

Арктика и Антарктика

Правильная ссылка на статью:

Янченко Н.И., Анциферов Е.А. Первые результаты измерения температуры в снежном покрове на поисковой зимней площадке в Иркутске // Арктика и Антарктика. 2024. № 2. DOI: 10.7256/2453-8922.2024.2.70067 EDN: VGWBSF URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=70067

Первые результаты измерения температуры в снежном покрове на поисковой зимней площадке в Иркутске

Янченко Наталья Ивановна

кандидат технических наук, доктор технических наук

ведущий научный сотрудник, Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, Россия, Иркутск область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

✉ fduecn@bk.ru



Анциферов Евгений Александрович

кандидат химических наук

доцент, кафедра «Химии и биотехнологии имени В.В. Тугариной», Иркутский национальный исследовательский технический университет

664074, Россия, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

✉ antsiferov@istu.edu



[Статья из рубрики "Климат"](#)

DOI:

10.7256/2453-8922.2024.2.70067

EDN:

VGWBSF

Дата направления статьи в редакцию:

06-03-2024

Аннотация: Статья посвящена первым результатам мониторинга температуры в снежном покрове, высоты снежного покрова и температуры атмосферного воздуха в Иркутске. Результаты получены на основе начатых в 2021 году поисковых научно-организационных исследованиях на площадках ИРНТУ с применением автономного автоматического программно-аппаратурного комплекса, разработанного в институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. Высота снежного покрова определялась по относительно резкому изменению температуры на границе

атмосферный воздух-поверхность снега. Установлено, что происходит изменение температуры в снежном покрове на одной и той же высоте в течение суток, при этом в интервале высот от 0 до 15 см (0 см – подстилающее основание) колебания температуры между *min* и *max* незначительные по сравнению с колебаниями температуры в верхних слоях снежного покрова. Показано, что графически изменения температуры в снежном покрове на высотах, которые ближе к атмосферной поверхности снежного покрова имеют более выраженные амплитудные суточные циклы, в отличие от изменений на низких высотах. Установлена линейная корреляция между температурой воздуха и температурой на различных высотах в снежном покрове, коэффициент корреляции уменьшается с уменьшением высот в снежном покрове, при условии постоянной максимальной высоте снежного покрова, например, в течение суток. Показано явление выхолаживания поверхности снежного покрова в отдельные часы в течение суток, когда температура снежно-атмосферной поверхности ниже, чем температура воздуха. Отмечаем, что фактические физические характеристики снежного покрова, полученные удаленно в автономном автоматическом режиме реального времени, такие как температура воздуха, температура и высота снежного покрова могут иметь прикладное значение и со временем, с развитием цифровизации, могут быть востребованы для управления урбо-экосистемой города и/или отдельных территорий

Ключевые слова:

температура, высота, снежный покров, температурный профиль, выхолаживание, снежно-атмосферная поверхность, цифровизация, программно-аппаратурный комплекс, мониторинг, Иркутск

Введение

Снежный покров является важной составляющей природно-климатических и хозяйственных особенностей холодных регионов, снег важен для экологической и климатической систем. В связи с этим необходима регистрация фактических характеристик снежного покрова во времени и в пространстве, т.е. мониторинг.

На наш взгляд сведения об исследованиях таких характеристик снежного покрова, как высота и температура на разных высотах снежного покрова, на основании и/или на почве еще ограничены. Можно предположить, что одна из причин – отсутствие доступных измерительных средств. Как пишет О. У. Goncharova ^[1] «Анализ температуры поверхности почвы, зимних *n*-факторов и толщины снежного покрова на территории севера Западной Сибири осложняется еще и практическим отсутствием сети метеостанций, на которых осуществляется мониторинг высоты снежного покрова и температуры почвы». Традиционно высота снежного покрова определяется на метеостанциях как среднее значение из показаний трех снегомерных реек ^[2]. Исследователи В. В. Калинин, А. В. Устинов, Н. С. Косарев ^[3] оценили точность определения высоты снежного покрова новым методом ГНСС-рефлектометрии (ГНСС – глобальные навигационные спутниковые системы). Об оценке глубины снежного покрова с использованием геодезической станции GPS, пишут Юй К., Бан В., Чжан С., Юй Х ^[4]. О датчиках термокосы, расположенных в снежно-ледяном покрове и подледном слое пишет П. В. Богородский с соавторами ^[5]. Коллектив исследователей института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН предложил автономный измерительный комплекс, позволяющий оценивать высоту снежного покрова по изменению температуры

на границе атмосфера-снежный покров [6, 7] и температуру в снежном покрове. О необходимости фактических значений температуры в снежном покрове можно понять, например, из публикации Н.В. Чмых, А.М. Бургонутдинова [8], в которой отмечено, что при отсутствии фактических значений T для расчета удельной теплоемкости снежного покрова они предлагали определять T при помощи интерполяции, указано, что «промежуточные значения температуры предлагаем определять при помощи интерполяции».

Методика и район исследования

Измерения были сделаны с помощью автономного автоматического программно-аппаратурного атмосферно-снежного комплекса, разработанного в институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН [6, 7] и установленного на поисковых площадках Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) в Иркутске.

В Иркутске снежный покров можно характеризовать как «снег бореальных лесов», если принять типы снегов, основанные на диапазонах географических координатах в градусах северной широты и предложенные исследователями [9], т.е. «классификацию типов снега по трем классам: снег бореальных лесов ($47-58^{\circ}$ с.ш.), снег тундры ($58-74^{\circ}$ с.ш.) и снег полярной пустыни ($74-83^{\circ}$ с.ш.)...».

В первом измерительном сезоне (январь-апрель 2021 г.) прибор (часть комплекса) был установлен на площадке примерно в 200-300 м от нижнего стадиона ИРНИТУ. Во втором сезоне (ноябрь 2021 г. - март 2022 г.) - на стадионе спортивно-оздоровительной базы ИРНИТУ «Политехник» (17 км Байкальского тракта, примерно 28 км от ИРНИТУ), в третьем сезоне (октябрь 2022 г. - весна 2023 г.) и четвертом сезоне (октябрь 2023 г. - весна 2024 г.) - на нижнем стадионе ИРНИТУ (рис. 1). На всех наблюдательных площадках, в месте установки прибора, была низкая трава (до 5-7 см), отсутствие влияния автотранспорта, зданий, деревьев.

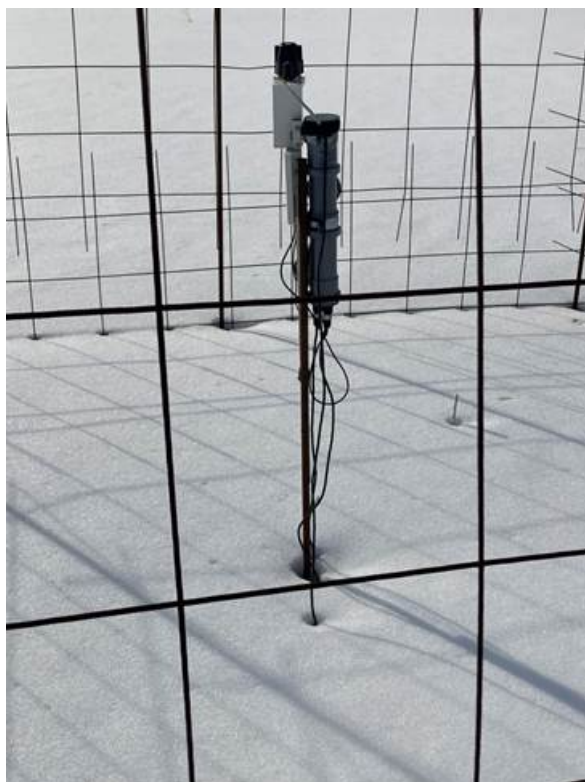


Рис.1. Автономный автоматический программно-аппаратурный атмосферно-снежный комплекс. Нижний стадион ИРНИТУ. 4 марта 2023 г.

Комплекс включает измерительную рейку (термокоса) длиной 40 см с малогабаритными цифровыми датчиками температуры (17 шт.), расположенными через 2,5 см по высоте термокосы, солнечную батарею, контроллер, удаленно расположенные компьютеры. Часть термокосы в тот или иной момент времени может находиться в снежном покрове (СП) и регистрировать T по высоте снежного покрова (шаг 2,5 см), а другая часть термокосы (рейки) может находиться вне СП и соответственно, регистрировать температуру воздуха (рис. 2).

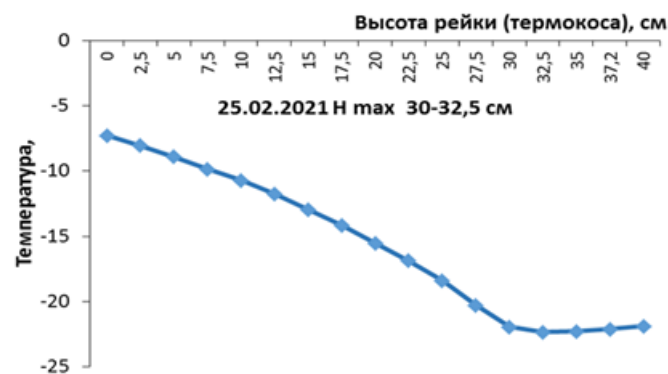


Рис.2. Изменение температуры по высоте рейки 25.02.2021 г., на площадке ИРНИТУ

Измерительный комплекс настроен для регистрации T каждый час и результаты передаются на удаленный сервер, т.е. 408 значений в течение суток (24 часа*17 микродатчиков=408). Высота снежного покрова (СП) определяется по относительно резкому изменению температуры T на границе воздух-поверхность снега, которое наиболее заметно в темное время суток, в данном случае выбрано 5 часов ночи. Одно и тоже время выбрано для того чтобы сравнивать высоты в разных дней. Отмечаем, что осенью 2020 г. был перевод часов на зимнее время, в данной статье указано фактическое местное время.

Результаты исследования и их обсуждение

Изменение температуры в снежном покрове

В первом поисковом сезоне измерения начаты 21.01.2021 г. Период с 22.01.2021 г., по 06.03.2021 г., характеризуется как период устойчивых отрицательных температур воздуха, без оттепелей. В этот период $T_{\min \text{ возд}} = -35,4^{\circ}\text{C}$ (01.02.2021), $T_{\max \text{ возд}} = 0,6^{\circ}\text{C}$ (06.03.2021), $T_{\text{средняя возд}} = -15,9^{\circ}\text{C}$. Только 6 марта был переход T через 0°C и далее началась устойчивая тенденция к положительным T воздуха.

На рисунках 3 (а, б, в) представлено изменение T по высоте снежного покрова в отдельные часы (профиль температуры по высоте, $h \neq \text{const}$ и $t = \text{const}$), а на рисунке 4 – изменение температуры во времени в течение трех суток, но на отдельных высотах (профиль температуры во времени, $h = \text{const}$ и $t \neq \text{const}$).

В статье Fierz С., [\[10\]](#) указано, «профиль температуры снега отражает распределение температуры внутри снежного покрова в одной точке, как в пространстве, так и во времени». Профили температуры СП представляют собой как бы моментальный снимок распределения температуры в СП.

На рисунках 3 (а, б, в) показано фактическое изменение температуры по высоте рейки во времени, но для наглядности указано изменение T только в отдельные часы, в 1, 5, 9, 13, 17, 21 час одних суток 27.01.2021 г., 04.02.2021 г., 04.03.2021 г. В темное время суток происходит наиболее резкое изменение температуры на границе атмосфера-снежный покров, это можно видеть по поведению линий на рисунке 2 (5 часов) и на рисунках 3 (а, б, в) для 5, 9, 23 часа, т.е. по изменению «хода» температур можно указать фактическую высоту снежного покрова.

Можно отметить, что в интервале высот от 0 до 15 см колебания T незначительные по сравнению с колебаниями T в верхних слоях снежного покрова (рис.3). Например 4.03.2021г., (рис. 3 в), на конкретной высоте $H = 0$ см колебания T между \min и \max в течение суток составили минус $\Delta 0,9$ I, на высоте $H=15$ см $\Delta 2$ I, на высоте $H=17,5$ см $\Delta 2,3$ I, на высоте $H=20$ см $\Delta 3,5$ I, на высоте $H=25$ см $\Delta 6,3$ I, на высоте $H=30$ см $\Delta 10,4$ I. Например, отметке $H_{\text{СП}} = 0$ см (поверхность подстилающего основания) в 3 часа $T_{3 \text{ часа}}^{\max} = -6,6$ I, в 15 часов $T_{15 \text{ часа}}^{\min} = -5,7$ I и разница минус $\Delta 0,9$ I.

Fierz C., описывает [10] профили температуры снега, измеренные 23–24 февраля 2000 г., на исследовательском участке на высоте 2540 м над уровнем моря, Давос, Швейцария. «.... Эти температурные профили также ясно показывают, что тепло лишь медленно проникает в снег и что тепловые волны сильно затухают с глубиной. Таким образом, ниже примерно 30 см (максимальная высота 50 см) профили температуры показывали только малоамплитудные суточные циклы, которые ниже почти исчезали».

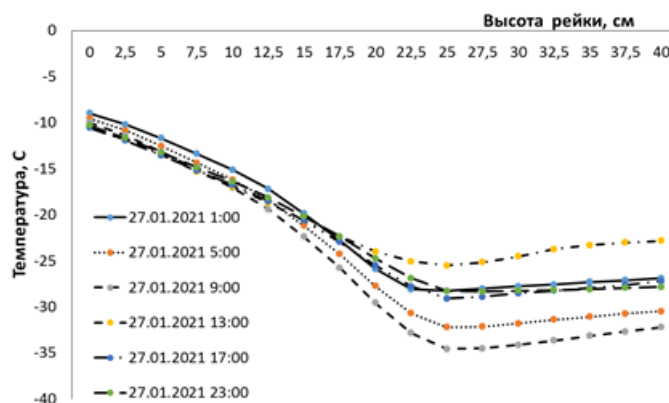


Рис. 3 а. Изменение температуры в СП и атмосфере (по высоте рейки) 27.01.2021г.,

$H_{\max \text{ СП}} = 25\text{--}27,5$ см.

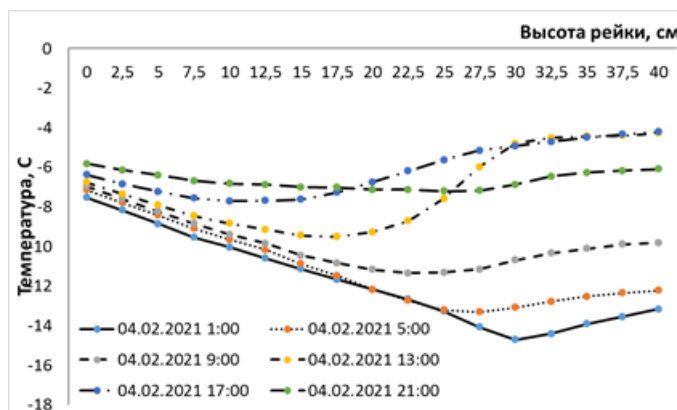


Рис. 3 б. Изменение температуры в СП и атмосфере (по высоте рейки) 04.02.2021 г.,

$H_{\max \text{ СП}} = 30\text{--}32,5 \text{ см.}$

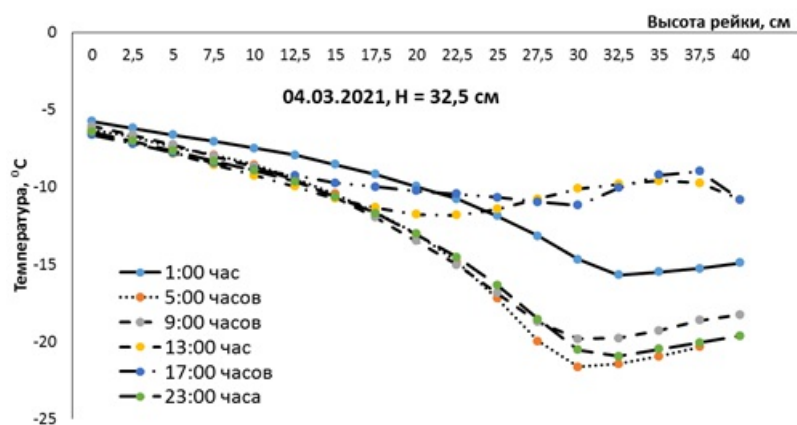


Рис. 3 в. Изменение температуры в СП и атмосфере (по высоте рейки)
4.03.2021 г.,

$H_{\max \text{ СП}} = 32,5\text{--}35 \text{ см.}$

О температуре нижних слоев снежного покрова пишет В.В. Пономарев [11], он указывает, что «в зимний период 2017–2018 гг. в заповеднике «Присурский» исследован термический режим снежного покрова и поверхности почвы.... На поверхности почвы в течение зимы под снегом температура составляла около 0°C. В нижней толще снежного покрова (10–20 см от земли) температура зимой составляла 0...–6°C, хотя температура воздуха опускалась до -20 – -25°C» [11].

На рисунке 4 показаны изменения температуры в СП в течение суток 13.02.2021 года на отдельных высотах 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 см. Например, на отметке 0 см отмечено изменение T от - 5,4 °C до - 6,4 °C. На отметке 20 см T изменяется от - 12,6 °C до - 14,3 °C, на высоте 25 см T изменяется от - 14,3 °C до - 17,7 °C. Наибольшие изменения T происходят на высотах, которые ближе к поверхности снежного покрова. Отмечаем, что в эти сутки был снегопад. О связи температуры воздуха, температуры поверхности снежного покрова, скорости ветра и облачности указано в работе В. М. Котлякова и А. В. Сосновского [12], но в данной публикации эти факторы не обсуждается.

По данным с 1 марта по 3 марта 2021 г. измерения T в СП на высотах 10,15,20 и 25 см в течение трех суток (72 часа) построен график (рис. 5). Начало отсчета это 0 часов первых суток. В эти сутки высота снежного покрова $H_{\max} = 32,5 \text{ см}$. Графики похожи на «волны», имеют амплитуды изменения T на высотах в СП (рис. 5). Наибольшие колебания T происходят в те часы, когда есть солнечное освещение и в тех слоях СП, которые или на границе, или ближе в границе атмосфера-снежный покров.

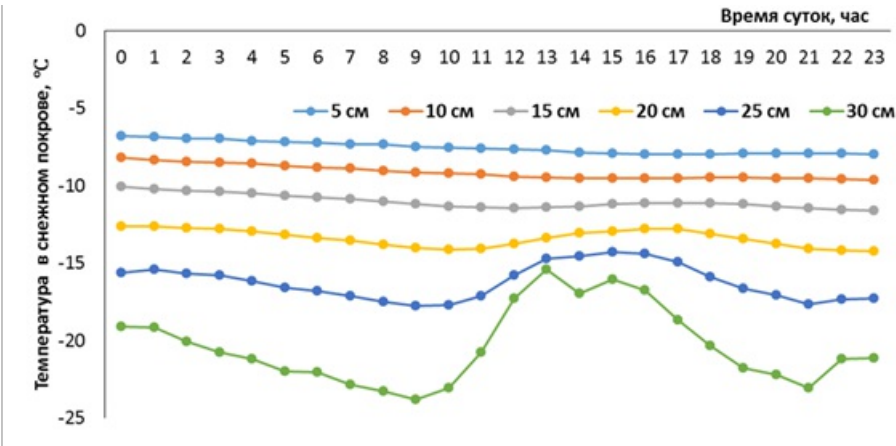


Рис. 4. Изменение температуры в снежном покрове на высоте 0,5,10,15,20,25,30 см. 13.02.2021 г.,

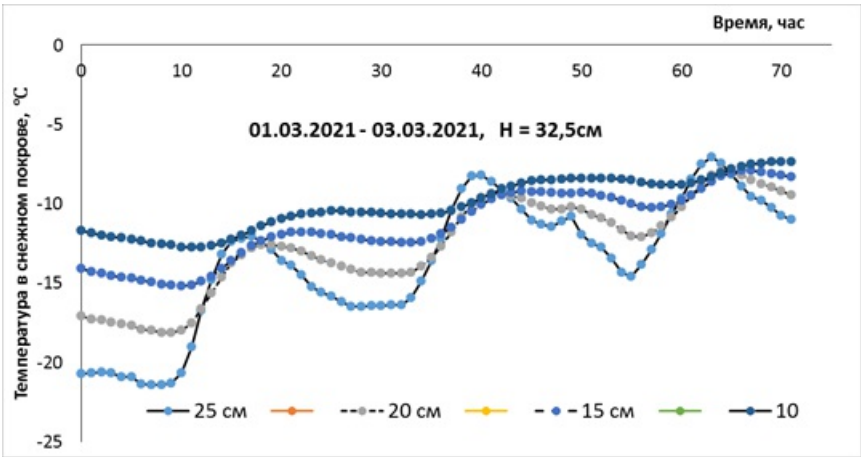


Рис. 5. Изменение температуры в снежном покрове на высоте 10, 15, 20, 25 см в течение 72 часов. 01.03-03.03.2021 года. H_{\max} СП = 32,5 см.

О корреляции температуры воздуха и температуры в снежном покрове на высотах

Отдельно представлены графики изменения температуры на разных высотах в снежном покрове и температуры воздуха, с указанием коэффициентов корреляции (рис. 6 а, б, в). Т воздуха замерялась на высоте 40 см, т.к. это максимальная высота термокосы. Так 25.02.2021 г, коэффициент линейной корреляции между Т воздуха и Т на высотах 35, 25, 15 см уменьшается по мере уменьшения высот от поверхности к подстилающему основанию снежного покрова (0 см –подстилающее основание). Коэффициент корреляции между Т воздуха и Т в снежном покрове на высоте 35 см $R=0,99$; между Т воздуха и Т на высоте 25 см $R= 0,72$; между Т воздуха и Т на высоте 15 см $R=0,15$.

По данным от 25 марта 2023 года также установлена линейная корреляция между температурой воздуха и температурой на высотах 15, 25 см в снежном покрове (рис.7 а, б), коэффициент корреляции уменьшается с уменьшением высот в снежном покрове от $R=0,85$ при $H=25$ см (рис. 7 а) до $R=0,47$ при $H=15$ см, в то время как максимальная высота СП 32,5 см постоянна (рис. 7 б, табл. 1). Результат от 27.03.2023 представлен на рисунке 8. Так же можно отметить, что чем ниже максимальная высота СН (табл. 1), тем выше коэффициент корреляции на высотах 10-15 см (рис. 6 в, рис. 7 б, рис. 8).

Таблица 1. Коэффициент корреляции между Т воздуха и Т в снежном покрове

Дата	H max, см	R		
		H = 35 см	H = 25 см	H = 10-15 см

25.02.2023	37,5	0,99	0,72	0,15
25.03.2023	32,5	-	0,85	0,47
27.03.2023	27,5	-	-	0,76

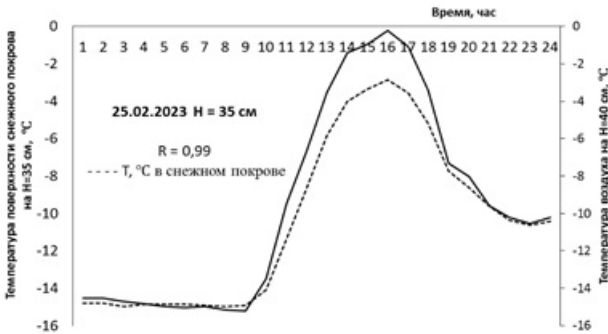


Рисунок 6 а. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 35 см 25.02.2023 г. H_{\max} СП = 37,5 см

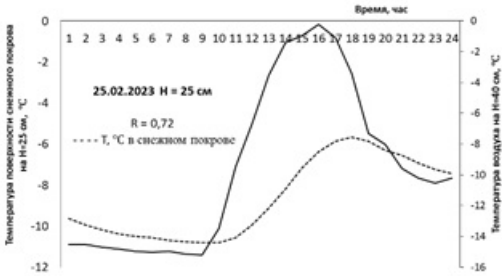


Рисунок 6 б. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 25 см 25.02.2023 г. H_{\max} СП = 37,5 см

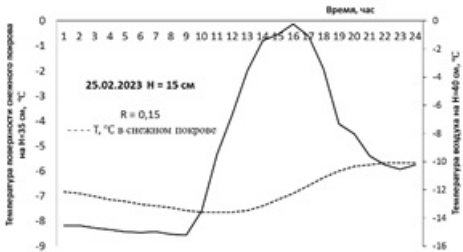


Рисунок 6 в. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 15 см 25.02.2023 г. H_{\max} СП = 37,5 см

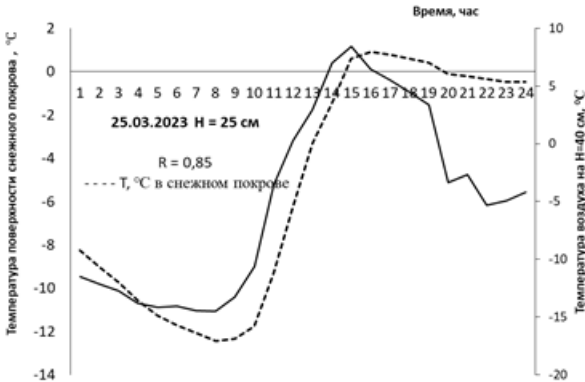


Рисунок 7 а. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 15 см 25.03.2023. H_{\max} СП

= 32,5 см

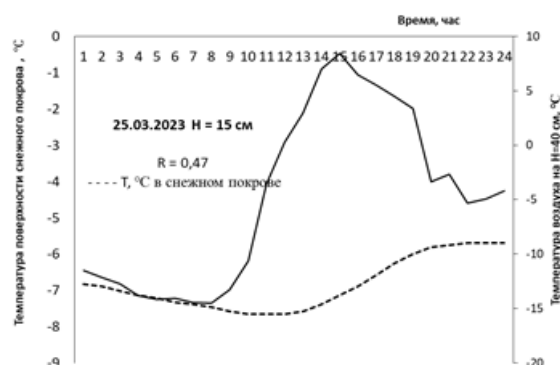


Рисунок 7 б. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 15 см 25.03.2023 г. H_{\max} СП = 32,5 см

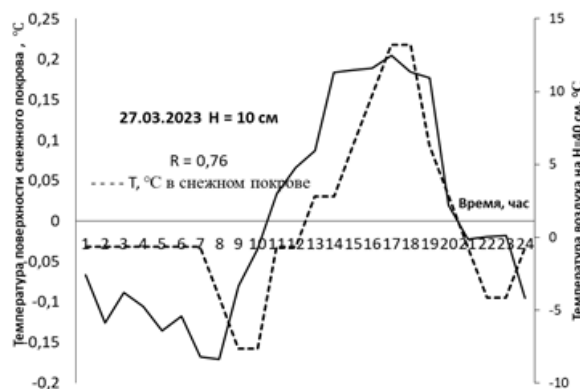


Рисунок 8. Изменение температуры воздуха на высоте 40 см и температуры в снежном покрове на высоте 10 см. 27.03.2023 г. H_{\max} СП = 27,5 см

Температура поверхности снежного покрова

В отдельные часы в течение суток, если T поверхности снежного покрова ниже, чем T воздуха, то наблюдается явление выхолаживания СП [11]. Так В. В. Пономарев [11] изучал термический режим снежного покрова и поверхности почвы в заповеднике «Присурский» и отмечает такой факт, что «высота снега 5 апреля составляла 44 см. При ясном небе происходило интенсивное выхолаживание приземного слоя (верхнего слоя снега). По данным на 4 ч. над самой поверхностью снега (4–5 см) воздух остыл до $-6,4^{\circ}\text{C}$, в то время как на высоте 2 м температура была на 6 градусов выше ($-0,4^{\circ}\text{C}$)».

Установлено, что 22.01.2021 г. максимальная высота СП равна 22,5 см, 23.01.2021 H_{\max} СП = 22,5 см и 26.01-28.01.2021 H_{\max} СП = 25 см. На рис. 9 показано изменение разности температур между T воздуха и T поверхности снежного покрова. Например, 23.01.2023 г, H_{\max} СП = 22,5 см и в 8 часов утра $T_{\text{возд}} = -16,25^{\circ}\text{C}$, на поверхности снежного покрова $T_{\text{снежного покрова}} = -18,17^{\circ}\text{C}$, $\Delta = 1,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 9). Температура воздуха замерялась на высоте 40 см, это максимальная высота термокося. На рисунке 9 показано, что в отдельные часы в течение суток поверхность снежного покрова холоднее воздуха и линии графика расположены выше оси абсцисс.

Ход кривых (рис. 9) имеет свои особенности, связанные не только с изменением T атмосферного воздуха, но и другими факторами, такими как, выпадение осадков снега, скорость ветра, солнечная радиация и т.д., которые здесь не рассмотрены.

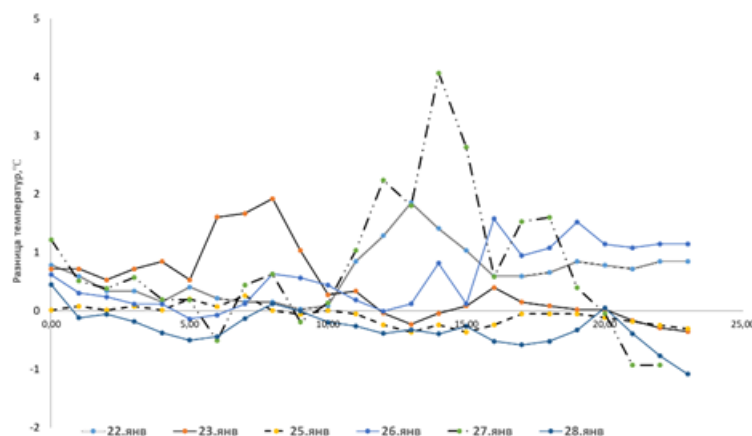


Рис. 9. Ход разницы температуры между T воздуха и T поверхности снежного покрова в течение суток 22.01.2021, 23.01.2021, 25.01-28.01.2021

Заключение

Представлены результаты полевых измерений температуры воздуха, температуры в снежном покрове, высоты снежного покрова, полученные с помощью автономного автоматического атмосферно-снежного программно-измерительного комплекса в Иркутске на площадке ИРНИТУ в январе-марте 2021 г., феврале-марте 2023 г. Высота снежного покрова определялась по относительно резкому изменению температуры на границе атмосферный воздух-поверхность снега.

Установлено, что происходит изменение температуры в снежном покрове на одной и той же высоте в течение суток, при этом в интервале высот от 0 до 15 см (0 см – подстилающее основание) колебания температуры между \min и \max незначительные по сравнению с колебаниями температуры в верхних слоях снежного покрова.

Показано, что графически изменения температуры в снежном покрове на высотах, которые ближе к атмосферной поверхности снежного покрова имеют более выраженные амплитудные суточные циклы, в отличие от изменений на низких высотах.

Установлена линейная корреляция между температурой воздуха и температурой на различных высотах в снежном покрове, коэффициент корреляции уменьшается с уменьшением высот в снежном покрове, при условии постоянной максимальной высоты снежного покрова, например, в течение суток.

Показано явление выхолаживания поверхности снежного покрова в отдельные часы в течение суток, когда температура поверхности ниже, чем температура воздуха.

Отмечено, что фактические значения, полученные в автономном автоматическом режиме реального времени, такие как температура воздуха, температура и высота снежного покрова могут иметь прикладное значение и со временем, с развитием цифровизации, могут быть востребованы для управления урбо-экосистемой города и/или отдельных территорий.

Библиография

1. Goncharova O.Y., Matyshak G.V., Epstein H.E., Sefilian A.R., Bobrik A.A. Influence of snow cover on soil temperatures: Meso- and micro-scale topographic effects (a case study from the northern West Siberia discontinuous permafrost zone) // Catena. 2019. V. 183. P. 1–8. <https://doi.org/j.catena.2019.104224>.

2. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. I. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л. : Гидрометеоиздат, 1985. – 301 с.
3. Калинин В.В., Устинов А.В., Косарев Н.С. Опыт использования метода ГНСС-рефлектометрии для измерения высоты снежного покрова // Вестник СГУГиТ. 2023. Т. 28. № 1. С. 6–13. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2023-28-1-6-13>.
4. Yu X., Wei B., Zhang X., Yu X. Snow Depth Estimation Based on Multipath Phase Combination of GPS Triple-Frequency Signals // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2015. V. 53. № 9. P. 1–10. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2015.2417214>.
5. Богородский П.В., Бородин В.А., Кустов В.Ю., Сумкина А.А. Конвекция воздуха в снежном покрове морского льда // Лёд и Снег. 2020. Т. 60. № 4. С. 557–566. <https://doi.org/10.31857/S2076673420040060>.
6. Kiselev M.V., Voropay N.N., Dyukarev E.A., Kurakov S.A., Kurakova P.S., Makeev E.A. Automatic meteorological measuring systems for microclimate monitoring // China-Mongolia-Russia Economic Corridor: Geographical and Environmental Factor and Territorial Development Opportunities: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. First International Geographical Conference of North Asian Countries. 2018. V. 190. P. 012031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/190/1/012031>.
7. Шеин А.Н., Иванов М.Н., Гинзбург Н.А., Турчанинова А.С., Кураков С.А. Предварительные результаты температурных измерений толщи снежного покрова ледника Иган во время периода абляции 2022 года // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 4. С. 94–107. <https://doi.org/10.26110/ARCTIC.2022.117.4.005>.
8. Чмых Н.В., Бургунутдинов А.М. Определение характеристик снежного покрова для расчета глубины промерзания дорожной конструкции на примере Пермского края // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2023. № 1. С. 34–42. <https://doi.org/10.15593/24111678/2023.01.05>.
9. Royer A., Domine F., Roy A., Langlois A., Marchand N., Davesne G. New northern snowpack classification linked to vegetation cover on a latitudinal mega-transect across northeastern Canada // Écoscience. 2021. V. 28. № 3-4. P. 225–242. <https://doi.org/10.1080/11956860.2021.1898775>.
10. Fierz C. Temperature Profile of Snowpack // Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers / eds. V.P. Singh, P. Singh, U.K. Haritashya. – Dordrecht: Springer, 2011. P. 1151–1154. URL: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2642-2_569.
11. Пономарев В.В. Термический режим снежного покрова и поверхности почвы в течение зимы на территории государственного природного заповедника «Присурский» // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2018. Т. 33. С. 21–31.
12. Котляков В.М., Сосновский А.В. Оценка термического сопротивления снежного покрова по температуре грунта // Лёд и Снег. 2021. Т. 61. № 2. С. 195–205. URL: <https://doi.org/10.31857/S2076673421020081>.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, результаты измерения температуры в снежном покрове на поисковой зимней площадке в Иркутске.

Методология исследования, в статье указаны как анализ параметров измерения температуры в снежном покрове с помощью автономного автоматического программно-

аппаратурного атмосферно-снежного комплекса, разработанного в институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН и установленного на поисковых площадках Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ) в Иркутске. Измерительный комплекс настроен для регистрации температуры каждый час и результаты передаются на удаленный сервер. Из анализа статьи можно сделать вывод об использовании авторами статьи метода анализа полученных данных, их обобщение и построение графиков распределения температур в снежном покрове и в атмосфере, а также статистические методы исследования с выявлением коэффициента корреляции между температурой воздуха и температурой снежного покрова,

Актуальность затронутой темы безусловна и состоит в получении информации о распределении температур в снежном покрове, что является важной составляющей природно-климатических и хозяйственных особенностей холодных регионов, так как снег важен для экологической и климатической систем. В связи с этим необходима регистрация фактических характеристик снежного покрова во времени и в пространстве, т.е. мониторинг режима снегового питания в частности и гидрологического режима в целом в зависимости от условий формирования, депонирования и таяния. Это является важным аспектом понимания геоэкологического механизма гидрологических процессов. Исследования автора статьи помогают решить проблему разработки методологического аппарата исследования фактических значений температур для расчета удельной теплоемкости снежного покрова они предлагали определять T при помощи интерполяции.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований установлена линейная корреляция между температурой воздуха и температурой на различных высотах в снежном покрове, коэффициент корреляции уменьшается с уменьшением высот в снежном покрове, при условии постоянной максимальной высоте снежного покрова, например, в течение суток. Автор отмечает, что фактические значения, полученные в автономном автоматическом режиме реального времени, такие как температура воздуха, температура и высота снежного покрова могут иметь прикладное значение и со временем, с развитием цифровизации, могут быть востребованы для управления урбо-экосистемой города и отдельных территорий. Это является важным дополнением в развитии понимания динамики водных ресурсов.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный. Статья снабжена богатым иллюстративным материалом, отражающим результаты измерения температуры в снежном покрове. Статья иллюстрирована визуализированными формами фотографии, графиков и таблиц.

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, но не содержит ссылки на нормативно-правовые акты и методические рекомендации по статистическому анализу данных.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволившие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.