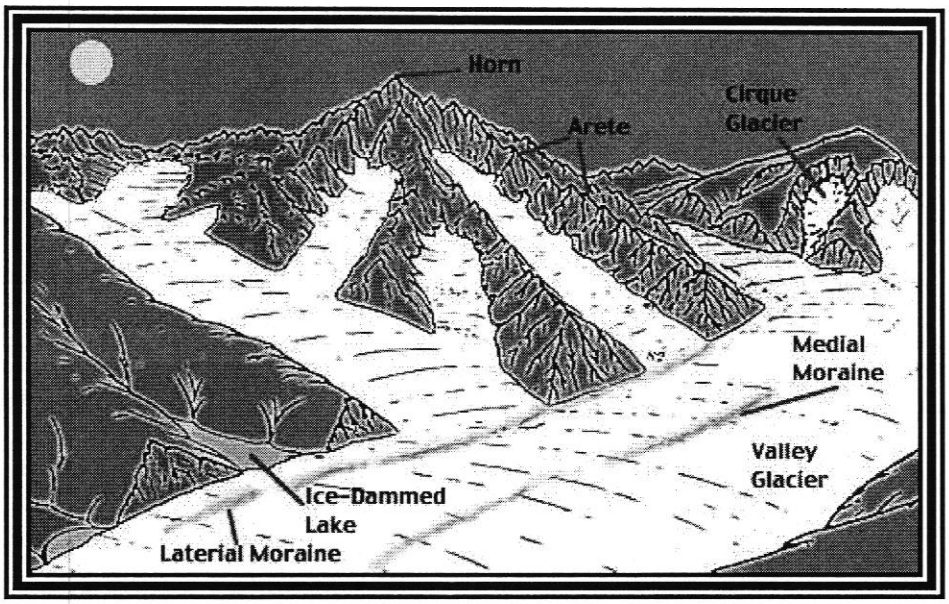
ج- الثلاجات المتقطعة: تنشأ هذه الثلاجات في الأقاليم الجبلية التي يكون تساقط الثلوج فيها غير كاف لتكوين قلنسوة جليدية، أو ان تلك الجبال تعرضت إلى تعرية شديدة ادت إلى تقطيعها بواسطة وديان عميقة لايمكن ان تمتلئ بالجليد، وتتكون في مثل هذه الظروف ثلاجات وديان سميكة.

4- ثلاجات القدمات الجبلية Piedmont Glaciers: يتكون هذا النوع من الثلاجات عندما تتحد ثلاجتان أو اكثر من ثلاجات الوديان فوق سهل أو فوق واد جبلي عريض يقع عند قدمات الجبال.

الأشكال الأرضية الحتية والترسيبية للجليد

يقوم الجليد بنشاطه الجيومورفولوجي من خلال عمليات الحت والنقل والترسيب التي ينجم عنها اشكال أرضية مختلفة، وفيما يأتي عرض مختصر لتلك الأشكال التي يوضحها الشكل (66).

شكل (66) عدد من الأشكال الأرضية الحتية والترسيبية للجليد



اولاً: الأشكال الأرضية الناجمة عن الحت الجليدي

يقوم الجليد بالحت بمجرد حركته وانتقاله من بيئات التغذية الجليدية، ويتم نشاطه الحتي بطريقتين:-

الأولى طريقة السحب Plucking: تحدث هذه العملية من خلال اشتداد تأثير الجليد فوق المفاصل والشقوق الموجودة في الطبقات الصخرية، اذ يتحول قسم من جليد الثلاجات تحت الضغط الكبير إلى مياه تتغلغل بين تلك المفاصل والشقوق، ثم لاتلبث أن تتجمد ثانية، مما يؤدي إلى زيادة حجمها فتعمل على تكسير الصخور، كما ان انجمادها يربطها بجسم الثلاجة الرئيس، مما يولد ضغطاً على الصخور ويعمل على قلعها وسحبها مع الثلاجة.

أما الطريقة الثانية فهي عملية الصقل الميكانيكية Abrasion: فالجليد الذي يتحرك فوق اليابس يقوم بالتقاط الجلاميد الصخرية المفككة والحطام الصخري باحجامه المختلفة، فضلاً عن حبيبات التربة، ويستخدم هذه المواد بمثابة ادوات قطع، وتعمل اجزاء الحطام الصخري الكبيرة الحجم الموجودة داخل الجليد وكأنها مقاشط يستطيع الجليد بواسطتها واثناء حركته على اليابسة من ازاحة كل المواد المفككة وقطع النتوءات الصخرية الصلبة، بينما تقوم الحبيبات الناعمة بعملية صقل الصخور التي تتحرك فوقها وينجم عن عملها ما يعرف بطحين الصخور. وتستطيع الثلاجات من خلال عملية الصقل الميكانيكي من أن تصقل جوانب وقيعان وديانها وتحورها من وديان ضيقة إلى وديان عميقة وواسعة.

يتأثر النشاط الحتي للجليد بمجموعة من العوامل ابرزها ما يأتي:- (سلامه، 2010، 306-308)

1- سمك الجليد: يزداد ضغط الجليد على الصخور بتزايد سمكه، وقد يصل هذا الضغط إلى 400كغم/ سم^2، مما يؤدي إلى رفع درجة الحرارة مع العمق بحيث يؤثر في طبيعة حركة الجليد من خلال تأثير المياه الناجمة عن ذوبان الجليد عند قاعدته في الانزلاق القاعدي وجعل حركة الجليد اكثر مرونة، لذا فان الثلاجات السميكة التي كانت موجودة اثناء عصر البلايستوسين استطاعت أن تحفر وديانا جليدية عميقة تتمثل في الفيوردات الموجودة في سواحل النرويج وكرينلاند.

2- سرعة حركة الجليد: هناك علاقة طردية بين سرعة حركة الجليد ونشاطه الحتي.

3- كمية ودرجة صلابة الحطام الصخري الذي يحمله الجليد: فكلما ازدادت كمية تلك المواد ازداد النشاط الحتي للجليد، وان المواد الخشنة والكبيرة الحجم والأكثر صلابة تكون اكثر فاعلية من المواد الناعمة مثل الغرين والطين.

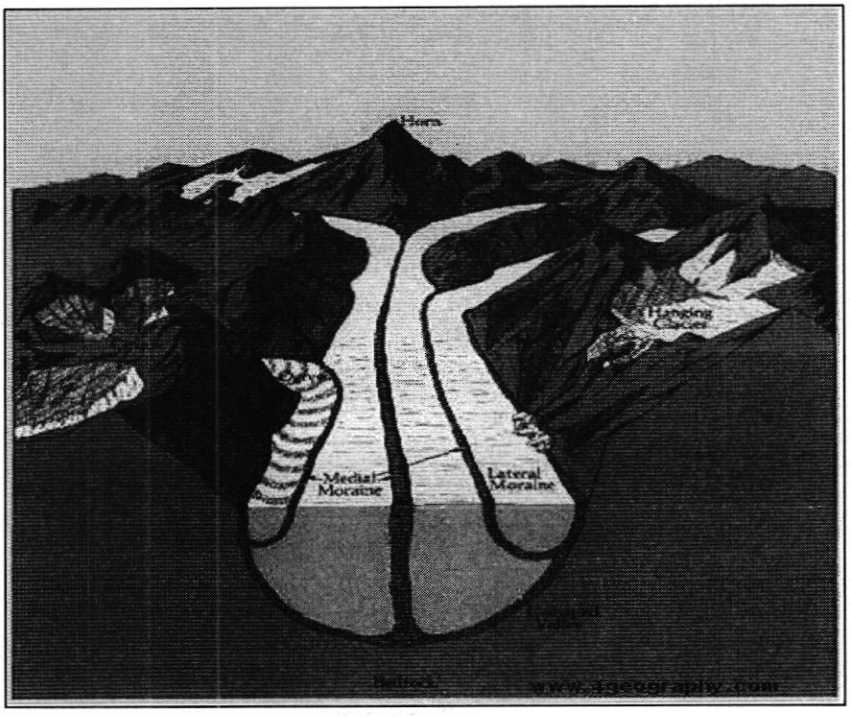
4- اختلاف درجة صلابة الصخور: يزداد معدل الحت الجليدي فوق الصخور اللينة، فيما تكون الصخور الصلبة اكثر مقاومة، لذا نجد ان مناطق الصخور اللينة تتحول إلى احواض بفعل الحت الجليدي، بينما تبقى المناطق ذوات الصخور الصلبة مرتفعة.

ينجم عن الحت الجليدي عدد من الأشكال الأرضية اهمها ما يأتي:-

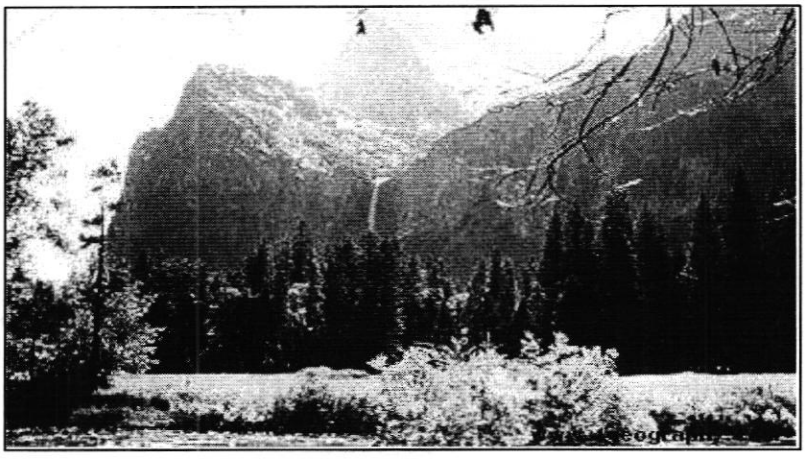
1- الأودية الجليدية Glacial Valleys: ينحدر الجليد بحركته البطيئة نحو المنحدرات السفلى والأراضي المنخفضة سالكاً الأودية، ويعمل على حت صخورها الجانبية وتعميقها وتعرف عندئذ بالأودية الجليدية. واهم مايميز مقطعها العرضي ظهوره على شكل حرف U بخلاف الأودية النهرية التي يبدو مقطعها العرضي على شكل حرف V. يكثر وجود المصاطب Benches باعتبارها مظهراً في الوديان التي تعرضت إلى التعرية الجليدية. وينتهي كثير من الوديان التي تعرضت إلى التعرية الجليدية عند اعاليها باوجه شديدة الانحدار تشبه الجدران تعرف باسم نهاية الأحواض ومن المحتمل ان تكون ناجمة من اتصال عدد من الحلبات Cirque عند اعالي الوادي وكما يتضح من الشكل (67).

2- الأودية المعلقة Hanging Valleys: تشبه الأودية الجليدية المعلقة نظيرتها النهرية من حيث الخصائص المورفولوجية، اذ تمثل هذه الأودية روافد للوادي الجليدي مع اختلاف منسوب كل منهما، بحيث يكون منسوب الثلاجة الرئيسة اخفض بكثير من منسوب الوادي المعلق، وكما يتضح من الشكل (68) ويتخذ مكان الالتقاء بينهما شكل الجرف، وفي حالة ذوبان الجليد تتحول جريانات الأودية المعلقة إلى شلالات (سلامة، 2010، 309).

شكل (67) عناصر الوادي الجليدي



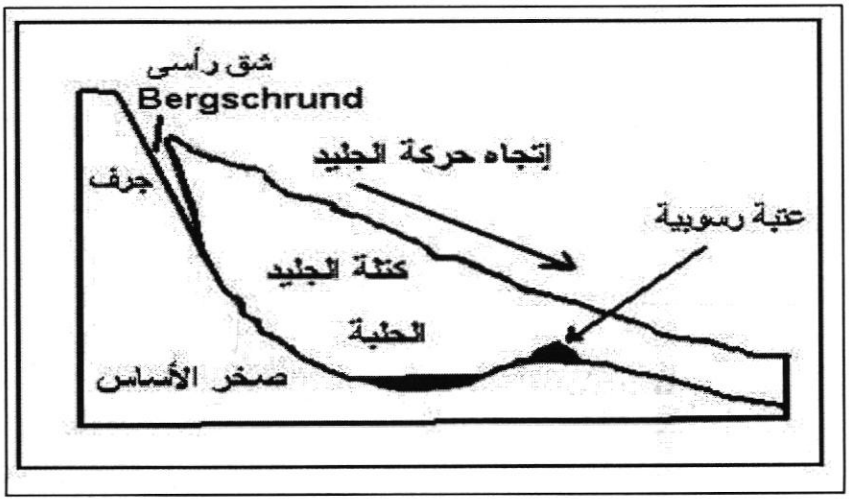
شكل (68) الوادي المعلق



3- الحلبات الجليدية Cirques: تعد اهم المظاهر الجيومورفولوجية التي تتميز بها المناطق الجبلية المرتفعة التي تتأثر بعملية الحت الجليدي. والحلبات الجليدية عبارة عن احواض تشبه إلى حد كبير حلبات الملاعب ومدرجاتها، وتكون حوائطها شديدة الانحدار وتوجد في الأجزاء العليا من الأودية الجليدية الشكل (69). تتعرض قيعان الحلبات الجليدية إلى عملية الصقل الميكانيكية وتتحول إلى منخفضات أو احواض تصبح بعد ان يتراجع الجليد على شكل بحيرات صغيرة تسمى ببحيرات الحلبات التي تعرف في اسكتلنده باسم التارن Tarn (صفي الدين، 1979، 308)

4- الحافات المسننة Aretes: تتقابل حوائط الحلبات الخلفية عندما تتواجد حلبتان جليديتان في وضع متعاكس، وينجم من جراء الحت التراجعي لكل منهما تحول المنطقة الفاصلة بينهما إلى سلسلة ضيقة متعرجة شديدة الانحدار تعرف باسم Arete وتعني السلسلة الحادة (الشكل 66)

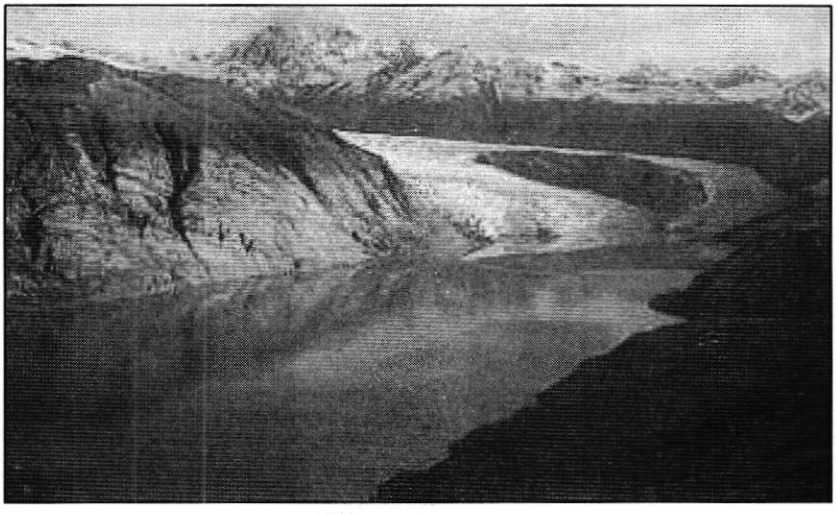
شكل (69) الحلبة الجليدية



5- القرون الجليدية Horns: تتكون القرون الجليدية عندما تتقابل عدة حلبات جليدية فوق جبل من الجبال، حيث تؤدي التعرية التراجعية لكل واحدة منها إلى تكوين قمة هرمية مدببة الشكل تعرف باسم القرن الجليدي Horn (الشكل 66).

6- الفيوردات Fjords: وهي عبارة عن اودية جليدية عميقة ومنحدرة الجوانب ومقطعها العرضي على شكل حرف U تنتهي عادة عند الأراضي الساحلية وتتحول هذه الأودية إلى فيوردات عند غمرها بمياه البحر، التي تتوغل إلى ابعاد متفاوتة تحددها مناسيب الوادي الجليدي وكما يتضح من الشكل (70). وغالباً ما تنتهي الفيوردات بمياه البحر عند عتبة صخرية على شكل جرف ومتعمقة دون منسوب مياه البحر. وقد تتحول الفيوردات إلى بحيرات طولية تعزلها عتباتها الصخرية عن مياه البحر في حالة تراجع مناسيب البحر، وتنتشر الفيوردات في سواحل الاسكا وشيلي ونيوزيلندة والنرويج (سلامة، 2010، 310).

شكل (70) الفيوردات



ثانياً: الأشكال الأرضية الناجمة عن الترسيب الجليدي

تستطيع الثلاجات ان تنقل حطاماً صخرياً متنوع الأحجام، فالغطاءات الجليدية تأتي حمولتها من الأرض التي تتحرك عليها، فيما تستلم ثلاجات الوديان حمولتها من مصادر مختلفة سواء من أرضية الوادي الذي تتحرك فوقه أم من المنحدرات الجبلية التي تشرف على تلك الوديان. كما تقوم الانهيارات الأرضية والانزلاقات بنقل المواد الصخرية المختلفة من جوانب الجبال وتلقيها على سطح الثلاجات التي تقوم بدورها بنقل المواد آنفة الذكر من مكان إلى آخر، ثم تترسب عندما يذوب الجليد، وتطلق تسمية الرواسب الجليدية على المواد التي يلقيها الجليد فوق التضاريس الأرضية وكذلك الرواسب التي تترسب بواسطة المياه الذائبة من الثلاجة، وتتسم تلك الرواسب على اختلاف انواعها بعدم تجانسها وباختفاء ظاهرة الطباقية فيها. وينجم عن عملية الترسيب الجليدي ما يأتي:-

1- الركامات الجليدية Moraine Glacial: الركامات الجليدية عبارة عن فتات أو حطام المواد الصخرية المختلفة التي تدفعها الثلاجات امامها أو تنقلها معها. وتشتمل على ما يأتي:- (محسوب، 2001، 212).

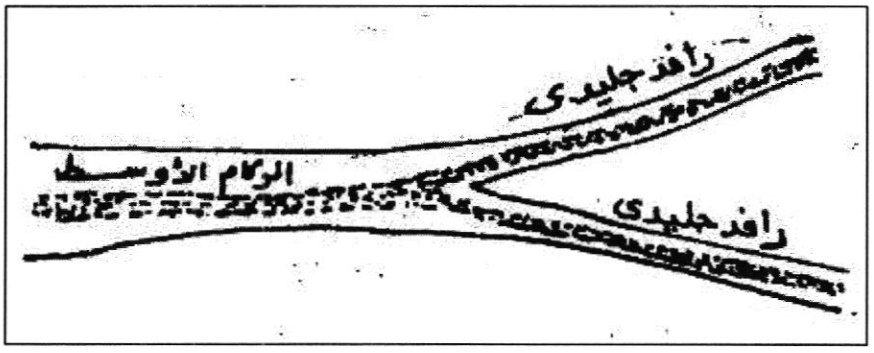
أ- الركامات الجانبية Lateral Moraine: تترسب الركامات الجانبية في شكل تلال طولية على جوانب الوادي الجليدي، ونتجت من تساقط المفتتات الصخرية من حافات الوادي وجوانبه والانهيارات الجليدية. وتتميز بكثرة تقطعها وقد تظهر في جانب من الوادي وتختفي في الجانب الآخر (الشكل 67).

ب- الركام الأوسط Medial Moraine: يظهر هذا الشكل من اشكال الارساب الجليدي عندما يلتقي واديان جليديان أو اكثر في مجرى واحد كما يتضح

من الشكل (71). كما انها تظهر في الوادي الجليدي في حالة التئام ركامين جانبيين. ويتكون من مفتتات صخرية متباينة الأحجام، وفي اغلب الأحوال تعمل الأنهار التي تتشكل بعد ذوبان الجليد على ازالتها.

ج- الركام النهائي Terminal Moraine: يتكون عند نهاية الثلاجة بعد تعرضها للذوبان، مما يدل على حدوث عملية ترسيب في نهايتها. وكانت تعرف في الماضي باسم الركامات التراجعية. ويتوقف تكونها على عدد من العوامل اهمها المدة التي تمكثها الثلاجة دون ان تتحرك، وكمية المفتتات المنقولة، فضلاً عن قدرة الثلاجة على نحت المواد الصخرية (الشكلين 66 و67).

شكل (71) الركام الأوسط



2- الكثبان الجليدية Drumlins: يطلق تعبير الكثبان الجليدية على الرواسب الجليدية التي تظهر على شكل تلال كثيبية بعد عملية تراجع الجليد، وتتكون رواسبها من الطين والرمل والحصى التي نقلتها الثلاجات. ويشير سفحها الشديد الانحدار إلى الجهة التي تقدم منها الجليد، فيما يشير السفح الآخر القليل الانحدار إلى اتجاه حركة الجليد. يتراوح ارتفاعها ما بين 5 – 50 متراً عن مستوى

الأراضي المجاورة، في حين يتراوح طولها ما بين100 – 3000 متراً (سلامه، 2010، 311)، ولا توجد الكثبان الجليدية بمفردها، بل تتواجد على شكل مجموعات أو حقول تمتد بشكل متوازي وكما يتضح من الشكل (72).

شكل (72) حقول الكثبان الجليدية

3- الرواسب الجليدية النهرية Fluvio – Glacial: عندما تتعرض الغطاءات الجليدية إلى الذوبان بسبب ارتفاع درجات الحرارة كما حدث في الفترات غير الجليدية، تتكون بعض المجاري المائية وبخاصة اسفل تلك الغطاءات وفي قاع الوادي الجليدي، وتعمل هذه المجاري المائية على ترسيب الرواسب الجليدية النهرية بشكل متناسق بحيث تبدو في صورة شبه طباقية، وتساهم تلك الرواسب في تكوين اشكال أرضية مختلفة من بينها ما يأتي:- (ابو العينين، 1974، 395-397).

أ- تلال الاسكرز Eskers: تتكون من الحصى ومفتتات الصخور المختلطة مع الرمال، وتتميز الحبيبات الصخرية باستدارتها وشكلها البيضوي أو الكروي وسطحها الأملس، مما يدل دلالة واضحة على تأثرها بالتعرية المائية. وقد تتكون تلك الرواسب على شكل طبقات تتباين من حيث التركيب الجيولوجي وشكل الرواسب واحجامها، مما يشيرالى ان رواسب الاسكرز لاتعود إلى فترة زمنية واحدة بل ترسبت خلال فترات متعاقبة. وقد يصل طول هذه التلال إلى حوالي 240 كم وارتفاعها 50 متراً. وكما يتضح من الشكل (73).

شكل (73) تلال الاسكرز

ب- تلال الكام Kame: تظهر هذه التلال على شكل قباب صغيرة ومتناثرة على سطح الأرض، وقد ترسبت موادها في البداية فوق سطح الجليد وبخاصة في الحفر الوعائية أو داخل الفتحات الواسعة للشقوق الصخرية الجليدية. وبعد عملية تقهقر الجليد تظهر بقايا رواسب الكام على شكل مدرجات ارسابية

جانبية تنجم من تراكم الرواسب الجليدية النهرية على جانبي النهر الجليدي، وتكون جوانبها شديدة الانحدار الشكل (74).

ج- الأحواض Kettles: تنقل الأنهار التي تخرج من الغطاءات الجليدية الذائبة كميات من الرواسب تتباين في احجامها، وعندما تقل سرعة تلك الأنهار ترسب اولاً المواد الخشنة من الحصى والرمال، فيما تنقل المواد الناعمة إلى مسافات بعيدة. ويتكون من جراء هذا الترسيب سهول الغسل الجليدي التي تنتشر في الكثير من جهاتها احواض تتراوح اقطارها من بضعة امتار إلى مئات من الأمتار وقد تمتلئ هذه الأحواض بالمياه بمرور الزمن مكونة بحيرات الشكل (75).

شكل (74) تلال الكام