



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2014, ТОМ 10, НОМЕР 2, 91–102

УДК 624.012

## МЕТОДИКИ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА МАКСИМАЛЬНОЮ ГЛИБИНОЮ ПРОМЕРЗАННЯ ГРУНТУ

**Я. С. Гук**

*Ужгородський національний університет,  
46, вул. Підгірна, м. Ужгород, Закарпатська обл., Україна, 88000.  
E-mail: space@uni.v.uzhgorod.ua*

*Отримана 17 березня 2014; прийнята 25 квітня 2014.*

**Анотація.** З використанням методик висотних і висотно-зимових коефіцієнтів у статті виконані чисельні розрахунки максимальних глибин промерзання ґрунтів по 23 напрямках між 9 метеостанціями і 18 перехідними станціями. Вперше чисельно визначені найбільші глибини промерзання ґрунтів для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області. Розбіжність в обчисленнях глибин промерзання ґрунтів по двох методиках, які відрізняються одна від одної, становить 1–5 %, при цьому методики визнаються самоконтрольованими. Використані техніки базуються на спрощеній для інженерних розрахунків теорії теплоперенесення і враховують теплоємність, теплопровідність і вологість ґрунтів, а також щільність і теплоємність снігового покриву. На підставі розрахункових показників у статті розроблено районування території Закарпатського регіону України за глибиною промерзання ґрунтів. Використання запропонованих методик при нормуванні показників промерзання ґрунтів дозволяє виконувати докладне чисельне моделювання максимальної глибини промерзання ґрунтів в інших регіонах України.

**Ключові слова:** максимальна глибина промерзання ґрунту, метеостанції, перехідні станції, висотні коефіцієнти, висотно-зимові коефіцієнти.

## МЕТОДИКИ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО МАКСИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЕ ПРОМЕРЗАНИЯ ПОЧВЫ

**Я. С. Гук**

*Ужгородский национальный университет,  
46, ул. Подгорная, г. Ужгород, Закарпатская область, Украина, 88000.  
E-mail: space@uni.v.uzhgorod.ua*

*Получена 17 марта 2014; принята 25 апреля 2014.*

**Аннотация.** С использованием методик высотных и высотно-зимних коэффициентов в статье выполнены численные расчеты максимальных глубин промерзания ґрунтов по 23 направлениям между 9 метеостанциями и 18 переходными станциями. Впервые численно определены наибольшие глубины промерзания ґрунтов для населенных пунктов, вершин и перевалов Закарпатской области. Расхождение в вычислениях глубин промерзания ґрунтов по двум, отличающимся друг от друга, методикам составляет 1–5 %, при этом методики признаются самоконтролируемыми. Используемые техники базируются на упрощенной для инженерных расчетов теории теплопереноса и учитывают теплоемкость, теплопроводность и влажность ґрунтов, а также плотность и теплоемкость снежного покрова. На основании расчетных показателей в статье произведено районирование территории Закарпатского региона Украины по глубине промерзания ґрунтов. Использование предложенных методик при нормировании

показателей промерзания почв позволяет выполнять подробное численное моделирование максимальной глубины промерзания грунтов в других регионах Украины.

**Ключевые слова:** максимальная глубина промерзания почвы, метеостанции, переходные станции, высотные коэффициенты, высотно-зимние коэффициенты.

## METHODS OF ZONING OF TRANSCARPATHIAN REGION BY MAXIMUM DEPTH OF SOIL FREEZING

Yaroslav Huk

*Uzhgorod National University,  
46, Podgornaya Str., Uzhgorod, Ukraine, 88000.  
E-mail: space@univ.uzhgorod.ua  
Received 17 March 2014; accepted 25 April 2014.*

**Abstract.** In the article numeric calculations of frost line in the 23 directions between 9 meteorological stations and migration stations have been carried out with the usage of methods of high-rise and high-winter coefficient. For the first time inmost depth of soil freezing for population centres, tops and dam plates of Transcarpathian Region have been determined numerically. Defferences in analysis of depths of soil freezing by two different methods are 1–5 % and in such case the methods are considered self checking. Machinery use is based on short-cut calculation of heat transport theory and heating capacity, heat conduction and liquid limit of soil, and also tightness and heating capacity of snow cover are taken into account. In the article classification of land area of Transcarpathian Region of Ukraine in the depth of soil freezing has been done based on estimate indicator. The usage of suggested methods by rating of soil freezing factors allows to carry out detailed numerical simulation of maximum deep of soil freezing in other regions of Ukraine.

**Keywords:** depth of soil freezing, weather stations, transition station, high lift coefficients, high altitude snow ratios.

### Вступ

Промерзання ґрунту – це розповсюдження зимою в ґрунті нульової від’ємної температури. Глибина промерзання залежить від виду і обробітку ґрунту, які обумовлюють його теплоємність і теплопровідність, від його вологості, яка затримує замерзання води в результаті захованого тепла, від товщини снігового покриву і наявності рослинності, які захищають ґрунт від сильного охолодження [1–4].

У Закарпатській області згідно з даними облгідрометеоцентру на 8 метеостанціях за період 1889–2012 років зафіксовані максимальні глибини промерзання ґрунту при середніх висотах снігового покриву, дані яких подані в таблиці 1.

### Аналіз попередніх досліджень

Максимальна глибина промерзання ґрунту для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області детально не досліджувалась.

### Постановка мети і задач досліджень.

#### Обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту за висотними коефіцієнтами

Для визначення спільної величини максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву [5, 6] на станції  $X$ ,  $(h_{\text{сн.,гл.,}X})$ , застосовують формули:

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

або

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

де  $h_{\text{сн.,пр.}(1,2)}$  – сума параметрів: максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву на початковій (1) і кінцевій (2) станціях напрямку 1–2, см;

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

$\Delta H_{X-1}$  – різниця висот над рівнем Балтійського моря між початковою (1) станцією напрямку 1–2 і станцією X, м.

$$K_{1-2, пр., сн.} = \frac{h_{н. пр., 2} - h_{сн. пр., 1}}{\Delta H_{1-2}}, \quad (3)$$

де  $\Delta H_{1-2}$  – різниця висот над рівнем Балтійського моря між початковою (1) і кінцевою (2) станціями напрямку 1–2, м.

Для визначення максимальної глибини промерзання ґрунту на 18 перехідних станціях і метеостанції Плай [7–11] застосовують 3 напрямки: Берегово – 113 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2), Ужгород – 114,6 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2), Хуст – 166 м (1) – Н. Ворота – 500 м (2), а при обчисленні зимових параметрів на м/с Плай – напрямком Берегово – 113 м (1) – Плай – 1330 м (2).

Максимальну глибину промерзання ґрунту на ст. X обчислюють за формулою:

$$h_{пр., X} = h_{сн., пр., X} - h_{сн., X}, \quad (4)$$

де  $h_{сн., пр., X}$  – сума параметрів: максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву на ст. X, см;

$h_{сн.}$  – середня висота снігового покриву на ст. X, см.

На рис. 1 подана схема 23 напрямків між 9 метеостанціями і 18 перехідними станціями, за якими згідно з формулами (1)–(4) за висотними коефіцієнтами обчислені максимальні гли-

бини промерзання ґрунту для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області.

**Обчислення глибини промерзання ґрунту за висотними і висотно-зимовими коефіцієнтами**

За методикою висотно-зимових коефіцієнтів визначення максимальної глибини промерзання ґрунту на ст. X додатково застосовано зимові параметри:  $t_{абс. мин., X}$  – абсолютний мінімум температури зовнішнього повітря на ст. X, °C;  $T_{сн. п.}$  – тривалість снігового покриву на ст. X напрямку 1–2, (дів).

Абсолютний мінімум температури зовнішнього повітря на ст. X напрямку 1–2 визначено за висотними коефіцієнтами і формулами:

$$t_{абс. мин., X} = t_{абс. мин., 1} + K_{1-2, абс. мин.} \cdot \Delta H_{X-1}, \quad (5)$$

або

$$t_{абс. мин., X} = t_{абс. мин., 2} - K_{1-2, абс. мин.} \cdot \Delta H_{2-X}, \quad (6)$$

$$K_{1-2, абс. мин.} = \frac{t_{2, абс. мин.} - t_{1, абс. мин.}}{H_2 - H_1}, \quad (7)$$

де  $t_{абс. мин., X}$ ,  $t_{абс. мин., 1}$ ,  $t_{абс. мин., 2}$  – абсолютний мінімум температури зовнішнього повітря на ст. X, 1, 2 напрямку 1–2, °C;

$K_{1-2, абс. мин.}$  – висотний коефіцієнт абсолютного мінімуму температури зовнішнього повітря між ст. 1 і ст. 2 напрямку 1–2, °C/м.

**Таблиця 1.** Максимальна глибина промерзання ґрунту, середня висота снігового покриву на 8 метеостанціях Закарпатської області

№ п/п	Назва метеостанції	Висота над рівнем Балтійського моря, Н, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, $h_{пр.}$ , см	Рік і місяць максимальної глибини промерзання ґрунту на метеостанції	Середня висота снігового покриву, $h_{сн.}$ , см	Сумарна величина глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву, ( $h_{сн.} + h_{пр.}$ ), см
1	2	3	4	5	6	7
1.	Берегово	113	65	02.1954	17	82
2.	Ужгород	114.6	63	02.1964	20	83
3.	Хуст	166	58	02.1972	28	86
4.	В.Березний	209	64	01.1972	28	92
5.	Рахів	438	62	02.1969	36	98
6.	Міжгір'я	456	54	01.1972	33	87
7.	Нижні Ворота	500	73	02.1979	34	107
8.	Нижній Студений	615	59	02.1954	35	94



Тривалість снігового покриву,  $T_{сн.X}$ , на ст. X напрямку 1–2 визначено за висотними коефіцієнтами і формулами:

$$T_{сн.,X} = D_{Вст.сн.п.,X} - D_{Сх.сн.п.,X}, \quad (8)$$

$$D_{Вст.сн.п.,X} = D_{Вст.сн.п.,1} + \frac{1}{2}(K_{1-2,тр.сн.п.} \cdot \Delta H_{1-X}), \quad (9)$$

$$D_{Сх.сн.п.,X} = D_{Сх.сн.п.,1} + \frac{1}{2}(K_{1-2,тр.сн.п.} \cdot \Delta H_{1-X}), \quad (10)$$

де  $T_{сн.X}$  – тривалість снігового покриву на станції X напрямку 1–2, діб;

$D_{Вст.сн.п.,X}$  – дата встановлення снігового покриву на станції X напрямку 1–2, число, місяць;

$D_{Вст.сн.п.,1}$  – дата встановлення снігового покриву на початковій (1) станції напрямку 1–2, число, місяць;

$D_{Сх.сн.п.,X}$  – дата сходження снігового покриву на станції X напрямку 1–2, число, місяць;

$D_{Сх.сн.п.,1}$  – дата сходження снігового покриву на початковій (1) станції напрямку 1–2, число, місяць;

$K_{1-2,тр.сн.п.}$  – висотний коефіцієнт тривалості снігового покриву між ст. 1 і ст. 2 напрямку 1–2, діб/м;

$\Delta H_{1-X}$  – різниця висот між ст. 1 і ст. X напрямку 1–2, м.

$$K_{1-2,тр.сн.п.} = \frac{T_{сн.п.,2} - T_{сн.п.,1}}{H_2 - H_1}, \quad (11)$$

де  $T_{сн.п.,1}$  – тривалість снігового покриву на ст. 1 напрямку 1–2, діб;

$T_{сн.п.,2}$  – тривалість снігового покриву на ст. 2 напрямку 1–2, діб.

Тривалість снігового покриву на ст. X напрямку 1–2,  $T_{сн.,X}$ , обчислено за формулами:

$$T_{сн.,X} = T_{сн.,1} + K_{1-2,тр.сн.п.} \cdot \Delta H_{X-1}, \quad (12)$$

або

$$T_{сн.,X} = T_{сн.,2} - K_{1-2,тр.сн.п.} \cdot \Delta H_{2-X}. \quad (13)$$

### Обчислення додаткових зимово-висотних коефіцієнтів для 8 метеостанцій

Коефіцієнт,  $K_1$  – відношення глибини промерзання ґрунту,  $h_{пр.}$ , до абсолютного мінімуму температури зовнішнього повітря,  $t_{абс.мін.}$ , на метеостанції X обчислено за формулою:

$$K_1 = \frac{h_{пр.}}{t_{абс.мін.}}. \quad (14)$$

Коефіцієнт,  $K_2$  – відношення сумарної величини глибини промерзання ґрунту,  $h_{пр.}$ , і висоти снігового покриву,  $h_{сн.п.}$ , до абсолютного мінімуму температури зовнішнього повітря,  $t_{абс.мін.}$ , на метеостанції X обчислено за формулою:

$$K_2 = \frac{h_{пр.} + h_{сн.п.}}{t_{абс.мін.}}. \quad (15)$$

Добуток,  $D_1$  – тривалості снігового покриву,  $T_{сн.п.}$  на коефіцієнт  $K_1$  на метеостанції X обчислено за формулою:

$$D_1 = K_1 \cdot T_{сн.п.}. \quad (16)$$

Добуток,  $D_2$  – тривалості снігового покриву,  $T_{сн.п.}$  на коефіцієнт  $K_2$  на метеостанції X обчислено за формулою:

$$D_2 = K_2 \cdot T_{сн.п.}. \quad (17)$$

### Обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту на м/с Плай

Висотний коефіцієнт промерзання ґрунту,  $K_{пр.}$ , між метеостанціями 1, 2 напрямку 1–2 визначають за формулою:

$$K_{пр.1-2} = \frac{h_{пр.2} - h_{пр.1}}{H_2 - H_1}, \quad (18)$$

де  $h_{пр.1,2}$  – максимальна глибина промерзання ґрунту на метеостанціях 1, 2 напрямку 1–2, см;  $H_1, H_2$  – висота над рівнем Балтійського моря метеостанцій 1, 2 напрямку 1–2, м.

Максимальну глибину промерзання ґрунту,  $h_{пр.,Плай}$ , на метеостанції Плай обчислено за формулою:

$$h_{пр.,Плай} = h_{пр.,1} + K_{пр.,1-2} \cdot (H_{Плай} - H_1). \quad (19)$$

Спільний коефіцієнт: середня висота снігового покриву,  $h_{сн.Плай}$ , і максимальна глибина промерзання ґрунту,  $h_{пр.,Плай}$ , на метеостанції Плай обчислено за формулою:

$$h_{сн.пр.,Плай} = (h_{пр.} + h_{сн.п.})_1 + K_{пр.сн.,1-2} \cdot (H_{Плай} - H_1), \quad (20)$$

$$K_{пр.сн.,1-2} = \frac{h_{пр.сн.,2} - h_{пр.сн.,1}}{H_2 - H_1}. \quad (21)$$

Максимальну глибину промерзання ґрунту на метеостанції Плай,  $h_{np}$ , обчислено за формулою:

$$h_{np.Плай} = h_{сн.,np.Плай} - h_{сн.Плай}. \quad (22)$$

За висотно-зимовими коефіцієнтами,  $K_3$ , обчислюють за формулою:

$$K_3 = \frac{D_{2,сн.2} - D_{1,сн.1}}{H_2 - H_1}, \quad (23)$$

де  $D_{2,сн.2}, D_{1,сн.1}$  – добутки коефіцієнта  $K_2$  на тривалість снігового покриву  $T_{сн.,1,2}$  на станціях 1, 2 напрямку 1–2, дб·см/°С;

$H_1, H_2$  – висоти над рівнем Балтійського моря, на станціях 1, 2 напрямку 1–2, м.

$D_{Плай}$  – добуток параметрів коефіцієнта  $K_3$  на тривалість снігового покриву  $T_{сн.н.}$  на метеостанції Плай обчислено за формулою:

$$D_{Плай} = D_{1,сн.1} + K_3 \cdot (H_{Плай} - H_1). \quad (24)$$

Коефіцієнт  $K_4$  для метеостанції Плай обчислено за формулою:

$$K_4 = \frac{D_{Плай}}{T_{сн.Плай}}. \quad (25)$$

Суму параметрів: максимальної глибини промерзання ґрунту,  $h_{np}$ , і середньої висоти снігового покриву,  $h_{сн.}$ , на метеостанції Плай обчислено за 3 напрямками і формулою:

$$h_{сн.Плай} + h_{np.Плай} = K_4 \cdot t_{абс.Плай}. \quad (26)$$

Максимальна глибина промерзання ґрунту на м/с Плай,  $h_{np.Плай}$ , обчислено за 3 напрямками і формулою:

$$h_{np.Плай} = K_4 \cdot t_{абс.Плай} - h_{сн.Плай}. \quad (27)$$

### Обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для 18 перехідних станцій

Сума параметрів: середньої висоти снігового покриву,  $h_{сн.,X}$  і максимальної глибини промерзання ґрунту,  $h_{np.,X}$  для кожної з 18 перехідних станцій обчислено за напрямком Берегово – Плай і формулою:

$$(h_{сн.} + h_{np.})_X = (h_{сн.} + h_{np.})_{Берегово} + K_{\Delta h,1-2} \cdot (H_{Плай} - H_{Берегово}), \quad (28)$$

де

$$K_{\Delta h,1-2} = \frac{(h_{np.} + h_{сн.})_{Плай} - (h_{np.} + h_{сн.})_{Берегово}}{H_{Плай} - H_{Берегово}}. \quad (29)$$

Максимальна глибина промерзання ґрунту на перехідній станції X,  $h_{np.,X}$  обчислена за формулою:

$$h_{np.,X} = (h_{сн.} + h_{np.})_X - h_{сн.,X}. \quad (30)$$

Добуток,  $D_X$ , на перехідній станції обчислено за формулою:

$$D_X = D_{2,Берегово} + K_{\Delta D} \cdot (H_X - H_{Берегово}). \quad (31)$$

Коефіцієнт,  $K_{\Delta D}$  обчислено за формулою:

$$K_{\Delta D} = \frac{D_{Плай} - D_{Берегово}}{H_{Плай} - H_{Берегово}} = 0,6019.$$

Із обчисленими значеннями коефіцієнта  $K_{\Delta D}$  формула (31) набуде такого вигляду:

$$D_X = D_{2,Берегово} + 0,6019 \cdot (H_X - H_{Берегово}). \quad (32)$$

Коефіцієнт  $K_{2,X}$  відношення значень добутку  $D_X$  на перехідних станціях X до тривалості снігового покриву,  $T_{сн.,X}$  обчислено за формулою:

$$K_{2,X} = \frac{D_X}{T_{сн.,X}}. \quad (33)$$

Значення спільної величини: середньої висоти снігового покриву,  $h_{сн.,X}$  і максимальної глибини промерзання ґрунту,  $h_{np.,X}$  на перехідній станції X обчислено за формулою:

$$h_{сн.,X} + h_{np.,X} = K_{2,X} \cdot t_{абс.мін.,X}, \quad (34)$$

а максимальна глибина промерзання ґрунту,  $h_{np.,X}$  на перехідних станціях за формулою:

$$h_{np.,X} = K_{2,X} \cdot t_{абс.мін.,X} - h_{сн.,X}. \quad (35)$$

### Результати досліджень

Результати обчислення зимових параметрів на 8 метеостанціях і метеостанції Плай наведені в таблиці 2.

Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту,  $h_{np.}$  для метеостанції Плай за методикою висотних коефіцієнтів подані в таблиці 3.

Результати обчислень максимальної глибини промерзання ґрунту,  $h_{np.}$  для метеостанції

Плай за висотними і висотно-зимовими коефіцієнтами подані в таблиці 4.

Результати обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту,  $h_{пр}$ , для 18 перехідних станцій за висотними і висотно-зимовими коефіцієнтами подані в таблиці 5.

За формулами (1)–(35) і 23 напрямками між 9 метеостанціями і 18 перехідними станціями (рис. 1) обчислені середні параметри максималь-

них глибин промерзання ґрунту за методиками висотних і зимово-висотних коефіцієнтів для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області. За проведеними ізолініями максимальних глибин промерзання ґрунту (ізотермами) складено карту районування території Закарпатської області (рис. 2), згідно з якою регіон поділено за максимальною глибиною промерзання ґрунту на 6 районів:

**Таблиця 2.** Результати обчислення зимових параметрів на 8 метеостанціях та визначення середніх значень для метеостанції Плай

№ п/п	Назва метеостанцій	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Абсолют. мінімум температури, °С	Глибина промерзання ґрунту, см	Висота снігового покриву, см	Тривалість снігового покриву, діб	Висота снігового покриву і глибини промерзання ґрунту, см	$K_1$ , см/°С	$D_1$ , см/°С діб	$K_2$ , см/°С	$D_2$ , см/°С діб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Берегово	113,0	-32,5	65	17	59	82	2,0000	118,00	2,52	148,68
2.	Ужгород	114,6	-32,0	63	20	62	83	1,9688	122,06	2,59	160,58
3.	Хуст	166,0	-31,6	58	28	80	86	1,8354	146,83	2,72	217,60
4.	В. Березний	209,0	-30,7	64	28	67	92	2,0846	139,66	3,00	201,00
5.	Рахів	438,0	-29,1	62	36	89	98	2,1305	189,61	3,37	299,93
6.	Міжгір'я	456,0	-28,7	54	33	70	87	1,8815	131,71	3,03	212,10
7.	Н.Ворота	500,0	-31,6	73	34	115	107	2,3101	265,66	3,39	389,85
8.	Н. Студений	615,0	-31,3	59	35	105	94	1,8849	197,91	3,00	315,00
9.	Плай	1330,0	-26,9	95,03	62	151	157,03	3,5327	533,43	5,83	880,33

**Таблиця 3.** Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанції Плай за методикою висотних коефіцієнтів

№ п/п	Назва напрямків, висоти над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот, м	Глибина промерзання ґрунту, см	Різниця промерз. ґрунту між ст. 1-2, см	Висотний коеф. промерзання ґрунту між ст. 1-2, см/м	Різниця висот між ст. Плай і ст. 1, м	Глибина промерз. ґрунту ст. Плай, см	Глибина промерзання ґрунту і висота снігового покриву, см	$K_{1-2, пр. ст.}$ , см/м	Глибина промерз. ґрунту і висота снігового покриву на ст. Плай, см	$h_{пр. Плай}$ , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Берегово – 113 м – Н.Ворота – 500 м	387,0	65 73	8	0,02067	1217,0	90,15	65+17=82 73+34=107	0,06459	160,60	98,6
2.	Ужгород – 114,6 м – Н.Ворота – 500 м	385,4	63 73	10	0,02594	1215,4	94,52	63+20=83 107	0,06227	158,68	96,7
3.	Хуст – 166 м – Н.Ворота – 500 м	334,0	58 73	15	0,04491	1164,0	110,27	62+36=98 107	0,06287	159,18	97,2

Таблиця 4. Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для метеостанції Плай за висотно-зимовими коефіцієнтами

№ п/п	Дані метеослужби										Висотно-зимові коефіцієнти										
	Назва напрямків 1-2, висота над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот між висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	Різниця висот, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
1.	Берегово – 113 м (1) – Н.Ворога – 500 м (2)	387,0	1217	65	17	82	-32,5	59	2,523	148,86	240,537	0,6215	905,23	5,995	161,26	99,26					
2.	Ужгород – 114,6 м (1) – Н. Ворога – 500 м (2)	385,4	1215,4	63	20	83	32,0	62	2,593	160,77	228,624	0,5932	881,74	5,831	156,85	95,08					
3.	Хуст – 166 м (1) – Н. Ворога – 500 м (2)	334,0	1164	58	28	86	31,62	80	2,720	217,58	171,807	0,5143	816,83	5,400	145,26	84,78					
4.	Берегово – 113 м (1) – Плай – 1330 м (2)	1217,0	1217	65	17	82	-32,5	59	2,523	148,86	732,520	0,6019	881,38	5,836	157,01	95,01					



Таблиця 5. Результати обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту для 18 перехідних станцій за висотними і висотно-зимовими коефіцієнтами

№ п/п	Назва станцій	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Різниця висот між перех. ст. і ст.Берегове, м	За висотними коефіцієнтами					За висотно-зимовими коефіцієнтами					Середня глибина промерзання ґрунту на ст. X, см
				Сума глибини промерзання ґрунту і висоти снігового покриву на ст. X, см	Висота снігового покриву на ст. X, см	Глибина промерзання ґрунту на ст. X, см	Тривалість снігового покриву, днів	Абс. мін. температури на ст. X, °С	$D_{\Sigma}$ , см/°С·днів	$K_{2,X}$ , см/°С	$(h_{пр.} + h_{сн.})$ , см	Глибина промерзання ґрунту на ст. X, см		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1.	Мукачеве	116,5	3,5	82,21	17,2	65,01	59,3	-32,47	150,96	2,5458	82,66	65,46	65,23	
2.	Перечин	142,0	29,0	83,78	22,3	61,48	63,1	-31,62	166,31	2,6357	83,34	61,04	61,26	
3.	Будяно	195,8	82,8	87,10	18,9	58,23	81,6	-31,88	198,69	2,4350	77,63	58,72	58,47	
4.	Свалява	203,5	90,5	87,57	21,0	66,57	71,9	-32,27	203,33	2,8279	91,25	70,25	68,41	
5.	Бедєля	225,2	112,2	88,91	29,7	59,18	83,3	-31,75	216,39	2,5977	82,47	52,77	55,98	
6.	Поляна	248,0	135,0	90,32	22,7	67,62	77,5	-32,19	230,71	2,9692	95,58	72,88	70,25	
7.	Діброва	250,0	137,0	90,44	30,5	59,98	84,6	-31,65	231,32	2,7342	86,54	56,04	58,01	
8.	г. Глибока	301,1	188,1	93,59	26,8	66,79	74,2	-30,11	262,07	3,5319	106,34	79,54	73,16	
9.	г. Свалявка	525,0	412,0	107,39	56,8	80,59	88,9	-29,55	396,84	4,4639	131,90	75,10	77,85	
10.	г. Чорна Гора	565,0	452,0	109,86	56,8	70,16	81,8	-29,59	420,91	5,1457	152,36	95,46	82,81	
11.	Ужоцький перевал	852,0	739,0	127,55	59,3	68,26	115,2	-28,00	593,66	5,1533	144,29	84,99	76,62	
12.	г. Дарвайка	883,0	770,0	129,47	59,3	70,14	119,4	-28,00	612,32	5,1283	143,59	84,29	77,21	
13.	г. Хмельіз	887,0	774,0	129,71	59,5	70,21	119,7	-27,99	614,73	5,1355	143,74	84,24	77,22	
14.	г. Маковця	978,0	865,0	135,32	60,3	75,07	122,0	-27,90	669,50	5,4877	153,10	92,80	83,93	
15.	г. Мокра	1228,0	1115,0	150,73	61,5	89,23	143,6	-27,16	819,97	5,7101	155,08	93,58	91,40	
16.	г. Угорська	1294,0	1181,0	154,80	61,9	92,93	148,5	-26,99	859,70	5,7892	156,25	94,35	93,64	
17.	г. Кук	1361,0	1248,0	158,93	62,0	96,89	154,9	-26,84	900,03	5,8104	155,95	93,95	95,42	
18.	Полонина Рівна	1470,0	1357,0	165,65	62,6	103,01	157,0	-26,11	965,63	6,1505	160,59	97,99	100,50	



I район – 60–70 см; II район – 70–80 см;  
III район – 80–90 см; IV район – 90–100 см;  
V район 100–110 см; VI район 110–120 см.

### Висновки

1. Районування території Закарпатської області проведено за середніми значеннями максимальних глибин промерзання ґрунту за двома методиками: із застосуванням висотних і висотно-зимових коефіцієнтів. Розходження між обчисленими параметрами складає 1–5 %, що в межах допустимого, а методики між собою самоконтрольовані.
2. У попередніх нормативних документах питання максимальної глибини промерзання

ґрунту висвітлено недостатньо. Застосування поданих методик може служити прикладом для досконалого вивчення максимальної глибини промерзання ґрунту в інших регіонах України, особливо для гірських територій Прикарпаття і Криму.

3. Дані параметри застосовують для проектування і будівництва будівель і споруд у гірських районах Карпат.
4. Обчислені параметри максимальної глибини промерзання ґрунту враховують теплоємність, теплопровідність, вологість ґрунту, густину і теплоємність снігу. Для більш детальної залежності максимальної глибини промерзання від вищенаведених параметрів необхідні додаткові дослідження.

### Література

1. Бабиченко, В. Н. Клімат Ужгорода [Текст] / В. Н. Бабиченко. – Л. : Гидрометеоиздат, 1991. – 190 с.
2. Бudyko, М. И. Клімат в прошлом и будущем [Текст] / М. И. Бudyko. – Л. : Гидрометеоиздат, 1980. – 351 с.
3. Бучинский, И. Е. Клімат Украины [Текст] / И. Е. Бучинский. – Л. : Гидрометеоиздат, 1960. – 130 с.
4. Гук, М. І. Клімат Української РСР [Текст] / М. І. Гук, І. К. Половко, Г. Ф. Прихотько. – К. : Радянська школа, 1958. – 72 с.
5. Гук, Я. С. Визначення рекомендованих нормативних параметрів тиску для населених пунктів, окремих вершин і перевалів Закарпатської області [Текст] / Я. С. Гук // Науковий вісник УжНУ. Серія Фізика. – Ужгород, 2006. – Вип. 19. – С. 206–208.
6. ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СНиП 2.01.01-82 і таблиці 2 ДСТУ-НБ А.2.2-5:2007) ; чинний від 2011–11–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
7. Кінаш, Р. І. Методика визначення параметрів будівельної кліматології для населених пунктів, вершин і перевалів Закарпатської області [Текст] / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук // Problems of the technical meteorology : 3rd international conference : Lviv, Ukraine, 22–26 May 2006 : proceeding / ed. board: A. Flaga, Y. V. Horokhov, R. I. Kinasz. – Lviv : [s. n.], 2006. – P. 50–56.
8. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. –

### References

1. Babichenko, V. N. Climate Uzhgorod. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 190 p. (in Russian)
2. Budyko, M. I. The climate in the past and the future. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980. 351 p. (in Russian)
3. Buchinskiy, I. E. The climate of Ukraine. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960. 130 p. (in Russian)
4. Huk, M. I.; Polovko, I. K.; Prihotko, G. F. Climate Ukrainian SSR. Kyiv: Soviet School, 1958. 72 p. (in Ukrainian)
5. Huk, J. S. Determination of the recommended regulatory pressure parameters for settlements of certain peaks and passes of the Transcarpathian region. In: *Scientific Bulletin of Uzhgorod National University. Series Physics*, Uzhgorod, 2006, Issue 19, p. 206–208. (in Ukrainian)
6. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Protection against the dangerous geological processes, harmful operational influences, against the fire. Building climatology. Kyiv: Minregionbud of Ukraine, 2011. 123 p. (in Ukrainian)
7. Kinash, R. I.; Huk, J. S. Method for determining parameters of building climatology for Human Currency, peaks and passes of the Transcarpathian region. In: *Problems of the technical meteorology: 3rd international conference: Lviv, Ukraine, 22–26 May 2006: proceeding / ed. board: A. Flaga, Y. V. Horokhov, R. I. Kinasz*. Lviv: [s. n.], 2006, p. 50–56. (in Ukrainian)
8. DBN V.1.2-2:2006. System reliability and safety of construction projects. Pressures and impacts. Design standards. Kyiv: Ukraine Ministry of Construction, 2006. 78 p. (in Ukrainian)
9. SNiP 2.01.07-85\*. Loads and effects. Moscow: FGUP TsPP, 2005. 44 p. (in Russian)

- Замість СНиП 2.01.0785 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с.
9. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия [Текст]. – Взамен главы СНиП II-6-74 ; введ. 1987-01-01. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
  10. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст]. – Взамен главы СНиП II-A.6-72; введ. 1984-01-01. – М. : Стройиздат, 1983. – 136 с.
  11. Kinash, Roman. Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region [Текст] / R. I. Kinash, J. S. Huck // Snow Engineering VI, June 1-5, 2008 / Edited by M.O'Rourke. – Canada : ECI, 2008. – P. 121-128.
  10. SNiP 2.01.01-82. Building climatology and geophysics. Moscow: Stroiizdat, 1983. 136 p. (in Russian)
  11. Kinash, Roman; Huck, J. S. Technique of Determination the Parameters of snowloads for Towns, peaks and Passes of Carnation region. In: *Snow Engineering VI, June 1-5, 2008 / Edited by M.O'Rourke*. Canada: ECI, 2008, p. 121-128.

**Гук Ярослав Семенович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри міського будівництва і господарства Ужгородського національного університету. Наукові інтереси: технічна метрологія, надійність будівельних конструкцій.

**Гук Ярослав Семенович** – кандидат технических наук, доцент кафедры городского строительства и хозяйства Ужгородского национального университета. Научные интересы: техническая метрология, надежность строительных конструкций.

**Huk Yaroslav** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Urban Construction and Management Municipal Building and Economy Department, Uzhhorod National University. Scientific interests: technical meteorology, reliability structures.