

- [Балюк С. А., Кучер А. В. Просторові особливості ґрунтового покриву як основа сталого управління ґрунтами // Укр. геогр. журн. 2019. № 3. С. 3–14. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003>]
17. Kucher A. (2019). *Sustainable soil management in the formation of competitiveness of agricultural enterprises*. Monograph. Plovdiv, 444 p. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19554.07366>
18. Chemerys V., Dushka V., Dorosh M. and Maksym V. (2020). Export potential of the livestock breeding industry of Ukraine. *Agricultural and Resource Economics: International scientific e-journal*. Vol. 6, 3, 5–28. URL: are-journal.com. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.03.01>

Стаття надійшла до редакції 04.01.2021

УДК [910.3:631.4:339](100+477)

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2021.02.011>

С.П. Позняк, М.А. Гнатишин

Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

ГЛОБАЛЬНА ІНІЦІАТИВА «4 PER 1000» ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ

Мета цього дослідження – визначити роль, яку можуть відігравати ґрунтові ресурси у вирішенні проблеми глобального потепління, зокрема в рамках міжнародної ініціативи «4 per 1000», і з'ясувати можливості та способи реалізації цієї ініціативи в Україні. Новизна дослідження полягає в тому, що висвітлено можливості протидії глобальному потеплінню, водночас сприяючи підвищенню продуктивності ґрунтів, що дає можливість збільшити виробництво продовольчої продукції. Зростання секвестрації вуглецю (карбону) ґрунтом лежить в основі низки цілей сталого розвитку. Глобальні викиди діоксиду карбону постійно зростають. В Україні, на відміну від світу, викиди CO₂ стабільно знижуються. Однак таке зниження пов'язане насамперед зі зменшенням ВВП країни, а не з впровадженням заходів щодо екологізації економіки. Карбоноінтенсивність українського ВВП є однією з найвищих у світі. Практична цінність здобутих результатів полягає в тому, що імплементація ініціативи «4 per 1000» в Україні може бути одним з інструментів стримування зростання кількості діоксиду карбону в атмосфері та водночас зростання продуктивності сільськогосподарських земель і екологізації економіки.

Ключові слова: ґрунт, ґрунтовий органічний карбон, секвестрація карбону, сталий розвиток, деградація ґрунтів, карбоноінтенсивність, глобальне потепління, земельні ресурси.

Stepan Pozniak, Maria Hnatyshyn

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

GLOBAL INITIATIVE «4 PER 1000» AND POSSIBILITIES OF ITS IMPLEMENTATION IN UKRAINE

The goals and objectives of the «4 per 1000» international initiative are highlighted in the article. The idea of the initiative is to increase carbon sequestration in soil, thereby reducing its amount in the atmosphere. This would be one of the opportunities to counteract global warming, while simultaneously contributing to the improvement of soil productivity and thus to the increase in food production. Increased soil carbon sequestration underlies a number of sustainable development goals. Global carbon dioxide emissions are steadily increasing. In Ukraine, unlike in the world, CO₂ emissions are steadily declining. However, such a reduction is primarily due to the country's GDP decline rather than the introduction of measures to green the economy. The carbon intensity of Ukrainian GDP is one of the highest in the world. The implementation of the «4 per 1000» initiative in Ukraine can be one of the tools to curb the growth of carbon dioxide in the atmosphere and at the same time to increase the productivity of agricultural land and to green the economy.

Keywords: soil, SOC, carbon sequestration, sustainable development, soil degradation, carbon intensity, global warming, land resources.

© С.П. Позняк, М.А. Гнатишин, 2021

Актуальність теми дослідження

Влітку 2019 р. у місті Пуатьє (Франція) відбулася міжнародна конференція «*Food security and climate change: 4 per 1000 initiative new tangible global challenges*» («Продовольча безпека і зміна клімату: ініціатива «4 per 1000» нові відчутні глобальні виклики для ґрунтів»). Учасники Конференції наголосили на необхідності сприяння екологічно обґрунтованим методам ведення сільськогосподарства, які сприяли би поглинанню вуглецю (карбону) ґрунтом. Водночас вона спрямована на вирішення завдань сталого розвитку, пов'язаних зі зміною клімату та продовольчою безпекою. В основі ініціативи лежить пропозиція міністра закордонних справ Франції компенсувати викиди парникових газів їхнім поглинанням ґрунтами. Саме 4 ‰ – це частка глобальних викидів вуглецю в ґрунтовому органічному карбоні (англ. *Soil Organic Carbon – SOC*) двометрового шару ґрунтів світу. Тож метою ініціативи «4 проміле» є компенсація ґрунтами сукупного річного викиду CO_2 в атмосферу [1]. Сільське господарство може відігравати провідну роль у питанні продовольчої безпеки та протидії змінам клімату. Перехід до продуктивного, стійкого сільськогосподарства, заснованого на відповідному управлінні землями та ґрунтами, створить робочі місця та збільшить доходи, а отже, сприятиме сталому розвитку.

Стан вивчення питання, основні праці

Проблемам змін клімату і їхньому впливу на секвестрацію Карбону в ґрунтах України присвячені праці С.А. Балюка, В.В. Медведєва, А.В. Кучера та ін. [2], В.Ф. Петриченка, С.А. Балюка, Б.С. Носка [3] та ін.

Розробленню заходів зі збереження та накопичення *SOC* приділяють увагу як зарубіжні вчені – Р. Лал [4], Т.А. Онтл і Л.А. Шульте. [5], Д. Сулейман і Т. Вестгоф [6], так і українські – С.А. Балюк, А.В. Кучер [7], В.В. Медведєв [8], С.П. Позняк [9], О.Г. Тараріко [10] та ін. Необхідність забезпечення сталого розвитку об'єднує науковців з різних галузей. Питання еколого-економічних зв'язків в контексті протидії глобальним змінам клімату висвітлюються у працях О.О. Веклич, В.Р. Сіденка [11], І.М. Грабинського, Н.І. Горін, Л.А. Українець [12], М.А. Гнатишин [13], О.М. Нечипоренка [14], Л.Я. Новаковського [15] та інших. Проте суть глобальної ініціативи «4 per 1000», на нашу думку, в Україні ще недостатньо висвітлена.

Метою дослідження є визначити роль, яку можуть відігравати ґрунтові ресурси у вирішенні проблеми глобального потепління, зокрема в рамках міжнародної ініціативи «4 per 1000», і з'ясувати можливості та способи реалізації цієї ініціативи в Україні.

Виклад основного матеріалу

Секвестрація вуглецю ґрунтом заощаджує час протягом наступних десяти-двадцяти років, за який можна буде розробити нові ефективні низькокарбоніві технології. Сільське господарство, а особливо ґрунти сільськогосподарських земель, мають важливе значення для розв'язання проблем продовольчої безпеки та зміни клімату. Впровадження методів ефективного використання ґрунтів необхідне для усунення негативних тенденцій розвитку людства та підвищення якості життя. Окрім компенсації викидів вуглецю, продуктивне стале сільське господарство створить також робочі місця. Завданням землеробства є пошук і впровадження технологій, які забезпечуватимуть збільшення вмісту вуглецю в ґрунті та покращуватимуть стан ґрунту загалом.

З основних парникових газів (CO_2 , N_2O , CH_4 , SF_6 , HFCs, PFCs) діоксид карбону має найбільший вплив на глобальний клімат внаслідок величезного зростання його вмісту в атмосфері від доіндустріальної епохи до нинішнього часу. Кількість CO_2 в атмосфері зросла приблизно з 280 ‰ до 1850 р. до 381,2 ‰ в 2006 р. [16] та 411,44 ‰ у 2019 р. [17].

Зберігання ґрунтового органічного карбону є результатом взаємодії динамічних процесів фотосинтезу, розкладання та дихання ґрунту. Антропогенна діяльність упродовж останніх 150 років призвела до розбалансованості цих процесів, наслідком чого стало виснаження ґрунтів і зменшення у них вмісту органічного карбону, а також посилення глобальних змін клімату. Приблизно дві третини загального приросту CO_2 в атмосфері є результатом спалювання викопного палива, а решта – втрати *SOC* внаслідок зміни землекористування, зокрема вирубування лісів, сільськогосподарського використання землі, порушення та деградації ґрунтів.

З часу промислової революції перехід природних екосистем у сільськогосподарське використання призвів до зниження рівнів ґрунтового органічного карбону, щороку вивільняючи в атмосферу з ґрунту від 50 до 100 Гт вуглецю [4]. Про-

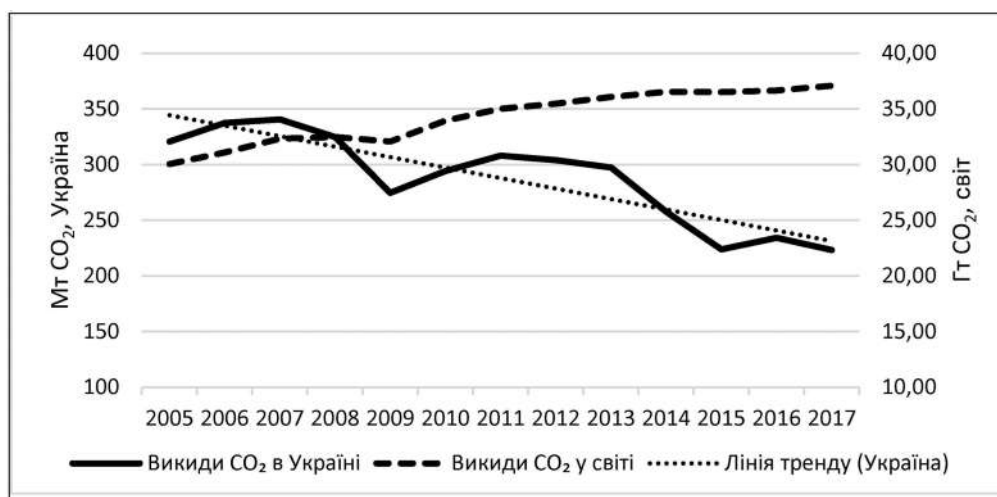


Рис. 1. Викиди діоксиду вуглецю в Україні та світі
Джерело: побудовано на основі даних [18–19]

дуктивність ґрунтів тісно пов'язана з кількістю органічного вуглецю в ґрунті, тому виснаження запасів *SOC* здійснює масштабний вплив на всю екосистему. Зниження біологічної продуктивності сільськогосподарських ґрунтів призводить до зменшення урожайності вирощуваних культур, що негативно позначається на забезпеченні людей продуктами харчування. Окрім того, зниження рівня органічного вуглецю в ґрунті впливає на просочування опадів і збереження ґрунтової вологості, що важливо у зв'язку зі зростанням аридності клімату, а також для зменшення інтенсивності водної ерозії, запобігання повеням. Різні порушення ґрунту спричинюють посилення ерозії та вилугування поживних речовин із ґрунтів, що зумовлює евтрофікацію та цвітіння водоростей у внутрішніх водних і прибережних екосистемах, і це в кінцевому підсумку утворює мертві зони в океані [5]. Окрім того, відбувається порушення екологічної рівноваги загалом. Наприклад, знищення лісів, у яких міститься значний відсоток вуглецю наземних екосистем, значною мірою сприяє підвищенню рівня атмосферного діоксиду вуглецю, що впливає на зміну клімату.

Протягом останнього десятиліття з території України щороку потрапляє до атмосфери приблизно 200–300 Мт CO₂, що в перерахунок на вуглець становить 54,4–81,6 Мт. Частка України в глобальних викидах в атмосферу діоксиду вуглецю в 2017 р. становила близько 0,6 %. Щорічні викиди CO₂ в Україні та світі, починаючи з 2005 р., подані на **рис. 1**.

Як видно з лінії тренду, на відміну від світових

викидів, викиди CO₂ в Україні стабільно знижуються. Слід зауважити, що зменшення викидів діоксиду вуглецю в Україні протягом останніх років (з 2014 р.) частково відбулося внаслідок неврахування викидів з українських територій, окупованих Росією. В рамках Паризької угоди, яку Україна підписала однією з перших, країни зобов'язуються ставити перед собою цілі зі зниження викидів парникових газів, так звані національно визначені внески, та регулярно звітувати про їх досягнення. Згідно з першим національно визначеним внеском України в рамках Паризької угоди (представлений 19.09.2016 р.), плановий рівень викидів парникових газів у 2030 р. не повинен перевищити 60 % від рівня викидів парникових газів 1990 р. Викиди парникових газів в Україні 2012 р. становили 42,6 % від рівня 1990 р. [20]. Це означає, що навіть якщо Україна не змінить природозахисну політику і не вживатиме ніяких нових заходів, вона легко виконає свої зобов'язання на 2030 р.

Попри те, що згідно зі статистичними даними Україна ефективно знижує свої викиди CO₂, насправді таке зниження головним чином пов'язане зі скороченням ВВП країни. Коливання викидів здебільшого повторюють динаміку українського ВВП. Для ВВП України характерна висока карбоноінтенсивність. За даними Світового банку найнижча карбоноінтенсивність ВВП Швейцарії (якщо не враховувати кілька найменш розвинених країн світу), а одна з найвищих в Україні, Росії, Китаї, Казахстані, ПАР і Туркменістані. В Україні у 2016 р. карбоноінтенсивність ВВП ста-

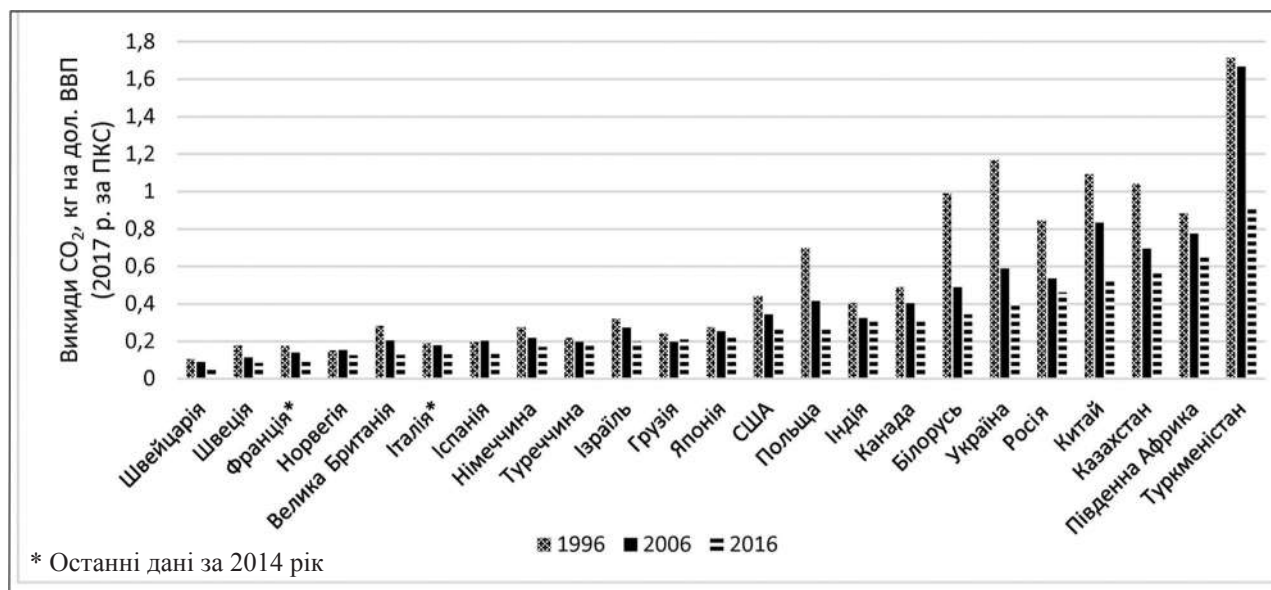


Рис. 2. Карбоноінтенсивність ВВП деяких країн світу

Джерело: побудовано на основі даних Світового банку (<https://data.worldbank.org>)

новила 0,41 кг викидів CO_2 на 1 дол. США ВВП, водночас середньосвітове значення 2014 р. становило близько 0,33 кг (рис. 2).

Хоча загальні викиди CO_2 в Україні стабільно скорочуються, питання про секвестрацію нашими ґрунтами викидів CO_2 актуальне через високу карбоноінтенсивність ВВП. Окрім того, наша країна може зробити внесок у зменшення світового приросту діоксиду карбону, водночас поліпшивши стан своїх ґрунтів і екологізувавши виробництво. Тому немає підстав залишати все як є, базуючись на статистиці зменшення загальних обсягів викидів CO_2 , натомість необхідно здійснювати заходи з екологізації економіки. Це дасть можливість безпечно, без загрози для довкілля, нарощувати економічну потужність.

Важливою складовою економіки України є сільське господарство. Внаслідок підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом значно зросли обсяги як виробництва, так і експорту сільськогосподарської продукції. У структурі сільського господарства України переважає сектор рослинництва, а частка тваринництва постійно скорочується. Особливо помітний спад спостерігається у найбільшій галузі тваринництва – розведенні великої рогатої худоби, що призвело до зменшення продукування органічних добрив.

Сільське господарство є також значним джерелом викидів парникових газів. Частка сільського

господарства в загальних викидах парникових газів становила 12,1 % у 2017 р. Основними джерелами викидів у сільськогосподарському секторі є ентеролітичне бродіння (CH_4) – 22,1 % та сільськогосподарські ґрунти – 71,0 %. У цьому секторі простежується стабільне зменшення викидів: на 53,3 % порівняно з 1990 р. та на 2,4 % порівняно з 2016 р. [21]. Діоксид карбону становить основну частку викидів парникових газів у сільському господарстві – 55,4 % (680,74 кт) [22]. За оцінками А.В. Кучера, найбільші викиди CO_2 екв. парникових газів із чорноземів, включно із викидами від спалювання палива, з-поміж досліджуваних ним способів основного обробітку ґрунту спричиняє оранка (693 кг/га), потім – дискування (645 кг/га), культивування (638 кг/га) і найменші – прямиї посів (634 кг CO_2 екв./га) [23].

Секвестрація вуглецю в Україні у сфері землекористування та лісового господарства в 2017 р. скоротилася на 82,5 % порівняно з 1990 р. і становила 10,4 Мт, проте порівняно з 2013–2016 рр. дещо зросла [21]. Секвестрація вуглецю в категорії «Землекористування, зміни у землекористуванні та лісове господарство» 2017 р. становила 10,5 Мт (таблиця 1), водночас загальні викиди CO_2 в Україні становили 223,2 Мт [21]. Тож сектор «Землекористування, зміни у землекористуванні та лісове господарство» поглинає тільки незначну частку викидів CO_2 в країні. З іншого боку, сільськогосподарські угіддя сумарно вики-

дають 680,74 кт CO₂ [22], що істотно менше ніж поглинання. Це свідчить не лише про вивільнення вуглецю з ґрунту внаслідок його сільськогосподарської обробки, а й про можливість секвестрації вуглецю, що власне і є метою ініціативи «4 per 1000».

Відновлення рівня органічної речовини в ґрунті потребує розуміння екологічних процесів, важливих для її збереження. Застосовуючи відповідні методи, можна значною мірою відновити функції наземних екосистем. Серед найпоширеніших заходів збільшення кількості органічного вуглецю в ґрунті, підвищення продуктивності ґрунтів і зменшення викидів парникових газів від обробки ґрунту можна назвати такі:

- вирощування сільськогосподарських культур, які мають найвищу урожайність у певних ґрунтових і кліматичних умовах, що створює найбільшу кількість продуктів харчування з найменшими витратами паливно-мастильних матеріалів, добрив і пестицидів;

- проведення сівозмін, що збільшує накопичення ґрунтової органічної речовини та зменшує ерозію ґрунту;

- зменшення обробки ґрунту, що знижує кількість викидів парникових газів від зрушення ґрунту та зменшує споживання енергії (проте метод «нульового» обробки землі (*no-till*) може потребувати використання більших обсягів гербіцидів);

- внесення органічних добрив, що збільшує кількість ґрунтового органічного вуглецю, інтенсифікує ґрунтоутворний процес, зменшує забрудненість ґрунту синтетичними добривами;

- висаджування та збереження наявних лісозахисних смуг між полями з сільськогосподарськими культурами, що зменшує вітрову ерозію ґрунту, зокрема в степових регіонах, та сприяє збереженню вологи;

- використання покривних культур або сидератів, що збільшує накопичення вуглецю у ґрунті, зменшує поверхневий стік і, отже, винесення поживних речовин;

- консервація порушених і деградованих ґрунтів, що сприяє їхньому відновленню і, відповідно, накопиченню в них органічного вуглецю;

- впровадження органічного сільського господарства як системи виробництва, що дає змогу зберігати здоров'я ґрунтів, екосистем і людей;

- дотримання законодавства щодо збереження прибережних буферних зон, які сприяють збере-

женню вуглецю в рослинах і ґрунтах, зменшують поверхневий стік, зберігаючи поживні речовини в ґрунтах і покращують якість води;

- вирощування харчових, кормових або спеціальних культур між рядами дерев чи кущів (*alley cropping*), що збільшує секвестрацію вуглецю в деревах і кущах та зменшує стік та ерозію;

- нормоване помірне випасання тварин, що дає можливість уникнути надмірного ущільнення ґрунту та зменшення біорізноманіття, підвищує біопродуктивність пасовищ і запобігає деградації ґрунту;

- висаджування лісу або чагарників у кормових угіддях (випас у лісі), що збільшує секвестрацію вуглецю в рослинах;

- формування структури агроландшафтів на принципах і положеннях контурно-меліоративної організації сільськогосподарських угідь.

За оптимальних методів управління можна досягти зростання вмісту вуглецю в ґрунтах на 4 % або навіть вище. Для ґрунтів з низьким початковим запасом вуглецю, а також у перші двадцять років після впровадження відповідних заходів на ґрунтах можна досягти високих коефіцієнтів секвестрації ними вуглецю (до 10 %). Проте землі, які досягли рівноваги, не можуть надалі збільшити секвестрацію вуглецю. Величина зростання секвестрації вуглецю 4 % базується на обчисленні запасу *SOC* в усіх ґрунтах світу всього ґрунтового профілю (за даними: <https://www.4p1000.org/>).

Таблиця 1

Викиди та поглинання CO₂ в Україні за категорією «Землекористування, зміни у землекористуванні та лісове господарство» (2017 р.)

Джерела викидів і категорії поглинання CO ₂	Чисті викиди/поглинання CO ₂ , кт
Загалом за категорією	-10521,62
Лісові угіддя	-51193,28
Сільськогосподарські угіддя	39601,83
Пасовища	-451,62
Водно-болотні угіддя	201,95
Поселення (землі, переведені під поселення)	765,30
Інші землі (землі, переведені в цю категорію)	247,76
Заготовлена деревна продукція	306,45

Джерело: складено на основі даних [21]

Разом з тим практика свідчить, що потенціал збільшення *SOC* є лише на оброблюваних сільськогосподарських землях. Д. Боссіо та ін. [24] підрахували, що 25 % потенціалу секвестрації вуглецю з атмосфери природними способами належить ґрунтам. За умов збереження існуючого ґрунтового вуглецю можна забезпечити 40% цього потенціалу, а решта 60 % – шляхом відновлення виснажених запасів. Ґрунти лісів здатні секвеструвати 9 % загальної секвестрації вуглецю лісами, ґрунти заболочених земель – 72 %, ґрунти сільськогосподарських земель – 47 % від загальної секвестрації цими угіддями [24].

У 2018 р. Координаційна рада з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням в Україні схвалила пропозиції Національної академії аграрних наук України стосовно добровільного національного завдання щодо досягнення нейтрального рівня деградації земель за напрямом «Підтримання вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунтах» [25], тобто до 2020 р. досягти стабільного рівня вмісту гумусу в ґрунтах, а до 2030 р. – його збільшення в середньому на 0,1 %. За вихідні показники взято вміст органічної речовини (гумусу) в ґрунтах станом на 2010 р., на основі чого в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» було створено цифрову карту запасів ґрунтового органічного карбону в шарі 0–30 см [7, 26].

На основі даних, поданих Балюком С.А. та ін. [2], ми підрахували середні запаси ґрунтового

органічного карбону (*SOC*) в різного типу ґрунтах України (таблиця 2). Фахівці ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» оцінюють загальні запаси органічного вуглецю в ґрунтах України у 7 Гт [2].

Загальною тенденцією минулого століття в ґрунтах України було зниження вмісту органічної речовини (гумусу). В.В. Медведєв розглядає тенденції зміни вмісту гумусу в ґрунтах України за понад сто років. З кінця XIX ст. до 60–70-х рр. XX ст. кількість гумусу постійно знижувалася, однак з 90-х рр. XX ст. простежується його стабілізація, що пов'язано з досягненням простого відтворення родючості ґрунтів [8]. Надалі можна досягти стабілізації наявного вмісту гумусу або навіть його зростання за умови проведення відповідних заходів. Проте можливий і негативний сценарій, якщо не відбуватиметься позитивних зрушень в аграрній сфері. Ці зміни повинні базуватися на врахуванні всього спектру як природних, так і соціально-економічних умов.

З метою збільшення накопичення *SOC* у ґрунтах України необхідно розвивати гумусозберігаючі технології сільськогосподарського виробництва. У цьому контексті важливе значення має розвиток тваринництва. Перевагу слід надавати органічному тваринництву, яке постачає повноцінне якісне та безпечне органічне добриво. Органічне скотарство споживає найрізноманітніші та недорогі корми, виробництво яких не виснажує надмірно ґрунт, і забезпечує населення цінними продуктами харчування. Водночас воно дає землеробству найбільшу кількість органічних добрив, внесення яких сприяє накопиченню ґрунтового органічного карбону, активізує мікробіологічні процеси, поліпшує структуру ґрунту, що загалом підвищує ґрунтову родючість. Проте упродовж останніх років в Україні відбувається катастрофічне зменшення поголів'я великої рогатої худоби, що негативно позначається на внесенні в ґрунт органічних добрив, насамперед гною, що чітко прослідковується на **рис. 3**.

Водночас значна частина органічної речовини втрачається внаслідок ерозії ґрунтів. Еродовані ґрунти є менш продуктивними, на них виростає значно менше рослин, які можуть поглинати вуглець, збагачуючи ним ґрунт і зменшуючи його кількість в атмосфері. Навіть невеликі зміни ґрунтової органічної речовини чинять масштабний вплив як на продуктивність сільського господарства, так і на баланс парникових газів.

Таблиця 2
Запаси ґрунтового органічного карбону в основних типах ґрунтів України

Типи ґрунтів	Площа ґрунтів, млн га	Запаси <i>SOC</i> в профілі, т/га	Загальні запаси <i>SOC</i> в ґрунтах України (середні значення), Мт
Чорноземи:			
звичайні	10,5	116–319	2 283,75
типові	5,8	174–348	1 513,80
південні	3,6	116–145	469,80
опідзолені	3,4	128–203	562,70
Чорноземно-лучні	2,0	209–418	627,00
Сірі лісові	4,3	58–133	410,65
Дерново-підзолисті	3,9	87–162	485,55

Джерело: складено на основі даних [2]

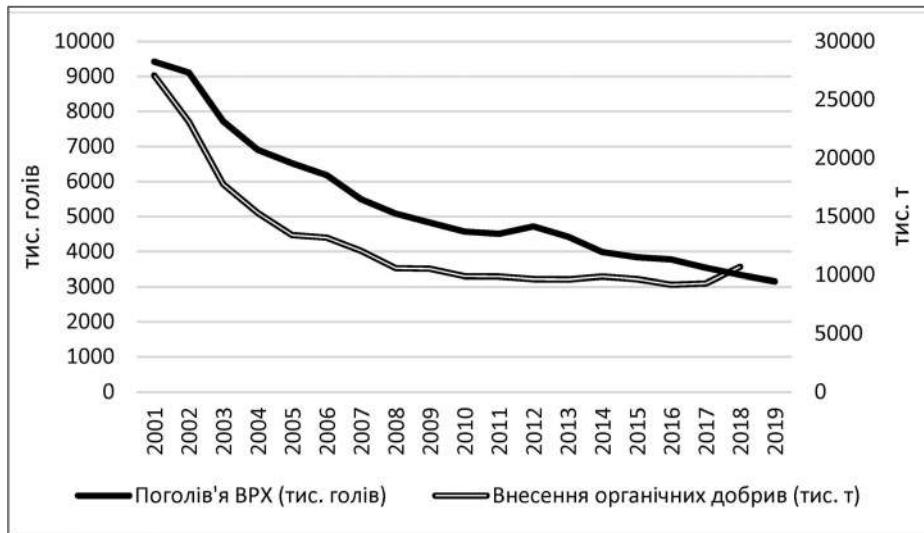


Рис. 3. Динаміка поголів'я ВРХ та внесення органічних добрив в Україні
Джерело: побудовано на основі даних Державної служби статистики України
[<http://www.ukrstat.gov.ua>]

За даними міжурядової групи експертів з питань змін клімату у спеціальній доповіді «Зміни клімату і земля» (*Climate Change and Land*) еродовані сільськогосподарські ґрунти руйнуються в 10–20, а то й 100 разів швидше, ніж відбувається процес ґрунтоутворення [27]. Водночас середня вартість протиерозійних заходів становить 500 доларів за 1 га, а ціна відновлення та реконструкції земель становить близько 1500–2000 доларів за 1 га [28]. Зміна клімату може прискорювати ерозію, отже ризик ерозії зростатиме. Відсутність заходів із уникнення чи зменшення ерозії ґрунтів і відновлення екосистеми загрожує довготривалими наслідками, зокрема швидким зниженням продуктивності сільськогосподарських земель. Саме деградовані ґрунти найбільше потребують відновлювальних заходів, і вони ж мають найбільший потенціал для збільшення кількості органічного вуглецю. З посиленням змін клімату зменшується потенціал для накопичення ґрунтового органічного вуглецю. В умовах України комплексне проведення заходів зі збереження і раціонального використання вологи та меліоративних заходів дасть змогу мінімізувати негативний вплив глобального потепління і періодичних посух на стабільність землеробства та одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур [3].

З кількістю органічного вуглецю тісно корелює продуктивність ґрунтів, тому виснаження його запасів чинить масштабний вплив на всю еколого-економічну систему. Збереження ґрунтів, багатих органічним вуглецем, відновлення та по-

кращення деградованих сільськогосподарських угідь, збільшення кількості органічного вуглецю в ґрунтах відіграють важливу роль у вирішенні проблеми продовольчої безпеки, адаптації землеробства та людей до змін клімату, пом'якшенні наслідків зростання викидів парникових газів. Стале ґрунтокористування сприятиме зменшенню території з проявами негативних наслідків впливу численних стресових чинників, зокрема змін клімату, на екосистеми та суспільство загалом.

Висновки

Україна має значні перспективи у рамках ініціативи «4 per 1000». Шляхи реалізації цього потенціалу лежать у двох площинах: перша – збереження наявних запасів вуглецю в ґрунтах, друга – відновлення кількості органічного вуглецю в ґрунтах і сприяння його подальшому накопиченню. Заходи в рамках першої площини стосуються насамперед ґрунтів, які перебувають у рівновазі та не можуть далі збільшувати запаси органічного карбону. Тут необхідно застосовувати сталі сільськогосподарські практики, кліматично оптимізовані технології землеробства, вживати заходи із запобігання деградації ґрунтів, запровадити ефективну систему правового захисту ґрунтів (зокрема завершити розробку нового проекту Закону України «Про збереження ґрунтів та охорону їх родючості» та прийняти його). В Україні малопродуктивні та деградовані ґрунти займають 15 млн га, що становить понад 35 % від площі земель сільськогосподарського призначення.

Саме деградовані ґрунти є основним резервуаром секвестрації вуглецю, збільшення якої сприятиме зростанню родючості земель, стійкості сільськогосподарства до змін клімату та загальному покращенню еколого-економічної ситуації. Деякі заходи універсальні, інші ж потрібно застосовувати, зважаючи на регіональні особливості та еколого-економічну доцільність.

Виконання заходів зі збереження та накопичення *SOC* сприятиме збільшенню біологічної продуктивності сільськогосподарських ґрунтів, відповідно зросте урожайність вирощуваних

культур, що позитивно позначиться на забезпеченні людей продуктами харчування.

Отже, відновлення ґрунтів сприятиме поліпшенню як екологічної ситуації в Україні, так і добробуту населення. Ґрунти України придатні для забезпечення зростання вмісту в них органічного карбону на 4 %, компенсуючи в такий спосіб приріст антропогенних викидів в атмосферу. Імплементация ініціативи «4 per 1000» в Україні може бути одним з інструментів стримування зростання кількості парникових газів в атмосфері та водночас зростання продуктивності сільськогосподарських земель і екологізації економіки.

References [Література]:

1. *Food security and climate change: "4 per 1000" initiative new tangible global challenges for the soil* (2019). Conference report. Poitiers, France 18-20 Jun 2019. URL: <https://symposium.inra.fr/4p1000>
2. Baliuk S. A., Medvediev V. V., Kucher A. V., Solovej V. B., Levin A. Ja., Kolmaz Ju. T. (2017). Control over organic carbon of soil in a context of food safety and climate fluctuation. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 11-18. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201709-02> [In Ukrainian].
[Балюк С. А., Медведєв В. В., Кучер А. В., Соловей В. Б., Левін А. Я., Колмаз Ю. Т. Управління органічним вуглецем ґрунту в контексті продовольчої безпеки й змін клімату // Вісник аграрної науки. 2017. № 9. С. 11-18]. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201709-02>
3. Petrychenko V. F., Balyuk S. A., Nosko B. S. (2013). Increasing of the agriculture sustainability in the context of global warming. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 5–12. [In Ukrainian].
[Петриченко В. Ф., Балюк С. А., Носко Б. С. Підвищення стійкості землеробства в умовах глобального потепління // Вісник аграрної науки. 2013. № 9. С. 5-12.]
4. Lal R. (2009). Sequestering atmospheric carbon dioxide. *Critical Reviews in Plant Science*. Vol.28. Iss3, 90-96 .DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680902782711>
5. Ontl T. A., Schulte L. A. (2012). Soil Carbon Storage. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 35. URL: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/soil-carbon-storage-84223790/>
6. Sulaeman D., Westhoff T. (2020). The Causes and Effects of Soil Erosion, and how to Prevent it. URL: <https://www.wri.org/blog/2020/01/causes-effects-how-to-prevent-soil-erosion>
7. Baliuk S. A., Kucher A. V. (2019). Spatial features of the soil cover as the basis for sustainable soil management. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 3-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003> [In Ukrainian].
[Балюк С. А., Кучер А. В. Просторові особливості ґрунтового покриву як основа сталого управління ґрунтами // Укр. геогр. журн. 2019. № 3. С. 3-14. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003>]
8. Medvedev V. V. (2015). *Soil agronomic and environmental physics*. Kharkiv, 312 p. [In Russian].
[Медведєв В. В. Агро- и экофизика почв. Харьков. 2015. 312 с.]
9. Pozniak S. P., Havrysh N. S. (2019). The role of soils in social development of society. *Ukrainian geographical journal*, 2, 57-61. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.02.057> [In Ukrainian].
[Позняк С. П., Гавриш Н. С. Роль ґрунтів у розвитку суспільства // Укр. геогр. журн. 2019. № 2. С. 57-61. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.02.057>]
10. Tarariko O. H., Iliencko T. V., Kuchma T. L. (2016). Sustainable land use management and soil conservation: urgency and challenges in modern conditions. *Ukrainian geographical journal*, 3, 56-60. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.03.056> [In Ukrainian].
[Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Формування сталих систем землекористування та охорони ґрунтів: актуальність та проблеми у сучасних умовах // Укр. геогр. журн. 2016. № 3. С. 56-60. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2016.03.056>]
11. Sidenko V. R., Veklych O. O. (eds.) (2016). *Ukraine and the policy of counteraction to climate change: the economic aspect*. Analytical report. Kyiv, 208 p. [In Ukrainian].
[Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект / Аналітична доповідь. За заг. редакцією В. Р. Сіденка та О. О. Веклич. Київ. 2016. 208 с.]
12. Hrabynskiy I., Horin N., Ukrayinets L. (2017). Barriers and Drivers to Eco-innovation: Comparative Analysis of Germany, Poland and Ukraine. *Economic and Managerial Spectrum*. Vol. 11. Iss. 1, 13-24. DOI: 10.26552/ems.2017.1.13-24

13. Hnatyshyn M. (2016). Decomposition of carbon dioxide and sulphur oxides emissions intensity change in the European Union. *Ekonomia. Rynek, Gospodarka, Społeczeństwo*. Vol. 44, 31-50. DOI: 10.17451/eko/44/2016/144
14. Nechyporenko O. M. (2016). Status and prospects of the Ukrainian economy's agricultural sector adaptation to global climate changes. *Ekonomist, 11*, 10-14. [In Ukrainian].
[Нечипоренко О. М. Стан та перспективи адаптації аграрного сектору економіки. України до глобальних змін клімату // Економіст. 2016. № 11. С. 10–14]
15. Novakovskyi L. Ya., Novakovska I. O., Bredikhin O. O., Stetsiuk M. P., Skrypnyk I. R. (2019). Municipalization of land management under conditions of power decentralization in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 2, 23-31. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.02.023> [In Ukrainian].
[Новаковський Л. Я., Новаковська І. О., Бредіхін О. О., Стецюк М. П., Скрипник І. Р. Муниципалізація землекористування в умовах децентралізації влади в Україні // Укр. геогр. журн. 2019. № 2. С. 23-31. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.02.0>]
16. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere sing Global Observations through 2006 (2007). *World Meteorological Organization. Greenhouse Gas Bulletin*, 3. URL: <https://public.wmo.int/en/resources/library/wmo-greenhouse-gas-bulletin>
17. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
18. National Inventory Submissions 2019. United Nations. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories-annex-i-parties/national-inventory-submissions-2019>
19. Jos G. J. Olivier, Jeroen A. H. W. Peters (2018). Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions. *Report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*. The Hague. 53 p. URL: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2018-trends-in-global-co2-and-total-greenhouse-gas-emissions-2018-report_3125_0.pdf
20. Intended Nationally-Determined Contribution (INDC) of Ukraine to a New Global Climate Agreement. NDC Registry. United Nations. URL: <https://www4.unfccc.int/sites/ndestaging/PublishedDocuments/Ukraine%20First/Ukraine%20First%20NDC.pdf>
21. Ukraine. 2019 National Inventory Report (NIR). URL: <https://unfccc.int/documents/195605>
22. Ukraine. 2019 Common Reporting Format (CRF) Table. URL: <https://unfccc.int/documents/195606>
23. Kucher A. (2016). Environmental and economic assessment of CO₂ emissions from soils under different levels of anthropogenic pressure. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific e-Journal*. Vol.2, 1, 45-64. DOI: <https://are-journal.com/index.php/are/article/view/21> [In Ukrainian].
[Кучер А. В. Еколого-економічна оцінка емісії CO₂ з ґрунтів за різних рівнів антропогенного навантаження // Agricultural and resource economics: international scientific e-journal. 2016. Vol. 2., № 1. С. 45-64. DOI: <https://are-journal.com/index.php/are/article/view/21>]
24. Bossio D. A., Cook-Patton S. C. Ellis P. W., Fargione J., Sanderman J., Smith P., Wood S. et al. (2020). The Role of Soil Carbon in Natural Climate Solutions. *Nature Sustainability*, 3, 391–398. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0491-z>
25. Protocol No. 1 meeting of the Coordinating council on combating land degradation and desertification (2018). Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine. URL: <https://menr.gov.ua/files/images/news/15062018/Протокол%20КР%20від%2004.05.18.pdf> [In Ukrainian].
[Протокол № 1 засідання Координаційної ради з питань боротьби з деградацією земель та опустелюванням. Міністерство екології та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/files/images/news/15062018/Протокол%20КР%20від%2004.05.18.pdf>]
26. Baliuk S. A., Bigun O. M. (2019). Structure of a database of national digital map of stores of organic carbon in soils of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 5-10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-01>
[Балюк С. А., Бігун О. М. Структура бази даних національної цифрової карти запасів органічного вуглецю у ґрунтах України // Вісник аграрної науки. 2019. № 4. С. 5-10. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-01>]
27. Climate Change and Land. IPCC Special Report. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/4.-SPM_Aproved_Microsite_FINAL.pdf
28. Sanz M. J., de Vente J., Chotte J.-L, Bernoux M., Kust G., Ruiz I., Almagro M., Alloz J.-A., Vallejo R., Castillo V., Hebe A., Akhtar-Schuster M. (2017). Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. *A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)*, Bonn, Germany. URL: https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-09/UNCCD_Report_SLM.pdf

Стаття надійшла до редакції 26.03.2020