

УДК 624.012.45

РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ТЕМПЕРАТУРНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ ТА ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ

Р. Кінаш, д. т. н.*ORCID ID: 0000-0001-6715-9583**Львівський національний університет природокористування,
Гірничо-металургійна академія (м. Краків, Польща)***Я. Гук, к. т. н.***ORCID ID: 0000-0002-0691-2241**Ужгородський національний університет*<https://doi.org/10.31734/architecture2022.23.066>

Кінаш Р., Гук Я. Районування території Закарпатської області за температурними параметрами земної поверхні та зовнішнього повітря

Подано результати виконаних детальних досліджень температури земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря для шести дат досліджень у 2013–2015 роках із використанням ресурсів дистанційного зондування Землі та даних спостережень на дев'яти метеостанціях Закарпатської області.

Для обчислення температур земної поверхні (снігу) на висотах горизонталей топографічних карт для шести дат досліджень у 2013–2015 роках використано дані спостережень на дев'яти метеостанціях Закарпатської області та температури земної поверхні (снігу) на десяти вершинах Українських Карпат, отриманих за даними космічних знімків супутника «Landsat 8». Для детального обчислення температури нагрівання земної поверхні (снігу) на висотах горизонталей топографічних карт в інтервалі через 200 м для восьми дат спостережень у 2013–2015 роках застосовані напрямки між початковими станціями (метеостанціями) з висотами над рівнем Балтійського моря.

За результатами виконаних досліджень для гірської місцевості на території Закарпатської області встановлено, що в сонячну погоду, незалежно від сезону, найнижча температура земної поверхні спостерігалась на північних і північно-західних схилах Карпат. Найбільш засніженими масивами Українських Карпат є найвищі гірські масиви Чорногора та Свидовець.

У результаті виконаних досліджень температурних параметрів земної поверхні та зовнішнього повітря для гірської місцевості на території Закарпатської області запропоновано методіку за допомогою карти зонування температурних параметрів визначати температуру земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря на заданій висоті території Закарпатської області.

За допомогою розробленої карти зонування температурних параметрів можна визначити температуру земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря на заданій висоті для території Закарпатської області.

Ключові слова: висотні коефіцієнти, напрямки, температура земної поверхні (снігу), температура зовнішнього повітря, знімки супутника «Landsat 8», метеостанції, перехідні станції, космічні знімки спостережень, температурні зони території Закарпатської області.

Kinash R., Huk Ya. Zoning of the territory of Transcarpathian region according to the temperature parameters of the earth surface and outside air

The article presents the results of detailed studies of the temperature of the earth surface (snow) and the outside air for 6 research dates in 2013–2015 using the resources of remote sensing of the Earth and observation data at 9 weather stations of the Transcarpathian region. To calculate the temperatures of the earth surface (snow) at the heights of the horizons of topographic maps for 6 research dates in 2013–2015, the data of observations at 9 weather stations of Transcarpathian region and the temperature of the earth surface (snow) on 10 peaks of the Ukrainian Carpathians, obtained according to data from space images of the "Landsat 8" satellite. For a detailed calculation of the heating temperature of the earth surface (snow) at the heights of the horizons of the topographic maps in an interval of 200 m for the 8 dates of observations in 2013–2015, the directions between the initial stations (meteorological stations) with heights above the level of the Baltic Sea were applied. According to the results of the research conducted for the mountainous area in the territory of the Transcarpathian region, it was established that in sunny weather, regardless of the season, the lowest temperature of the earth surface was observed on the northern and northwestern slopes of the Carpathians. The most snow-covered massifs of the Ukrainian Carpathians are the highest mountain massifs of Chornohora and Svidovets. As a result of the conducted studies of the temperature parameters of the earth surface and external air for mountainous terrain in the territory of Transcarpathian region, a method was proposed to determine the temperature of the earth surface (snow) and external air at a given height of the territory of Transcarpathian region using a zoning map of temperature parameters. By using the

developed zoning map of temperature parameters, it is possible to determine the temperature of the earth surface (snow) and the outside air at a given altitude for the territory of Transcarpathian region .

Key words: high coefficients, headings, earth temperature (snow), air temperature, satellite light «Landsat 8», weather stations, transient stations, space impurities observation, temperature quantities of Transcarpathian region.

Постановка проблеми. Українські Карпати – це унікальний регіон країни, який щороку привертає до себе дедалі більше уваги в туристичній сфері, екології, кліматичних навантажень на будівельні конструкції, ґрунтознавстві, біології та багатьох інших галузях народного господарства. Ця територія потребує додаткового вивчення. Найвні дев'ять метеостанцій у Закарпатській області, найвища з яких Плай – 1330 м – і сусідня метеостанція Пожежевська – 1451 м, що в Івано-Франківській області, частково висвітлюють кліматичні параметри території до висоти 1500 м над рівнем Балтійського моря.

Постановка завдання. Наше завдання – детальне вивчення температури земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря для шести дат досліджень у 2013–2015 роках із використанням ресурсів дистанційного зондування Землі [7] та даних спостережень на дев'яти метеостанціях Закарпатської області [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найвагомішою науковою працею з дослідження термічного режиму Українських Карпат є монографія «Тепловий і водний режим Українських Карпат» [5].

У статті [4] наведено результати вимірювання температури на схилі кількох гір. У статтях [1; 6] використано дані дистанційного зондування Землі для з'ясування термічних особливостей Українських Карпат. Статті [2; 3] пропонують методику визначення напрямків і висотних коефіцієнтів для температурних параметрів території Закарпатської області.

Виклад основного матеріалу. Масив Чорногора Українських Карпат у межах Закарпатської області має десять найвищих вершин, висоти яких досягають 1911 м (г. Брескул) – 2061 м (г. Говерла), дослідити які за температурними параметрами наземним методом не було змоги. Це питання частково вирішено низкою зображень, виконаних супутником «Landsat 8» [7–11] і оброблених із застосуванням програми «Arc Map 10» для картографічного відображення та програми «Global Mapper» – для об'ємних зображень [6]. Детальний аналіз супутникових зображень свідчить про те, що найнижча температура земної

поверхні спостерігається не на вершинах гір, а на їх північних і північно-західних схилах. Зокрема, 13.02.2015 р. на час виконання знімка температура на вершині г. Говерла становила мінус 12,5 °С, а на південно-східному схилі – мінус 4,0 °С. Це можна пояснити різним нагріванням схилів Сонцем. Вочевидь, південно-східні схили гір за ранішній час встигають прогрітися значно краще за північні та південно-західні. Знімання супутником «Landsat 8» проводилось із 11:00 до 14:00 год., тобто всі результати відповідають температурі на південних і південно-східних схилах.

Аналіз космічних знімків, виконаних у холодну пору року, доводить, що часто в Українських Карпатах на поверхні ґрунту лежить сніговий покрив, інколи він формується ще у жовтні.

У літніх умовах температура земної поверхні істотно залежить від висоти – у горах вона приблизно на 10°С нижча, ніж у передгір'ях.

За даними, одержаними із супутників, температура земної поверхні на вершині Говерли у момент виконання знімка 05.06.2015 р. становила +15,3 °С, в улоговині – +11,2 °С, на східному схилі – +22,0 °С.

Одночасно доведено [2; 3], що амплітуда коливань температури земної поверхні на метеостанціях значно більша, ніж зовнішнього повітря. Узимку температура земної поверхні нижча за температуру зовнішнього повітря, влітку – навпаки.

Період досліджень охоплює шість дат виконання спостережень температурних параметрів земної поверхні та зовнішнього повітря: 05.10.2013 р., 30.03.2014 р., 13.02.2015 р., 05.06.2015 р., 08.08.2015 р., 27.10.2015 р., а також максимальні і мінімальні температури земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря у 2015 році на дев'яти метеостанціях Закарпатської області.

Вихідні дані та методика обчислення температурних параметрів. Для обчислення температур земної поверхні (снігу) на висотах горизонталей топографічних карт для шести дат досліджень у 2013–2015 роках використані дані спостережень на дев'яти метеостанціях Закарпатської області, які наведені в табл. 1–3, та температури земної поверхні (снігу) на десяти вершинах Українських Карпат, отриманих за даними космічних знімків супутника «Landsat 8» (табл. 4).

Для детального обчислення температури нагрівання земної поверхні (снігу) на висотах горизонталей топографічних карт в інтервалі через 200 м для восьми дат спостережень у 2013–2015 роках застосовані напрямки між початковими станціями (метеостанціями) з висотами над рівнем Балтійського моря: Берегове – 113 м, Ужгород – 114,6 м, Хуст – 166 м, Великий Березний – 209 м, Рахів – 438 м, Міжгір'я – 456 м, Нижні Ворота – 500 м, Нижній Студений – 615 м, Плай – 1330 м і кінцевими станціями (вершинами Карпат): Брескул – 1911 м, Туркул – 1933 м, Піп Іван Мармароський – 1936 м, Менчул – 1998 м, Ребра – 2006 м, Гутин Томнатик – 2016 м, Петрос – 2022 м, Піп Іван Черногірський – 2018 м, Бребенскул – 2036 м, Говерла – 2061 м і формули висотних коефіцієнтів (1) – (3).

Для детального обчислення температури нагрівання зовнішнього повітря на десяти вершинах Карпат за шістьма датами спостережень у 2013–2015 роках застосовані напрямки між вісьмома початковими станціями (метеостанціями) з висотами над рівнем Балтійського моря: Берегове – 113 м, Ужгород – 114,6 м, Хуст – 166 м, Великий Березний – 209 м, Рахів – 438 м, Міжгір'я – 456 м, Нижні Ворота – 500 м, Нижній Студений – 615 м і

кінцевою станцією (метеостанцією) Плай – 1330 м. Використовуючи також визначені температури зовнішнього повітря на десяти вершинах Карпат і аналогічні дані дев'яти метеостанцій та напрямки між ними, обчислені для шести дат спостережень у 2013–2015 роках дані параметри на висотах горизонталей топографічних карт в інтервалі через 200 м за формулами:

$$t_{\text{сп.,нов.,x}} = t_{\text{сп.,нов.,см.1}} + K_{1-2,\text{сп.,нов.}} \cdot \Delta H_X, \quad (1)$$

$$K_{1-2,\text{сп.,нов.}} = \frac{t_{\text{сп.,нов.}} - t_{\text{сп.,нов.}}}{H_2 - H_1}, \quad (2)$$

$$\Delta H_X = H_X - H_1, \quad (3)$$

де $t_{\text{сп., нов. x}}$ – температура земної поверхні (снігу), зовнішнього повітря на висоті горизонталі X , °С; $t_{\text{сп., нов. см.1}}, t_{\text{сп., нов. см.2}}$ – температура земної поверхні (снігу), зовнішнього повітря на початковій і кінцевій станціях напрямку, °С; H_1, H_2 – висоти початкової і кінцевої станцій напрямку, м; $K_{1-2, \text{сп., нов.}}$ – висотно-температурний коефіцієнт між початковою та кінцевою станціями напрямку, °С/м; H_X – висота горизонталі, для якої обчислюють температуру земної поверхні (снігу), зовнішнього повітря, t_x , м.

Таблиця 1

Температура земної поверхні (снігу) (11:00–14:00 год.)

Метеостанція	Дата					
	5.10.2013 р.	30.03.2014 р.	13.02.2015 р.	5.06.2015 р.	8.08.2015 р.	27.10.2015 р.
Берегове	25	31	6	35	50	16
Ужгород	28	29	6	48	57	17
Хуст	23	26	1	47	54	20
В. Березний	24	26	1	36	55	17
Рахів	21	26	6	44	41	19
Міжгір'я	18	24	0	34	48	17
Н. Ворота	27	31	0	48	47	16
Н. Студений	21	26	0	40	46	15
Плай	17	16	-2	33	34	9

Таблиця 2

Температура зовнішнього повітря (11:00–14:00 год.)

Метеостанція	Дата					
	5.10.2013 р.	30.03.2014 р.	13.02.2015 р.	5.06.2015 р.	8.08.2015 р.	27.10.2015 р.
Берегове	13,6	16,3	5,4	25,8	35,1	14,8
Ужгород	12,3	16,0	5,4	25,4	34,7	12,6
Хуст	13,4	17,3	4,2	26,0	34,2	12,6
В. Березний	13,5	18,2	5,0	25,0	35,2	13,9
Рахів	14,2	16,7	0,0	23,8	32,5	12,9
Міжгір'я	13,8	16,2	4,4	24,0	32,0	12,0
Н. Ворота	11,9	16,4	4,3	21,3	30,5	12,1
Н. Студений	11,9	15,7	3,2	21,4	30,4	11,5
Плай	5,0	9,4	-1,8	13,5	23,2	4,7

Таблиця 3

**Максимальна (у липні) та мінімальна (у січні) температура зовнішнього повітря
земної поверхні (снігу) у 2015 році**

Метеостанція	Максимальна температура у липні 2015 р., °C		Мінімальна температура у січні 2015 р., °C	
	повітря	поверхні ґрунту	повітря	поверхні ґрунту або снігу
Берегове	36,4	56,0	-14,0	-12,7
Ужгород	37,4	62,0	-17,5	-19,0
Хуст	35,5	58,0	-18,3	-24,0
В. Березний	36,0	57,2	-21,3	-20,4
Рахів	33,2	59,2	-19,3	-22,0
Міжгір'я	32,5	46,0	-20,9	-22,7
Н. Ворота	31,4	55,6	-19,7	-24,6
Н. Студений	30,5	49,0	-23,0	-30,1
Плай	24,2	48,3	-20,3	-18,1

Таблиця 4

**Температура земної поверхні на вершинах Карпат, отримана за даними космічних знімків
супутника «Landsat 8», °C**

Назва вершин	Дата					
	05.10.2013 р.	30.03.2014 р.	13.02.2015 р.	05.06.2015 р.	08.08.2015 р.	27.10.2015 р.
Говерла	-4,86	-2,42	-12,46	15,28	22,68	-5,67
Бребенкул	-5,36	-3,52	-13,42	13,80	22,91	-6,06
Піп Іван Черногірський	-5,31	-3,59	-13,79	13,53	22,80	-7,00
Петрос	-2,94	-1,00	-11,78	17,72	23,74	-3,27
Гутин Томнатик	-4,07	-4,02	-12,96	14,07	22,32	-5,96
Ребра	-3,80	-2,80	-12,35	14,92	22,96	-4,58
Менчул	-6,03	-3,67	-14,24	16,17	22,78	-6,84
Піп Іван Мармароський	4,02	-1,11	-12,02	18,52	23,17	2,39
Туркул	-2,96	-0,56	-10,55	15,42	25,26	-3,46
Брескул	-5,24	-2,61	-12,12	15,60	22,64	-6,53

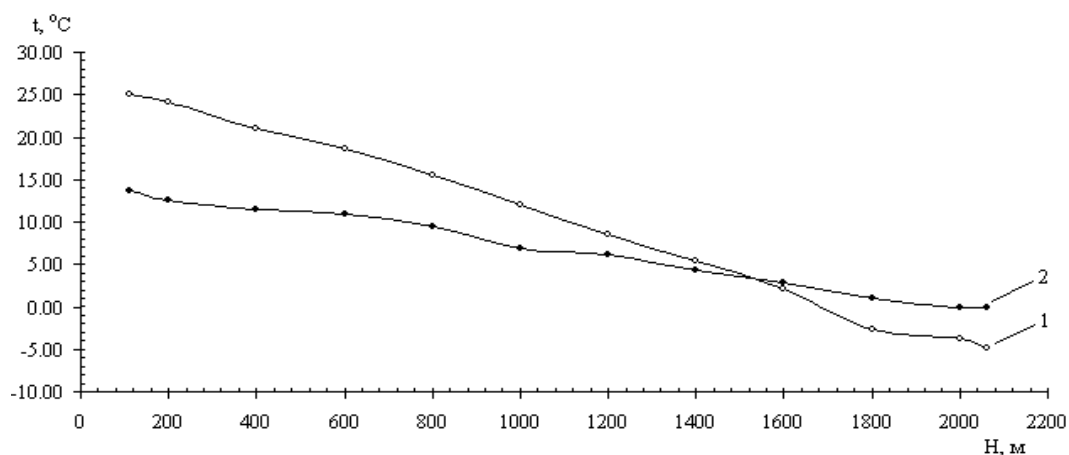


Рис. 1. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 05.10.2013 р. з 11 до 14 год.:
1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

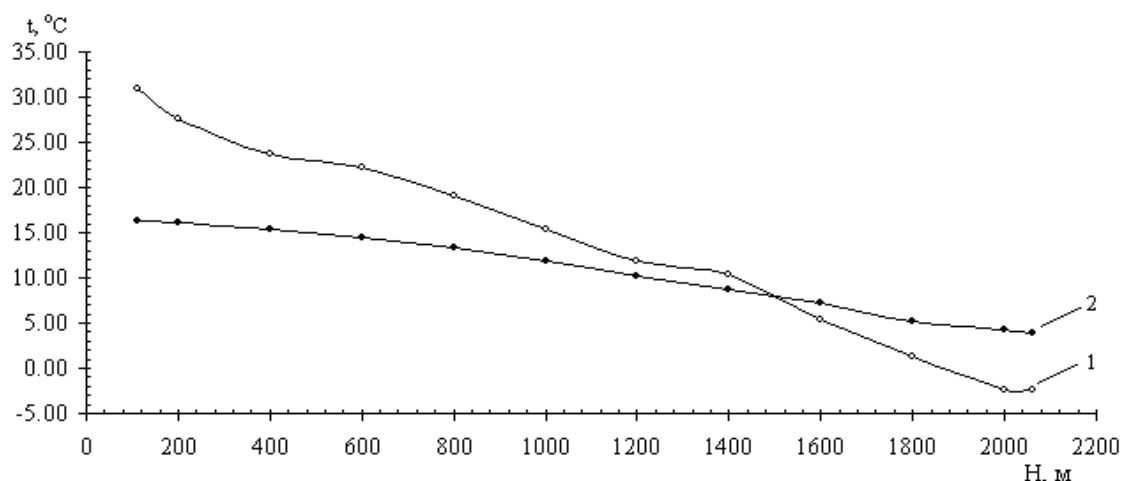


Рис. 2. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 30.03.2014 р. з 11 до 14 год.: 1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

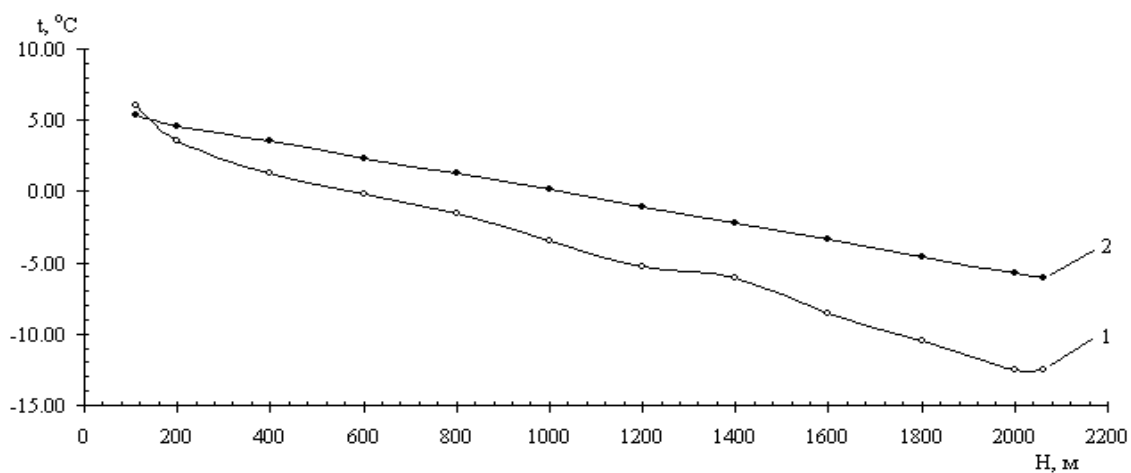


Рис. 3. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 13.02.2015 р. з 11 до 14 год.: 1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

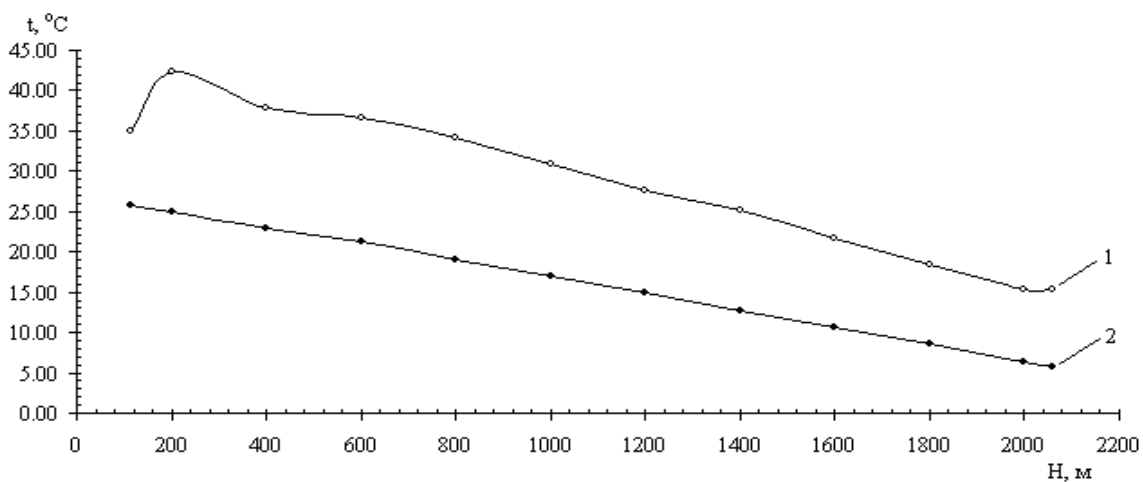


Рис. 4. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 05.06.2015 р. з 11 до 14 год.: 1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

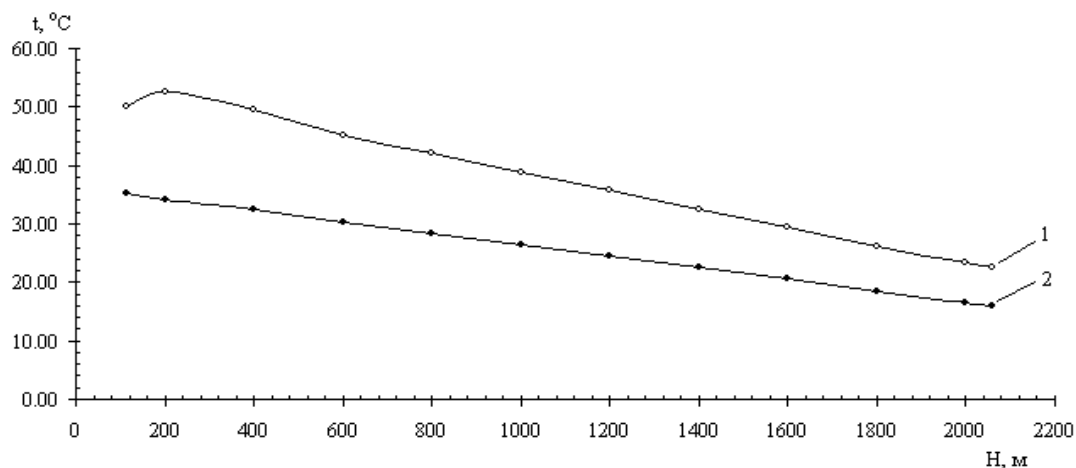


Рис. 5. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 08.08.2015 р. з 11 до 14 год.:
1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

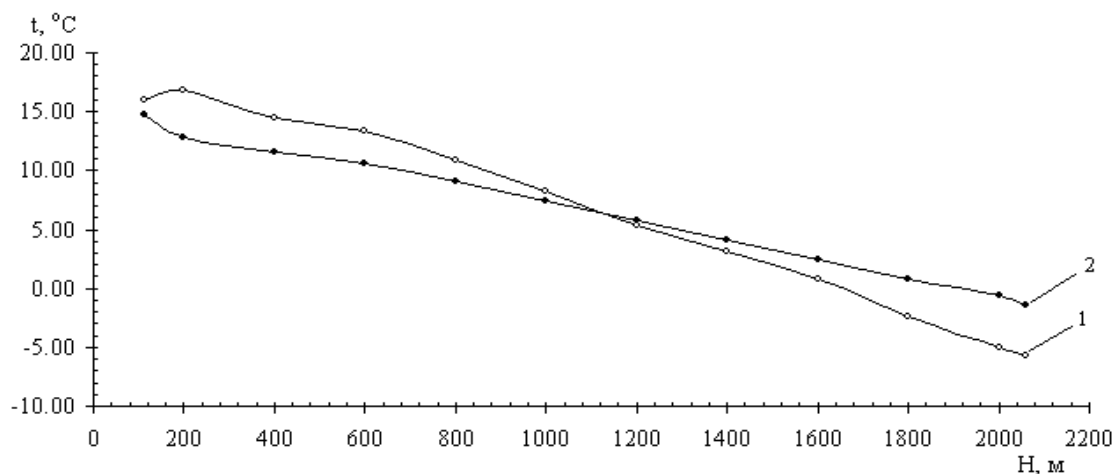


Рис. 6. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області 27.10.2015 р. з 11 до 14 год.:
1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

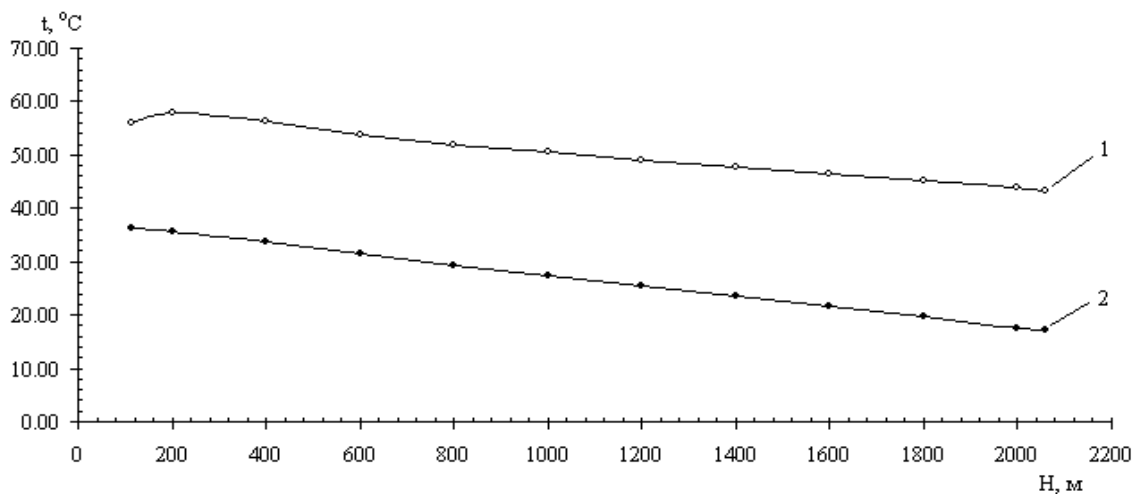


Рис. 7. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області в липні 2015 р. з 11 до 14 год.: 1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

Таблиця 5

Зведені результати обчислень температур земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря для восьми досліджень на висотах горизонталей топографічних карт території Закарпатської області

№ з/п	Висоти горизонталей топографічних карт	05.10.2013		30.03.2014		13.02.2015		05.06.2015		08.08.2015		27.10.2015		Макс. у липні 2015 рік		Міним. у січні 2015 рік	
		темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С	темпер. земної поверх. (снігу), °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.	113 (Берегово)	25,00	13,60	31,00	16,30	6,00	5,40	35,00	25,80	50,00	35,10	16,00	14,80	56,00	36,40	-12,70	-14,00
2.	200	24,20	12,63	27,58	16,13	3,57	4,59	42,32	25,03	52,53	34,00	16,83	12,82	58,06	35,71	-18,61	-16,83
3.	400	20,99	11,47	23,79	15,38	1,27	3,55	37,86	23,00	49,66	32,35	14,44	11,62	56,17	33,75	-18,89	-18,36
4.	600	18,59	10,89	22,16	14,51	-0,17	2,31	36,54	21,19	45,15	30,35	13,35	10,56	53,74	31,43	-20,27	-19,31
5.	800	15,58	9,38	19,00	13,25	-1,52	1,27	34,14	19,11	42,11	28,41	10,93	9,05	51,82	29,37	-20,59	-19,91
6.	1000	11,94	6,83	15,33	11,82	-3,44	0,11	30,90	16,99	38,91	26,44	8,23	7,40	50,48	27,42	-19,64	-20,06
7.	1200	8,51	6,07	11,80	10,26	-5,28	-1,04	27,68	14,87	33,73	24,47	5,41	5,76	49,16	25,46	-18,71	-20,21
8.	1400	5,44	4,35	10,38	8,76	-6,01	-2,21	25,14	12,75	32,58	22,50	3,13	4,11	47,83	23,51	-17,76	-20,34
9.	1600	2,08	2,77	5,46	7,15	-8,54	-3,37	21,69	10,63	29,39	20,53	0,85	2,47	46,50	21,55	-16,82	-20,48
10.	1800	-1,30	1,10	1,32	5,26	-10,53	-4,54	18,39	8,50	26,27	18,56	-2,38	0,83	46,16	19,60	-15,88	-20,68
11.	2000	-3,74	-0,07	-2,41	4,17	-12,52	-5,70	15,32	6,38	23,32	16,59	-5,02	-0,65	43,83	17,64	-14,94	-20,77
12.	2061 (г. Говерла)	-4,86	-0,16	-2,42	3,80	-12,46	-6,06	15,28	5,73	22,68	16,08	-5,67	-1,40	43,43	17,05	-14,57	-21,50

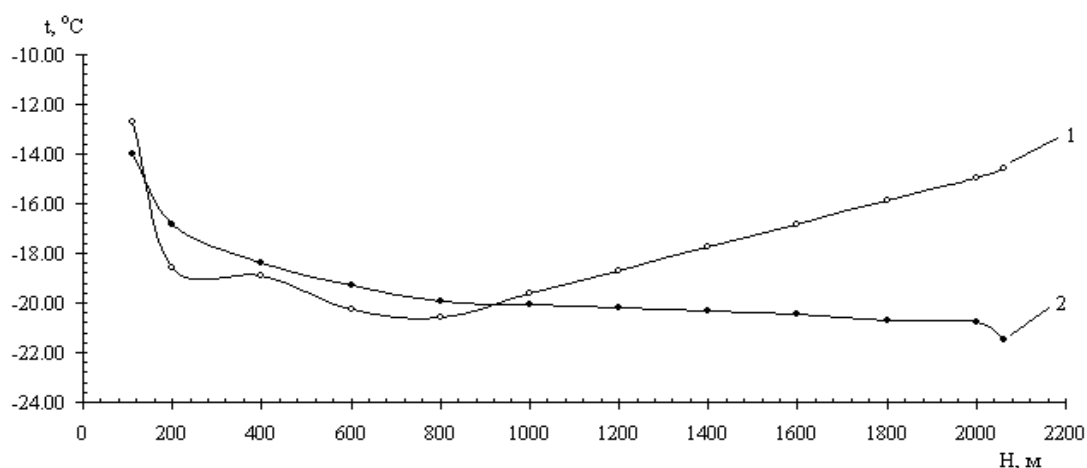


Рис. 8. Залежність між температурами земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря та висотами горизонталей топографічних карт на території Закарпатської області у січні 2015 р. з 11 до 14 год.: 1 – температура на поверхні землі; 2 – температура повітря

Результати зведених обчислень температури земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря за напрямками наведені в табл. 5.

За результатами виконаних обчислень (див. табл. 1–5) побудовані графіки залежності температурних параметрів від висоти станцій над рівнем Балтійського моря (див. рис. 1–8), а також проведено зонування території Закарпатської області (рис. 9), де виділено, залежно від висот горизонталей топографічних карт над рівнем Балтійського моря, 4 зони:

- I зона – 113 м (Берегове) – до 400 м;
- II зона – 401 м – 1000 м;
- III зона – 1001 м – 1600 м;
- IV зона – 1601 м – 2061 м (г. Говерла).

Висновки. У результаті виконаних досліджень температурних параметрів земної поверхні та зовнішнього повітря для гірської місцевості на території Закарпатської області встановлено:

1. У сонячну погоду, незалежно від сезону, найнижча температура земної поверхні спостерігалась на північних і північно-західних схилах Карпат.

2. Найбільш засніженими масивами Українських Карпат є найвищі гірські масиви Чорногора та Свидовець.

3. Детальне зонування території Закарпатської області за температурою земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря для восьми дат спостережень у 2013–2015 рр. із використанням знімків супутника «Landsat 8» і даних дев'яти метеостанцій Закарпатської області подано вперше і може бути використано для нормування температурних параметрів.

4. За допомогою карти зонування температурних параметрів можна визначити температуру земної поверхні (снігу) і зовнішнього повітря на заданій висоті для території Закарпатської області (див. рис. 9).

5. Запропоновану методику рекомендовано застосувати для коригування та доповнення Державних будівельних норм України з визначення температурних параметрів у гірських місцевостях.

Бібліографічний список

1. Вишневський В. І., Шевчук С. А. Використання даних дистанційного зондування Землі для з'ясування термічних особливостей Українських Карпат. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. № 12. С. 47–52.
2. Гук Я. С. Методика визначення абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря за висотно-температурними коефіцієнтами та параметрами літнього атмосферного тиску, районування території Закарпатської області. *Промислове будівництво та інші інженерні споруди. Серія: Наука виробництву*. 2014. № 3. С. 14–18.
3. Кінаш Р. І., Гук Я. С. Методика визначення абсолютного мінімуму температури зовнішнього повітря для 23 перехідних станцій, населених пунктів, вершин і перевалів з районуванням території Закарпатської області. *Збірник наукових праць Інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського*. 2015. Вип. 15. С. 113–122.
4. Муха Б. Термічні властивості топоклімату Карпатського національного парку. *Вісник Львівського національного університету. Серія геогр.* 2008. Вип. 35. С. 250–266.
5. Тепловой и водный режим Украинских Карпат. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 366 с.

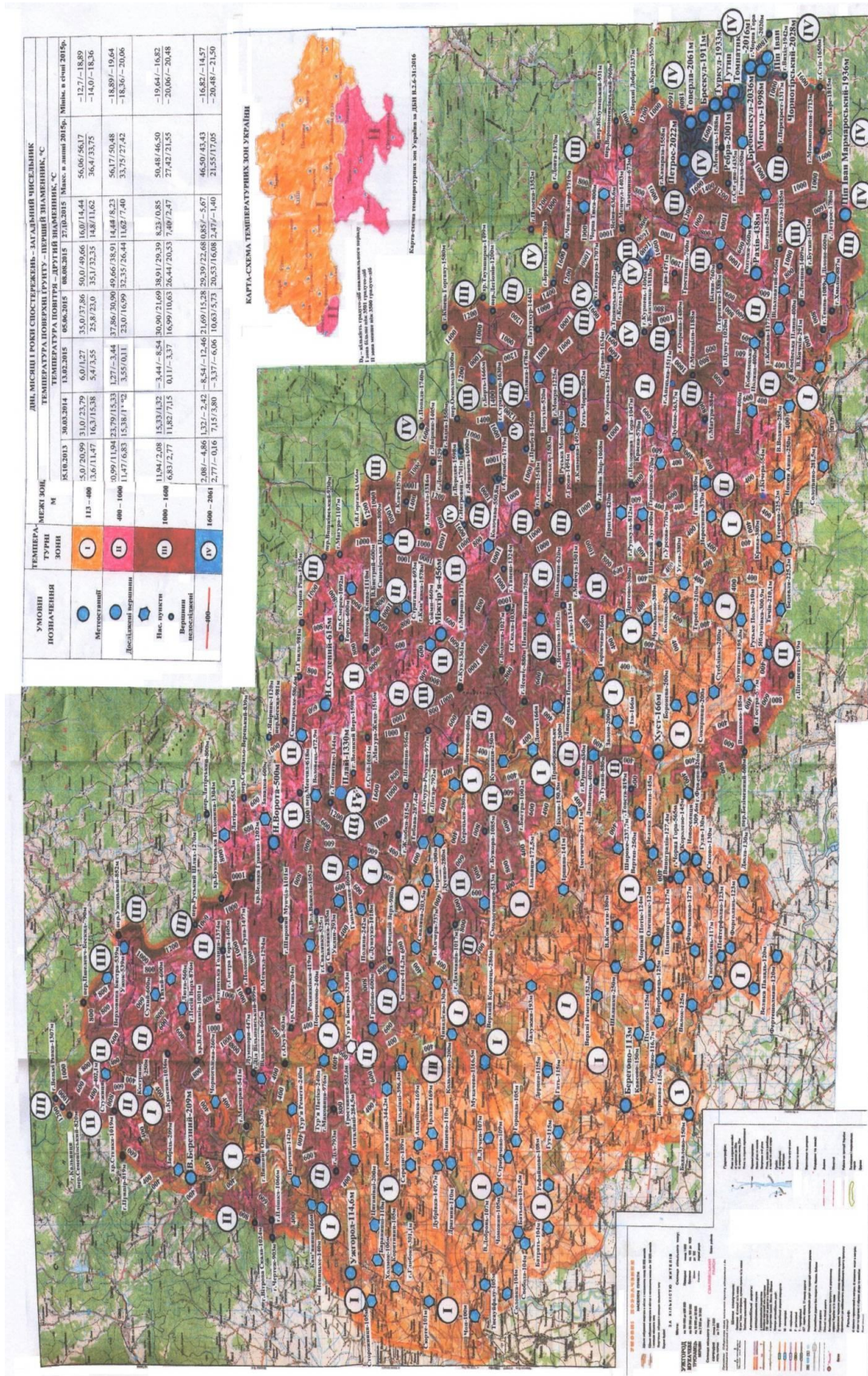


Рис. 9. Зонування території Закарпатської області за температурами зовнішнього повітря (снігу) і зовнішнього повітря

6. Шевчук С. А., Вишневський В. І. Використання даних супутника Landsat 8 для визначення мікрокліматичних особливостей Києва. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2016. № 10. С. 4–9.

7. Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data / Jimenez-Munoz Juan C. et al. *Geoscience and Remote Sensing Letters*. IEEE. 2014. 11.10. P. 1840–1843.

8. Landsat 8 (L8) data user handbook. URL: <http://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf> (Last accessed: 10.10.2022).

9. Landsat-8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) Vicarious Radiometric Calibration / J. A. Barsi, J. R. Schott, S. J. Hook et al. *Remote Sens.* 2014. P. 11607–11626. URL: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150000759.pdf> (Last accessed: 10.10.2022).

10. Rozenstein O., Qin Z., Derimian Y., Karnieli A. Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. *Sensors*. 2014. No 14(4). P. 5768–5780.

11. Wukelic G. E. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper thermal band. *Remote Sensing of Environment*. 1989. No 28. P. 339–347.

Стаття надійшла 20.10.2022