

УДК 624.012

**МЕТОДИКА ОБЧИСЛЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ГЛИБИНИ ПРОМЕРЗАННЯ ҐРУНТУ І СЕРЕДНЬОЇ ВИСОТИ СНІГОВОГО ПОКРИВУ В ГІРСЬКИХ РАЙОНАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА НА ПРИЛЕГЛІЙ ТЕРИТОРІЇ ПОЛЬЩІ ЗА СПРОЩЕНИМИ ФОРМУЛАМИ**

**METHOD OF CALCULATION OF THE MAXIMUM DEEP INFLUENCING THE SOIL AND THE MIDDLE VISIT OF THE SNOW COVERING IN THE GIRLS OF THE LVIV REGION AND AT THE PLACE OF THE TERRITORY OF POLAND BY RENDERED FORMULA**

**Гук Я.С., к.т.н., доцент, Томашко М.М., студент магістр, Василина В.І., студент магістр (Ужгородський національний університет, Ужгород)**

**Huk Ya.S., Ph.D., Associate Professor candidate of technical sciences, Tomashko M.M. student masters, Vasylyna V.I. student masters (Uzhgorod National University . Uzhgorod)**

**Обчислення максимальної глибин промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву проведено вперше за методикою напрямків між початковою і кінцевою метеостанціями або перехідною станцією та формул висотних коефіцієнтів. Для обчислення запропоновані спрощені формули і використані висоти горизонтаей топографічних карт Закарпатської області.**

**The maximum depth of freezing of the soil and the average height of snow cover mountain regions of Lviv region and the adjoining territory of Poland have not been studied enough. The calculation of climatic parameters data was carried out for the first time in the methodology of the directions between the initial and final meteorological stations or the transition station, the formulas of high-altitude coefficients using correction coefficients at the distance between stations. To calculate the maximum depths of freezing of the soil and average snow cover heights, simplified formulas are proposed and the heights of the horizontals of topographic maps are used. Freezing of the soil is the spread of winter in the soil of negative temperature. The depth of freezing depends on the type and cultivation of the soil, which determine its heat and thermal conductivity, moisture, which prevents freezing as a result of the hidden heat when freezing water, the thickness of the snow cover and the available vegetation, which protects the soil from strong cooling. In the calculations of the depth of freezing of soil, the average height of the snow**

cover, which was at the time of maximum freezing of the soil in the meteorological stations, was taken into account.

**Ключові слова:** Метеорологічні станції, максимальна глибина промерзання ґрунту, середня висота снігового покриву, висотні коефіцієнти, висоти горизонталей топографічних карт, спрощені формули.

Meteorological stations, maximum depth of freezing of soil, average height of snow cover, high-altitude coefficients, topographic maps height, simplified formulas.

**Вступ.** Для обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту та середньої висоти снігового покриву в гірських районах Львівської області та на прилеглий території Польщі вперше використані параметри за 125 річними спостереженнями (1889 – 2014 рр.) на 8 метеостанціях Львівської та Закарпатської областей та на 5 перехідних станціях, дані яких обчислені за методикою напрямків і висотних коефіцієнтів [2, 6]. Дані кліматичні параметри подані в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати досліджених максимальної глибини промерзання ґрунту та середньої висоти снігового покриву на 8 метеостанціях за спостереженнями (1889–2014рр.) і обчислених на 5 перехідних станціях, що розташовані на межі Львівської та Закарпатської областей за методикою висотних коефіцієнтів

№ п/п	Назва метеостанцій і перехідних станцій	Висота станцій над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	Середня висота снігового покриву, см
1	2	3	4	5
1.	Ужгород	114,6	63,0	20,0
2.	Берегово	113,0	65,0	17,0
3.	Нижні Ворота	500,0	73,0	34,0
4.	Хуст	166,0	58,0	28,0
5.	Стрий	301,5	70,0	28,0
6.	Турка	557,0	76,6	36,1
7.	Славське	592,0	77,5	37,8
8.	Плай	1330,0	97,9	62,0
9.	пер.Ужоцький	852,0	83,6	48,0
10.	пер.Руський Шлях	1217,0	94,5	58,2
11.	пер.Латірський	837,0	83,1	45,4
12.	пер.Середньо-Верецький	839,0	83,9	45,4
13.	пер.Бескид	974,0	87,4	50,2

**Аналіз останніх досліджень.** Детально досліджені за максимальною глибиною промерзання ґрунту і середньою висотою снігового покриву

гірські райони областей: Закарпатської [2, 6], Івано-Франківської [8], Чернівецької [5] з прилеглою до них територією Румунії, і враховані дані про клімат міста Ужгорода [1], а також рекомендації по дослідженню даних параметрів закордонними вченими [7, 10] та існуючі вітчизняні норми [9].

Основна мета детального дослідження гірських районів Львівської області і прилеглої території Польщі – за спрощеними формулами обчислити максимальні глибини промерзання ґрунту і середні висоти снігового покриву на висотах горизонталей топографічних карт або на висотах заданих точок над рівнем Балтійського моря.

**Постановка мети і задач досліджень.** Дослідженнями доведено [2, 3, 5, 6, 8, 10], що максимальна глибина промерзання ґрунту і середня висота снігового покриву на метеостанціях і перехідних станціях напрямку 1-2 між станціями 1, 2 підпорядковані висотним коефіцієнтам і обчислюється за формулами:

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

або

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

де:  $h_{\text{гл.пр.,ст.}X}$ ,  $h_{\text{гл.пр.,ст.}1}$ ,  $h_{\text{гл.пр.,ст.}2}$  – максимальні глибини промерзання ґрунту (середні висоти снігового покриву) на станціях X, 1, 2 напрямку 1-2, см;

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

$H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_X$  – висоти над рівнем Балтійського моря станцій 1, 2, X, м;

$K_{\text{гл.пр.,1-2}}$  – висотний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунту (середньої висоти снігового покриву) між станціями напрямку 1-2, см/м;

$$\Delta H_{X-1} = H_X - H_1; \quad (4)$$

$$\Delta H_{2-X} = H_2 - H_X. \quad (5)$$

Для контролю обчислень [1-10] застосовують формули:

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

або

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

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

де:  $h_{\text{ст.}X, \text{гл.пр.,сн.п.}}$ ,  $h_{\text{ст.}1, \text{гл.пр.,сн.п.}}$ ,  $h_{\text{ст.}2, \text{гл.пр.,сн.п.}}$  – спільний параметр суми максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву на станціях X, 1, 2, см;

$K_{1-2,гл.пр.,сн.п.}$  – спільний висотний коефіцієнт суми максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву між станціями 1, 2 напрямку 1-2, см/м.

**Методика досліджень.** Для гірських районів Львівської області і прилеглої території Польщі для визначення максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву на висотах горизонталей топографічних карт [4] в межах 200 – 1600 м через інтервал 200 м запропоновано 6 напрямків і формула:

$$h_{гл.,сн.п.X} = \frac{(H_X - H_1) \cdot (h_{гл.,сн.п.,2} - h_{гл.,сн.п.1})}{H_2 - H_1} + h_{гл.,сн.п.1}, \quad (9)$$

де:  $H_X, H_1, H_2$  – висота станцій X, 1, 2 (висота горизонталей топографічних карт) над рівнем Балтійського моря, м;

$h_{гл.,сн.п.X}, h_{гл.,сн.п.1}, h_{гл.,сн.п.2}$  – максимальна глибина промерзання ґрунту (середня висота снігового покриву) на станціях X, 1, 2 (на висотах горизонталей топографічних карт), см.

**Результати досліджень.** Результати обчислень максимальної глибини промерзання ґрунту (середньої висоти снігового покриву) на висотах горизонталей топографічних карт Львівської області і прилеглої території Польщі в межах 200 – 1600 м через 200 м за 5 напрямками подані в таблицях 2, 3.

За даними таблиць 2, 3 обчислена сума однозначних (або близьких до однозначних) різниць максимальних глибин промерзання ґрунту (середніх висот снігового покриву) між суміжними горизонталями і аналогічна сума різниць висот, на основі чого обчислено перший допоміжний коефіцієнт спрощеної формули  $K_{1,X}$ :

$$K_{1,X} = \frac{\sum \Delta h_{гл.пр.,сер.вис.сн.п.}}{\sum \Delta H}, \quad (10)$$

де:  $K_{1,X}$  – перший допоміжний коефіцієнт спрощеної формули для визначення максимальної глибини промерзання ґрунту (середньої висоти снігового покриву) для висоти  $H_X$ , см;

$\sum \Delta h_{гл.пр.,сер.вис.сн.п.}$  – сума однозначних (або близьких до них) різниць максимальних глибин промерзання ґрунту (середніх висот снігового покриву) між суміжними горизонталями, см;

$\sum \Delta H$  – сума аналогічних однозначних різниць висот між суміжними горизонталями, м.

Другий допоміжний коефіцієнт  $K_{2,X}$  спрощеної формули визначений за формулою:

$$K_{2,X} = h_{гл.пр.,сер.вис.сн.п.,сер.гор.} - K_{1,X}, \quad (11)$$

де:  $h_{гл.пр.,сер.вис.сн.п.,сер.гор.}$  – максимальна глибина промерзання ґрунту (середня висота снігового покриву) на середині висот горизонталей однозначних сум

різниць між сусідніми горизонталями, тобто на висоті горизонталі  $H_X=800$  м (дані таблиць 2, 3).

Загальний вигляд спрощених формул:

а) для максимальних глибин промерзання ґрунту

$$h_{\text{гл.пр.,}X} = 0,02536H_X + 62,57, \quad (12)$$

б) для середніх висот снігового покриву

$$h_{\text{сер.вис.сн.п.,}X} = 0,0337H_X + 17,66. \quad (13)$$

За формулами: 12 – обчислено максимальну глибину промерзання ґрунту, см, (чисельник); 13 – середню висоту снігового покриву, см, (знаменник) для перехідних станцій над рівнем Балтійського моря, м: г.Тарніце – 1346м

$\left(\frac{96,70}{63,02}\right)$ , м.Пшемисль – 210м  $\left(\frac{67,89}{24,73}\right)$  (Польща); м.Самбір – 300м  $\left(\frac{70,17}{27,77}\right)$ ,

м.Ст.Самбір – 400м  $\left(\frac{72,71}{31,14}\right)$ , м.Хирів – 400м  $\left(\frac{72,71}{31,14}\right)$ , м.Підбуж – 560м

$\left(\frac{76,77}{36,53}\right)$  (Львівська область).

На базі даних таблиць 2, 3 накреслений графік (Рис.1) залежності максимальних глибин промерзання ґрунту від висот місцевості над рівнем Балтійського моря для гірських районів Львівської області і прилеглої території Польщі.

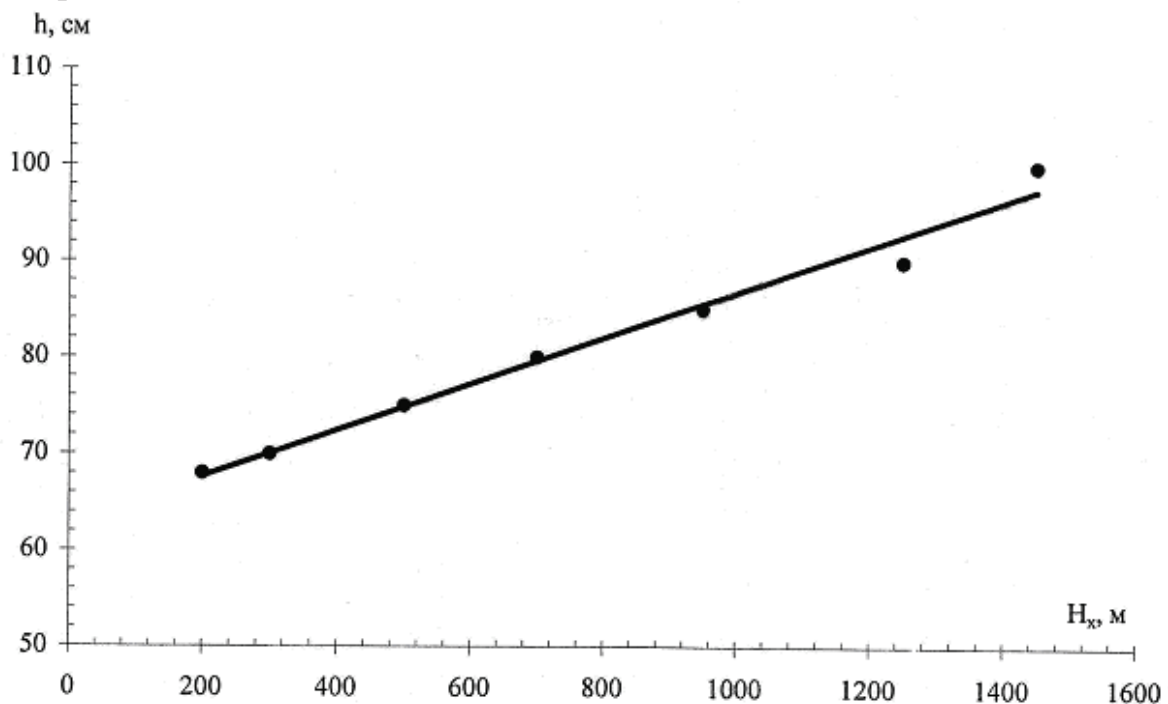


Рис. 1. Залежність максимальних глибин промерзання ґрунту від висот місцевості над рівнем Балтійського моря для гірських районів Львівської області та прилеглої території Польщі згідно спрощеної формули:  $h_{\text{гл.пр.,}X} = 0,02536H_X + 62,57$ .

Таблиця 2

Результати обчислень максимальних глибин промерзання ґрунту на висотах горизонталей топографічних карт гірських районів Львівської області і прилеглої території Польщі за спрощеною формулою

№ п/п	Назва на-прямків, висоти станцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Макс. глибина промерзання ґрунту, см	Різниця макс. глибин промерзання ґрунту, см	Висоти горизонталей, м Максимальна глибина промерзання ґрунту, см							
					200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Стрий – 301,5 м – Плай – 1330 м	1028,5	$\frac{70}{97,9}$	27,9	67,24	72,67	78,09	83,52	88,94	94,37	99,79	105,22
2.	Турка – 557 м – Ужоцький перевал – 852 м	295,0	$\frac{76,6}{83,55}$	6,95	68,18	72,90	77,61	82,32	87,03	91,74	96,46	101,17
3.	Славське – 592 м – пер.Бескид – 974 м	382,0	$\frac{77,5}{87,4}$	9,9	67,34	72,52	77,70	82,89	88,07	93,25	98,44	103,62
4.	Стрий – 301,5 м – пер.Руський шлях – 1217 м	915,0	$\frac{70}{94,5}$	24,5	67,28	72,64	77,99	83,34	88,70	94,05	99,41	104,76
5.	Славське – 592 м – пер.Латірський – 837 м	245,0	$\frac{77,5}{83,1}$	5,6	68,54	73,11	77,80	82,25	86,82	91,39	95,96	100,54
6.	Стрий – 301,5 м – Середньо-Верецький пер. – 839 м	537,5	$\frac{70}{83,9}$	13,9	67,37	72,54	77,71	82,89	88,06	93,23	98,40	103,57
Середня із 6-ти напрямків максимальна глибина промерзання ґрунту, см					67,64	72,73	77,81	82,86	87,93	93,00	98,07	103,14

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Різниця між горизонталями, см					5,09	5,08	5,05	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07
Спрощена формула максимальної глибини промерзання ґрунту, $h_{гл.пр.,X}$ , см, на висоті горизонталі, $H_X$ , м: $h_{гл.пр.,X} = 0,02536H_X + 62,57$ , см												
Максимальна глибина промерзання ґрунту, обчислена за спрощеною формулою, см					67,64	72,71	77,81	82,86	87,93	93,00	98,07	103,14
Різниця обчислень: чисельник в см, знаменник в %					$\frac{0}{0}$	$\frac{-0,02}{-0,02}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

Таблиця 3

Результати обчислень середніх висот снігового покриву на висотах горизонталей топографічних карт гірських районів Львівської області і прилеглої території Польщі за спрощеною формулою

№ п/п	Назва на-прямків, висоти станцій над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Середня висота снігового покриву, см	Різниця середніх висот снігового покриву, см	Висоти горизонталей, м							
					Середня висота снігового покриву, см							
					200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Стрий – 301,5 м – Плай – 1330 м	1028,5	$\frac{28}{62}$	34,0	24,64	31,25	37,74	44,47	51,09	57,70	64,31	70,92
2.	Турка – 557 м – Ужоцький перевал – 852 м	295,0	$\frac{36,1}{48,0}$	11,9	21,69	29,76	37,83	45,90	53,97	62,03	70,10	78,17





**Висновки.** 1. Виведені спрощені формули дають можливість обчислити максимальну глибину промерзання ґрунту і середню висоту снігового покриву в будь-якій точці, для якої відома висота над рівнем Балтійського моря.

2. Дані параметри застосовують для проектування і будівництва будівель і споруд при закладенні фундаментів і прокладанні інженерних мереж на даних територіях.

3. Запропоновану методику рекомендовано використати при корегуванні державних будівельних норм і правил для Карпат

1. Бабиченко В.Н. Климат Ужгорода [текст] / В.Н. Бабиченко – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 190с.

2. Кінаш Р.І. Районування території Закарпатської області за максимальною глибиною ґрунту / Р.І. Кінаш, Я.С. Гук – Збірник наукових праць “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне. - 2011. – С.651-655.

3. ДСТУ НБ В.1.1-21:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Будівельний стандарт України. – К.: 2010. – 55с.

4. Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1:250 000 / – К.: АГП. – 2006. – 1 лист.

5. Гук Я.С. Дослідження максимальної глибини промерзання ґрунту для території Українських Карпат в межах Чернівецької області / Я.С. Гук – Збірник наукових праць Українського інституту сталених конструкцій ім.В.М.Шимановського. – Київ. – Вип.16. – 2015. – С.31-40.

6. Гук Я.С. Методика районування території Закарпатської області за максимальною глибиною промерзання ґрунту / Я.С. Гук. – Збірник наукових праць Потавського національного технічного університету. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава. – Випуск 2 (44). – 2015. – С.42-51.

7. Pichugin S.F. Probabilistic Analysis on Wind Load and Reliability of Structures / S.F. Pichugin // Proc. of the 2 EACWE. Vol. 2. – Genova, Italy, 1997. – P. 1883 – 1890.

8. Районування території Карпат за максимальною глибиною промерзання ґрунту в межах Івано-Франківської області / Гук Я.С., Кінаш Р.І. – Київ. – Будівництво України. №4. – 2017. – С.36-42.

9. СНиП 2.01.01.82 “Строительная климатология и геофизика” – М.: Стройиздат. – 1983. – 136с.

10. Del Corso R. Analysis of exceptional Snow load values for long term observation series in Snow Engineering / del Corso R. – Davos: Proceedings of the fifth international conference on Snow engineering. – 2005. – P.25-27.

1. Babichenko V.N. Klimat Uzhgoroda [tekst] / V.N. Babichenko – L.: Hidrometeoizdat, 1991. – 190s.

2. Kinash R.I. Rayonuvannya teritorii Zakarpatskoyi oblasti za maksimalnoyu hlubunoyu hruntu / R.I. Kinash, Ya.S. Huk – Zbirnik naykovih prats “Resyrsoekonomni materialy, konstryktsii, budivli ta sporudi”. – Rivne. – 2011. – S.651-655.

3. DSTY NB B.1.1-21:2010 Zahist vid nebespechnih heolohichnich protsesiv, shkidlivih ekspluatatsiynich vpliviv, vid pozhezhi. Budivelna Klimatologia. Budivelni standart Ukraini. – K.: 2010. – 55s.

4. Zakarpatska oblast. Zahalnoheohgrafichna karta m-b 1:250 000 / – K.:AHP. – 2006. – 1 list.
5. Huk Ya.C Doslidszhennya maksimalnoyi hlibini promerzannya hruntu dlya teritoriyi Ukrainских Karpat v mezhach Chernivetskoyi oblasti / Ya.S. Huk – Zbirnik naukovich prats Ukrainskoho institutu stalnich konstrukciy im.V.M.Shimanovskoho. – Kiyiv. – Vip.16. – 2015. – S.31-40.
6. Huk Ya.S. Metodika rayonuvannya teritoriyi Zakarpatskoyi oblasti za maksimalnoyu hlibinoyu promerzannya hruntu / Ya.S. Huk. – Zbirnik naukovich prats Poltavskoho nacionalnoho technicnoho universitetu. Seria: Haluzeve mashinobuduvanya, budivnitstvo. – Poltava. – Vipusk 2 (44). – 2015. – S.42-51.
7. Pichugin S.F. Probabilistic Analysis on Wind Load and Reliability of Structures / S.F. Pichugin // Proc. of the 2 EACWE. Vol. 2. – Genova, Italy, 1997. – P. 1883 – 1890.
8. Rayonuvannya teritoriy Karpat za maksimalnoyu hlibinoyu promerzannya hruntu v mezhach Ivano-Frankivskoyi oblasti / Huk Ya.S., Kinash R.I. – Kiyiv. – Budivnitstvo Ukrayini. №4. – 2017. – S.36-42.
9. SNuP 2.01.01.82 “Stroitel'naya klimatolohiya i heofizika” – M.: Stroyizdat. – 1983. – 136s.
10. Del Corso R. Analysis of exceptional Snow load values for long term observation series in Snow Engineering / del Corso R. – Davos: Proceedings of the fifth international conference on Snow engineering. – 2005. – P.25-27.