

УДК 624.012

ДОСЛІДЖЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ГЛИБИНИ ПРОМЕРЗАННЯ ҐРУНТУ ДЛЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ У МЕЖАХ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

За максимальною глибиною промерзання ґрунту гірська територія Чернівецької області досліджена недостатньо. Для її дослідження використані методики: напрямків між метеостанціями і перехідними станціями, формули висотних коефіцієнтів і залежності ізотерм максимальних глибин промерзання ґрунту від горизонталей висот над рівнем Балтійського моря на топографічних картах. За обчисленими параметрами проведено районування території регіону.

The maximum depth of soil freezing at mountainous territory of Chernivtsi region studied not enough. For her research methods used: areas between meteorological and transitional stations, high-rise formula and coefficients depending isotherms maximum depth of soil freezing contour heights above the Baltic Sea on topographic maps. According to the calculated parameters held zoning area.

Ключові слова: метеорологічні станції, перехідні станції, напрямки, максимальна глибина промерзання ґрунту, висотні коефіцієнти, ізотерми, горизонталі, топографічні карти.

Максимальні глибини промерзання ґрунту досліджені для трьох метеостанцій і однієї перехідної станції та гірських населених пунктів і перевалів Чернівецької області. В обчисленнях використана методика напрямків між метеостанціями із застосуванням максимальних глибин промерзання ґрунту і середніх висот снігового покриву згідно з 125-річними даними спостережень на 9 метеостанціях сусідніх областей. Дані параметри наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Максимальна глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву на метеостанціях Львівської і Закарпатської областей за даними 125-річних спостережень (1889–2014 рр.)

Назва метеостанції	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	Середня висота снігового покриву, см
Львів	319,0	75	28
Броди	226,7	71	28
Ужгород	114,6	63	20
Берегово	113,0	65	17
Хуст	166,0	58	28
Стрий	301,5	70	28
Рахів	438,0	62	36
Дрогобич	274,9	70	28
Н.Ворота	500,0	73	34

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями доведено [1–5], що максимальна глибина промерзання ґрунту на метеостанціях і перехідних станціях напрямку 1–2 підпорядкована висотним коефіцієнтам і обчислюється за формулами:

$$h_{\text{ст.Х}} = h_{\text{ст.1}} + K_{1-2, \text{гл.пр.}} \cdot \Delta H_{\text{Х-1}}, \quad (1)$$


Я.С. Гук

доцент кафедри міського будівництва і господарства Ужгородського національного університету, к.т.н.

або

$$h_{\text{ст.Х}} = h_{\text{ст.1}} - K_{1-2, \text{гл.пр.}} \cdot \Delta H_{2-\text{Х}}, \quad (2)$$

де $h_{\text{ст.Х}}$, $h_{\text{ст.1}}$, $h_{\text{ст.2}}$ – максимальна глибина промерзання ґрунту на ст.Х, ст.1, ст.2 напрямку 1–2, см;

$$K_{1-2, \text{гл.пр.}} = \frac{h_{\text{гл.пр.2}} - h_{1, \text{гл.пр.}}}{H_2 - H_1}, \quad (3)$$

$K_{1-2, \text{гл.пр.}}$ – висотний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунту напрямку 1–2, см/м; H_1 , H_2 , $H_{\text{Х}}$ – висоти над рівнем Балтійського моря на станціях 1, 2, Х, м;

$$\Delta H_{\text{Х-1}} = H_{\text{Х}} - H_1, \quad (4)$$

$$\Delta H_{2-\text{Х}} = H_2 - H_{\text{Х}}. \quad (5)$$

Для контролю і порівняння обчислень застосовують формули:

$$h_{\text{ст.Х}} = h_{\text{ст.1}} + K_{1-2, \text{пр.сн.}} \cdot \Delta H_{\text{Х-1}}, \quad (6)$$

або

$$h_{\text{ст.Х}} = h_{\text{ст.2}} - K_{1-2, \text{пр.сн.}} \cdot \Delta H_{2-\text{Х}}, \quad (7)$$

$$K_{1-2, \text{пр.сн.}} = \frac{h_{\text{пр.сн.2}} - h_{1, \text{пр.сн.}}}{H_2 - H_1}, \quad (8)$$

де $h_{\text{пр.сн.}(X, 1, 2)}$ – спільний параметр суми максимальної глибини промерзання ґрунту та середньої висоти снігового покриву на станціях Х, 1, 2, см; $K_{1-2, \text{пр.сн.}}$ – спільний висотний коефіцієнт суми максимальної висоти промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву, см/м.

За формулами 1–8 і напрямками 1–2 між метеостанціями та даними 125-річних спостережень на метеостанціях Закарпатської і Львівської областей [6–13] обчислені значення максимальних глибин промерзання ґрунту для ключових метеостанцій Українських Карпат: Плай –

1330 м, Пожежевська – 1450,8 м і перехідної станції г. Говерла – 2061 м, а також для метеостанцій Чернівецької обл.: Чернівці – 252 м, Селятин – 762 м, Новодністровськ – 240,6 м і перехідної станції Магура – 1313 м. Результати обчислень приведені в таблицях 2–6.

Таблиця 2

Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанції Плай (1330 м)

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту між м/с 1–2, см	Висотний коеф. промерзання ґрунту між ст. 1–2, см/м	Різниця висот між ст. Плай і ст. 1, м	Макс. глибина промерзання ґрунту на ст. Плай, см	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву, см	$K_{1-2, пр. сн.}$, см/м	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву на ст. Плай, см	$h_{пр. Плай}$, см
Берегово – 113 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2)	387,0	65 73	8	0,02067	1217,0	90,15	$65+17=82$ $73+34=107$	0,06459	160,60	98,6
Ужгород – 114,6 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2)	385,4	63 73	10	0,02594	1215,4	94,52	$63+20=83$ 107	0,06227	158,68	96,7
Хуст – 166 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2)	334,0	58 73	15	0,04491	1164,0	110,27	$62+36=98$ 107	0,06287	159,18	97,2
						$h_{сеп.} = 98,31$				$h_{сеп.} = 97,5$

$$h_{пр. сеп. Плай} = \frac{98,31 + 97,5}{2} = 97,91 \text{ см.}$$

Таблиця 3

Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанції Пожежевська (1450,8 м)

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту між м/с 1–2, см	Висотний коеф. промерзання ґрунту між ст. 1–2, см/м	Різниця висот між ст. Пожежевська і ст. 1, м	Макс. глибина промерзання ґрунту на ст. Пожежевська, см	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву, см	$K_{1-2, пр. сн.}$, см/м	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву на ст. Пожежевська, см	$h_{пр. Пож.}$, см
Берегово – 113 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1217	65 97,91	32,91	0,02704	1337,8	101,17	$65+17=82$ $97,91+59,12=157,03$	0,06165	147,47	105,36
Хуст – 166 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1164	58 97,91	39,91	0,03429	1284,8	102,05	$63+20=83$ 107	0,06102	164,39	105,27
Рахів – 438 м (1) – Плай – 1330 м (2)	892	62 97,91	35,91	0,04025	1012,8	102,77	$62+36=98$ 107	0,06617	165,02	105,51
						$h_{сеп.} = 101,99$				$h_{сеп.} = 105,51$

$$h_{пр. сеп. Пожеж.} = \frac{105,51 + 101,99}{2} = 103,75 \text{ см.}$$

Таблиця 4
Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для перехідної станції Говерла (2061 м)

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту між м/с 1–2, см	Висотний коеф. промерзання ґрунту між ст. 1–2, см/м	Різниця висот між г. Говерла і ст.1, м	Макс. глибина промерзання ґрунту на ст. Плай, см	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву, см	$K_{1-2, пр.сн.}$, см/м	Макс. глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву на ст. Плай, см	$h_{пр.Гов.}$, см
Берегово – 113 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1217,0	65 97,91	32,91	0,02704	1948,0	117,67	65+17=82 97,91+59,12= =157,03	0,06165	202,09	113,07
Хуст – 166 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1164,0	58 97,91	39,91	0,03429	1895,0	122,97	58+28=86 157,03	0,06102	202,58	119,22
Ужгород – 114,6 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1215,4	63 97,91	34,91	0,02872	1946,4	118,90	63+29=91 157,03	0,05432	196,74	112,74
$h_{сер.} = 119,85$								$h_{сер.} = 115,01$		

$$h_{пр.сер.Говерла} = \frac{119,85 + 115,01}{2} = 117,43 \text{ см.}$$

Таблиця 5
Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанції Чернівці (252 м)

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту, см	$K_{1-2, пр.сн.}$, см/м	Різниця висот між ст. Чернівці і ст.1, см	Максимальна глибина промерзання ґрунту на ст. Чернівці, см
Броди – 226,1 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1103,9	71,00 97,91	26,91	0,02437	25,9	71,63
Броди – 226,1 м (1) – Пожежевська – 1450,8 м (2)	1224,7	71 103,75	32,75	0,02674	25,9	71,69
Броди – 226,1 м (1) – Говерла – 2061 м (2)	1834,9	71 117,43	46,43	0,02530	25,9	71,66
$h_{сер.} = 71,67$						

Таблиця 6
Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанцій Селятин (762 м) і Новодністровськ (240,6 м) та перехідної станції Магура (1313 м)

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерз. ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерз. ґрунту, см	Коеф. макс. глибини промерз. ґрунту, см	Різниця висот між ст. Селятин і ст. 1, м	Різниця висот між ст. Магура і ст. 1, м	$h_{пр.Селятин}$, см	$h_{пр.Магура}$, см	Різниця висот між ст. Ново-дністровськ і ст.1, м	$h_{пр. Ново-дністровськ}$, см
Чернівці – 252 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1078,0	71,67 97,91	26,24	0,02434	510	1061	84,08	97,49	-11,4	71,33
Чернівці – 252 м (1) – Пожежевська – 1450,8 м (2)	1198,8	71,67 103,75	32,08	0,02676	510	1061	85,31	100,06	-11,4	71,37
Львів – 319 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1011	75 97,91	22,91	0,02266	443	994	85,04	97,52	-78,4	73,22
$h_{сер.} = 84,8$							$h_{сер.} = 98,4$		$h_{сер.} = 71,97$	

Таблиця 7

Результати обчислення висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 см за напрямками 1–2 між метеостанціями для Прикарпаття

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту, см	Висоти горизонталей, що відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту, см							
				75	80	85	90	95	100	105	110
Чернівці – 252 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1078,0	71,67 97,91	26,24	353,00	594,21	799,62	1005,00	1210,00	1415,86	1621,27	1826,68
Броди – 226,7 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1103,3	71 97,91	26,91	354,84	595,70	800,69	1005,69	1210,69	1415,68	1620,68	1825,68
Дрогобич – 274,9 м (1) – Говерла – 2061 м (2)	1786,1	70 117,42	47,42	366,31	613,80	813,37	1012,90	1212,40	1404,86	1593,19	1781,52
			$h_{сер.}$	358,05	601,23	804,56	1007,86	1211,03	1412,13	1611,71	1811,29
			$h_{нормативні}$	350,0	600,0	800,0	1000,0	1200,0	1400,0	1600,0	1800

Для районування гірської території Чернівецької обл. і застосування висот горизонталей на топографічних картах, що відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту: 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 см, застосовують напрямки 1–2 між метеостанціями

і формулу

$$H_X = \frac{(h_{пр.х} - h_{пр.1})(H_2 - H_1)}{(h_{пр.2} - h_{пр.1})} + H_1, \quad (9)$$

де $h_{пр.х}$ – задані ізотерми максимальних глибин промерзання ґрунту: 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 см; $h_{пр.1}$, $h_{пр.2}$ – максимальні глибини промерзання ґрунту на метеостанціях 1, 2 напрямку 1–2, см; H_1 , H_2 – висоти над рівнем Балтійського моря метеостанцій 1, 2 напрямку 1–2, м; H_X – висоти горизонталей, м, що відповідають ізотермам максимальної глибини промерзання ґрунту: 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 см.

Результати обчислень наведені в таблиці 7.

За прийнятими горизонталями висот на топографічній карті проведені ізотерми, що відповідають максимальним глибинам промерзання ґрунту. Відхилення на заокруглення віднесені до похибок на нерівномірний сніговий покрив.

На рис. 1 приведена карта районування території Українських Карпат в межах Чернівецької обл. (гірські райони: Путилівський, Вижницький, частково Сторожинецький).

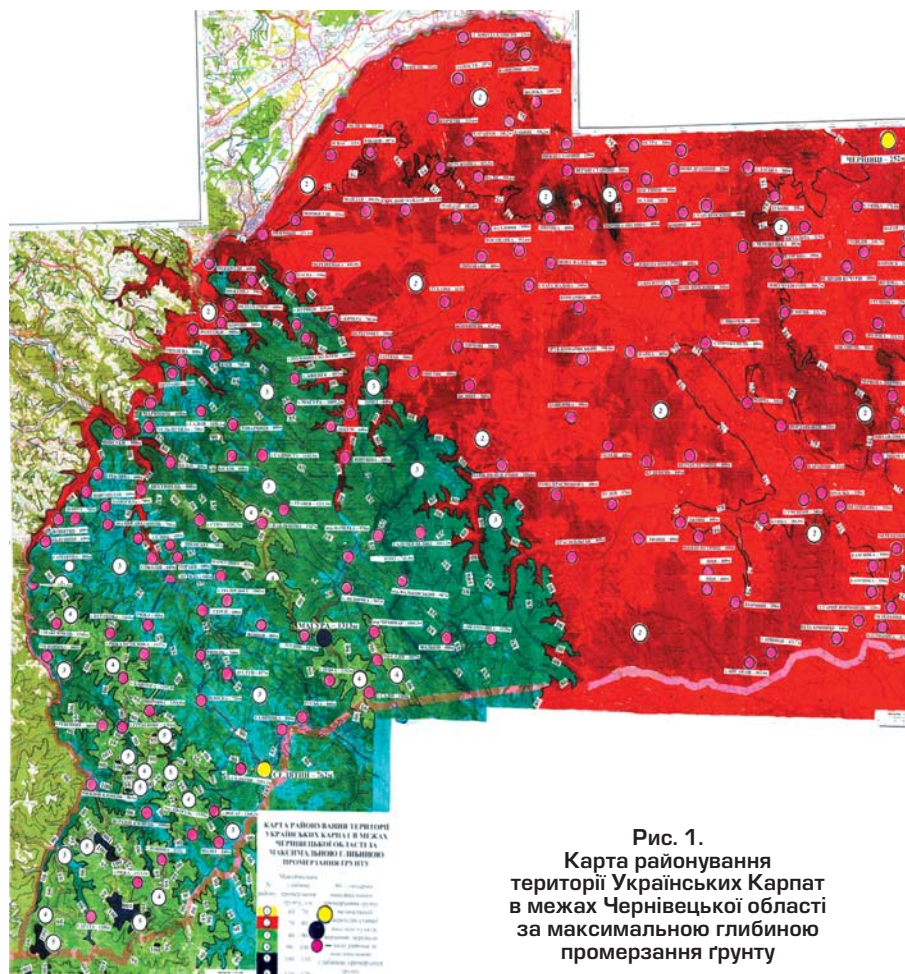


Рис. 1. Карта районування території Українських Карпат в межах Чернівецької області за максимальною глибиною промерзання ґрунту

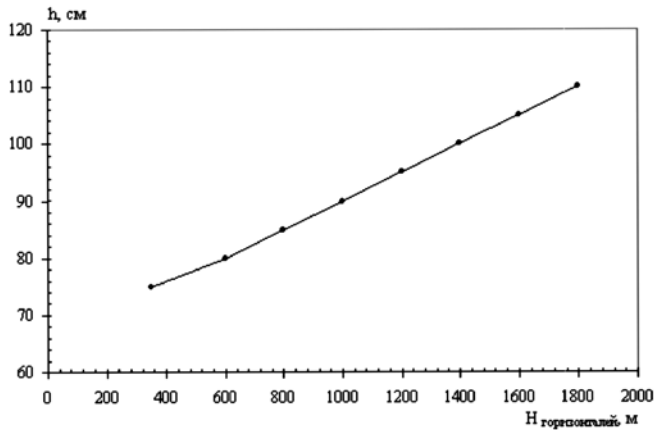


Рис. 2. Залежність ізотерм максимальних глибин промерзання ґрунту від висот горизонталей на топографічній карті для гірської території Чернівецької області

На рис. 2 показана залежність ізотерм максимальних глибин промерзання ґрунту від розташування висот горизонталей над рівнем Балтійського моря на топографічних картах Чернівецької області.

Аналіз досліджень. Висота горизонталі 350 м на топокарті, що відповідає ізотермі максимальної глибини промерзання ґрунту 75 см, обчислена як середня величина між даними метеостанції Львів (319 м) і даними, обчисленими за трьома напрямками. Обчислені горизонталі висот на топокарті: 600, 800, 1000, 1400, 1600 м відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту: 80, 85, 90, 95, 100, 110 см. Максимальна глибина промерзання ґрунту збільшується на 5 см через кожні 200 м зростання висоти станцій над рівнем Балтійського моря.

За проведеними ізотермами максимальних глибин промерзання ґрунту гірська територія Чернівецької обл. поділена на райони: 2 район – 70–80 см; 3 район – 80–90 см; 4 район – 90–100 см; 5 район – 100–110 см.

Для визначення відповідності висот горизонталей на топографічній карті ізотерм максимальних глибин промерзання ґрунту і порівняння їх з таблицею 7 використані обчислені параметри для метеостанцій: Чернівці, Селятин, Новодністровськ і перехідної станції Магура та три напрямки між ним.

На рис. 3 приведена карта районування території Путилівського, а на рис. 4 – Вижницького, частково Строчицького районів Чернівецької області та прилеглої території Румунії за максимальною глибиною промерзання ґрунту.

Відмінності між обчисленими і прийнятими для районування території Чернівецької обл. висотами горизонталей на топографічних картах, що відповідають максимальним

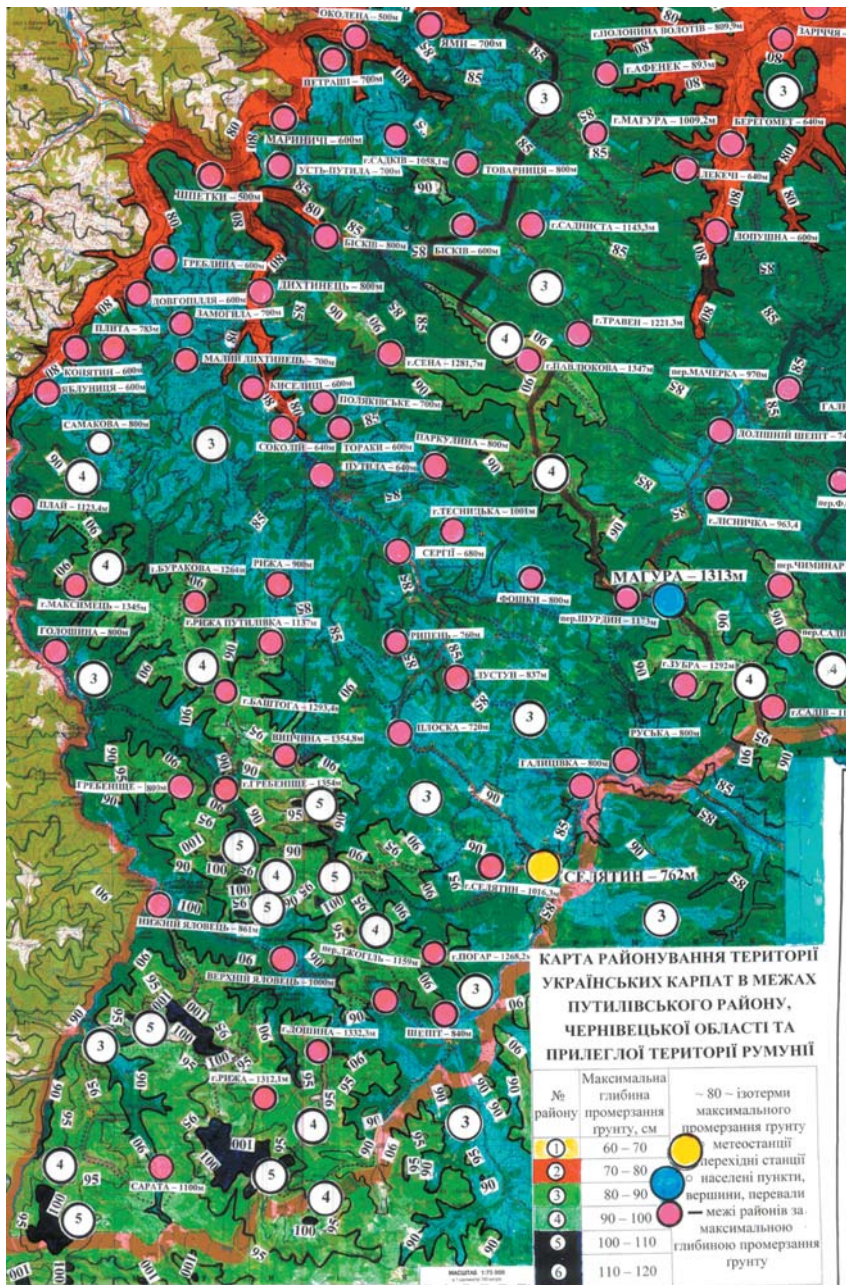


Рис. 3. Карта районування території Українських Карпат у межах Путилівського району Чернівецької області та прилеглої території Румунії за максимальною глибиною промерзання ґрунту

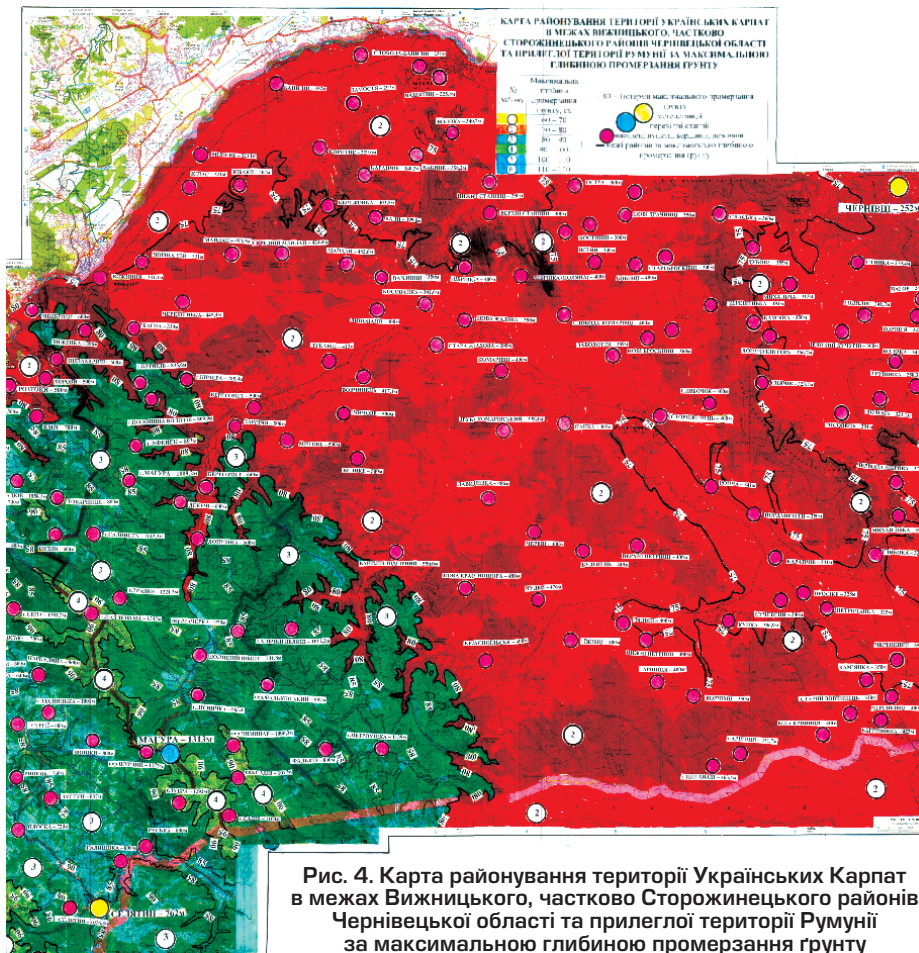


Рис. 4. Карта районування території Українських Карпат в межах Вишницького, частково Сторожинського районів Чернівецької області та прилеглої території Румунії за максимальною глибиною промерзання ґрунту

глибинам промерзання ґрунту, допустимі: від’ємні $-6,4\%$ – для максимальної глибини промерзання 75 см, додатні максимальні: $+4,3\%$ – для 80 см та мінімальні: $+1,2\%$ – для 105 см. На топокарті вони віднесені на нерівномірність стелення середнього снігового покриву на гірських територіях: в низинах – нестача снігу, на вершинах – надлишок.

Таблиця 8

Прийняті висоти горизонталей на топографічній карті, що відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту

Ізотерми максимальних глибин промерзання ґрунту, см	Відповідні висоти горизонталей на топографічній карті, м	Похибки на нерівномірний сніговий покрив, %
75	350	-2,24
80	600	+0,20
85	800	+0,56
90	1000	+0,77
95	1200	+0,91
100	1400	+0,85
105	1600	+0,72
110	1800	+0,65

В залежності від висоти снігового покриву змінюється глибина максимального промерзання ґрунту, чим більша висота снігового покриву, тим менша максимальна глибина промерзання. Порівняння похибок на нерівномірний сніговий покрив (табл. 8, 9) свідчить про незначне відхилення обчислень висот горизонталей, що відповідають ізотермам максимальної глибини промерзання ґрунту для Чернівецької обл. за наведеними методиками.

Висновки.

1. За прийнятими методиками із застосуванням даних 125-річних спостережень на метеостанціях Закарпатської і Львівської областей вперше визначені максимальні глибини промерзання ґрунту для метеостанцій Чернівецької області: Чернівці, Селятин і Новодністровськ та перехідної станції Магура.

2. Методики визначення значень висот горизонталей на топокарті, що відповідають ізотермам максимальних глибин промерзання ґрунту, наведені вперше.

3. Проведеним районуванням гірської території Чернівецької обл. виділено 4 райони за глибиною промерзання ґрунту: 2-й (70–80 см), 3-й (80–90 см), 4-й (90–100 см), 5-й (100–110 см). Прикордонна територія Румунії характеризується аналогічним районуванням. Перший район (60–70 см) з висотами менше 300 м над рівнем Балтійського моря характерний для рівнинної території Чернівецької області.

4. Обчислене співвідношення ізотерм максимальних глибин промерзання ґрунту до висот горизонталей на топографічних картах характерне для клімату Прикарпаття. Для Закарпатської обл. необхідно додатково провести обчислення.

5. Дані параметри застосовуються для проектування і будівництва будівель і споруд на гірських територіях Чернівецької області.

6. Обчислені параметри враховують теплоємність, теплопровідність, вологість ґрунту, густину і теплоємність снігу. Для більш деталь-

ної залежності максимальної глибини промерзання ґрунту від даних параметрів необхідно провести додаткові дослідження.

Таблиця 9

Результати обчислень висот горизонталей і відповідних максимальних глибин промерзання ґрунту між метеостанціями: Чернівці, Селятин, Новодністровськ і перехідною станцією Магура за трьома напрямками

Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибини промерзання ґрунту, см	Висотний коеф. промерз. ґрунту між ст.1-2, см/м	Висоти горизонталей, що відповідають ізотермам максимальної глибини промерзання ґрунту, см							
					75	80	85	90	95	100	105	110
Чернівці – 252 м (1) – Магура – 1313 м (2)	1061,0	71,67 98,36	26,69	0,025155	384	583	782	980	1179	1378	1577	1776
Селятин – 762 м (1) – Магура – 1313 м (2)	551,0	84,81 98,36	13,55	0,024591	–	–	770	973	1176	1380	1583	1786
Новодністровськ – 240,6 м (1) – Магура – 1313 м (2)	1072,4	71,97 98,36	26,39	0,024609	364	567	770	973	1176	1380	1583	1786
<i>H</i> _{сер.} висот горизонталей					374	575	724	975	1177	1379	1581	1738
Прийнятих горизонталей висот					350	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Різниця між обчис. і прийнятими висотами горизонталей, %					-6,4	+4,3	+3,3	+2,5	+1,95	+1,5	+1,2	+3,5

- [1] Андреева Г.К. Некоторые вопросы построения климатических карт [текст] / Андреева Г.К., Бабиченко В.Н. – К.: Укр НигМИ. Вып.131. – 1974. – С. 106–116.
- [2] Бабиченко В.Н. Климат Ужгорода [текст]/Бабиченко В.Н. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 190 с.
- [3] Бudyко М.И. Климат в прошлом и будущем [текст] / Бudyко М.И. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 351 с.
- [4] Бучинский И.Е. Климат Украины [текст] / Бучинский И.Е. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. – 130 с.
- [5] Гук М.І. Клімат Української РСР [текст] / Гук М.І., Половко І.К., Прихотько Г.Ф. – К.: Радянська школа, 1958. – 72с.
- [6] Гук Я.С. Визначення рекомендованих нормативних параметрів тиску для населених пунктів, окремих вершин і перевалів Закарпатської області / Гук Я.С. – Ужгород: Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. Вип.19. – 2006. –С. 206–208.
- [7] ДСТУ НБ В.1.1-21:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Будівельний стандарт України. – К.: 2010. – 55 с.
- [8] Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1:250 000 / – К.: АГП. – 2006. – 1 лист.
- [9] Кінаш Р.І. Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області / Кінаш Р.І., Гук Я.С. – Львів: Problems of the Technical Meteorology, 22–26 may, 2006. – 2006. – Р. 50–56.
- [10] Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування ДБН В.1.2-2:2006 / – К.: Мінбуд України. – 2006. – 35 с.
- [11] Kinash Roman Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region / Kinash R.I., Huck J.S. – Canada: Snow Engineering VI, June 1–5, 2008.

Надійшла 30.11.2017 р.