

УДК 631.4:551.583.2

Уміст гумусу в чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальними змінами клімату

В. В. Дегтярьов, О. Ю. Щербаків

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 09.10.2023 Отримано після доопрацювання 29.11.2023 Затверджено до видання 19.12.2023 Доступно онлайн 28.12.23.2023	Представлено результати дослідження впливу глобальних змін клімату на загальний вміст гумусу в чорноземах типових (Haplic Chernozems (Profundihumic)) Лівобережного Лісостепу України шляхом вивчення особливостей швидкості протікання у ґрунті процесів гуміфікації–мінералізації органічних речовин. У задачі досліджень включено такі: аналіз наукової літератури щодо змін загального вмісту гумусу в чорноземних ґрунтах, які використовуються в аграрному виробництві впродовж різного часу; визначення сучасного вмісту гумусу у досліджуваному ґрунті; аналіз кліматичних умов обраного регіону; співставлення темпів мінералізації гумусових речовин з динамікою кліматичних змін. Новизна досліджень полягає в доповненні уявлення про характер акумуляції органічної речовини в орних чорноземах типових середньосуглинкових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальним потеплінням клімату. Проведені дослідження показали, що темпи мінералізації гумусу у шарі ґрунту 0–10 см впродовж аналізованого періоду (92 роки) були різними. У перші 25 років падіння вмісту гумусу становило в середньому 0,036 % на рік, у наступні 15 років — 0,063 % на рік. Після цього відбулося різке зниження темпів дегуміфікації і за останній 22-річний період становило 0,012 % на рік. Причиною цього може бути вплив кліматичних умов на процеси гуміфікації–мінералізації. Саме підвищення середньорічних температур повітря на 2,9°С, зростання температури поверхні ґрунту на 1,6°С, поряд зі зменшенням кількості опадів за вегетаційний період на 40 мм призвело до зниження вологозабезпеченості ґрунту за останні 22 роки. І саме це є причиною порушення балансу між процесами гуміфікації і мінералізації, в бік посилення останніх.

* E-mail: dvv4013@gmail.com; shcherbakovsany84@gmail.com

Форма цитування: Дегтярьов В. В., Щербаків О. Ю. Уміст гумусу в чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальними змінами клімату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2023. Вип. 95. Харків: ННЦ "ІГА ім. О. Н. Соколовського". С. 60-68. <https://doi.org/10.31073/acss95-06>

1. Вступ

Зовнішнє середовище ґрунтової екосистеми утворюють материнська порода, підґрунтові води, гірські породи та атмосфера за особливостями погоди й клімату в місці ґрунтоутворення. Останні, як визначив В. В. Докучаєв [1], за притаманними їм режимами сонячної радіації, надходження тепла, випадіння атмосферних опадів визначають напрями формування гумусу, його якість, кількість, розподіл у ґрунтовому профілі тощо. Гумус є головною органічною ознакою ґрунту, як природного тіла, утвореного протягом тисячоліть внаслідок взаємодії гірської породи, клімату, живих організмів і решток їхньої життєдіяльності в тонкому поверхневому шарі земної кулі [2]. Гумус є об'єктом постійної взаємодії великого й малого геохімічних кругообігів речовин на Землі. Він сприяє регулюванню біосферних процесів завдяки динамічному відтворенню родючості ґрунту, бере участь у регулюванні хімічного складу атмосфери й гідросфери, здійснює акумуляцію активної органічної речовини і хімічної енергії.

Формування гумусових речовин відбувається внаслідок дії сукупності біохімічних, біофізичних та фізичних процесів гумусоутворення. До них належать: розкладання решток органічних речовин, їх мінералізація, фізичне, хімічне та біологічне вивітрювання гірських порід, взаємодія ґрунтової флори і фауни з мінеральною частиною ґрунту, мікробний синтез продуктів згаданих процесів та інші. Усі ці процеси відбуваються в осередку ґрунтової екосистеми, де створюються відповідний водний та повітряний режими. Із зовнішнього середовища надходить енергія, що є рушійною силою зазначених процесів. Поєднання вказаних чинників, особливості їх добового та річного ходу, сезонні відмінності, кліматичні умови відповідної місцевості визначають можливості, напрями, інтенсивність, обсяги і наслідки гуміфікації [2].

На думку В. П. Дмитренка [2], склад органічної частини ґрунту, наслідки гуміфікації за якістю, обсягами та розподілом гумусових речовин у середовищі, характеристики

процесів гуміфікації (тривалість, інтенсивність, обсяги, просторові ознаки тощо), цілком підпорядковані особливостям гідрометеорологічного режиму атмосфери і ґрунту. Термічний режим процесів гумусоутворення обмежується екологічними екстремумами та оптимумами. У поєднанні з часовими характеристиками вони мають чітко позначити початок, тривалість, закінчення та закономірності будь-якого зі згаданих процесів, а також термічні потреби на їх здійснення, місце чи розміщення за ознаками сезонного та річного ходу. Разом з тим, зазначені термічні ознаки гумусоутворення можуть допомогти розв'язати питання обсягів, шляхів, протяжності та швидкості пересування гумусових речовин.

Сільськогосподарська діяльність людини змінює природний хід гумусоутворення і гумусонакопичення, кількість та якість маси органічних речовин, які надходять до ґрунту, інтенсивність і спрямованість процесів гуміфікації. Глобальні зміни клімату можуть прискорювати або уповільнювати ці процеси.

Вчені, які досліджували процеси трансформації гумусового стану ґрунтів залежно від їх використання — М. І. Лактіонов, Г. Я. Чесняк, А. Д. Балаєв, та інші показали, що введення цілинних ґрунтів у сільськогосподарське використання призводить до зниження вмісту гумусу в них і, вже через 50–60 років, ці ґрунти з високогумусованих можуть перейти в категорію низькогумусованих або навіть малогумусних внаслідок інтенсивної мінералізації гумусу [3–5]. За більш тривалого використання чорноземів в умовах агропромисловництва відбувається стабілізація загального вмісту гумусу у ґрунті [3 с.57]. Також у ряді робіт [3, 4] наводяться дані, які свідчать про поступову дегуміфікацію чорноземів, які тривалий час використовуються у сільськогосподарському виробництві. Про це також відомо з матеріалів періодичних доповідей про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення восьмого, дев'ятого та десятого турів обстеження. Як зазначається в Національній доповіді про стан родючості ґрунтів України [6], співставлення гумусованості ґрунтів за часів Докучаєва (1882 р.) з сучасним станом (авт. 2010 р) свідчить, що відносні втрати гумусу за цей, майже 120-річний, період досягли 22 % в Лісостеповій, 19,5 — в Степовій і біля 19 % — у Поліській зонах України. Найбільші втрати гумусу відбулися в період 60–80 рр. минулого сторіччя, що зумовлено інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва шляхом збільшення площ просапних культур, перш за все, цукрових буряків і кукурудзи. У цей період щорічні втрати гумусу сягали 0,55–0,60 т/га. На жаль процеси дегуміфікації протягом останніх 20 років не зупинилися, а продовжують протікати з достатньо високою інтенсивністю. За результатами агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення вміст гумусу в ґрунтах України зменшився протягом останніх 4-х турів (1986–2005 рр.) на 0,5 % в абсолютних одиницях, а за останніх 5 турів (1986–2010 роки) — на 0,22 % в абсолютних величинах [7]. Порівнюючи з IX туром обстеження, дані X туру свідчать про те, що вміст гумусу в ґрунтах підвищився на 0,02 %. У зоні Лісостепу, порівнюючи з попереднім туром, змінилися лише площі з низьким (зменшилися на 1 %) та високим (збільшилися на 2 %) вмістом гумусу, а площі з дуже низьким, середнім, підвищеним та дуже високим його вмістом залишилися на рівні IX туру обстеження. Та незважаючи на деяке підвищення цього показника, продовжується процес дегуміфікації ґрунтів, про що свідчать від'ємні показники балансу гумусу [8].

Боїнчан Б. [9] зазначає, що запаси ґрунтового органічного вуглецю в 4,4 рази більші, ніж у живих організмах, і в 3,3 рази вищі, ніж в атмосфері. Відтоді як чорноземи були розорані, запаси органічного вуглецю в них знизилися на 30–70 % і все ще продовжують знижуватися. В природних екосистемах надходження і винесення органічного вуглецю перебуває у рівновазі, але за обробітку ґрунтів, ресурси, що застосовуються, значно менші за винесені (не тільки внаслідок порушення степової повсті), а й завжди. Найбільші втрати органічних речовин відбулися внаслідок руйнування степової повсті, але вони все ще дуже значні, тому що в орних ґрунтах річне надходження органічних речовин не тотожне річним втратам. У тривалих польових дослідках використання виключно тільки мінеральних добрив подвоювало щорічні втрати органічних речовин ґрунту, порівняно з неудообреними ділянками.

Згідно з аналізом наукової літератури [3–5], за тривалого використання чорноземів повинна відбуватися певна трансформація органічної складової ґрунту: оскільки кількість поживних органічних речовин, що надходять до чорнозему більш-менш однаково кожного року, то й процеси гуміфікації у ґрунті повинні бути більш-менш стабільні. Тобто, у чорноземах, які тривалий період використовуються у сільськогосподарському виробництві процеси гуміфікації і мінералізації практично повинні компенсувати один одного. Але цього не спостерігається. Мабуть причина мінералізації гумусових речовин дещо в іншому.

Про вплив запасів органічних речовин ґрунту на глобальні температури та про те, як температура може впливати на розклад органічних речовин ґрунту, існує багато думок і

суперечок, але одностайної думки немає [10,11]. Можливо, швидкість розкладу органічного вуглецю буде збільшуватися з підвищенням температури, якщо процес не зупиниться внаслідок нестачі ґрунтової вологи. Беручи до уваги потепління клімату в Європі Olesen і Bindi [12] вважають, що країни північної півкулі виграють від більш тривалого вегетаційного періоду та зможуть збільшити спектр сільськогосподарських культур; у країнах південної півкулі будуть спостерігатися більш часті і більш сильні посухи.

Сьогодні можна з упевненістю сказати, що значні кліматичні зміни вже відбуваються. Ми повинні замислитися та зрозуміти, що людство не має права піддавати атмосферу планети забрудненню. Якщо ми не розпочнемо активно діяти, то вже незабаром наблизимось до тієї межі, коли глобальну зміну клімату зупинити буде вже неможливо і життя на планеті у майбутньому буде під загрозою. Зміна клімату може впливати на суспільство, економіку та екосистеми. Вона може призводити до екстремальних погодних явищ, втрати біорізноманіття, підвищеного ризику для здоров'я та вимушеного переселення людей.

Потепління в наш час — це не лише природний процес, бо відбувається у 10 разів швидше, ніж будь-коли раніше. Все частіше науковці вживають термін «кліматична криза» замість «зміни клімату», щоб підкреслити серйозність цієї проблеми та потребу її вирішувати вже зараз. Кліматична криза — це надмірно стрімка зміна клімату «через» підвищення глобальної середньої температури. Щоб протидіяти кліматичній кризі, слід досягти вуглецевої нейтральності вже 2050 року та адаптуватися до змін клімату.

Згідно з даними М. Косолапа та А. Яцук [13], клімат України, як і всієї Земної кулі, за весь період інструментальних спостережень, потеплішав, а динаміка зміни клімату України здебільшого є синхронною зі змінами глобального клімату. Ми оцінили динаміку зміни середньорічної температури повітря за 4 п'ятирічних періоди з 1965 року в Харківській області. На рисунку 1 наведено криві зміни середньорічної, максимальної та мінімальної температури повітря. За наведеними даними, можна зазначити, що мінімальна, середня та максимальна температура мають однаковий тренд зростання. Середньорічна та максимальна температура зросла на $1,8^{\circ}\text{C}$, а мінімальна — на $1,4^{\circ}\text{C}$.

Дослідження з моніторингу змін регіонального клімату Степової зони України, проведені в Інституті зрошуваного землеробства, показали, що впродовж 135-річного періоду інструментальних спостережень відбувалися істотні коливання як температури повітря, так і кількості опадів. За цей час відзначено три періоди потепління. При цьому сучасне потепління є більш помітним за попередні [14].

Наразі в Україні потепління вже становить $1\text{--}1,5^{\circ}\text{C}$ і наближається до 2°C , і регіонів з обмеженими запасами тепла для вирощування теплолюбних культур (кукурудза, соя) немає. Водночас швидке й надмірне накопичення тепла скорочує вегетаційний період, сприяє ранньому дозріванню різних рослин і може призвести до зниження врожайності [15].

Результати досліджень І. Г. Вишенської та В. В. Іваник [16] показали, що вміст вуглецю у верхньому шарі (0–4 см) у 42 % випадків визначали 3 фактори впливу: вологість ґрунту на глибині 15 і 30 см та температура повітря попереднього місяця. Вміст вуглецю в середньому шарі (8–12 см) у 89 % випадків визначали 6 факторів впливу, а саме: кількість відмерлої біомаси, місячна кількість опадів, температура ґрунту на глибині 10 см за два тижні та за місяць до відбирання проб, загальна кількість опадів у попередньому місяці та середня температура попереднього місяця. Вміст вуглецю в нижньому шарі (16–20 см) у 92 % випадків визначали 7 факторів впливу: кількість відмерлої біомаси, вологість ґрунту на глибині 30 см за місяць до відбирання проб, місячна кількість опадів у місяці відбирання проб та у попередньому, середня температура ґрунту на глибині 5 та 10 см за два тижні до відбирання і середньомісячна температура ґрунту за місяць до відбирання.

Міжнародний досвід адаптації способів використання земельних ресурсів до змін клімату передбачає виконання низки стратегічних заходів, які б дозволили запобігти розвитку деградаційних процесів у ґрунті. Серед них чільне місце належить: призупиненню зменшення вмісту гумусу й досягненню його бездефіцитного балансу шляхом застосування традиційних і нетрадиційних органічних добрив; послабленню антропогенного пресингу на ґрунтовий покрив; застосуванню ґрунтоохоронних низьковуглецевих технологій, зокрема, no-till; оптимізації структури посівних площ з вилученням з обробітку малопродуктивних і деградованих ґрунтів; розвиток біологічного землеробства; розвиток агро- й екологічного страхування (розроблення й застосування механізму страхування родючості ґрунтів) [17].

На підставі проведених досліджень В. А. Гаврилюк і Р. Я. Мелимука [18] приходять до висновку, що процес мінералізації, тобто втрати органічного вуглецю, суттєво

інтенсивніший на розорюваних земельних ділянках сільськогосподарського призначення, водночас на частково порушених угіддях, призначених для вирощування ягідників, та непорушених цілинних землях процес емісії CO₂ значно слабший.

Метою наших досліджень є встановлення впливу глобальних змін клімату на процеси гуміфікації–мінералізації в чорноземах типових середньосуглинкових на лесоподібних суглинках Лівобережного Лісостепу України. У задачі досліджень входило: аналіз наукової літератури, щодо змін загального вмісту гумусу в чорноземних ґрунтах, які використовуються в аграрному виробництві впродовж різних періодів; визначення вмісту гумусу у досліджуваному ґрунті; аналіз кліматичних умов регіону проведення досліджень та співставлення темпів мінералізації гумусових речовин з динамікою кліматичних змін.

Новизна досліджень полягає в доповненні уявлення щодо питань акумуляції органічної речовини в орних чорноземах типових Лівобережного Лісостепу України у зв'язку з глобальним потеплінням клімату.

2. Об'єкти і методи досліджень

Об'єктом досліджень слугував чорнозем типовий середньосуглинковий на лесоподібному суглинку на території сільськогосподарського підприємства, розташованого поблизу с. Катеринівка та заповідника «Михайлівська цілина» (Лебединський район, Сумська область). Обраний об'єкт досить добре і всебічно вивчений в ботанічному, ґрунтово-геоморфологічному і сільськогосподарському аспектах. Вибір даного об'єкта зумовлено тим, що саме цей чорнозем був ретельно досліджений вченими кафедри ґрунтознавства Харківського НАУ ім. В. В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет) М. І. Лактіоновим [4] і В. В. Дегтярьовим [3, 5], деякі результати досліджень яких були використані для порівняння.

Ґрунтовий покрив досліджуваної території, в основному, складений чорноземами типовими середньосуглинковими (Haplic Chernozems (Profundihumic)), які залягають на вододільних плато та слабологих схилах. Чорноземні ґрунти — характерні представники ґрунтового покриву Лісостепової зони. Ці ґрунти мають досить високу природну родючість і характеризуються значною гумусованістю, великими запасами поживних речовин, насиченістю ґрунтового колоїдного комплексу обмінними основами, особливо, кальцієм, нейтральною (або близькою до неї) реакцією ґрунтового розчину, вони різко виділяються серед решти ґрунтів властивостями і зовнішнім виглядом.

Генетичний профіль досліджуваного чорнозему типового середньосуглинкового на лесоподібному суглинку характеризується однорідністю, відсутністю переміщення ґрунтових колоїдів; найбільш гумусований темнозабарвлений верхній гумусовий горизонт зі зменшенням ступеня гумусованості поступово переходить у материнську породу. Для ґрунтів, які формуються під трав'яною рослинністю, характерним є слабе вилугування фільтраційними токами води. У чорноземі відсутні розчинні кислі речовини, у материнських породах багато вуглекислого вапна і увібраного ґрунтовим колоїдним вбирним комплексом кальцію, завдяки чому вони вилугувані значно менше, ніж більшість ґрунтів.

Чорнозем типовий середньосуглинковий на лесоподібному суглинку кормової сівозміни, що використовується в сільськогосподарському виробництві близько 100 років, має таку морфологічну будову ґрунтового профілю (координати об'єкта: широта /Пн/ 50° 45' 17,75"; довгота /Сх/ 34° 10' 39,43"):

Н (А)	— гумусово-акумулятивний, темно-сірий, середньосуглинковий, 0-27 см
О-46 см	орний, грудкувато-порохуватий, щільний, вологий, безкарбонатний, 27-46 см підорний, слабо ущільнений, грудкуватий, поступово за забарвленням переходить у
Нрк (В ₁)	— перехідний, темно-сірий з буруватим відтінком, грудкуватий, середньосуглинковий, «кипить» від HCl, слабо ущільнений, кротовини зі слабогумусованим матеріалом, ходи землеріїв, поступово за забарвленням переходить у
Нрк (В ₂)	— перехідний, бурий, плямистий через переритість землеріями, середньосуглинковий, сирий, карбонатний, кротовини зі слабогумусованим матеріалом. Коротко за забарвленням переходить у
Рhk (BC)	— перехідний, бурий, слабо і неоднорідно гумусований, середньосуглинковий, бурхливо «кипить» від HCl, багато «псевдоміцелію» карбонатів, пухкіший від попереднього. Поступово за забарвленням переходить у
Рк (С)	— материнська порода, палевий карбонатний середньосуглинковий лесоподібний суглинок
168–240 см	

Територія поля, на якому були відібрані проби чорнозему типового, вилучена з меж заповідника «Михайлівська цілина» у 1930 році і включена в кормову сівозміну. Насиченість сівозміни просапними культурами становить 40 %. Урожайність сільськогосподарських культур в середньому становить 37,4 ц корм. од.

Для аналітичних досліджень відбирали індивідуальні зразки по профілю чорнозему згідно з ДСТУ 4287:2004¹.

Проби ґрунту, які досліджувались в лабораторних умовах, відбирались, головним чином, у межах гумусового горизонту. Теоретичною передумовою прийнятого порядку відбирання проб для аналізу стало узагальнення літературних даних і результати власних спостережень, які переконливо свідчать про те, що ознаки будь-яких змін будуть виявлятися, перш за все і головним чином, у межах верхнього біологічно активного шару ґрунту.

Для лабораторних досліджень використовували змішані зразки, які складалися з індивідуальних проб, відібраних в ідентичних умовах ґрунтоутворення. Для проміжного контролю одночасно відбирали індивідуальні зразки таким же чином. В межах гумусового горизонту відбирались зразки ґрунтів з глибини 0-10 см. Конкретні місця відбору ґрунтових зразків на вище вказаному об'єкті «прив'язувалися» ближче до тих розрізів, на основі яких попередні автори (М. І. Лактіонов [4], В. В. Дегтярьов [3,5]) свого часу провели численні дослідження з характеристики досліджуваного нами чорнозему і в їх роботах мають дані умісту гумусу саме в досліджуваному нами ґрунті. Для аналізу в даній статті використано узагальнені результати визначення гумусу у шарі 0–10 см.

Загальний уміст гумусу визначали методом І. І. Тюріна в модифікації С.М. Симакова (ДСТУ 4289:2004).²

3. Результати досліджень

З використанням даних досліджень М. І. Лактіонова [4] і В. В. Дегтярьова [3 с. 54, 5] було проведено порівняння умісту гумусу залежно від тривалості використання чорноземів (Рис. 1): 1960 — 30 років від початку сільськогосподарського використання колишніх цілинних земель; 1985 — 55 років; 2000 — 70 років; 2022 — 92 роки. Динаміка загального вмісту гумусу у шарі ґрунту 0–10 см показує, що в перший період розорювання і сільськогосподарського використання внаслідок ущільнення ґрунту й інтенсивної мінералізації решток рослин йде досить інтенсивне зниження загального вмісту гумусу. У подальшому цей процес не припиняється. Темпи мінералізації (падіння вмісту гумусу) у перші 25 років становлять в середньому 0,036 % на рік, у наступні 15 років набувають піку, досягаючи в середньому до 0,063 % на рік. Після цього відбувається різке зниження темпів дегуміфікації і за останній 22 річний період вони доходять до рівня 0,012 % на рік.

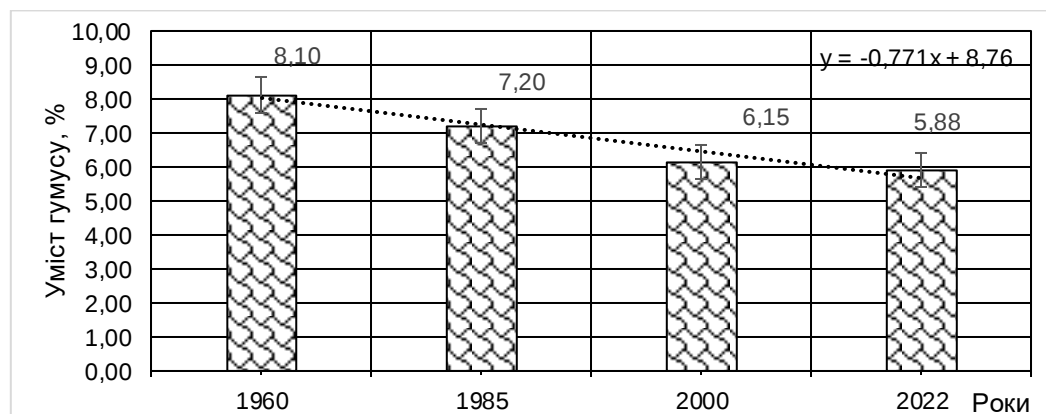


Рис.1. Динаміка загального вмісту гумусу в чорноземах типових середньосуглинкових на лесоподібних суглинках (Сумська обл., Лебединський р-н, с. Катеринівка), шар 0-10 см (за даними: 1960 – [4]; 1985– [5], 2000 [3,с.54], 2022 – дані авторів)

Згідно з результатами досліджень В. В. Дегтярьова [3, с. 57] у процесі тривалого сільськогосподарського використання чорноземів у них відбувається збалансування

¹ Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. – [Чинний від 2004-04-30]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 5 с. – (Національні стандарти України).

² Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – [Чинний від 2004-04-30]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національні стандарти України).

процесів мінералізації–гумусоутворення; ці процеси компенсують один одного і вміст гумусу у чорноземі повинен стабілізуватися. Але, згідно з проведеними дослідженнями цього не відбувається. Незважаючи на те, що до ґрунту надходить більш-менш однакова кількість рослинних решток, відбувається поступова дегуміфікація чорнозему. На нашу думку, це може бути пов'язано з кліматичними умовами останніх десятиліть.

Аналіз динаміки середньорічних температур повітря на території проведення досліджень (Рис. 2) показує, що за двадцятип'ятирічний період спостережень середня температура повітря чітко зростає. Якщо на початку спостережень вона в середньому становила близько $6,5^{\circ}\text{C}$, то в кінці досліджень — більше $9,4^{\circ}\text{C}$ (лінія тренду), тобто зростання температури становить $2,9^{\circ}\text{C}$. Коливання по роках становили $4,7^{\circ}\text{C}$ (1987 р.) — $10,2^{\circ}\text{C}$ (2020 р.).

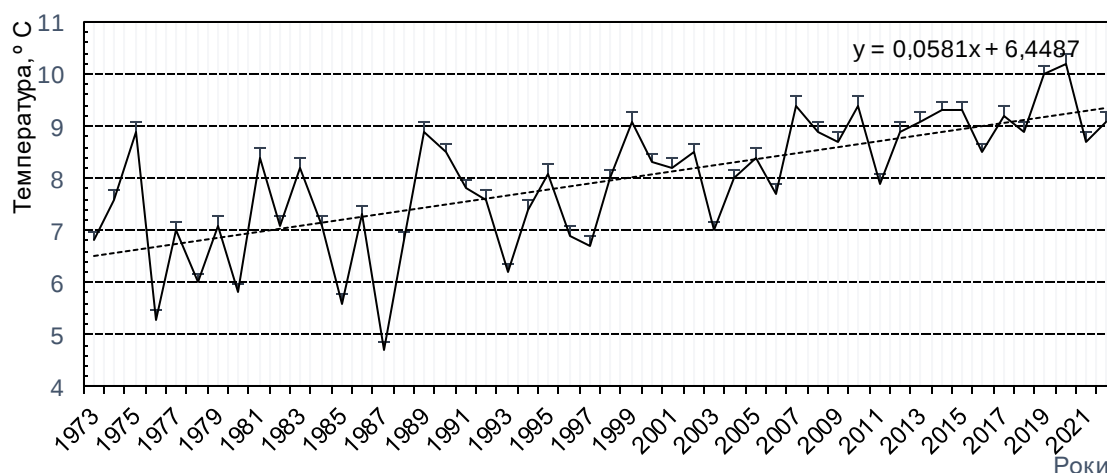


Рис. 2. Динаміка середньорічної температури повітря в Лебединському районі Сумської області (за даними метеостанції Лебедин)

Аналогічна тенденція спостерігається і з даними динаміки середньорічної температури повітря протягом вегетаційного періоду (Рис. 3). Але, мінімальні температури повітря ($14,0$ – $14,1^{\circ}\text{C}$) спостерігаються в 1976, 1978 і 1987 рр., тоді як максимальні температури ($18,6$ – $19,2^{\circ}\text{C}$) притаманні останньому періоду досліджень (2010, 2012, 2018). Аналіз середньорічних даних за досліджуваний період (1973–2022 рр.) показує, що температура повітря протягом вегетаційного періоду загалом зросла майже на 3°C .

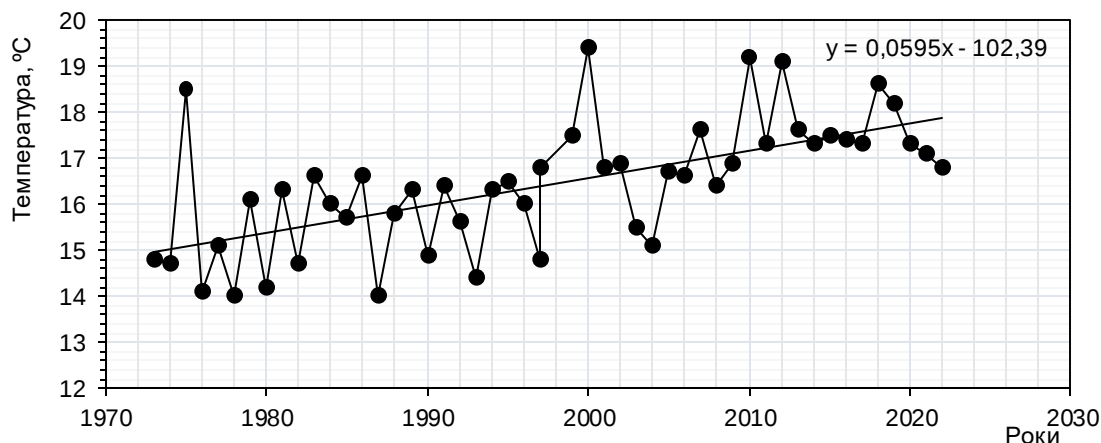


Рис. 3. Динаміка середньорічної температури повітря за вегетаційний період в Лебединському районі Сумської області (за даними метеостанції Лебедин)

Загальне потепління атмосферного повітря у вегетаційний період викликає деяке зростання температури ґрунту (Рис. 4). Так, за 1973–2022 рр. температура поверхні ґрунту протягом вегетаційного періоду коливалася від 0°C у 1976 році до $5,3^{\circ}\text{C}$ у 2010 році. Загальний тренд даних показує, що за досліджуваний період відбулося зростання температури поверхні ґрунту з $1,5^{\circ}\text{C}$ до $3,1^{\circ}\text{C}$, тобто на $1,6^{\circ}\text{C}$. Таке зростання температури безперечно суттєво впливає на ґрунтові процеси і, перш за все, на процеси гуміфікації–мінералізації органічних складових ґрунту. Підвищення параметрів температурного режиму ґрунту призводить до переважання процесів мінералізації

органічних решток над процесами гуміфікації. Саме тому ми спостерігаємо (Рис.1) зниження загального вмісту гумусу у чорноземах типових, які використовуються у сільськогосподарському виробництві дуже тривалий період.

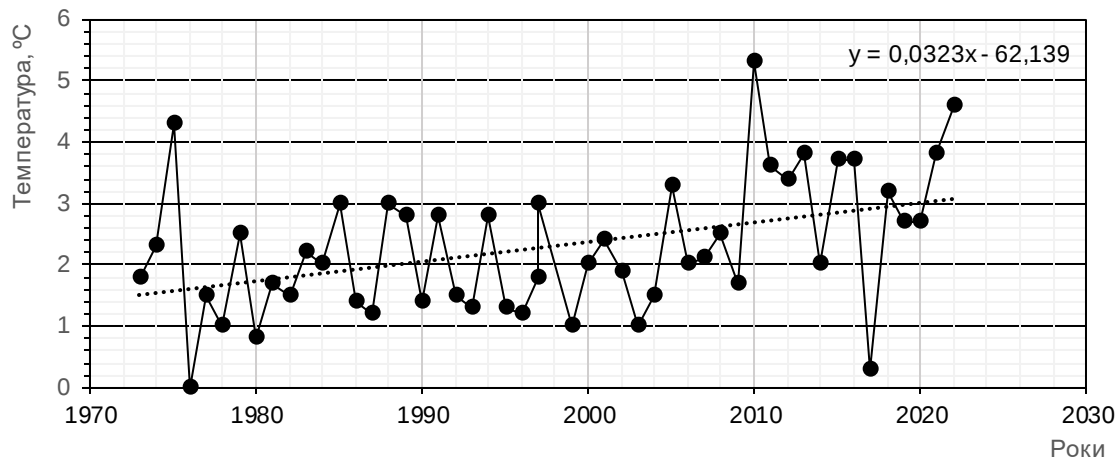


Рис. 4 Динаміка середньорічної температури поверхні ґрунту за вегетаційний період в Лебединському районі Сумської області (за даними метеостанції Лебедин)

На процеси гуміфікації рослинних решток має безперечний вплив також вологість ґрунту, яка, в нашому випадку, дуже залежить від кількості атмосферних опадів. Аналіз динаміки середньорічної кількості опадів за вегетаційний період (Рис. 5) показує, що кількість опадів по рокам дуже відрізняється, коливаючись від 154,9 мм у 2017 році до 538,6 мм у 1988 році. В той же час, діаграма показує, що останні десятиріччя характеризуються більш посушливими умовами протягом вегетаційного періоду. Лінія тренду показує, що середня кількість опадів за вегетаційний період знизилася з 350 мм до 310 мм.

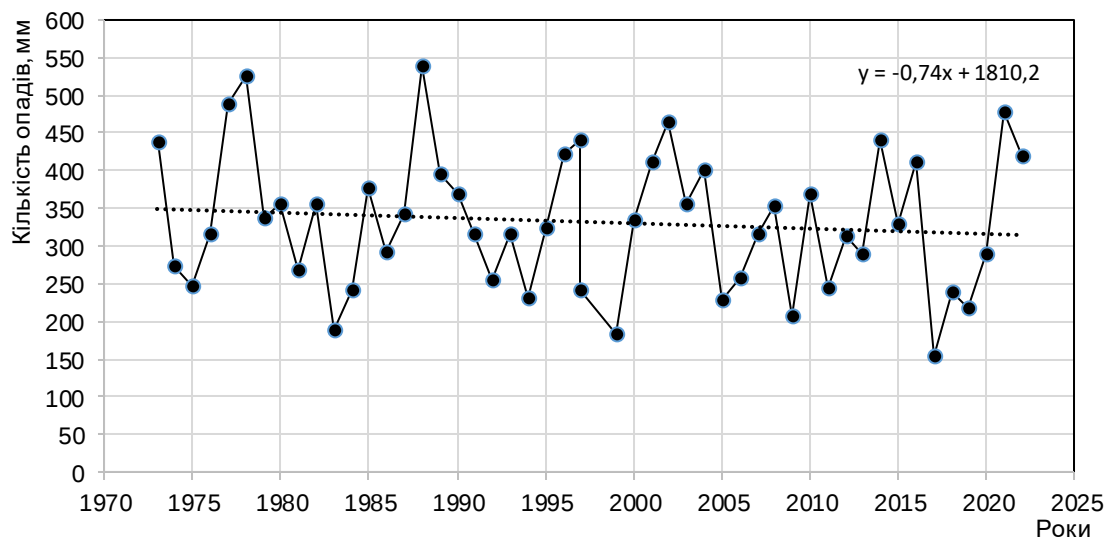


Рис. 5 Динаміка середньорічної кількості опадів за вегетаційний період в Лебединському районі Сумської області, мм (за даними метеостанції Лебедин)

Обговорення

Аналіз наукової літератури і наші спостереження свідчать про певну аридизацію клімату Лісостепу України, що може суттєво впливати на характер протікання у ґрунті процесів гуміфікації-мінералізації. Аналіз даних загального умісту гумусу в чорноземі типовому свідчить (Рис. 1), що на хід природних процесів гумусоутворення діють не тільки втручання людини, а й можливо, глобальні кліматичні зміни. У природних умовах баланс між процесами гуміфікації та мінералізації решток компонентів біоценозу урівноважений. Розмикання біологічного кругообігу речовин та порушення екологічної рівноваги в агроєкосистемах призводить до посиленої мінералізації гумусу, разом з тим як втрати не поповнюються відповідною кількістю свіжої органічної речовини [20]. Обробіток ґрунту

призводить до інтенсивного перемішування, переміщення, розпушення верхньої частини профілю ґрунту. При цьому зазнає змін водний, повітряний, тепловий, світловий та інші режими, що зумовлює певні зміни мікробіологічної активності ґрунту. Згідно з результатами досліджень, наведених у науковій літературі [3, 4, 5] найбільш інтенсивна мінералізація органічної частини чорнозему відбувається в перші 50–70 років після розорювання цілинних ґрунтів. У подальшому темпи мінералізації-гуміфікації стабілізуються, й відповідно повинен стабілізуватися загальний уміст гумусу. Аналізуючи результати власних досліджень зазначимо, що таке положення не справджується для досліджуваного об'єкту, незважаючи на те, що останні 22 роки в системі сівозміни, а отже й кількості надходження біомаси до ґрунту, не відбулося суттєвих змін. Це свідчить, що до ґрунту надходила майже однакова кількість органічних решток, що мало би забезпечити стабілізацію умісту гумусу. Але цього не відбувається. Згідно з нашими даними темпи мінералізації гумусу у шарі чорнозему 0–10 см за останні 22 роки становлять 0,012 % на рік. Причину цього ми вбачаємо у впливі кліматичних умов на процеси гуміфікації-мінералізації. Саме підвищення середньорічних температур повітря на 2,9°С і зростання температури поверхні ґрунту на 1,6°С, поряд зі зменшенням кількості опадів за вегетаційний період на 40 мм, тобто зменшення вологості ґрунту, які відбулися за останні 22 роки, можуть, на нашу думку, призвести до порушення балансу між процесами гуміфікації і мінералізації в бік посилення останніх.

Результати досліджень І. Г. Вишенської та В. В. Іваник [16] також свідчать, що уміст вуглецю у верхньому шарі (0–4 см) визначають такі фактори, як вологість ґрунту на глибині 15 і 30 см та температура повітря попереднього місяця. Вміст вуглецю в середньому шарі (8–12 см) визначають 6 факторів впливу: кількість відмерлої біомаси, місячна кількість опадів місяця відбору, температура ґрунту на глибині 10 см за два тижні та за місяць до відбору, місячна кількість опадів попереднього місяця та середня температура попереднього місяця.

Близькі до наших висновки наводить Н. Майданович [19]. Він зазначає, що до негативних наслідків впливу кліматичних змін на агросферу належать такі: посилення посушливості впродовж вегетаційного періоду; прискорення розкладання гумусу в ґрунтах; зниження зволоженості ґрунтів у південних регіонах; погіршення якості зерна та незабезпечення повної яровизації зернових; зростання кількості шкідників, поширення збудників хвороб рослин та бур'янів завдяки сприятливим умовам для їх перезимівлі; зростання вітрової та водної ерозії ґрунту, спричинене збільшенням кількості посух та екстремальних опадів; збільшення ризиків вимерзання озимих культур через відсутність стійкого снігового покриву.

Таким чином, зниження умісту гумусу в орних чорноземах типових, які тривалий час використовуються в сільськогосподарському виробництві, може бути пов'язане з потеплінням клімату та зменшенням кількості опадів.

Висновки

Проведені дослідження показали, що в останні десятиліття спостерігається певна мінералізація загального гумусу в чорноземах типових на території Сумської області, темпи якої у шарі чорнозему 0–10 см за останні 22 роки становлять 0,012 % на рік. Причину цього ми вбачаємо у впливі змінених кліматичних умов на процеси гуміфікації-мінералізації органічних речовин. Саме підвищення середньорічних температур повітря на 2,9°С, зростання температури поверхні ґрунту на 1,6°С, поряд зі зменшенням кількості опадів за вегетаційний період на 40 мм, тобто зменшення вологості ґрунту, які відбулися за останні 22 роки, могли призвести до порушення балансу між процесами гуміфікації і мінералізації в бік посилення останніх.

Перелік використаних джерел

1. Докучаев В. В. *Наши степи прежде и теперь*. ред. и авт. предисл. В. Р. Вильямс, З. С. Филиппович. Москва: Сельхозгиз, 1936. 116 с. URL: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/ukr0000013125>
2. Дмитренко В. П., Осадча Н. М., Чернецька С. А. Про вплив метеорологічних чинників на гумусові речовини ґрунтових та водних екосистем. *Наук. праці УкрНДГМІ*, 2005, Вип. 254. С.114-135 URL: https://uhmi.org.ua/pub/np/254/10_Dm_Osad_Chernez.pdf
3. Дегтярьов В. В. *Гумус чорноземів Лісостепу і Степу України: монографія* / За ред. Д. Г. Тихоненка. Харків: Майдан, 2011. 360 с.
4. Лактионов Н. И. *Органическая часть почвы в агрономическом аспекте: монография*. Харьк. Гос. аграр. ун-т им. В.В. Докучаева. Харьков: ХГАУ им. В. В. Докучаева, 1998. 122 с.

5. Дегтярьов В. В., Шеремет Л. Г. Влияние сельскохозяйственного использования черноземов «Михайловской целины» на количественные и качественные изменения гумуса. *Окультуривание почв и эффективность удобрений*. Сб. науч. тр. Харьк. с.-х. ин-т.. 1985. Т. 314. С. 94-98.
6. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ, 2010. С.14-16 [Електронний ресурс] URL: https://www.ioqu.gov.ua/literature/periodically/1_2010.pdf
7. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами 9 туру (2006–2010 роки) агрохімічного обстеження земель. Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», Київ, 2015 С.19 [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ioqu.gov.ua/link/directions/edition.html>
8. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України за результатами Х туру (2011–2015 роки) агрохімічного обстеження земель. Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», Київ, 2020 [Електронний ресурс] URL: http://www.ioqu.gov.ua/literature/periodically/3_2020.pdf
9. Боинчан Б., Дент Д. Земледелие на черноземах адаптивный менеджмент почв. Chişinău: Prut Internațional, 2020. С. 57-90. Перевод с английского языка: Велисар С. Г. URL: https://www.eco-tiras.org/books/Boincean%20B.%20%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%20%D1%87%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%B%D0%B0%D1%85%202020_%20compressed.pdf
10. Kirschbaum M. U. F. Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming? *Biogeochemistry*. 2000. 48. С. 21-51. <https://doi.org/10.1023/A:1006238902976>
11. Davidson E. A., Janssens I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. Review s. *Nature*. 2006. 440(7081). С. 165-173. <https://doi.org/10.1038/nature04514>
12. Olesen J., Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. 2002. 16. С. 239-262. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00004-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00004-7)
13. Ящук А. І., Косолап М. П. Динаміка змін температурного режиму в Харківській області. Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ–Миколаїв–Херсон, 2019. С. 110-111. http://www.ksau.kherson.ua/files/kaf_budmeh/Malinka%20tezu%202019.pdf#page=109
14. Вожегова Р. А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ–Миколаїв–Херсон, 2019. С. 6-8. URL: http://www.ksau.kherson.ua/files/kaf_budmeh/Malinka%20tezu%202019.pdf#page=109
15. Василенко Н. Є., Аверчев О. В. Значення екологічного стану агроландшафтів у сільському господарстві. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції, 15 листопада 2022 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2022. С. 7-11. URL: https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2022/12/tezy-malynka-15-11-2022_compressed.pdf
16. Вишенська І. Г., Іваник В. В. Вплив кліматичних факторів на вміст вуглецю в ґрунті степової екосистеми в експерименті зі штучною модифікацією вологості. *Наукові записки. Біологія та екологія*. 2015. Том 171. С. 46-50. URL: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/113c8520-58ab-47ba-81f7-45fa25cd455d/content>
17. Шувар І., Мартин В., Самборський А., Куранц П., Овчарук О. Вплив глобальних змін клімату на ґрунтові процеси. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* (20 листопада 2019 р.): Зб. матер. Міжнар. наукової інтернет-конференції. Західноукраїнський національний університет. Тернопіль, 2019. URL: <http://dspace.w.unu.edu.ua/bitstream/316497/36433/1/244.pdf>
18. Гаврилюк В. А., Мелимука Р. Я. Емісія вуглекислого газу та мікробіологічна активність ґрунтів за різного сільськогосподарського призначення в умовах Західного Полісся. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2022. 1(47), С. 42-47. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1>
19. Майданович Н. Про вплив кліматичних змін на агросферу України: огляд. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та впровадження нової техніки і технологій для сільськогосподарства України*. 2020. № 27(41). С. 162-175. URL: <http://tta.org.ua/article/view/226050>
20. Скрильник Є. В., Гетманенко В. А., Кутова А. М. Розрахункові моделі балансу гумусу як показника агроекологічної стабільності організації землекористування. *Наукові горизонти*. 2018. 7–8(70). С. 139-144. URL: [https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/%E2%84%967-8\(70\)_139-144.pdf](https://sciencehorizon.com.ua/web/uploads/pdf/%E2%84%967-8(70)_139-144.pdf)

UDC 631.4:551.583.2

Humus content in chernozems typical of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine in connection with global climate change

V. V. Dehtiarov, O. Yu. Shcherbakov

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

E-mail: dvv4013@gmail.com; shcherbakovsany84@gmail.com

The results of studying the influence of global climate change on the total humus content in typical chernozems (Haplic Chernozems (Profundihumic)) of the Left Bank Forest-Steppe of Ukraine are presented by studying the characteristics of the rate of humification-mineralization of organic matter in the soil. The research objectives include the following: analysis of scientific literature on changes in the total humus content in chernozem soils used in agricultural production for different times; determination of the current humus content in the studied soil; analysis of the climatic conditions of the selected region; comparison of the rates of mineralization of humus substances with the dynamics of climatic changes. The studies showed that the rates of humus mineralization in the soil layer of 0–10 cm during the analyzed period (92 years) were different. In the first 25 years, the fall in humus content averaged 0.036 % per year, in the next 15 years — 0.063 % per year. This was followed by a sharp decline in the rate of dehumification and for the last 22-year period amounted to 0.012 % per year. The reason for this may be the influence of climatic conditions on the processes of humification-mineralization. It was the increase in average annual air temperatures by 2.9 °C, the increase in soil surface temperature by 1.6 °C, along with a decrease in the amount of precipitation during the growing season by 40

mm that led to a decrease in soil moisture supply over the past 22 years. And this is the reason for the imbalance between the processes of humification and mineralization, in the direction of strengthening the latter.

Key words: *chernozem; humus; mineralization; temperature; precipitation.*

Citing: Dehtiarov, V. V., Shcherbakov, O. Yu. (2023). Humus content in chernozems typical of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine in connection with global climate change. *AgroChemistry and Soil Science*, 95, 60-68. [doi:10.31073/acss95-06](https://doi.org/10.31073/acss95-06) [in Ukrainian].