

Шевень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

АНАЛІЗ БАГАТОРІЧНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ДИНАМІКИ ТЕМПЕРАТУРИ ҐРУНТУ НА ГЛИБИНАХ ПІД ПРИРОДНИМ ПОКРИВОМ

Ключові слова: температура ґрунту на глибинах під природним покривом, багаторічні зміни температури, профіль температури.

Вступ. Інформація про температуру ґрунту на глибинах під природним покривом використовується в багатьох галузях економіки (сільське господарство, транспорт, комунальні підприємства з тепло- та водозабезпечення тощо). Перевірка якості та забезпечення достовірності цих даних є достатньо складним завданням. Поле температури ґрунту на глибинах під природним покривом внаслідок розрідженості мережі станцій, які провадять такі спостереження, та відмінності у типах ґрунтів на різних станціях є досить неоднорідним.

Як свідчить досвід аналізування щомісячних даних температури ґрунту на глибинах під природним покривом відповідно до [3, 5, 7] у головному методичному центрі з метеорології (Центральній геофізичній обсерваторії ім. Б. Срезневського, м. Київ), на сьогодні під час контролю достовірності даних неможливо врахувати всі фактори, які можуть впливати на розподіл температури ґрунту на глибинах. Тому, як правило, результати аналізу якості узагальнених даних спостережень за температурою ґрунту на глибинах містять значну кількість зауважень, які під час додаткового ретельного перевіряння не підтверджуються. Часто результати контролю є неоднозначними, що також ускладнює роботу метеорологів.

Метою роботи є аналіз багаторічних змін температури ґрунту під природним покривом на різних глибинах щодо виявлення тенденцій у їх багаторічному ході для вдосконалення методики просторово-часового контролю, що може суттєво допомогти у контролі достовірності цих даних.

Вихідні матеріали. В роботі були використані дані спостережень за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом за 1996–2015 рр. (за окремі місяці та за рік) по 14 станціях, розташованих у різних фізико-географічних районах України, які мали безперервний ряд спостережень на глибинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м, та на окремих станціях, що провадять спостереження за температурою ґрунту лише на глибинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2 м. Крім того, були використані дані температури поверхні ґрунту на окремих станціях за цей же період.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливості розподілу температури ґрунту на глибинах під природним покривом.

Під час аналізу даних спостережень за температурою ґрунту на глибинах під природним покривом необхідно у першу чергу враховувати особливості розподілу температури ґрунту на різних глибинах у залежності від пори року, фізико-географічних особливостей місця розташування станції, типів ґрунтів та інших чинників [5, 8].

Завдяки молекулярній теплопровідності, радіаційному і конвективному теплообміну коливання температури поверхні ґрунту передаються від більш нагрітих до менш нагрітих горизонтів [2].

Температура ґрунту в даній точці може змінюватися під дією таких факторів:

- теплообмін з повітрям (поєднання теплопровідності та конвекції);
- теплообмін із зовнішнім середовищем;
- тепловий потік у ґрунті (теплопровідність);
- хімічні та фізичні процеси (теплота вивільнюється чи витрачається в таких процесах як випаровування, зволоження та конденсація).

Кількість тепла Q_q , необхідного для змінення температури даного об'єму ґрунту V від початкового стану T_1 до кінцевого T_2 дорівнює [6]:

$$Q_q = C_v V (T_2 - T_1) = C_v V \Delta T, \quad (1)$$

де C_v – теплоємність на одиницю об'єму ґрунту; V – об'єм ґрунту; ΔT – різниця температур.

Для сталого теплового потоку:

$$Q_q = -K_q A t (\Delta T / \Delta z), \quad (2)$$

де K_q – теплопровідність ґрунту; $\Delta T / \Delta z$ – вертикальний градієнт температури; A – площа; t – час.

Враховуючи рівняння (2), щільність теплового потоку, яка залежить в першу чергу від градієнта температури, можна описати рівнянням:

$$J_q = Q_q / A t = -K_q (\Delta T / \Delta z). \quad (3)$$

Як відомо, у літні місяці спостерігається інсоляційний тип розподілу температури, при якому температура ґрунту з глибиною зменшується, для зимових місяців характерний тип випромінювання, при якому потік тепла направлений з глибинних шарів до поверхні, і тому спостерігається збільшення температури ґрунту з глибиною (рис. 1).

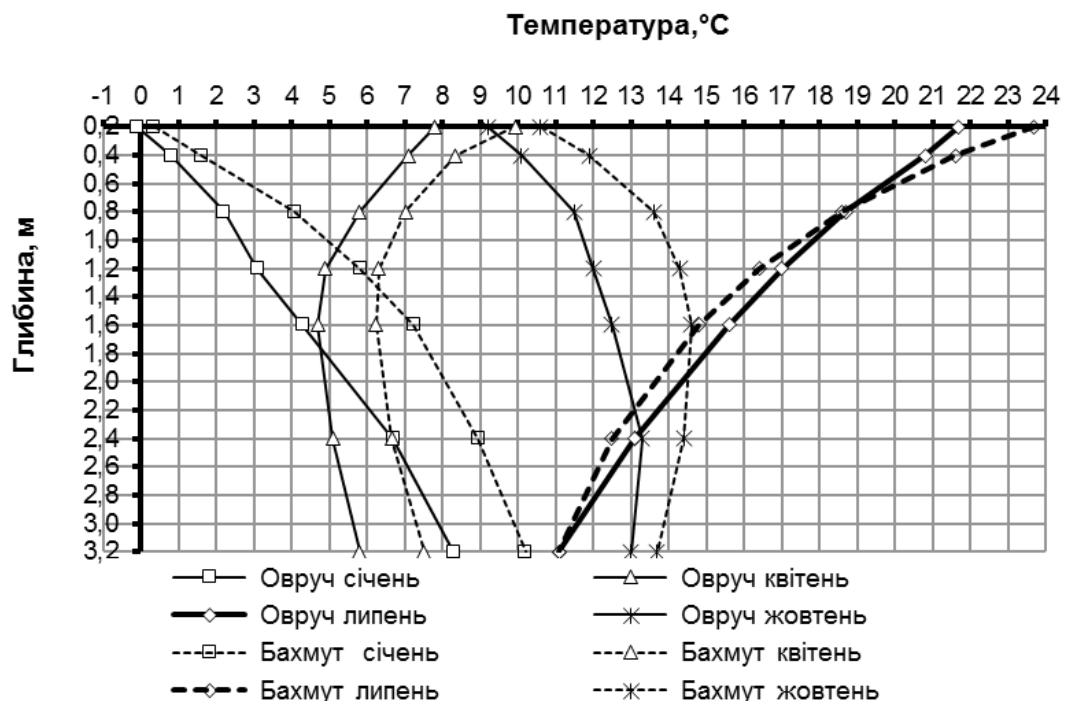


Рис. 1. Багаторічний профіль середньої місячної температури ґрунту на глибинах на метеостанціях Овруч (суцільна лінія) та Бахмут (пунктирна лінія) за період 1996 – 2015 рр.

Восени і весною, в перехідні місяці від холодного періоду до теплого і навпаки, має місце поєднання цих основних двох типів розподілу температури ґрунту з глибиною [5]. При цьому весною у верхньому шарі, приблизно до глибин 0,4 – 0,8 м, середня місячна температура ґрунту з глибиною знижується (тип інсоляції), а в нижче розташованому шарі росте (тип випромінювання).

В осінні місяці у верхньому шарі ґрунту прослідковуються зростання температури з глибиною, а в нижньому шарі – зменшення. Початок перехідних періодів і їхня тривалість залежать, в основному, від широти і висоти місцевості над рівнем моря, а також від погодних умов конкретного сезону.

Глибина, на якій відбувається змінення типу розподілу температури ґрунту, в один і той же місяць на різних станціях може бути різною в залежності від широти місцевості.

У перехідні місяці (березень-квітень та вересень-жовтень) значення температури на всіх глибинах мало відрізняються між собою і градієнти близькі до нуля. Найбільші градієнти температури спостерігаються в літній період.

Як видно з рис. 1, у квітні змінення типу розподілу температури ґрунту з глибиною в Овручі і Бахмуті відбувається на глибині 1,6 м, а в жовтні – на глибині 2,4 м в Овручі і на глибині 1,6 м у Бахмуті.

Враховуючи, що термічний режим ґрунту визначається температурними умовами повітря і, насамперед, надходженням сонячної радіації [2], залежність температури повітря від широти спричинює і широтний розподіл температури ґрунту. Тому для вивчення багаторічних змін річного ходу температури ґрунту на глибинах під природним покривом були вибрані метеостанції Овруч (північний регіон), та Асканія Нова, розташована в південному регіоні (рис. 2).

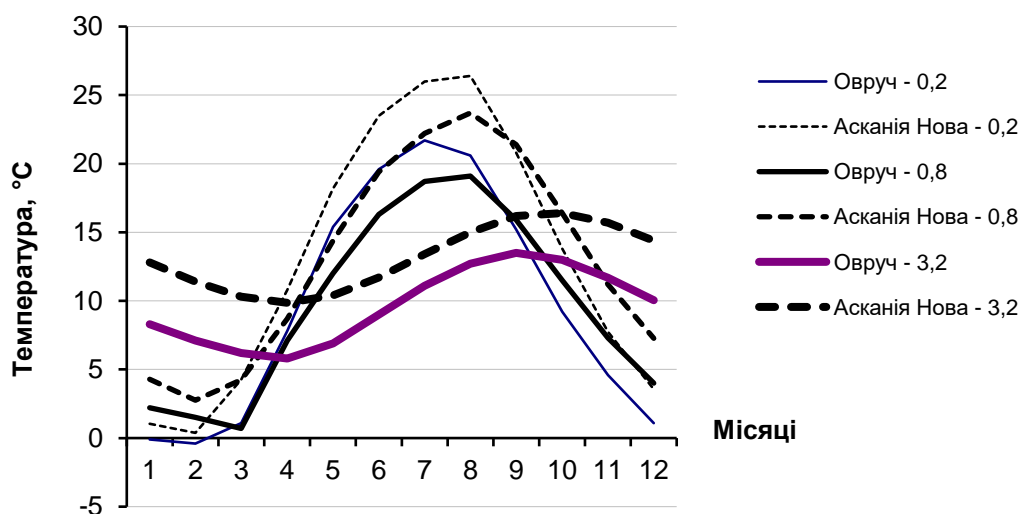


Рис. 2. Річний хід температури ґрунту на глибинах 0,2 м, 0,8 м і 3,2 м за період 1996-2015рр

Як видно з рис. 2, річний хід температури ґрунту за період 1996 – 2015 рр. на метеостанції Асканія Нова подібний до ходу температури на метеостанції Овруч. Зокрема, річна амплітуда температури зменшується з глибиною, із збільшенням глибини має місце запізнення з прогріванням ґрунту (на глибині 0,2 м на метеостанції Овруч максимум спостерігається в липні, а на метеостанції Асканія Нова – в серпні, на глибині 0,8 м на обох станціях температура досягає максимальних значень у серпні, а на глибині 3,2 м має місце запізнення з прогріванням ґрунту на два місяці на метеостанції Овруч і на три місяці – на

метеостанції Асканія Нова, – максимум температури досягається у вересні і жовтні відповідно).

Мінімальне значення температури на глибині 0,2 м спостерігається в лютому на обох станціях, а на глибині 0,8 м мінімум досягається в лютому (Асканія Нова) і березні (Овруч). На глибині 3,2 м помітне суттєве запізнення з вихолодженням ґрунту (мінімальне значення відмічено в квітні на обох станціях).

Запізнення у часі формування екстремальних значень температури обумовлено тим, що градієнт температури формується раніше, ніж встановлюється тепловий потік до глибин з меншою температурою, під час поширення тепла у глибині ґрунту спостерігається інерція в часі [6].

Таким чином, можна зазначити, що максимумами середньої місячної температури на глибинах 0,2 м і 3,2 м на метеостанції Асканія Нова зміщені відносно значень максимальної температури метеостанції Овруч на місяць.

Для того, щоб проаналізувати багаторічну динаміку температури ґрунту на глибинах за 20-річний період, порівняли температурні показники за два десятиріччя – 1996–2005 рр. та 2006–2015 рр. по метеостанції Асканія Нова (рис. 3).

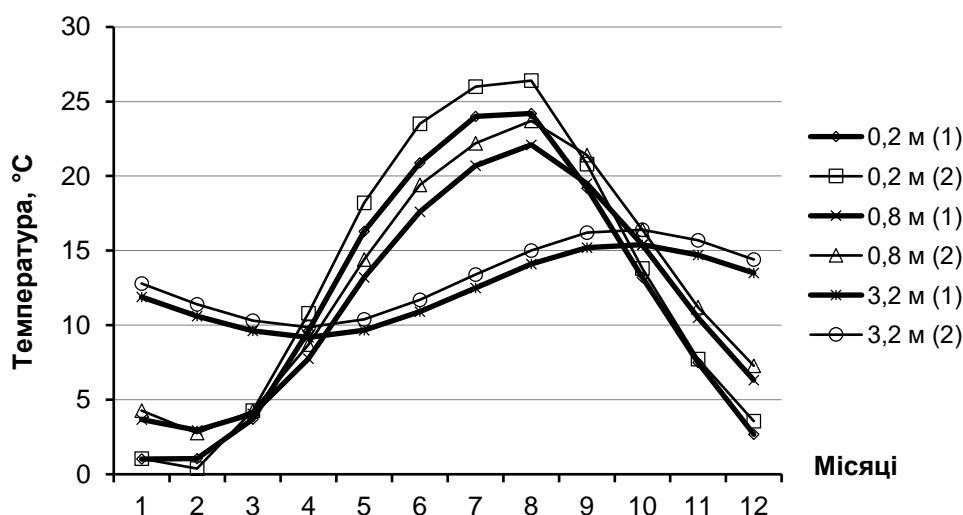


Рис. 3. Річний хід середньої місячної температури ґрунту на глибинах на метеостанції Асканія Нова за період 1996-2005 рр. (1) та 2006-2015 рр. (2)

Порівнюючи хід температури ґрунту на глибинах на метеостанції Асканія Нова за період 1996–2005 рр. та 2006–2015 рр., можна зазначити, що на глибині 3,2 м зростання температури ґрунту відбулося майже рівномірно протягом року, а на глибинах 0,2 м і 0,8 м найбільше підвищення температури ґрунту в другому періоді відносно першого відбулося у літні місяці, у зимові місяці температура за друге десятиріччя зросла незначно. В лютому другого періоду на глибині 0,2 м відмічається навіть зниження температури.

Такий хід температури ґрунту на метеостанції Асканія Нова збігається з ходом температури поверхні ґрунту (табл. 1), де у лютому другого періоду (2006–2015 рр.) відмічено зниження температури поверхні ґрунту на 0,4 °C. Найбільше підвищення температури поверхні ґрунту відмічено в серпні, внаслідок чого на глибині 0,2 м в серпні температура також зросла найбільше (оскільки в літній період поширення тепла в ґрунті відбувається за типом інсоляції).

Таблиця 1. Змінення температури поверхні ґрунту на метеостанції Асканія Нова

Місяць	Температура поверхні ґрунту на М Асканія Нова, °С		
	Періоди		Різниця
	1996–2005	2006–2015	
1	-1,6	-1,7	-0,1
2	-0,6	-1	-0,4
3	4,3	5,4	1,1
4	12,6	13,3	0,7
5	20,9	22,1	0,2
6	25,5	27,3	1,8
7	29,2	29,9	0,7
8	26,9	28,9	2
9	19,2	20,5	1,3
10	11,1	11,8	0,7
11	5,1	5,5	0,4
12	-0,2	1,2	1,4
Середнє значення за рік	12,7	13,6	0,8

У табл. 2 наведено середні значення температури ґрунту на крайніх глибинах (0,2 м і 3,2 м) за два періоди, – з 1996 по 2005 рр. та з 2006 по 2015 рр. для січня та липня за даними 15 метеостанцій.

Порівняння середньої температури ґрунту в січні та липні за останні два десятиліття на різних глибинах (табл. 2) свідчить про позитивний тренд як в літній, так і в зимовий період.

Як видно з таблиці 2, в липні в середньому динаміка зростання температури ґрунту на обох глибинах, як правило, більша, ніж у січні, причому, якщо на глибині 0,2 м у липні температура зростає дещо більше, ніж на глибині 3,2 м, то в січні, навпаки, на глибині 3,2 м зростання більше, ніж на глибині 0,2 м, причому зростання температури ґрунту у другому періоді відносно першого періоду відмічено на обох глибинах на всіх станціях. Виняток складають метеостанції Асканія Нова та Затишшя, де в січні на глибині 0,2 м температура не змінилась.

Мінімальне зростання температури ґрунту на глибині 0,2 м у липні зафіксоване на метеостанції Бахмут. Більш детальний аналіз даних показав, що на метеостанції Бахмут для температури поверхні ґрунту за цей період спостерігається від'ємний тренд.

На всіх станціях на обох глибинах у липні темп зростання температури однаковий або більший, ніж у січні. Винятком є станція Кам'янка Бузька на глибині 0,2 м і станції західних областей України на глибині 3,2 м, де прослідковується дещо більше зростання температури у січні порівняно з липнем.

Профілі середньої температури ґрунту на глибинах на метеостанціях Овруч та Асканія Нова за два десятирічних періоди (з 1996 по 2005 рр. та з 2006 по 2015 рр.), представлені на рис. 4, свідчить про те, що в січні температура ґрунту на великих глибинах на метеостанції Асканія Нова зростала більш швидкими темпами, ніж температура ґрунту на малих глибинах.

В липні такої закономірності не виявлено.

Таблиця 2. Динаміка зростання температури ґрунту (в °С) під природним покривом на крайніх глибинах (0,2 м та 3,2 м) за 1996 – 2015 рр.

Станція	Глибина 0,2 м						Глибина 3,2 м					
	Січень			Липень			Січень			Липень		
	1996-2005	2006-2015	Δ	1996-2005	2006-2015	Δ	1996-2005	2006-2015	Δ	1996-2005	2006-2015	Δ
Кам'янка-Бузька	1,3	2,2	0,9	19,2	19,9	0,7	7,8	8,6	0,8	11,3	11,8	0,5
Бережани	0,2	0,6	0,4	20,3	21,0	0,7	9,0	9,9	0,9	9,9	10,6	0,7
Ямпіль	-0,1	0,6	0,7	20,6	21,3	0,7	9,0	9,6	0,6	10,4	10,8	0,4
Чернівці	0,2	0,4	0,2	20,3	21,1	0,8	9,1	9,8	0,7	10,7	11,2	0,5
Овруч	-0,4	0,2	0,6	21,2	22,2	1,0	8,0	8,6	0,6	10,7	11,4	0,7
Шепетівка	-0,5	0,7	1,2	20,5	21,7	1,2	8,4	9,2	0,8	10,0	11,0	1,0
Покошичі	0,8	0,9	0,1	19,5	21,0	1,5	7,5	8,2	0,7	9,7	10,7	1,0
Глухів	-0,4	0,3	0,7	20,7	21,7	1	7,1	7,9	0,8	10,0	11,0	1,0
Ромни	-0,2	0,4	0,6	20,9	22,1	1,2	8,2	9,0	0,8	10,1	10,9	0,8
Бахмут	0,2	0,5	0,3	23,6	23,9	0,3	9,8	10,6	0,8	10,0	11,6	1,6
Баштанка	0,2	1,0	0,8	23,6	24,8	1,2	10,8	11,2	0,4	11,2	11,7	0,5
Затишся	1,0	1,0	0,0	21,6	23,4	1,8	10,9	11,7	0,8	11,0	11,8	0,8
Асканія Нова	1,0	1,0	0,0	24,0	26,0	2,0	11,9	12,8	0,9	12,5	13,4	0,9
Нікітський Сад	5,3	5,7	0,4	25,8	26,4	0,6	13,2	14,0	0,8	14,7	15,6	0,9
Середнє значення	0,6	1,1	0,5	21,6	22,6	1,0	9,3	10,1	0,7	10,9	11,7	0,8

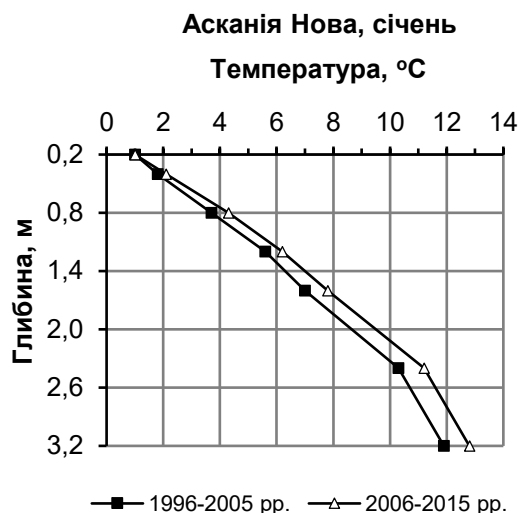
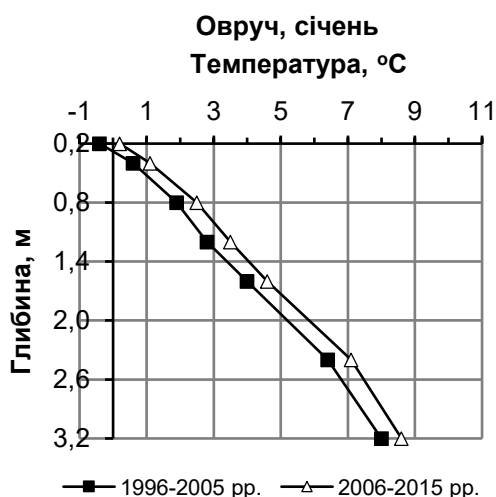


Рис. 4. Профілі температури ґрунту в січні на метеостанціях Овруч та Асканія Нова

На рис. 5 наведено графіки ходу середньої річної температури ґрунту на крайніх глибинах 0,2 м та 3,2 м на метеостанції Покошичі за 1996 – 2015 рр. Як видно з рис. 5, лінійний тренд середньої річної температури на обох глибинах практично однаковий.

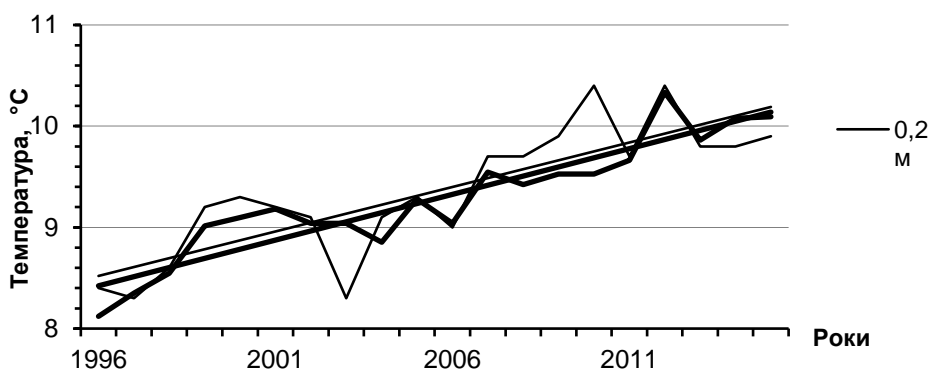


Рис. 5. Тренд середньої річної температури ґрунту на глибинах 0,2 м і 3,2 м (Покошичі)

На рис. 6 представлено лінійні тренди температури ґрунту на стандартних глибинах за 20 років (з 1996 по 2015 рр.) для січня і липня по метеостанції Баштанка.

Як видно з рис. 6, найбільші міжрічні флуктуації температури ґрунту в січні та липні спостерігаються на менших глибинах, а зі збільшенням глибини хід температури більш згладжений.

Аналогічний багаторічний хід температури ґрунту на глибинах за січень та липень відмічений на більшості інших станцій, розміщених в різних регіонах України (Овруч, Баштанка, Березжани, Чортків, Асканія Нова, Затишся, Глухів, Ромни, Нікітський Сад).

Збільшення температури ґрунту на глибинах виявлено також за межами України, зокрема, у Москві та на прилеглих територіях [4] за останні шість десятиліть, що свідчить про поширеність цього процесу.

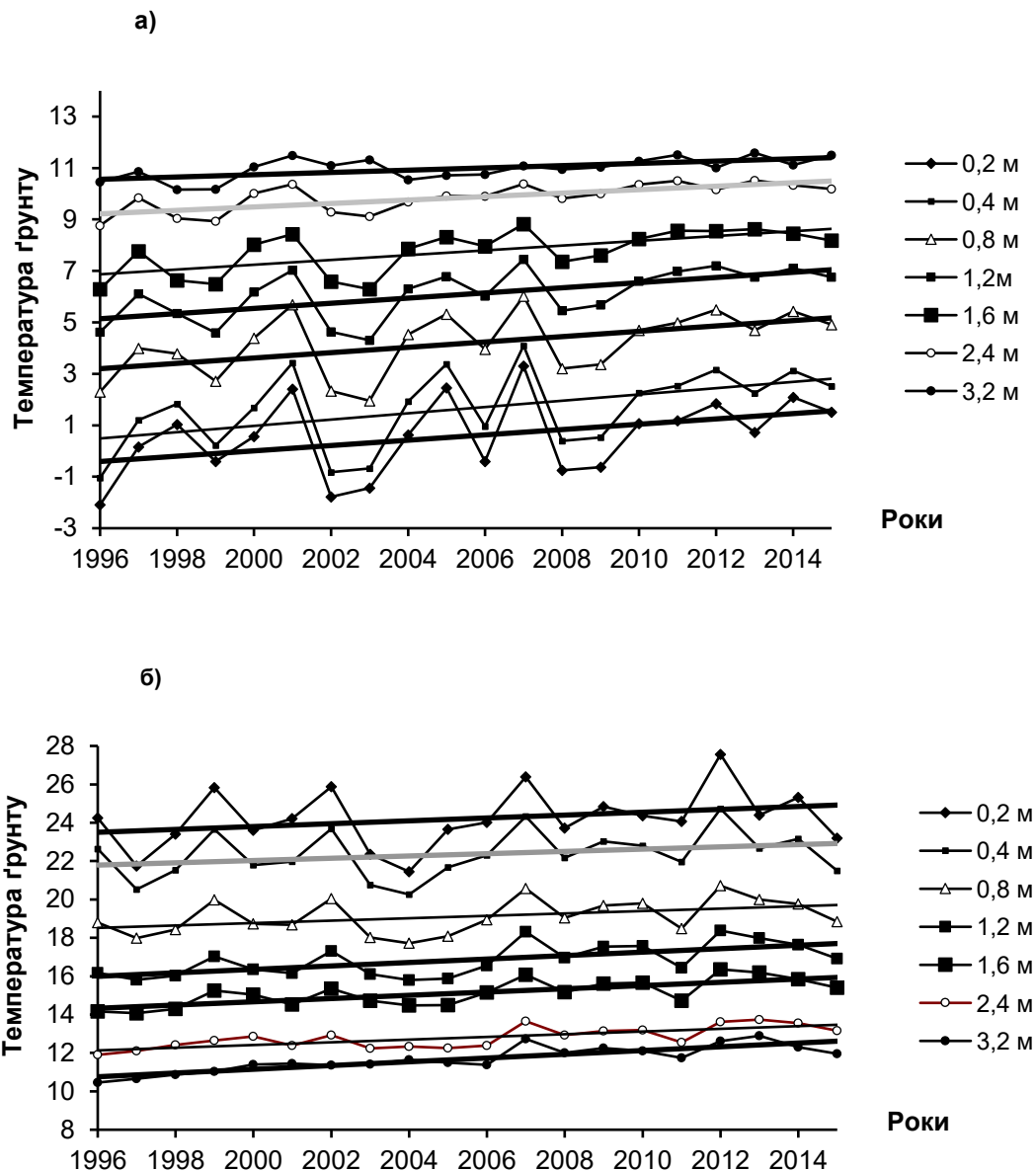


Рис. 6. Багаторічний тренд температури ґрунту під природним покривом на глибинах на метеостанції Баштанка за січень (а) та липень (б)

Оскільки для багатьох користувачів метеорологічних даних важливою є інформація про такі характеристики термічного режиму ґрунту як глибина промерзання та проникнення нульової ізотерми, були побудовані ізоплети температури ґрунту на глибинах під природним покривом (рис. 7).

Глибина промерзання зазвичай менша, ніж глибина проникнення нульової ізотерми [1], оскільки замерзання ґрунту залежить від вмісту у ньому води, розчинів солей та інших домішок. За даними [1], максимальна глибина з температурою 0 °C у Києві спостерігається наприкінці лютого – на початку березня. Це вірно і для метеостанції Овруч (рис. 7).

Як видно з рис. 7, за період 2006–2015 рр. глибина проникнення нульової ізотерми помітно зменшилась, в той час як у літні місяці суттєво збільшилась глибина проникнення в ґрунт ізотерм 20 °C і 15 °C, а досягнення максимальних значень настає приблизно на місяць пізніше, ніж за період 1996–2005 рр.

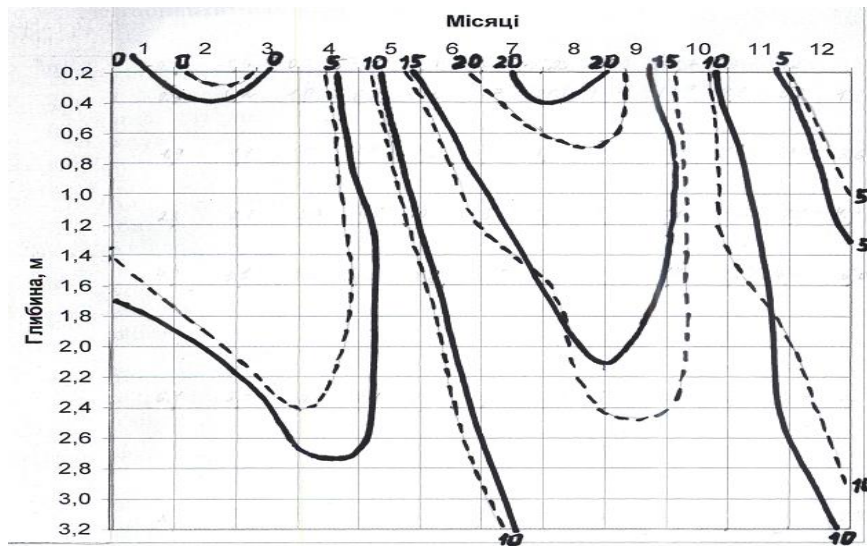


Рис. 7. Ізоплети температури ґрунту на глибинах за даними метеостанції Овруч за період 1996–2005 рр. (суцільні лінії) та 2006–2015 рр. (пунктирні лінії)

Висновки. Відповідно до одержаних під час досліджень результатів, на території України спостерігається протягом останніх двох десятиліть (1996–2015 рр.) підвищення температури ґрунту на глибинах під природним покривом, як в зимовий, так і в літній період, проте в літній період цей процес відбувається інтенсивніше. Зростання температури характерне для всіх глибин, на яких проводяться спостереження за температурою ґрунту під природним покривом на території України.

Встановлено зменшення проникнення нульової ізотерми в глибину ґрунту за період 1996–2015 рр.

У південних районах у літній період спостерігається більша інерція теплових потоків.

Отримані результати будуть використані для вдосконалення програми просторово-часового контролю температури ґрунту на глибинах під природним покривом.

Список літератури.

1. *Клімат Києва* / за ред. В.І. Осадчого, О.О.Косовця, В.М. Бабіченко. К. : Ніка-Центр, 2010. С. 109–110.
2. *Клімат України* / за ред. В.М. Ліпінського. К. : Видавництво Раєвського, 2003. С. 153–157.
3. Грибова Т.П., Грошева Л.А. Об опыте применения программы пространственного контроля режимной метеорологической информации. Тр. ГГО, 1987. Вып. 512. С. 20–29.
4. Корнева И.А., Локощенко М. А. Температура почвы и грунта в Москве и ее современные изменения. Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 38–50.
5. Рекомендации по анализу результатов пространственного контроля режимной метеорологической информации. СПб. : Гидрометеоиздат, 1993. 175 с.
6. Р. Дж. Хэнкс, Дж. Л. Ашкрофт Прикладная физика почв. Температура и влажность почвы. Л. : Гидрометеоиздат, 1985. С. 126–145.
7. РД 52.04.614–2000. Наставление метеорологическим станциям и постам. Вып. 3. Ч. II. Л.: Гидрометеоиздат. С. 43–48.
8. Cyril Nwankwo, Difference Ogagarue Investigation of Temperature Variation at Soil Depths in Parts of Southern Nigeria. American Journal of Environmental Engineering, 2012 №2 (5). p. 142-147.

Аналіз багаторічних тенденцій динаміки температури ґрунту на глибинах під природним покривом

Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О.

Зроблено аналіз багаторічних даних температури ґрунту на глибинах під природним покривом, в результаті якого виявлено збільшення температури ґрунту на всіх глибинах, на яких провадяться регулярні вимірювання, за період 1996 – 2015 рр. Виявлена неоднакова динаміка

ISSN:2306-5680 *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2017. № 3 (46)

зростання температури ґрунту в січні і липні та зменшення проникнення в глибину ґрунту нульової ізотерми.

Ключові слова: температура ґрунту на глибинах під природним покривом, багаторічні зміни температури, профіль температури.

Анализ многолетних тенденций динамики температуры почвы на глубинах под естественным покровом

Швень Н.И., Мытник Т.Г., Гальперина Т.А.

Проведено анализ многолетних данных температуры почвы на глубинах под естественным покровом, в результате которого выявлено увеличение температуры почвы на всех глубинах, на которых проводятся регулярные наблюдения, за период 1996 – 2015 гг. Обнаружена неоднаковая динамика увеличения температуры почвы в январе и июле, а также выявлено уменьшение проникновения в глубину почвы нулевой изотермы.

Ключевые слова: температура почвы на глубинах под естественным покровом, многолетние изменения температуры, профиль температуры.

An analysis of long-term tendencies of dynamics of temperature of soil on depths under natural surface

Shven N., Mytnyk T., Galperina T.

The analysis of long-term soil temperature data at depths under the natural surface has been made. Data of observations of 14 meteorological stations at which observations were made at all 7 depths were used for the analysis. Data of 15 stations were used for the analysis of the temperature on the extreme depths of 0,2 m and 3,2 m. As a result of the data analysis, an increase of soil temperature at all depths at which regular measurements are made has been identified for the period 1996-2015.

The influence of change of the soil surface temperature for the long-term change of soil temperature at depths under the natural surface has been analysed. A comparison of the average soil temperature in January and in July during the last two decades at various depths indicates a positive trend both in the summer and in the winter. In the summer, the temperature increases more at a depth of 0,2 m, and in the winter – at a depth of 3,2 m.

In the southern regions, in summer, there is a greater inertia of heat fluxes in soil. The decrease of the penetration of the zero isotherm in the depth of the soil for the period 1996–2015 has been established.

Keywords: soil temperature at depths under natural cover, long-term temperature changes, temperature profile.

Надійшла до редколегії 20.04.2017

УДК 551.577.42

Пясецька С.І., Щеглов О.А.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України

ТЕНДЕНЦІЇ У ЗМІНАХ КІЛЬКОСТІ ВИПАДКІВ ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ПРОТЯГОМ ОЖЕЛЕДНОГО ПЕРІОДУ 2001-2015 рр. ВІДНОСНО СТАНДАРТНОЇ КЛІМАТОЛОГІЧНОЇ НОРМИ 1961-1990 рр.

Ключові слова: випадки відкладення ожеледі; стандартний ожеледний станок; ожеледний період; додатні та від'ємні відхилення середньої кількості випадків відкладення ожеледі

Вступ. На території України відкладення ожеледі спостерігаються у холодний період кожного року. Проте спостерігається досить значна мінливість таких відкладень від місяця до місяця та з року в рік. Тому для отримання більш повної інформації стосовно характеру розповсюдження випадків таких відкладень, їх просторової диференціації та в решті решт встановлення територій, які найбільш від них потерпають, доцільно узагальнити інформацію про них разом за сукупність місяців, коли вони спостерігаються. Таким чином можна отримати узагальнену характеристику поля відкладень ожеледі за ожеледний період і встановити території, які знаходяться під їх найбільшим впливом. Для визначення тенденцій у