محاضرات في علم المُناخ التفصيلي Microclimatology

محاضرة رقم (8) مُناخ السطوح الثلجية والجليدية (مُناخ السطوح المنبسطة الجرداء)

Microclimate of Snowy and Icy Surfaces

الموازنة الإشعاعية للسطوح الثلجية والجليدية:

الخصائص الحرارية للسطوح الثلجية والجليدية:

درجة حرارة الهواء والتربة فوق السطوح الثلجية والجليدية:

رطوبة الهواء فوق السطوح الثلجية والجليدية:

اعداد مدرس المادة

م.م. بدور فاضل

المُنـاخ التفصيلي للسطوح الثلجية والجليدية
(مُناخ السطوح المنبسطة الجرداء)

تختلف السطوح الثلجية والجليدية عن غيرها في خصائصها الاشعاعية، ومن ثم الحرارية؛ فهي سطوح تسمح بانتقال بعض الاشعة الشمسية قصيرة الموجة ضمنها، كما تتصف بعاكسيتها الكبيرة للأشعة التي تصطدم بها.

يتكون الثلج من كتل من بلورات رقيقة من الجليد تنمو مباشرة من بخار الماء في الهواء، عندما تكون درجة حرارة الهواء تحت التجمد، تسقط على سطح الأرض، ونظراً لخفتها فإنها تتطاير في الهواء، ويكون منظره أشبه بأهداب الريش الأبيض. ويتكون الثلج بسبب انخفاض درجة الحرارة الى دون الصفر المئوي في الغيوم. ويشترط لسقوطه ان يكون وزن شظايا الثلج أثقل من وزن الهواء الحامل لها كما ينبغي ان تكون درجة حرارة الهواء تحت الغيمة دون الصفر المئوي حتى لا تذيب شظايا الثلج بشكل مطر. ويسقط الثلج غالباً في العروض العليا وعلى أعالي الهضاب وقمم الجبال، ونتيجة لتراكمه يتجمد ويتصلب ويتماسك مكوناً الجليد.

الموازنة الإشعاعية للسطوح الثلجية والجليدية:

المناخ على الأرض مرفود الى حد كبير بالإشعاع الذي يتلقاه من الشمس. ويتم توفير الطاقة المطلوبة للعديد من العمليات المناخية على الأرض في نهاية المطاف بواسطة الاشعاع الشمسي.

أن السطوح الثلجية والجليدية تتصف بعاكسيه كبيرة للأشعة التي تتلقاها، وفي الوقت نفسه تسمح بتوغل بعض الاشعة الشمسية ذات الأمواج القصيرة، وهذا أعطى السطوح الثلجية والجليدية خصائص إشعاعية تختلف بها عن غيرها من السطوح المجاورة لها ضمن ما يسمى بالمناخ التفصيلي.

أن الوارد الإشعاعي بموجاته الطويلة والقصيرة الى طبقة الثلج من أعلى يمتص بشكل عام وفق قانون بير، إذ يمتص الاشعاع الطويل الموجه بسرعة نسبية، في حين يخترق الاشعاع القصير الموجة الثلج الى أعماق أكبر. بينما يتمثل الفاقد الاشعاعي في انعكاس الأمواج القصيرة، وانبعاث الأمواج الطويلة التي تهرب الى الجو.
وفقاً لذلك أن صافي الاشعة عند أي عمق (الفرق بين المكسب والفقدان) يكشف عن امتصاص أعظمي تحت السطح خلال النهار، لهذا تحت سطح الثلج يكون التسخين على أشده، بينما في الليل يكون الاشعاع طويل الموجة فقط الذي ينبعث من سطح الثلج، لذا يكون هو الذي يكسب ذلك السطح خواصه الحرارية.

الخصائص الحرارية للسطوح الثلجية والجليدية:

تعتمد الخصائص الحرارية للثلج على البنية المجهرية، بالنسبة للثلج، ويتضمن هذا نوع البلورات الثلجية، والتنظيم البلوري، والاتصال. لأن الثلج يخضع للتحول مع الوقت والظروف المحيطة، فتتغير خصائصه الحرارية أيضاً.

تتحكم الموصلية الحرارية لوسط ما في سرعة انتقال الحرارة داخل الوسط. ويتضمن قياس الموصلية الحرارية في الثلج تأثيرات التوصيل الحراري من خلال الحبات المتصلة وعبر الفضاء الذي يملئه الهواء، الى جانب نقل الحرارة الكامنة بواسطة بخار الماء. ففي هذه العملية يتصاعد البخار من حبيبات الثلج الأكثر دفئاً، وينتشر عبر مساحة المسام، ويتكثف على الحبات الباردة. فمن خلال هذا الفهم، فإن الثلج بهكذا كيفية هو في الواقع موصل حراري(فعال) يتمثل بكل من عمليات انتشار الحرارة ونقل البخار.

درجة حرارة الهواء فوق السطوح الثلجية والجليدية:

يحتوي الغطاء الثلجي على عدد من الخصائص الفيزيائية المهمة التي تؤثر على المناخ أو تخفف من آثاره. فالثلج لديه البيدو عالي للأمواج القصيرة، وله انبعاث حراري عالي، وتوصيل حراري منخفض، وحرارة كامنة كبيرة من الانصهار، وخشونة سطحية منخفضة، وبينما يخزن المياه فإنه يطلقها بسرعة في موسم الذوبان.

أن ارتفاع البيدو الثلج، والتوصيل الحراري المنخفض له يعزز انخفاض درجات الحرارة على السطح وانقلاب درجة الحرارة في مستويات منخفضة من الهواء. إذ تسمح الموصلية الحرارية المنخفضة للثلج بعزل السطح من فقدان الطاقة الكبيرة في الشتاء، وهذا له آثار كبيرة على تدفقات الطاقة والرطوبة في الطبقات القريبة من السطح. وبالتالي، فإن تأثير العزل له تأثير قوي على معدلات نمو الجليد وسمك الجليد وعلى تطوير الأرض المتجمدة موسمياً والجليد الدائم.

أن الغطاء الثلجي يمتلك خاصية ايصالية رديئة للحرارة لا سيما إذا كان في حالة هشة حيث إنه يعتبر عازلاً ومعرقلاً لعملية التبادل الطاقوي بين التربة وطبقة الهواء الملامسة للسطح. وعندما يتم تشكيل الغطاء الثلجي تنخفض درجة حرارة الهواء لا سيما عندما تكون الأجواء صاحية وهادئة وقد يزداد انخفاض درجة الحرارة بفضل ما يمتاز به الثلج من رداءة توصيليه للحرارة حيث تتعرقل عملية نفاذ او اختراق الطاقة الحرارية من التربة نحو الغلاف الجوي.

لكن عند المستوى تحت سطح الثلج يكون التسخين على أشده، فتسجل درجة الحرارة العظمى، وينتج عن صافي تدفق الاشعاع نهاراً، والتسخين الاعظمي لما تحت السطح الثلجي حدوث انصهار للثلج في بعض البقع، وتشكل فجوات ضمن السطح الثلجي. أما في الليل ولأن الاشعاع طويل الموجه فقط ينبعث من سطح الثلج، لذا أن أخفض درجة حرارة ليلية تسجل عند سطح الثلج. علماً انه في ساعات النهار تنتقل درجة الحرارة العظمى تحت السطحية نحو الأسفل بالتوصيل الحراري.

تساهم الأجسام المدفونة في الثلج والموجودة تحته ذات الامتصاصية الكبيرة للأشعة التي تتسخن بسرعة قياساً بما حولها على صهر الجليد حولها، مما يخلق مظاهر تضاريسية أصغرية ضمن الثلج (فجوات). وإذا كانت سماكة الغطاء الثلجي أقل من ٠,١٥ متراً، فإن الامتصاص من قبل السطح المتوضع دونه التربة كمثال، قد يكون كافياً لصهر الطبقة الثلجية بدءاً من أسفلها.

ينجم عن الانتشارية الحرارية المنخفضة للثلج اثناء الليل حدوث تبريد سطحي سريع، وتطور لظاهرة الانقلاب الحراري الشديد عند السطح. وفوق السطوح المغطاة بالثلوج في العروض العليا يستمر التبريد الاشعاعي الشتوي طوال اليوم ذي النهار القصير جداً، ليقود الى انقلاب حراري سطحي شبه دائم، لذا فمن غير المألوف ان ترتفع درجة الحرارة الى أكثر من ٢٠ درجة مئوية في العشرين متراً الأولى فوق السطح، ومن غير السهل زوال تلك الانقلابات بالتسخين الحملاني السطحي الضعيف نهاراً، وإذا ما زالت فبسبب الخلط الميكانيكي نتيجة تزايد سرعة الرياح، مما ينتج عنه نقل للحرارة المحسوسة باتجاه السطح من الطبقات الهوائية الأعلى والأحر نسبياً.

خلال فصل الربيع يقوم الثلج المذاب بعرقلة عملية تسخين التربة والهواء، لأنه يستخدم كل الطاقة الحرارية في عملية ذوبانه، وبعد عملية الذوبان تبدأ درجة حرارة التربة والهواء بالارتفاع السريع. هذا مع العلم أن بعضاً من مقادير طاقة الشمس الحرارية تنفذ داخل الغطاء الثلجي لكن تلك الكمية قليلة جداً لعاكسيه سطح الثلج الكبيرة، اذ رصد انه الى عمق ٥ سم في الغطاء الثلجي تصل نحو ٨% من طاقة الاشعاع الشمسي الحرارية الى السطح، وفي عمق ٤٠ سم تصل بحدود ٠,٥% من تلك الطاقة.

تؤثر جليديات الكرة الأرضية على المناخ، وبإمكانها خلق أجواء مناخ محلي تفصيلي لعاكسيتها الكبيرة، مما يجعل صافي الموازنة الاشعاعية بحالة سالبة، الأمر الذي يقود الى خلق ظروف مناخية تتصف بالقساوة حيث تكون درجة الحرارة منخفضة جداً، كما في جليديات وسط كرينلند.

درجة حرارة تربة السطوح الثلجية والجليدية:

أن أهمية الغطاء الثلجي الموسمي للظروف الحرارية الأرضية من خلال تأثيره على النظام الحراري الأرضي بالإشارة الى نمط التباين في درجات الحرارة الموسمية. فالثلج عازل مقارنة بالمواد الطبيعية الأخرى وهو عامل رائد في حماية الأرض من فقدان الحرارة في الشتاء.

بشكل عام، يميل الغطاء الثلجي الموسمي الى ارتفاع متوسط نسبياً لدرجات حرارة التربة السنوية، خاصة في دوائر العرض العليا حيث يستمر الغطاء الثلجي المستقر من عدد قليل من الأسابيع الى عدة أشهر. فالغطاء الثلجي كان السبب الرئيس في أن درجة حرارة التربة السنوية يمكن ان تكون أكثر دفئاً من متوسط درجة حرارة الهواء السنوية في المناطق الباردة. وعندما تكون درجة حرارة الهواء قريبة من الصفر المئوي، يمكن ان يكون الغطاء الثلجي الموسمي مسؤولاً عن عدم وجود الجليد الدائم في مواقع معينة.

عند إنشاء الغطاء الثلجي، تؤثر خصائصه العازلة على كل من نظام درجة الحرارة السطحية والقريبة من السطح. فقد تكون درجة حرارة سطح التربة في منتصف الشتاء تحت ٥٠ سم من الثلج حوالي صفر، في حين ان درجة حرارة الهواء فوق رزم الثلج منخفضة تصل الى −٢٠ درجة مئوية. ويمنع الدور العازل للثلج التجمد العميق قرب سطح الأرض، مما له آثار مهمة على الطبقة الفعالة وعلى تجمد التربة.

عندما تكون سماكة الثلج الحديث السقوط بحدود ٠,١ متراً فإنه يعزل الأرض من تغيرات درجة الحرارة السطحية، ومن ثم فهو يساعد على حفظ حرارة التربة من التغير الكبير، ويحميها ليلاً من الانخفاض الشديد. علماً ان الثلج لا يحمي التربة فقط من الانخفاض الحراري الشديد لكون تأثيراته تكون موجهة نحو اعلى السطح، لكنه يعمل ايضاً على حفظ الحرارة الكامنة المنطلقة في التربة.

خلال ٠,٣ متراً العليا من التربة المغطاة بالثلج تقترب درجة الحرارة كثيراً من الصفر المئوي، ويصبح الماء في هذه الطبقة الحدية (خط الصقيع) في حالة تجمد ضمن مسامات التربة، فتنطلق الحرارة الكامنة، فتسخن المنطقة المحيطة بتلك المسامات، فتبطيء عملية التجمد، ويتحول كامل الماء الى جليد، فتعمل عملية توازن ذاتية على إبقاء درجة الحرارة قريبة من الصفر المئوي.

وفقاً لذلك أن الغطاء الثلجي يحجز الحرارة الكامنة التي انطلقت من جراء تحول الماء الى جليد في التربة، فيمنع تجمد التربة، أو يؤخر ذلك، وذلك عند المقارنة بالتربة التي لا يكسوها غطاء ثلجي التي ستتعرض الى التجمد من جراء انخفاض درجة الحرارة ليلاً.

ويسعد الفلاحون في كثير من الأماكن عندما تغطي ارضهم بطبقة سميكة من الثلج خلال فصل الشتاء واوائل الربيع للأسباب التالية:

1- لتقليل الثلج من اختراق الصقيع الى الحدود الدنيا، وهكذا يسرع دفء الربيع من إنبات البذور.

2- ان ماء الثلج المنصهر يشكل مصدراً هاماً لرطوبة التربة.

3- لكون الغطاء الثلجي يقدم حماية حرارية للنبتات الصغيرة.

رطوبة الهواء فوق السطوح الثلجية والجليدية:

أن كمية بخار الماء في الهواء الذي يعلو السطوح الثلجية والجليدية قليلة جداً، وذلك يعود الى النقص الكبير في مصادر الرطوبة محلياً التي يمكن ان تزود الهواء ببخار الماء، بسبب انخفاض درجة حرارة السطوح الثلجية والجليدية دون الصفر المئوي، وكذلك بسبب انخفاض ضغط بخار الماء في الهواء البارد الذي يعلو السطوح الثلجية والجليدية، إذ أن هناك علاقة طردية بين كل من درجة حرارة الهواء وضغط بخار الماء، حيث ينخفض ضغط بخار الماء مع انخفاض درجة الحرارة، كما تنخفض الرطوبة المطلقة كذلك. وبينما تنخفض قيم الرطوبة المطلقة وضغط بخار الماء مع انخفاض درجة الحرارة عن الصفر المئوي، فإن قيمهما تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوي. أما فيما يخص الرطوبة النسبية في هواء السطوح الثلجية والجليدية الباردة فإنها تزداد لانكماش الهواء، وانخفاض قابليته الاستيعابية.

عندما يذوب الثلج فإن رطوبة الهواء سوف تتغير ايجاباً نتيجة لتوفر المصادر المحلية التي تزود الهواء بالرطوبة حيث التربة الممتلئة بالمياه فيزداد بخار الماء في الهواء عندئذ عن طرق عملية التبخر وما تنقله الكتل الهوائية التي تلامس السطح.

أن برودة الهواء بفعل ظاهرة الانقلاب الحراري نتيجة الاشعاع الحراري الكبير من فوق السطوح الثلجية يصاحبها دائماً حصول صقيع حاد وندى ثلجي، مما يؤدي الى خفض قابلية الهواء على حمل بخار الماء، ولهذا تأثير في استمرار نمو وزيادة الغطاء الثلجي في العروض القطبية وشبه القطبية.