يخترق الغطاء الثلجي، لأن العمليات البيولوجية والفيزيائية تعتمد عليه. وتتطلب النماذج الديناميكية الحرارية للثلج معلومات عن امتصاص الإشعاع بالعمق في كتلة ثلجية Snowpack. إذ يؤدي نقل حرارة الشمس والغلاف الجوي إلى تداخل الهواء والثلج إلى رفع درجة الحرارة في طبقة سطحية رقيقة من كتلة الثلج إلى نقطة الانصهار قبل أن يبدأ الذوبان[١].

يمكن للشوائب النشطة بصريًا في كتلة الثلج أن تقلل بشكل كبير من الانعكاس المرئي والأشعة القريبة من تحت الحمراء (NIR)، وبالتالي فإنها بكميات كبيرة تؤثر على النفاذية[٢].

السطوح الثلجية والجليدية ورطوبة التربة:

تعد رطوبة التربة (SM) في الربيع ذات أهمية كبيرة لرصد الجفاف الزراعي والتشبع بالمياه في مناطق الأراضي الزراعية. إذ أن الغطاء الثلجي الشتوي له تأثير مهم على رطوبة التربة في الربيع. فرطوبة التربة (SM) عنصر أساس في النظام البيئي للأرض[٣].

---

(1)Onni Järvinen and Matti Leppäranta, Transmission of solar radiation through the snow cover on floating ice, Journal of Glaciology ,Volume 57 ,Issue 205 ,2011 , p.861.

(2)Ibid, p.861.

(3)Shuang Liang et al., Effects of winter snow cover on spring soil moisture based on remote sensing data product over farmland in northeast China, Remotesensing journal, Volum 12, doi:10.3390/rs12172716.

Scanned by TapScanner

الغطاء الثلجي خلال فصل الربيع واثناء عملية ذوبانه يعطي التربة كميات هائلة من المياه، وبفضل ذلك تحتفظ التربة بمخزون مائي كبير، يعد ضروريا لنمو وتطور النباتات الطبيعية منها والزراعية(١).

ان جزء من تلك المياه المذابة تجري فوق سطح التربة نحو الجداول والانهار، مسببة ارتفاع مناسيبها والفيضانات الربيعية(٢).

اذا كانت التربة اثناء عملية الذوبان متجمدة فإن جزء كبيرا من الماء المذاب سيجري في النهيرات والأنهار السطحية. اما اذا كانت التربة في بداية ذوبان الثلج بدأت بالتحرر من الإنجماد وفي اعماقها المختلفة، ففي هذه الحالة يكون من السهولة للمياه المذابة أن تنفذ وتخترق جزيئات التربة(٣).

في معظم المناطق الباردة، نظرًا لتراكم المياه في كتل الثلج في الشتاء وما تلاه من إطلاق خلال ذوبان الثلج في فصل الربيع، يعد الغطاء الثلجي مصدرًا مهمًا لرطوبة تربة الربيع ويزيد منها في الربيع. حتى أن إمدادات المياه الزراعية في الربيع في المناطق الجافة أو شبه الجافة ذات الثلوج الوفيرة في الشتاء بشكل أساس تأتي من الجريان السطحي للذوبان الثلجي كما في الصين(٤).

---

(١) أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر السابق، ص١٩٩.

(٢) المصدر نفسه، ص١٩٩.

(٣) المصدر نفسه، ص١٩٩، ٢٠٠.

(4)Shua[illegible]iang et al., op. cit, p.2.

Scanned by TapScanner

السطوح الثلجية والجليدية ودرجة حرارة تربة:

من المسلم به على نطاق واسع أهمية الغطاء الثلجي الموسمي للظروف الحرارية الأرضية. ويمكن تفسير تأثير الغطاء الثلجي الموسمي على النظام الحراري الأرضي بالإشارة إلى نمط التباين في درجات الحرارة الموسمية. فالثلج عازل مقارنة بالمواد الطبيعية الأخرى وهو عامل رائد في حماية الأرض من فقدان الحرارة في الشتاء. على الرغم من أن التأثير الصافي للغطاء الثلجي الموسمي على النظام الحراري الأرضي يتم تحديده بواسطة العديد من العوامل[١].

بشكل عام، يميل الغطاء الثلجي الموسمي إلى ارتفاع متوسط نسبيًا لدرجات حرارة التربة السنوية، خاصة في دوائر العرض العليا حيث يستمر الغطاء الثلجي المستقر من عدد قليل من الأسابيع إلى عدة أشهر. فالغطاء الثلجي كان السبب الرئيس في أن درجة حرارة التربة السنوية يمكن أن تكون أكثر دفئًا من متوسط درجة حرارة الهواء السنوية في المناطق الباردة. وعندما تكون درجة حرارة الهواء قريبة من الصفر المئوي، يمكن أن يكون الغطاء الثلجي الموسمي مسؤولًا عن عدم وجود الجليد الدائم في مواقع معينة[٢].

([1])**Tingjun Zhang, Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regime: an overview, National Snow and Ice Data Center, Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA, 2005, p.1.**

([2])**Ibid, p.1.**

Scanned by TapScanner

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 الصفر، في حين أن درجة حرارة الهواء فوق رزم الثلج منخفضة تصل إلى -٢٠ درجة مئوية. ويمنع الدور العازل للثلج التجمد العميق قرب سطح الأرض، مما له آثار مهمة على الطبقة الفعالة وعلى تجمد التربة[١].

أن الغطاء الثلجي يقلل من عملية التذبذب اليومية في درجة حرارة التربة وبالمقارنة وجد أنه في حالة الغطاء الثلجي الذي يكون بسمك ٢٠ سم يتلاشى التذبذب اليومي لدرجة حرارة التربة الى عمق ٢٠ سم، ولكن في حالة سمك كبير للغطاء الثلجي يحتفظ بخاصية انعدام التغير اليومي لهذا العنصر ليس بالنسبة لأعماق التربة فقط بل كذلك فوق سطح التربة ايضا[٢].

السطوح الثلجية والجليدية ودرجة حرارة الهواء:

يحتوي الغطاء الثلجي على عدد من الخصائص الفيزيائية المهمة التي تؤثر على المناخ أو تخفف من آثاره. فالثلج لديه البيدو عالي للأمواج القصيرة،

([1])Terry V. Callaghan and Margareta Johansson, Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA), Changing snow cover and its i m pacts, 2011, p.7.
https://www.researchgate.net/publication/255486155_Changing_snow_cover_and_its_impacts.

(٢) أ.د. سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر

Scanned by TapScanner

وله انبعاث حراري عالي، وتوصيل حراري منخفض، وحرارة كامنة كبيرة من الانصهار، وخشونة سطحية منخفضة، و بينما يخزن المياه فإنه يطلقها بسرعة في موسم الذوبان[١].

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[٢].

يتم تعديل تبادلات الطاقة السطحية أيضًا من خلال الخشونة الديناميكية الهوائية المنخفضة للغطاء الثلجي، والتي يمكن أن تقلل الاضطراب، وبالتالي، النقل الرأسي للطاقة. في بعض الحالات يحدث تفاعل مع اضطراب الرياح القوية ويمكن أن تكون بمثابة حلقة تغذية استرجاعية Feedback loop لتعزيز الاضطراب على الغطاء الثلجي. ومع ذلك ، فإن التأثير الرئيس للثلج على خشونة السطح Surface roughness هو تقليله[٣].

Scanned by TapScanner

عندما يتم تشكيل الغطاء الثلجي تنخفض درجة حرارة الهواء لاسيما عندما تكون الأجواء صاحية وهادئة، وقد يزداد انخفاض درجة الحرارة بفضل ما يمتاز به الثلج من رداءة توصيله للحرارة حيث تتعرقل عملية نفاذ او اختراق الطاقة الحرارية من التربة نحو الغلاف الجوي[١].

لكن عند المستوى تحت سطح الثلج يكون التسخين على اشده، فتسجل درجة الحرارة العظمى. أما في الليل ولأن الإشعاع طويل الموجة فقط ينبعث من سطح الثلج، لذا أن اخفض درجة حرارة ليلية تسجل عند سطح الثلج. علما انه في ساعات النهار تنتقل درجة الحرارة العظمى تحت السطحية نحو الأسفل بالتوصيل الحراري[٢].

ينجم عن الانتشارية الحرارية المنخفضة للثلج اثناء الليل حدوث تبريد سطحي سريع، وتطور لظاهرة الانقلاب الحراري الشديد عند السطح [٣].

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 [٤].

---

(١) أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر السابق، ص١٩٧، ١٩٩.

(٢) علي حسن موسى، المناخ الأصغري، المصدر السابق، ص٥٦.

(٣) المصدر نفسه، ص٥٩.

(٤) أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر السابق، ص١٩٩.

Scanned by TapScanner

السطوح الثلجية والجليدية والرياح:

تؤثر الاختلافات المحلية في سرعة الرياح على الطاقة وتدفق الكتلة فوق الثلج من خلال تراكم الثلج، أو الانجراف والثلوج المتكونة من العاصفة، أو الاختلافات في التدفقات المضطربة فوق الثلج الثابت والأسطح الجليدية[١].

يؤثر الثلج في الرياح عن طريق قوة الاحتكاك، وقوة الاحتكاك السطحي وقوة الاحتكاك المضطرب. إذ يقلل الاحتكاك السطحي دائمًا من سرعة الرياح، بينما يعيد الاحتكاك المضطرب توزيع الزخم لتقليل تدرج سرعة الرياح بين المستويات المختلفة[٢].

تزداد سرعة الرياح السطحية عادة مع الارتفاع. في الوقت نفسه، فإن الاحتكاك المضطرب، الذي يتعلق باستقرار الغلاف الجوي، يجلب المزيد من الزخم من المستويات الأعلى إلى المستويات الأدنى، ويقلل من الرياح عالية المستوى، ويزيد من الرياح منخفضة المستوى[٣].

([1])R. Dadic et aL., Sensitivity of turbulent fluxes to wind speed over snow surfaces in different climatic settings, Advances in water resources, Volume 55, 2013, p.178.

([2])Zhengtai Zhang et aL., Increase in surface friction dominates the observed surface wind speed decline during 1973–2014 in

Scanned by TapScanner

إن طول الخشونة الهوائية الأيروديناميةz0 تعد معلمة رئيسة لتطبيقات الأرصاد الجوية التفصيلية لأنه يحدد كفاءة الزخم والانتقال القياسي الذي يحدث بين الأرض والغلاف الجوي ولأنه يؤثر على متوسط وبنية التدفق المضطرب للطبقة السطحية[١].

أن الثلج وفقا لنوعه رطبا أو جافا يؤثر عند نقله في سرعة الرياح. (إذ تختلف سرعات الرياح عند نقل الثلج الرطب اختلافًا كبيرًا عن سرعات نقل الثلج الجاف. إذ تراوحت غالبية سرعات الرياح المسجلة التي تبلغ ١٠ أمتار، من ٧ إلى ١٤ مترًا في الثانية بمتوسط ٩.٩ مترًا في الثانية لنقل الثلج الرطب، ومن ٤ إلى ١١ مترًا ثانيًا بمتوسط ٧.٧ مترًا في الثانية لنقل الثلج الجاف[٢]).

السطوح الثلجية والجليدية والتبخر:

هناك اعتقاد شائع أن الكثير من الماء يتبخر من الغطاء الثلجي. هذا وتنتج الحرارة المتاحة في الربيع القليل من التبخر لأن الهواء رطبا. أما في الشتاء، عندما يكون الهواء جافًا، يكون إمداد الثلج بالحرارة أقل من أن يبخره. على الرغم من أنه لا يكاد يتم فقد أي ماء على الإطلاق من الغطاء الثلجي من

---

(1)Christof Gromke et aL., Aerodynamic roughness length of fresh snow, Boundary-Layer Meteorology, Volume 141, Issue 1, 2011,p.21, 22.

(2)Long Li and John Pomeroy, Estimates of threshold wind speeds for snow transport using meteorological data, Journal of applied meteorology, Volume 36, Issue 3, American Metrological Society, 1997, p.205

Scanned by TapScanner

خلال التبخر، إلا أن الطاقة المفقودة في هذه العملية قد تؤثر بشكل كبير على عملية الذوبان[1].

أثناء ذوبان الثلوج في فصل الربيع في جبال روكي الوسطى، تظهر أسطح التربة الرطبة عندما يصبح الغطاء الثلجي متقطعًا. في الوقت الذي يتعرض فيه سطح التربة حتى يصل محتواه الرطوبي إلى السعة الحقلية، فيقتصر التبخر بشكل أساس على الظروف المناخية. إذ تعمل المياه الذائبة من كتل الثلج المجاورة على الحفاظ على ظروف رطوبة التربة المشبعة في كثير من أسطح التربة المكشوفة[2].

تشير هذه الحقيقة، جنبًا إلى جنب مع زيادة طول النهار ودرجات الحرارة، إلى أن الفقدان بالتبخر من أسطح التربة يمكن أن تكون ملحوظة. بينما تشير بعض الدراسات السابقة إلى أن فقد التبخر هذا لا يمثل فقدًا كاملاً للرطوبة، حيث يتكثف بعض البخار على أسطح الثلج. وبالتالي، قد يتم تعويض فقدان الرطوبة من التربة إلى حد ما من خلال زيادة الرطوبة على الثلج[3].

([1])Lars Bengtsson, Evaporation from a snow cover review and discussion of measurements, Nordic Hydrology, Volume 11, University of Lulea, Sweden, 1980, p.221.

([2])Boyd A. Hutchison, A comparison of evaporation from snow and soil surfaces, Hydrological sciences journal, Volume 11, Issue 1, 2010, p.34.

([3])Ibid, p.34.

Scanned by TapScanner

السطوح الثلجية والجليدية ورطوبة الهواء:

أن كمية بخار الماء في الهواء الذي يعلو السطوح الثلجية والجليدية قليلة جدا، وذلك يعود الى النقص الكبير في مصادر الرطوبة محليا التي يمكن أن 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. يلاحظ الجدول (٧). 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 ايجابا 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.

Scanned by TapScanner