

UDC 631.47

Veremeenko S. I.¹, Dr. Sci. (Agric.), Professor,
Furmanets O. A.¹, Cand. Sci. (Agric.), Associate Professor,
Trofymenko P. I.², Cand. Sci. (Agric.)

¹National University of Water Management and Natural Resources, Rivne,
e-mail: veremeenkosi@ukr.net

²Taras Shevchenko National University of Kyiv

PECULIARITIES OF FORMING THE TEMPERATURE REGIME OF DIMENSIONAL SERIOUS HAZARDOUS LIGHT-CLEAN SOIL IN CONDITIONS OF MODERN CLIMATE CHANGE

The completion of the second millennium and the beginning of the third is characterized by marked climatic changes, which are called global warming. The analysis of climatic indicators of the region showed that the average annual temperature increased from 1.5°C and the amounts of air temperatures increased by 11-36 % with the expansion of the warm period in the year. In this case, with a certain increase in the average annual rainfall due to the growth of high temperatures, increasing aridity. Simultaneously, the growth of air temperatures is accompanied by an increase in the warming up of soils. Over the past decade significantly increased the threat of extreme meteorological conditions – droughts, storms, hurricanes, and extreme temperature values. In recent years, the average decade temperatures in the summer exceeded 30°C, and on separate days, temperatures above 35°C were recorded. As the soil, according to calculations, is warmed by 50-87% more strongly, then the temperature of the surface could reach the critical values for the plants development. The average temperature of the soil during the warm period of the year increased by 1.7°C, and the indices of warming of the ground considerably increased. The duration of extreme high air and soil temperatures has increased. The existing changes in the temperature regime of dark gray soil are particularly acute in the period of high temperatures, which can significantly affect to the cultivation of many traditional crops. At the same time, in the winter period, there is a tendency towards a decrease in the depth of freezing, the appearance of frequent flooding, a temporary increasing of the temperatures up above 10°C. The changes also affected the dynamics of carbon dioxide emissions. Due to the high values of soil temperature during the vegetation on the fields with arid vegetation there was a decrease in the intensity of CO₂ emission.

The result of such changes in climatic indicators is the deterioration of wet crop provision, intensification of organic matter transformation processes, changes in the formation of basic soil regimes. In the complex, this causes a potential danger of displacement of the hydrothermal regime of the studied soil from the group of optimal to the group of satisfactory, with sufficient supply of thermal resources and insufficient moisture supply.

Keywords: climate change, global warming, air temperature, soil temperature, soil warming index, temperature, moisture content, emission

CO₂.

УДК 631.47

**Веремеенко С. И.¹, д-р с.-х. наук, профессор,
Фурманец О. А.¹, канд. с.-х. наук, доцент,
Трофименко П. И.², канд. с.-х. наук**

¹*Национальный университет водного хозяйства и природопользования,
г. Ровно, e-mail: veremeenkosi@ukr.net*

²*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ТЕМНО-СЕРОЙ ОПОДЗОЛЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Завершение второго тысячелетия и начало третьего характеризуется заметными климатическими изменениями, которые назвали глобальным потеплением. Анализ климатических показателей региона показал, что среднегодовая температура выросла на 1,5°C, а суммы температур воздуха увеличились на 11-36 % при расширении теплого периода в году. При этом, при определенном росте среднегодового количества осадков за счет роста высоких температур усиливается аридность. Одновременно рост температур воздуха сопровождается усилением прогревания почвы. Средняя температура почвы за теплый период года выросла на 1,7°C, заметно увеличились индексы прогревания почвы. Увеличилась продолжительность экстремально высоких температур воздуха и почвы. Следствием таких изменений климатических показателей является ухудшение влагообеспечения посевов сельскохозяйственных культур, усиление процессов трансформации органического вещества почв, изменения в формировании основных почвенных режимов.

Ключевые слова: климатические изменения, глобальное потепление, температура воздуха, температура почвы, индекс прогревания почвы, сумма температур, влагообеспечение, эмиссия CO₂.

УДК 631.47

Веремеєнко С. І.¹, д-р с.-г. наук, професор,
Фурманець О. А.¹, канд. с.-г. наук, доцент,
Трофименко П. І.², канд. с.-г. наук

¹Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, e-mail: veremeenkosi@ukr.net

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ТЕМНО-СІРОГО ОПОДЗОЛЕНОГО ЛЕГКОСУТЛИНКОВОГО ҐРУНТУ В УМОВАХ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Завершення другого тисячоліття та початок третього характеризується помітними кліматичними змінами, які назвали глобальним потеплінням. Аналіз кліматичних показників регіону засвідчив, що середньорічна температура зросла на 1,5°C, а суми температур повітря збільшилися на 11-36 % при розширенні теплового періоду в році. При цьому, у разі певного зростання середньорічної кількості опадів за рахунок росту високих температур посилюється аридність. Одночасно ріст температур повітря супроводжується посиленням прогрівання ґрунтів. Середня температура ґрунту за теплий період року зросла на 1,7°C, помітно збільшилися індекси прогрівання ґрунту. Збільшилася тривалість екстремально високих температур повітря і ґрунту. Наслідком таких змін кліматичних показників є погіршення волого забезпечення посівів сільськогосподарських культур, посилення процесів трансформації органічної речовини ґрунтів, зміни у формуванні основних ґрунтових режимів.

Ключові слова: кліматичні зміни, глобальне потепління, температура повітря, температура ґрунту, індекс прогрівання ґрунтів, сума температур, волого забезпечення, емісія CO₂.

Вступ. Температура ґрунту, її теплові властивості – одне з найважливіших умов, що визначають характер та інтенсивність ґрунтових процесів, зокрема синтез, руйнування речовин, біодинаміку ґрунту (Александрова Л. Н., 1980). Температура впливає на швидкість вивітрювання гірських порід, інтенсивність хімічних і біологічних процесів (Алиев С. А., 1962), окислювально-відновний, поживний, водний та інші режими, а що особливо важливо в сучасних умовах, процеси трансформації органічної речовини та пов'язану з цим емісію парникових газів. У зв'язку з цим, вивченню ролі температурного чинника в ґрунтових процесах присвячено безліч робіт (Ткачук А. В., 2002; Александрова Л. Н., 1980; Алиев С. А., 1962; Борисова О. К., 2007; Зайдельман Ф. Р., 1985; Гефке И. В., 2007; Афанасьев Н. И., 1975; Веремеєнко С. И., 2014; Веремеєнко С. І., 1997). Значна кількість досліджень стосується формування температурного режиму ґрунтів тайгово-лісової зони з обмеженими тепловими ресурсами, у них досліджуються

осушувани торф'яні, дерново-підзолисті ґрунти (Бережняк Є. М., 2011; Гидрометеорологические..., 1990; Дадыкин В. П., 1952; Еруков Г. В., 1986; Завьялова Н. Е., 2007; Кардашов А. Т., 1975; Олиневич В. О., 1975).

Багато робіт зосереджено на дослідженні чорноземної зони, тоді як закономірності й особливості формування теплового, водного режимів темно-сірого опідзоленого ґрунту Лісостепу України вивчені недостатньо. Особливо актуальними є питання зміни елементів їх гідротермічного режиму в контексті мінливих кліматичних умов.

Об'єкт і методи досліджень. Вивчення температурного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту протягом 2008-2016 рр. проводили на території Рівненської області (Західний Лісостеп України) на дослідній ділянці кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства Національного університету водного господарства та природокористування.

Усі польові спостереження на дослідній ділянці виконували відповідно до чинних стандартів і методик агрометеорологічних і ґрунтових спостережень (ДСТУ ISO 11464-2001, ДСТУ ISO 11465-2001 і відповідно до (Ткачук А. В., 2002; Селянинов Г. Т., 1937).

У теплу пору року температуру ґрунту вимірювали за допомогою ртутних термометрів, які встановлювали на глибині 5, 10, 20, 30, 40, 50, 80, 100 см, точність вимірювань 0,1 °С. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом щодавно, зразки відбиралися в поле на восьмий день декади через 10 см до метрової глибини (ДСТУ Б В.2.1-17: 2009). Оподи вимірювалися за допомогою польового дощоміра М-99 на висоті 250 см над рівнем ґрунту, облік проводили з точністю до 1 мм. Глибина сезонного промерзання і відтавання – польовим мерзлотоміром (ДСТУ Б В.2.1-25: 2009). Також як вихідні матеріали використано архівні дані багаторічних метеорологічних спостережень Рівненського обласного центру гідрометеорології. Статистичну обробку даних, отриманих за результатами польових і лабораторних спостережень, проводили з використанням загальноприйнятих методик, із залученням програмних засобів Microsoft Excel, Statgraphics Centurion, Statistica.

Мета дослідження полягала у вивченні динаміки річного ходу температури і вологості повітря й темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту для визначення особливостей формування його гідротермічного режиму.

Результати досліджень. Згідно із встановленими Українським гідрометеорологічним центром кліматичними нормативами, середня річна температура повітря на території Рівненської області повинна складати 7,0°C, амплітуда коливань температур невелика, характерна для помірного континентального клімату. Середня температура найбільш холодного місяця (січня) встановлена на рівні -5,4°C, липня – 17,8°C. Перехід через нульову позначку і швидкий прогрів повітря починається в середині березня, з вересня відбувається охолодження, зворотний перехід до негативних температур у

листопаді. Разом з тим, за даними спостережень за температурою приземного шару повітря протягом усього досліджуваного періоду за 1945-2016 рр., Відзначається зростання середньої річної температури (рис. 1).

Трендовий приріст показника за період 1986-2015 рр. становить близько $1,5^{\circ}\text{C}$ і формується в основному за рахунок теплого періоду року (періоду ефективних температур). Усереднені по п'ятиріччях дані свідчать, що суми ефективних температур вище 10°C коливаються в діапазоні 800-1200 градусів, при цьому протягом усього періоду чітко виділяється тенденція до наростання (рис. 2), велика частина річної суми формується протягом червня-серпня. Максимальна кількість ефективних температур фіксується щороку в липні, наднормативний приріст формується в основному протягом липня-серпня. У 2012 р. досягнуто рекордне значення в 1428°C , а 2016 р. перевищило 1500°C і продовжує наростати.

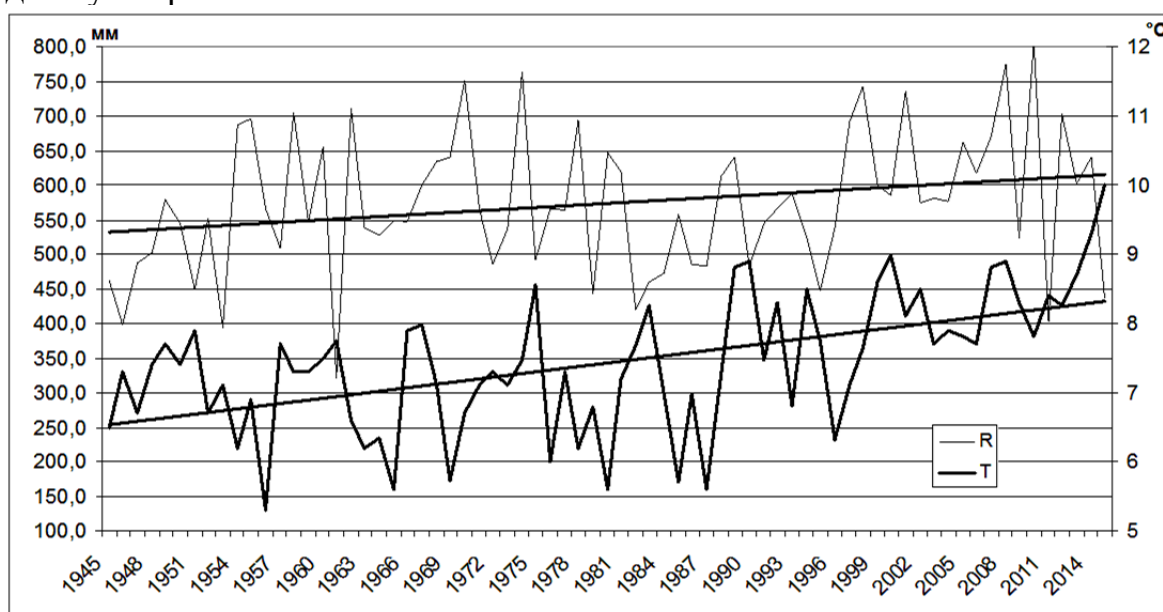


Рис. 1. Середня річна температура повітря (Т) і кількість опадів (R) по метеостанції Рівне (за даними Рівненського центру гідрометеорології).

Із підвищенням порогового значення відсотковий приріст річних сум зростає, так якщо сума температур вище 5°C за останнім часом вищий за середній багаторічний показник на 11 %, то аналогічні суми вище $10, 15^{\circ}\text{C}$ перевищують середні значення на 19 і 36 % відповідно. Це свідчить про те, що підвищення середньої температури повітря теплого періоду, про який йшла мова вище, обумовлено наростанням високих температур у найтепліші місяці (липень-серпень). Збільшується також тривалість теплого періоду восени.

Згідно з даними спостережень, протягом 1945-2012 рр. зафіксовано значну варіацію і в кількості, і в розподілі опадів протягом року. У середньому за весь період спостережень доводилося 573 мм опадів на рік, однак протягом року їх розподіл не завжди відповідав нормованій динаміці. У зимові і весняні місяці опадів було менше норми, у літньо-осінній період спостерігалася зворотна тенденція. Багаторічна динаміка річної суми опадів має зростаючий

тренд (рис. 1).

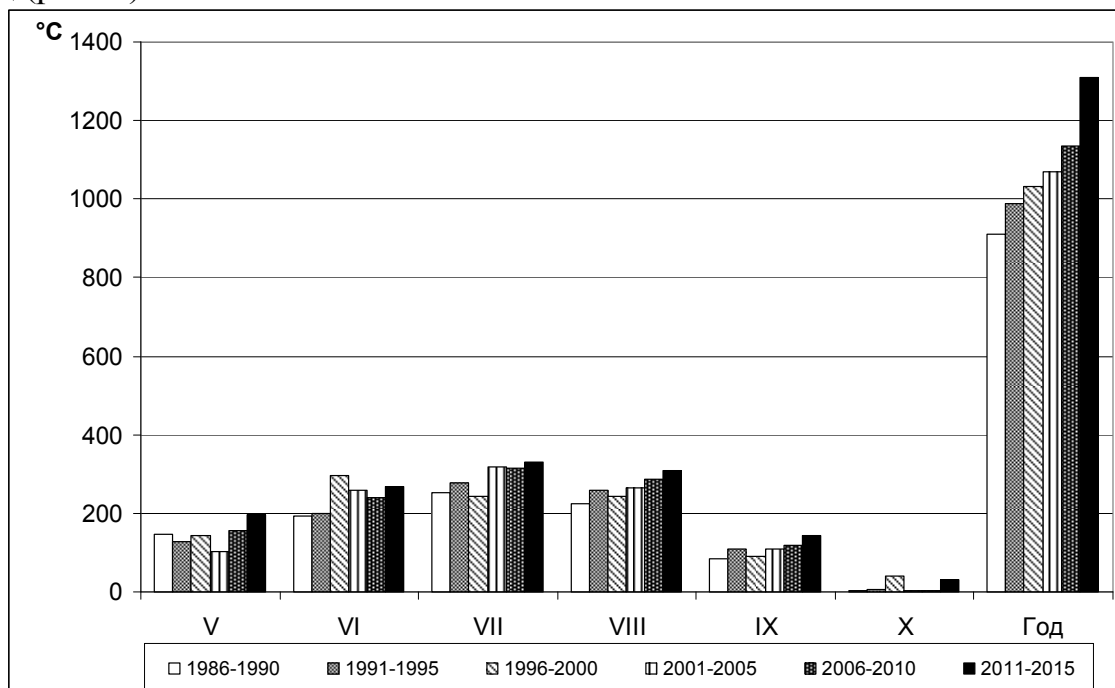


Рис. 2 Сума ефективних температур > 10°C, 1986-2015 рр.

Спостереження за ходом температури повітря і опадами протягом 2008-2014 рр. засвідчили, що середньорічна температура протягом усіх п'яти років значно перевищувала багаторічну норму, при цьому основний приріст формувалася за рахунок теплого періоду року (травень-вересень), тоді як окремі зимові місяці могли бути навіть менше норми. Дослідження залежності між температурою приземного шару повітря і темно-сірого ґрунту в умовах Рівненської області підтвердило, що кореляція цих показників має лінійний характер.

Річний хід температури ґрунту повністю повторює хід температури повітря. Підвищення температури ґрунту спостерігається в березні, досягаючи максимуму в липні, у серпні починається охолодження орного шару, річний мінімум у кінці січня – першій половині лютого. Для визначення загальних тенденцій багаторічного ходу температури темно-сірого ґрунту було проведено обробку бази даних Рівненського центру гідрометеорології за 1986-2009 рр. Досліджували дані декадної температури темно-сірої ґрунту на глибинах 5, 10, 15 і 20 см. Середній приріст температури орного шару ґрунту за теплий період становить 1,7°C, що значно більше, ніж аналогічний показник для температури повітря. Така закономірність підтверджує, що наростання температур поверхневих шарів ґрунту відбувається випереджаючими темпами відносно до встановлених темпів так званого глобального потепління, визначальним орієнтиром для якого служить температура приземного шару повітря.

У середньому за 2008-2012 рр. на момент початку польових спостережень (перша декада квітня) температура ґрунту на метровій глибині склала 3,3 градуса, на глибині орного шару – 5,9°C і 9,0°C на 5 см глибині. Із першої

декади квітня починається стрімке прогрівання поверхні і глибоких горизонтів, і за другу декаду місяця на метровій глибині температура підвищується майже вдвічі, а на поверхні переходить 10-градусний поріг.

Аналіз річного ходу температури ґрунту засвідчив, що температура вище +10°C в орному шарі настає в другій-третьій декаді квітня. Ізотерма 10°C опускається щорічно нижче 100 см вже на початку травня. Температура +15°C на глибині 20 см настає в другій декаді. У роки із затримками тепла навесні ґрунт може прогріватися на 10-15 днів пізніше.

У травні триває прогрів поверхні й інтенсифікується міграція тепла вниз за профілем ґрунту, на глибині 50 см досягаються температури вище 15°C, на метровій глибині – до 13°C. червня відзначається продовженням прогрівання глибоких шарів і стабілізацією температури поверхневих горизонтів на рівні 20-22°C. Липень вважається найтеплішим місяцем, на поверхні температури можуть переходити поріг у 30°C, на глибині орного горизонту фіксується середньомісячна температура 22,8°C, ґрунт прогривається до 20 градусів нижче 50 см, до 17,7°C на глибині 100 см. У серпні триває підтягування тепла на глибину, тоді як поверхневі шари починають охолоджуватися. Зворотний перехід через поріг 10°C в орному шарі відбувається в середині жовтня, глибше ефективні температури зберігаються до кінця місяця. У період активного прогріву різниця температур на глибинах 5 і 20 см становить 3,5-4,0°C, у літній період 2,0-3,0°C, і поступово зменшується з початком охолодження. Строкатість температурних максимумів при цьому проявляється ще сильніше ніж на поверхні. Затримка весняного прогрівання порівняно з поверхнею складає 18-20 днів, щодо 5 см глибини – 12-15 днів. Досліджуваний ґрунт прогрітий вище 10°C з травня до жовтня. Глибина проникнення температур вище 15°C становить від 100 до 150 см і більше залежно від умов року. Температура орного шару ґрунту влітку не перевищує 22...24°C. Ізоплета +18°C, досягає максимальної позначки в 90...100 см на початку серпня, +20°C – у липні проходить на глибині 30 см. Таким чином, під час вегетаційного періоду в ґрунтовому профілі переважають температури 10...22°C. Температури вище 22°C можна спостерігати тільки в шарі 0...10 см. Охолодження відбувається у вересні-жовтні, температура в орному шарі швидко знижується і в другій декаді жовтня опускається нижче +10°C, і до середини листопада не перевищує 3...4°C. Динаміка охолодження повторює динаміку поверхневого горизонту з незначною затримкою. Річний хід температури на глибині 50 см має багато особливостей. Весняне прогрівання має більш узагальнений характер і менше залежить від короточасних негараздів метеоумов конкретного року, Однак проникнення високих амплітуд дозволяє краще виявити роки з нетипово сильним весняним і літнім прогріванням (2010, 2012 рр.), а зсув температурних максимумів добре проявляє тенденцію до затримки осіннього охолодження. Динаміка річного ходу температур на глибині 100 см ілюструє затримку тепла на глибині, тоді коли поверхневі шари

його активно віддають. Виразно проявляються роки з раннім весняним прогріванням (2008 р.), краще помітний тренд до продовження періоду активних температур восени. Тривалий період досліджень свідчить, що вегетація припиняється в першій-другій декаді листопада. Промерзання ґрунту починається в грудні і триває до березня. Протягом періоду спостережень помітна тенденція до зменшення глибини промерзання, так якщо за усередненими даними гідрометеоцентру в 1985-1989 рр. Максимальна глибина становила 68,2 см, середня – 39 см, то за останні п'ять років ці показники впали до 28,4 і 14 см відповідно. Проведено статистичну обробку п'ятирічних даних річного ходу температури темно-сірого ґрунту на глибині 20 см. Статистичний аналіз засвідчив, що для рівнинної ділянки протягом п'яти років найбільша варіація температур спостерігалася в перехідні періоди (активного прогріву і різкого охолодження). Наприклад третя декада квітня показала варіацію на рівні 26,5 % і амплітуду 8,9°C, при середньому значенні 13,5°C. Друга декада жовтня, на яку зазвичай доводиться кінець періоду ефективних температур, має схожі показники – 27,8 % варіації і 6,5 градусів амплітуди за середнього значення температури 9,5°C. Найменший ступінь варіації показав літній період (максимальних температур). Так, коефіцієнти варіації в липні склали 10-12 %, за амплітуди 5-6°C. Стандартні відхилення корелюють з коефіцієнтами варіації. Максимальне значення показника спостерігається в другій декаді серпня, тоді ж відзначено максимальну амплітуду температур. Найменші амплітуди в період ефективних температур характерні для третьої декади червня і третьої декади серпня. Також було проведено статистичну оцінку ходу температури на глибині орного горизонту за окремими роками (табл. 1).

1. Результати статистичного аналізу ходу температури темно-сірого ґрунту по окремих роках (рівнинна ділянка)

Показники \ Роки	2008	2009	2010	2011	2012
Середнє	15,2	14,5	17,3	16,6	19,0
Стандартне відхилення	4,06	4,45	6,11	5,53	5,00
Коефіцієнт варіації	25,78%	29,68%	34,14%	32,26%	25,37%
Мінімум	7,8	5,4	6,4	6,7	8,8
Максимум	21,9	21,2	28,0	24,7	26,6
Діапазон	14,1	15,8	21,6	18,0	17,8
Асиметрія	-0,967	-0,909	-0,413	-1,082	-1,245
Ексцес	-0,560	-0,372	-0,663	-0,794	0,180

Більш інформативним і наочним можна вважати аналіз температурних значень по окремих роках. Найбільше середнє значення температури орного горизонту рівнинної ділянки відзначено у 2012 р, найхолоднішим був 2009 р. Цікаво те, що за максимальних значень температури і високого мінімуму 2012 р. характеризується мінімальним коефіцієнтом варіації (25,4 %), тоді як холодний рік має дуже низькі значення мінімуму, максимуму, невелику амплітуду і досить високу варіацію. Усі роки мають негативну асиметрію, а все,

крім останнього, також і негативний ексцес. Максимальне значення коефіцієнта варіації має 2010 р., який, як уже зазначалося, характеризувався аномально високими температурами липня, завдяки чому рік також має максимальне значення амплітуди – 21,6°C, максимуму – 28°C і стандартного відхилення.

Отже, порівнюючи динаміку показників, слід зазначити істотне підвищення температурних максимумів, за рахунок яких і спостерігається зростання середніх значень річних температур. Прогрівання ґрунтів є інтегральним процесом, який залежить не тільки від глобальних чинників, але і від безлічі чинників та умов локального характеру – мезо- і мікрорельєф, характер підстильної поверхні, тип і спосіб використання ґрунту тощо. Саме тому індекс проґритості ґрунтів (ППД), запропонований Дімо (Дімо В. Н., 1972), є важливим показником під час оцінки теплозабезпечення ґрунтів. Він являє собою відношення суми ефективних температур ґрунту вище 10 градусів на глибині 20 см до аналогічної суми ефективних температур повітря.

Деталізація цього показника за даними останніх п'яти років засвідчила, що протягом 2008-2012 рр. ґрунту проґрівалися значно сильніше, ніж у середньому за весь період метеорологічних спостережень (табл. 2).

2. Розрахунок коефіцієнтів проґрівання ґрунтів

Рік	Сума температур ґрунту >10°C на глибині 20 см, °C	Сума температур повітря >10°C, °C	ППД	Сума температур ґрунту >15°C на глибині 20 см, °C	Сума температур повітря >15°C, °C	ППВ
2008	2993/-7,3	2656/-5,4	1,13	2377/-16,3	1868/-7,1	1,27
2009	2780/-14,0	2735/-2,6	1,02	2231/-21,4	1978/-1,6	1,13
2010	3322/+2,9	2804/-0,2	1,18	3107/+9,4	1771/-11,9	1,75
2011	3193/-1,1	2718/-3,2	1,17	2845/+0,2	2254/+12,1	1,26
2012	3859/+19,5	3128/+11,4	1,23	3635/+28,0	2179/+8,4	1,67
Середнє	3229,4	2808,2		2839,0	2010,0	

У першу чергу слід відзначити, що значення показника ППД протягом усіх років вище одиниці, тобто навіть на глибині орного шару досліджуваній ґрунт характеризується більш високими температурами, ніж повітря. Абсолютні значення індексу ППД варіюють від 1,02 до 1,23, прогнозовано досягаючи максимального значення в 2012 р.

Водночас, якщо порівнювати динаміку показника з динамікою вихідних параметрів, то легко помітити, що індекс проґритості відтворює динаміку ходу сум температур ґрунту, тоді як температура повітря не робить серйозного впливу. Результати статистичного аналізу засвідчили, що загальна кореляція ППД і вихідних параметрів становить 99,21% за стандартної і абсолютної погрішності відповідно 0,0179 і 0,019. Регресійне рівняння залежності ВПС від вихідних параметрів (1) можна визначити як:

$$\text{ППД} = 1,14932 + 0,000776816 * T_{\text{п}} - 0,000901762 * T_{\text{в}} \quad (1)$$

де $T_{\text{п}}$ і $T_{\text{в}}$ – суми температур ґрунту більше 10°C (на глибині 20 см) і повітря.

Схожим за своєю природою є також показник проґритості ґрунту запропонований С. І. Веремеєнко (ППВ) (Веремеєнко С. І., 1997). Він являє

собою відношення температур ґрунту до температур повітря, але порогове значення вище і становить 15°C , що дозволяє оцінити зміну теплового режиму ґрунту в області високих температур. Це особливо актуально в умовах різкого підвищення літніх температурних максимумів.

Протягом 2008-2012 рр. індекс Веремеєнко коливався в межах 1,13-1,75. Відзначимо, що максимальні значення спостерігалися у 2012 р. і 2010 р. і обумовлювалися аномально сильним прогріванням ґрунтового покриву, тоді як суми температур повітря були близькі до норми. У 2010 р. вперше зафіксована сума температур ґрунту вища за 3000°C , рік вважався екстремально жарким. Однак, уже в 2012 р. показник перевищив 3500°C , за високої, але далеко не рекордної, суми температур повітря 2179 градусів (табл. 2). Варто відзначити, що відносні відхилення сум ефективних температур ґрунту ($-21,4 \dots +28,0\%$) значно вище, ніж аналогічні коливання температур повітря ($-11,9 \dots +12,1\%$). Крім того, якщо порівнювати варіацію сум температур вище 10 і вище 15°C , то відразу помітно посилення коливань з підвищенням порогового значення. Така закономірність однозначно вказує на те, що наявні зміни температурного режиму темно-сірого ґрунту особливо гостро проявляються в період високих температур, що може істотно впливати на вирощування багатьох традиційних культур, особливо на тлі періодичної нестачі опадів у цей же період.

В останні роки середньодекадні температури повітря перевищували 30°C , а в окремі дні були зафіксовані температури вище 35°C . І якщо на глибині 20 см ґрунт, за даними підрахунків, прогрівається на 50-87 % сильніше, то на поверхні температури могли досягати критичних для розвитку рослин значень, викликаючи посухи, прискорену мінералізацію органічної речовини, вивітрювання і загальну деградацію ґрунту.

Згідно із запропонованою С. І. Веремеєнко (1997) класифікацією, досліджувані ґрунти відносять до сезоннопромерзаючого типу, помірно теплого підтипу і роду з середнім теплозабезпеченням (сума температур ґрунту в межах $2400-3000^{\circ}\text{C}$), однак зміна агрокліматичних умов території відбилася і на їхньому таксономічному положенні. Згідно з архівними даними перші стрибки температури ґрунту в область з добрим теплозабезпеченням спостерігалися в 1995 р. і в період 1999-2002 рр., а починаючи з 2005 р., відбувся повний перехід. Істотним відхиленням можна вважати тільки 2009 р., коли сума температур склала 2780 градусів. При цьому 3859°C в 2012 р. потрапляють уже в зону достатнього теплозабезпечення (рис. 3).

Із погляду типізації гідротермічного режиму за Веремеєнком С. І., класичні темно-сірі опідзолені ґрунти відносять до оптимальної групи із середнім теплозабезпеченням на тлі періодично промивного типу водного режиму.

Під час досліджень у Центральному Поліссі емісійної активності темно-сірого опідзоленого глейового легкосуглинкового ґрунту на лесовидних суглинках, підстелених з глибини 1-1,5 м флювіогляціальними відкладами,

який використовується під пасовищем (2018 р.), установлено, що визначальним чинником формування обсягу емісії CO_2 з ґрунту до атмосфери була вологість ґрунту (рис. 4) (Трофименко П. І., 2018).

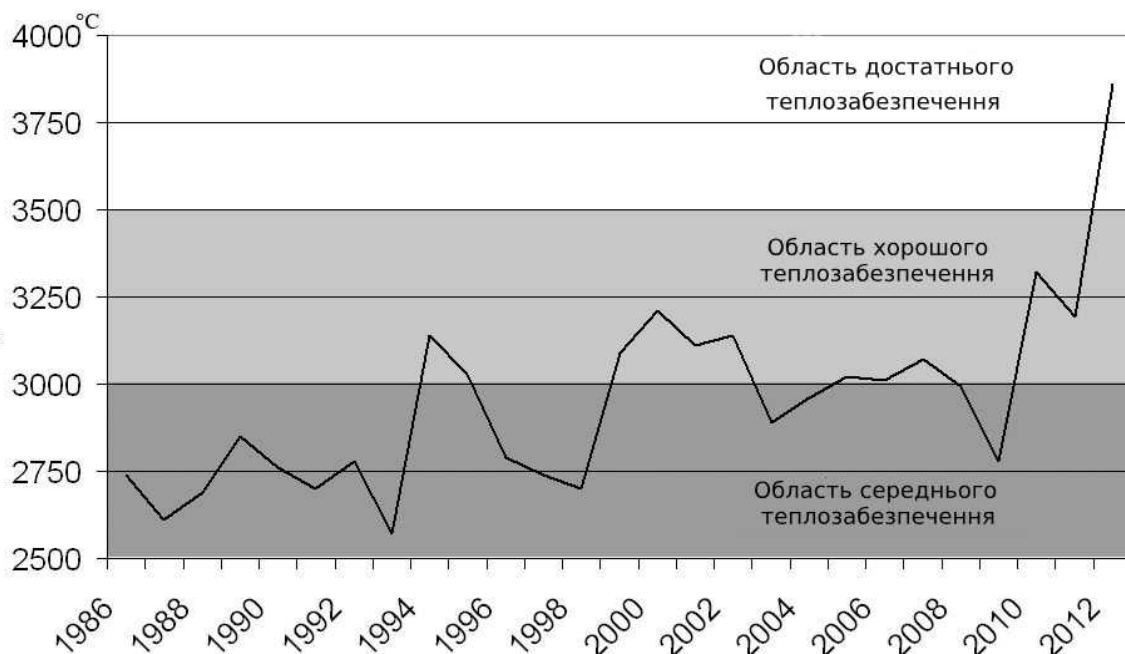


Рис. 3. Зміна річної суми температури ґрунту вище 10°C протягом 1986-2012 рр.

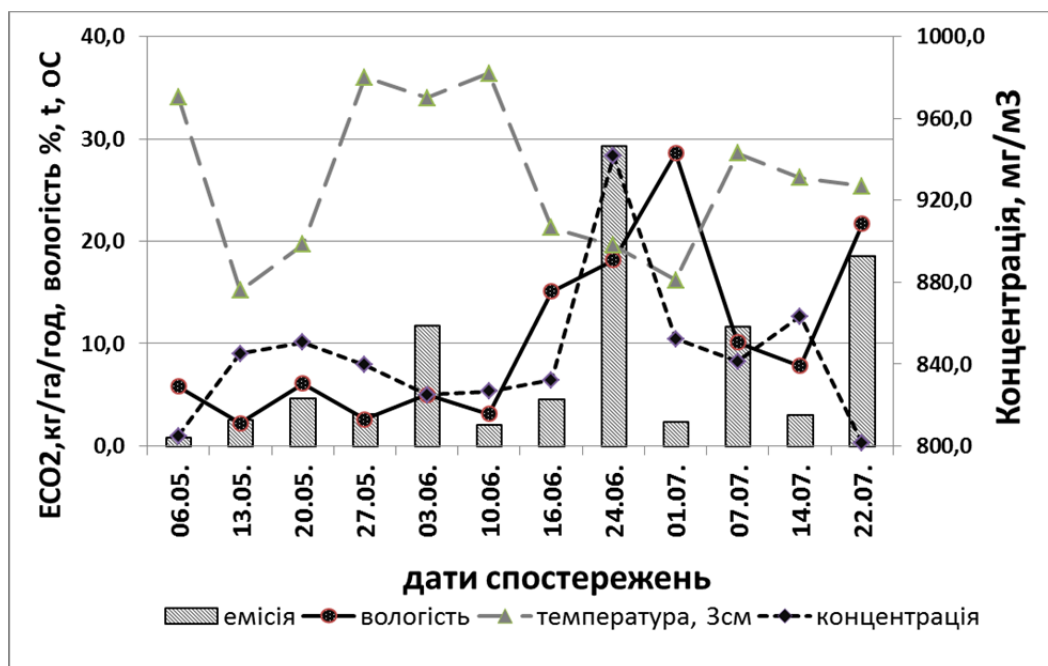


Рис. 4. Динаміка середніх значень емісії CO_2 з темно-сірого опідзоленого глейового легкосуглинкового ґрунту на лесовидних суглинках, підстелених з глибини 1-1,5 м флювіогляціальними відкладами, 2018. Показники: вологість у шарі 0-10 см (%), температура ґрунту на глибині 3 см, ($t^\circ\text{C}$), концентрація CO_2 на висоті 0,50 м (mg/m^3).

Внаслідок високих значень температури ґрунту на глибині 3 см, протягом вегетації лучної рослинності, в окремі періоди спостерігалось зменшення

інтенсивності продукування CO₂. За умов нестачі вологи та підвищення температури повітря і ґрунту останніми роками, традиційна домінуюча роль останньої у формуванні обсягу діоксиду вуглецю, дещо втрачається. Натомість нестача вологи у верхньому шарі ґрунту з ознаками оглеєння, в окремі сухі роки може виступати як обмежувальний чинник емісії двоокису вуглецю з ґрунту.

Ураховуючи зазначені вище тенденції підвищення температури ґрунту, особливості формування емісійних потоків CO₂ з темно-сірого опідзоленого глейового легкосуглинкового ґрунту на лесовидних суглинках, слід визнати закономірними.

Висновки. Кліматичні зміни на території Західного Лісостепу призвели до наростання нерівномірності вологозабезпечення території і підвищення загальної її посушливості, що ілюструється спадом гідротермічного коефіцієнта. Проведені спостереження також засвідчили, що незважаючи на зростання весняних вологозапасів, у літній період ґрунт часто пересихає до критичних значень і загалом спостерігається тенденція до зниження забезпеченості рослин вологою в цей час.

У комплексі з описаними вище змінами теплозабезпечення виникає потенційна небезпека зміщення гідротермічного режиму досліджуваного ґрунту з групи оптимального в групу задовільного, з достатнім забезпеченням тепловими ресурсами і недостатнім вологозабезпеченням і, як наслідок, посилення процесів трансформації мінеральної частини і органічної речовини ґрунту.

Однак, слід розуміти, що низькі значення вологості у верхньому шарі ґрунту з ознаками оглеєння в окремі сухі роки, можуть виступати як обмежувальний чинник емісії двоокису вуглецю з ґрунту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Ткачук А. В. Розробка методики розрахунку ґрунтових вологозапасів за агрометеорологічними даними та вологозабезпеченість сільськогосподарських культур у лісостеповій зоні Правобережної України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2002.

Селянинов Г. Т. Мировой агроклиматический справочник. Л.-М., 1937. 428 с.

Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 287 с.

Алиев С. А. Биохимические процессы в почвах при различных гидротермических условиях: Изд. АН Азербайдж. ССР. Серия биологических и медицинских наук. 1962. № 1. С. 25–31.

Бережняк Є. М., Сидоренко О. О., Бабаєв М. А. Агроекологічні особливості торфових ґрунтів заплави річки Трубіж внаслідок їх осушення. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 3. С. 50–53.

Борисова О. К. Изменение растительности и климата умеренных широт Южного полушария за последние 130000 лет (в сопоставлении с Северным полушарием): автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра геогр. наук: 25.00.25. Москва, 2007. 48 с.

Гидрометеорологические наблюдения на болотах / ред. А. Б. Иванова. *Госкомгидромет СССР. Наставления гидрометеорологическим станциям и постам*. 3-е изд., перераб. и доп.

Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. Вып. 8. 360 с.

Дадыкин В. П. Особенности поведения растений на холодных почвах. Москва: АН СССР, 1952. 276 с.

Еруков Г. В., Власкова Г. В. Гидротермический режим почв сосновых лесов Карелии. Ленинград: Наука, 1986. 112 с.

Завьялова Н. Е. Гумусное состояние дерново-подзолистых почв Предуралья при различном землепользовании и длительном применении удобрений и известии: автореф. дис. на соискание учен. степени д-ра биол. наук: 06.01.04. Москва, 2007. 46 с.

Зайдельман Ф. Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны: генетические, агрономические и мелиоративные аспекты. Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. 328 с.

Кардашов А. Т. Динамическая связь температуры и режима влажности осушаемых земель. *Сб. Актуальные проблемы водохозяйственного строительства*. Львов, 1975.

Олиневич В. О., Кардашов А. Т. Влияние температурного режима на биологическую активность торфяных почв. *Вісник сільськогосподарської науки*. Київ, 1975. № 5. С. 49–53.

Гефке И. В. Теплофизическое состояние выщелоченных черноземов Алтайского Приобья в условиях плодового сада: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук: 06.01.03. Барнаул, 2007. 18 с.

Афанасьев Н. И. Температура почв и почвообразование. *Доклады АН БССР*. 1975. № 7, Т. XIX. С. 633–635.

Морозов В. В., Пічура В. І. Вплив зміни кліматичних чинників на формування меліоративного режиму зрошуваних ландшафтів Сухого Степу України. *Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць*. 2009. Вип. 19.15. С. 80–88.

Веремеенко С. И., Фурманец О. А. Изменение агрохимических свойств темно-серой почвы Западной Лесостепи Украины под влиянием длительного сельскохозяйственного использования. *Почвоведение*. 2014. № 5. С. 602–610.

Веремеенко С. І. Еволюція та управління продуктивністю ґрунтів Полісся України. Луцьк, 1997. 460 с.

Димо В. Н. Тепловой режим почв СССР. Москва, 1972. 360 с.

Трофименко П. І., Трофименко Н. В. Інтенсивність емісії CO₂ з ґрунтів Полісся під час вегетації культур та домінантність зумовлюючих її чинників. *Меліорація і водне господарство: межв. темат. наук. зб.* 2018. № 1(107). С. 47–54.

REFERENCES

Тkachuk, A.V. (2002). Rozrobka metodyky rozrakhunku gruntovykh volohozapasiv za ahrometeorolohichnymy danymy ta volohozabezpechenist' sil's'kohospodars'kykh kul'tur u lisostepoviy zoni Pravoberezhnoyi Ukrayiny [Development of the method of calculation of soil moisture reserves by agrometeorological data and moisture provision of agricultural crops in the forest-steppe zone of the Right-bank Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kherson. (in Ukrainian).

Selyaninov, G.T. (1937). *Mirovoy agroklimaticheskyy spravochnik* [World agroclimatic reference book]. Leningrad-Moscow. (in Russian).

Aleksandrova, L.N. (1980). *Organicheskoye veshchestvo pochvy i protsessy yego transformatsii* [Organic soil matter and processes of its transformation]. Leningrad: Science. [in Russian].

Aliev, S.A. (1962). *Biokhimicheskkiye protsessy v pochvakh pri razlichnykh gidrotermicheskikh usloviyakh* [Biochemical processes in soils under different hydrothermal conditions]. *Izd. AN Azerbaydzh. SSR. Seriya biologicheskikh i meditsinskikh nauk – Ed. AN Azerbaijan SSR. A series of biological and medical sciences*, 1. (in Russian).

Berezhnyak, E.M., Sidorenko, O.O., Babayev, M.A. (2011). Ahroekolohichni osoblyvosti torfovykh gruntiv zaplavy richky Trubizh vnaslidok yikh osushennya [Agro-ecological features of peat soils of the Trubizh river flood due to their drainage]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 50-53. (in Ukrainian).

Borisova, O.K. (2007). *Izmeneniye rastitel'nosti i klimata umerennykh shirot Yuzhnogo polushariya za posledniye 130000 let (v sopostavlenii s Severnym polushariyem)* [Changes in

vegetation and climate of temperate latitudes of the Southern Hemisphere over the last 130,000 years (in comparison with the Northern Hemisphere)]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moscow. (in Russian).

Ivanova, A.B. (eds.). (1990). Gidrometeorologicheskiye nablyudeniya na bolotakh [Hydrometeorological observations in the marshes]. *Goskomgidromet SSSR. Nastavleniya gidrometeorologicheskim stantsiyam i postam – Goskomgidromet USSR. Instructions to hydrometeorological stations and posts*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 8. (in Russian).

Dadykin, V.P. (1952). Osobennosti povedeniya rasteniy na kholodnykh pochvakh [Peculiarities of plant behavior on cold soils]. Moscow: USSR Academy of Sciences. (in Russian).

Erukov, G.V., Vlaskova, G.V. (1986). Gidrotermicheskiy rezhim pochv osnovnykh lesov Karelii [Hydrothermal regime of the soils of the pine forests of Karelia]. Leningrad: Science. (in Russian).

Zavyalova, N.E. (2007). Gumusnoye sostoyaniye dernovo-podzolistykh pochv Predural'ya pri razlichnom zemlepol'zovanii i dlitel'nom primenenii udobreniy i izvesti [Humus condition of sod-podzolic soils of the Pre-Urals with different land use and long-term use of fertilizers and lime]: *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moscow. (in Russian).

Zaydelman, F.R. (1985). Gidrologicheskiy rezhim pochv Nechernozemnoy zony: geneticheskoye, agronomicheskoye i meliorativnyye aspekty [The Hydrological Regime of Soils of the Nonchernozem Zone: Genetic, Agronomical, and Melioration Aspects]. Leningrad: Gidrometeoizdat. (in Russian).

Kardashov, A.T. (1975). Dinamicheskaya svyaz' temperatury i rezhima vlazhnosti osushayemykh zemel' [Dynamic relationship of temperature and moisture regime of drained lands]. *Sb. Aktual'nyye problemy vodokhozyaystvennogo stroitel'stva – Collection of actual problems of water management*. Lviv. (in Russian).

Olinevich, V.O., Kardashov, A.T. (1975). Vliyaniye temperaturnogo rezhima na biologicheskuyu aktivnost' torfyanykh pochv [The effect of temperature on the biological activity of peat soils]. *Visnik sil's'kogospodars'koï nauki – Bulletin of Agricultural Science*. Kiev, 5. (in Russian).

Gefke, I.V. (2007). Teplofizicheskoye sostoyaniye vyshchelochennykh chernozemov Altayskogo Priob'ya v usloviyakh plodovogo sada [The thermophysical state of leached chernozem of the Altai Priobye in the conditions of the orchard]: *Extended abstract of candidate's thesis*. Barnaul. (in Russian).

Afanasyev, N.I. (1975). Temperatura pochv i pochvoobrazovaniye [Soil temperature and soil formation]. *Doklady AN BSSR – Reports of the Academy of Sciences of the BSSR*, 7, XIX. (in Russian).

Morozov, V.V., Pichura, V.I. (2009). Vplyv zminy klimatichnykh chynnykiv na formuvannya melioratyvnoho rezhymu zroshuvanykh landshaftiv Sukhoho Stepu Ukrayiny [Influence of Changing Climatic Factors on the Formation of Reclamation Regimen of Irrigated Landscapes of Dry Steppe of Ukraine]. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny: zbirnyk naukovy-tekhnichnykh prats' – Scientific herald of NLTU of Ukraine: collection of scientific and technical works*, 19.15, 80-88. (in Ukrainian).

Veremeenko, S.I., Furmanets, O.A. (2014). Izmeneniye agrokhimicheskikh svoystv temno-seroy pochvy Zapadnoy Lesostepi Ukrainy pod vliyaniem dlitel'nogo sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya [Change of agrochemical properties of dark-gray soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine under the influence of prolonged agricultural use]. *Pochvovedeniye – Soil science*, 5, 602-610. (in Russian).

Veremeenko, S.I. (1997). Evolyutsiya ta upravlinnya produktyvnisty gruntiv Polissya Ukrayiny [Evolution and management of soil productivity of the Polissya of Ukraine]. Luts'k. (in Ukrainian).

Dimo, V.N. (1972). Teplovoy rezhim pochv SSSR [Thermal regime of the USSR soils]. Moscow. (in Russian).

Trofimenko, P.I., Trofimenko, N.V. (2018). Intensyvniyt' emisiyi CO₂ z gruntiv Polissya pid chas vehetatsiyi kul'tur ta dominantnist' zumovlyuyuchykh yiyi chynnykiv [Intensity of CO₂ emission from the soil of Polissya during vegetation of crops and dominance of its determinants]. *Melioratsiya i vodne gospodarstvo: mezhv. temat. nauk. zb. – Reclamation and water management: inter. thematic sciences save*, 1 (107), 47-54. (in Ukrainian).