

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 551.58 : 631.5

ЗМІНИ КЛІМАТУ — ГЛОБАЛЬНА ЕКОЛОГІЧНА І ПРОДОВОЛЬЧА ПРОБЛЕМА ЛЮДСТВА

О.С. Дем'янюк

кандидат сільськогосподарських наук
старший науковий співробітник
заступник директора з наукової роботи

Інститут агроекології і природокористування НААН

Наведено огляд та аналіз матеріалів міжнародних екологічних організацій та наукових досліджень із питань змін клімату. Проблема глобальних та регіональних змін параметрів кліматичної системи, як ніколи, стає актуальною у зв'язку з дедалі зростаючим впливом антропогенної діяльності, що спричинює підвищення концентрації CO₂ та інших парникових газів в атмосфері та як наслідок деградацію екосистем. У цьому контексті обговорюється вплив змін клімату на біорізноманіття екосистем і аграрне виробництво, що забезпечує продовольчу безпеку.

Ключові слова: зміна клімату, екологічний вплив, біорізноманіття, сільське господарство, продовольча безпека.

.....

Більшість глобальних екологічних катастроф для людства спричинено кризою ставлення суспільства до природи. Серед них особливо гострими є проблеми вичерпання природних ресурсів, деградації довкілля, перевищення рівня антропогенного навантаження на природу порівняно з можливостями екологічної ємності планети, що призводить до зміни параметрів її існування (Фурдичко, 2014).

Міжнародна політична спільнота і вчені, дослідники досягли глобального консенсусу в тому, що антропогенна діяльність стала визначальним чинником кліматичних змін — підвищення температури і рівня Світового океану, розширення лінії танення снігів і льодовиків, непередбачуваного характеру стихійних явищ, що викликає природні катаклізми (включаючи посухи, спеку, інтенсивність тропічних циклонів тощо) (Четверта оцінювальна доповідь МГЕЗК, 2007). Але існує певна невизначеність щодо характеру і тривалості наслідків, потенційних масштабів і витрат, необхідних для протидії змінам клімату або адаптації до них.

Нині клімат розглядається як особливо важливий природний ресурс, здатний приносити користь та вигоду країнам і народам там, де він сприятливий, і навпаки, збитки там, де він нестабільний та мінливий. Зміни клімату, що відбуваються, в майбутньому можуть призвести до перерозподілу цього важливого природного ресурсу серед різних країн і народів та спричинити конфлікт їхніх інтересів.

Наукові спостереження і моделювання майбутніх кліматичних змін свідчать про те,

що частота екстремальних кліматичних явищ постійно зростає. У доповіді, підготовленій офісом ООН зі зменшення небезпеки лих (явищ), повідомляється, що матеріальні втрати держав через кліматичні зміни склали близько 6 трлн дол. США.

Учені довели, що наслідки змін клімату матимуть значний вплив на економіку й забезпечення продовольством населення планети. Дані світової статистики свідчать, що період наростання продовольчого дефіциту збігається зі змінами клімату на планеті, а міжнародні експерти відзначають, що за останні 50 років світовий попит на продовольство збільшився майже в 4 рази. За прогнозами Продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО), обсяги споживання продовольства в світі зростуть до 2020 р. на 30%, що потребує підвищення виходу продукції сільського господарства з 1 га на 25% і збільшення виробництва продовольства на душу населення приблизно на 1% щорічно.

ФАО виділяє чотири основні компоненти продовольчої безпеки: наявність їжі, її доступність і обсяги споживання, а також стабільність систем виробництва харчових продуктів. Усі ці чотири компоненти чутливі до впливу клімату, проте найтісніше залежить від клімату і його змін проблема наявності їжі. Це стосується насамперед галузей рослинництва і тваринництва, а також продукції лісу та аквакультури як початкової ланки у виробництві продуктів харчування.

На глобальному і регіональному рівнях зміна клімату з початку ХХІ ст. стала беззапе-

речним фактом, який поставив перед державами, в тому числі Україною, низку надзвичайно важливих і складних завдань, пов'язаних із розробленням стратегії забезпечення свого збалансованого розвитку та успішного виживання на Землі в умовах, що змінюються. На 15-й сесії Конференції Сторін Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату (Данія, 2009) зазначалося, що настав час для того, щоб міжнародне співтовариство вжило заходів для вирішення проблеми змін клімату та підвищення продовольчої безпеки.

У першій частині П'ятого оцінювального звіту МГЕЗК (2013) на основі наукових розрахунків зазначалося, що діяльність людини з майже 100%-ою вірогідністю є причиною простежуваних змін клімату з середини ХХ ст., а деякі її прояви є «безпрецедентними» в останнє тисячоліття. Збільшення концентрації парникових газів в атмосфері з початку промислової революції в основному є результатом людської діяльності і значною мірою є причиною підвищення глобальної температури на планеті.

Концентрації діоксиду карбону (CO_2), метану (CH_4), та геміоксиду нітрогену (N_2O) в атмосфері підвищилися до рівнів, що є безпрецедентними за останні 800 років. Концентрація CO_2 в атмосфері підвищилася на 40% від доіндустріального рівня головним чином унаслідок спалювання викопного палива та зміни землекористування. За даними Всесвітньої метеорологічної організації (WMO), концентрація парникових газів в атмосфері останніми десятиріччями зростає такими темпами, які ще ніколи в природі не траплялися (табл. 1).

На 21 Конференції сторін Рамкової Конвенції ООН з питань зміни клімату COP 21 (2015) було схвалено «Паризьку угоду», яка стала новим всеохоплюючим договором країн світу, що закладає спільний курс до глобальної декарбонізації економіки до кінця століття. Цим документом устанавлюється довгострокова мета — до кінця століття досягти балансу між антропогенними викидами та природними по-

глиначами парникових газів; спільними діями усіх країн утримати глобальне потепління на рівні 2°C від доіндустріального рівня і докласти максимальних зусиль щодо утримання температури в межах $1,5^\circ\text{C}$ та ін.

Результатом змін клімату стала складна комбінація непередбачуваної мінливості навколишнього природного середовища, що є серйозним випробуванням стійкості й продуктивності як для екосистем, так і для агро-екосистем. Наслідки прогнозованого потепління можуть мати загрозливий екологічний вплив на екосистеми, зокрема на біорізноманіття (Дідух, 2009; Патика та ін., 2014; Швиденко та ін., 2014; Bellard et al., 2012; Cardinale et al., 2012).

Численним формам життя на Землі постійно доводилося пристосовуватися до змін клімату. Необхідність адаптації до нових режимів температури і опадів головним чином визначала ті еволюційні зміни, які призвели до появи сучасних видів біоти (рослин і тварин). Коливання параметрів клімату зазвичай не перешкоджає виживанню екосистем і збереженню їхніх функцій. Проте, згідно з результатами доповіді Міжнародної програми «Оцінка екосистем на порозі тисячоліття» (2005), зміна клімату є однією з найсерйозніших загроз для біологічного різноманіття нашої планети. Зіставлення динаміки зміни глобальної температури та індексу живої планети в часі за 1970–2005 рр. показало (рис. 1), що тренд температури земної кулі позитивний, тренд індексу живої планети від'ємний і між ними відмічається висока кореляція ($r = -0,60$) (Орлеанская, 2011).

Існує декілька причин, через які рослинам і тваринам складніше пристосовуватися до глобального потепління. Одна з них — надзвичайно стрімкі темпи змін, що відбуваються. Багато видів біоти просто не зможуть досить швидко адаптуватися до таких нових умов або переміститися в райони, найбільш сприятливі для їх виживання. Чужорідні види, які навмисно чи ненавмисно переміщуються з одних регіонів в

Таблиця 1

Середньомісячна глобальна концентрація основних парникових газів в атмосфері за даними WMO

Показник	CO_2 (ppm)	CH_4 (ppb)	N_2O (ppb)
2014 р.	397,7±0,1	1833±1	327,1±0,1
Збільшення в 2014 р. порівняно з 1750 р.,%	143	254	121
Абсолютне збільшення в 2014 р. до 2013 р.	1,9	9	1,1
Збільшення в 2014 р. до 2013 р.,%	0,48	0,49	0,34
Середньорічне абсолютне збільшення за останні 10 років	2,06	4,7	0,87

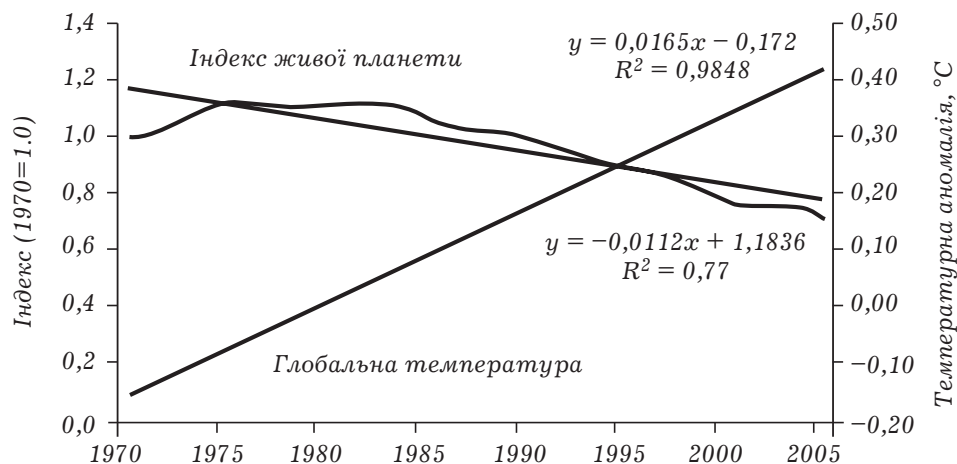


Рис. 1. Розподіл аномалій глобальної температури та індексу живої планети за 1970–2005 рр.

Джерело: Орлеанская, 2011.

інші, стають конкурентами, хижаками або паразитами для аборигенних видів, призводячи до скорочення багатьох популяцій останніх. Важливо також зазначити, що антропогенна діяльність у різних проявах (зміна ландшафтів, басейнів річок та океанів світу тощо), а також забруднення довкілля, інтродукція чужорідних інвазивних видів і надмірний промисел у результаті полювання або рибальства, може знизити відновлювальну здатність екосистем.

Вплив змін клімату на видовий компонент біорізноманіття проявляється в зміні поширення, прискоренні темпів зникнення, зміні закономірностей розмноження і тривалості вегетаційного періоду рослин. Деякі види, які перебувають під загрозою зникнення, особливо уразливі до наслідків зміни клімату (Джоглаф, 2007). Тому, особливо в цьому відношенні, необхідно враховувати ризики, пов'язані зі зміною клімату, деградацією та опустелюванням, виснаженням родючості ґрунтів, а також збереженням зонального ландшафтного біорізноманіття тощо.

Україна є стороною трьох базових Конвенцій: Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату, про боротьбу з опустелюванням і про охорону біологічного різноманіття, а також взяла на себе зобов'язання виконувати принципи й положення цих конвенцій, більшість із яких стосується і агросфери (Тараріко та ін., 2015).

Ґрунт і ґрунтовий покрив є свідками та індикаторами глобальних змін клімату (Рожков, 2009). А за процесами, що відбуваються в ґрунті, можна судити про майбутні глобальні зміни клімату. Режим температури й вологості, газовий склад і біотичні параметри ґрунту в біотопі найшвидше змінюються під впливом клімату (Кудеяров и др., 2009).

Дослідження впливу клімату на ґрунтоутворювальні процеси та властивості ґрунту проводилися з часів робіт В. Докучаєва, однак і досі залишається багато аспектів до кінця не з'ясованих. Але при цьому варто враховувати, що ґрунти є невідновлюваним ресурсом, а процес їхньої регенерації надзвичайно повільний і потребує значних витрат матеріальних і енергетичних ресурсів (Тараріко та ін., 2015).

Не зважаючи на те, що Україна не входить до переліку найуразливіших щодо глобального потепління регіонів нашої планети, однак наслідки змін клімату стають дедалі відчутнішими. Широкомасштабні дослідження клімату України свідчать, що протягом останніх десятиліть температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми (усередненого значення за 1961–1990 рр.) (Адаменко, 2014; Бабіченко та ін., 2007; Балабух, 2012; Осадчий та ін., 2013; Шевченко та ін., 2014).

За даними Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, впродовж останніх 20 років в Україні середня температура літнього періоду підвищилася на 0,8–1,5°C, а середня температура січня та лютого — майже на 2,5°C, що спричинило зміни в ритмі сезонних явищ, частоті та силі екстремальних погодних умов. Наприклад, аномальна спека в 2006, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015 роках, рекордні снігопади на заході та в центральній частині країни в березні 2013 р. тощо (Адаменко, 2014; Бабіченко та ін., 2007; Балабух, 2012; Осадчий та ін., 2013; Шевченко та ін., 2014).

Поряд з цим спостерігаються зміни екстремальних (максимальної та мінімальної) температур. Мінімальна температура підвищилася в переважній більшості місяців та загалом за

рік. У віковому ході максимальної температури в зимові місяці, особливо в січні, визначилася тенденція до її зростання. У літні місяці та за рік загалом тенденція до змін максимальної температури за трендом незначуща, але останніми роками максимальна температура підвищується (Кульбіда та ін., 2013).

Кількість атмосферних опадів на території України змінилася несуттєво, проте помітні зміни в інтенсивності та характері їх випадання. Підвищення температури повітря та нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий, локальний характер у теплий період і не забезпечують ефективного накопичення вологи в ґрунті, може спричинити зростання повторюваності та інтенсивності посух (Балабух, 2012; Степаненко та ін., 2011; 2014).

За С. Степаненком із колегами (2014), враховуючи те, що чинник вологозабезпеченості є визначальним для отримання стабільних та високих урожаїв сільськогосподарських культур, було зроблено аналіз сучасної динаміки режиму опадів та її оцінювання на найближчі 10–20 років і подальше майбутнє за сценаріями зміни клімату. Було встановлено, що істотних змін кількості опадів за рік у II базовому періоді (1986–2005 рр.) порівняно з I базовим (1961–1990 рр.) не спостерігалось. Загалом за рік на території України як у базовий, так і в розрахунковий прогностичний період 2011–2030 рр., за різними сценаріями змін клімату, очікується зменшення кількості опадів у напрямку з північного заходу на південний схід.

У працях академіка В. Лялька наведено важливий аспект проблеми змін клімату — зміни в географічному поширенні екосистем. Запропоновано використовувати індекс посухи, розрахований за даними сенсора MODIS із супутника TERRA, для виявлення можливого просторового зміщення екосистем та їх прогнозування в майбутньому в межах існуючих ландшафтно-кліматичних зон України під впливом подальшого глобального й регіонального потепління, а отримані результати можуть бути підґрунтям для оперативного розроблення адаптаційних заходів у природокористуванні (Лялька та ін., 2014; 2015).

Для України вже нині на основі аналізу тренду багаторічних кліматичних показників можна впевнено стверджувати про зміщення меж природно-кліматичних зон (Адаменко, 2014; Бойченко та ін., 2004; Гродзинський, 2008; Іващенко та ін., 2011; Тараріко та ін., 2013; 2015), що впливає на продуктивність агровиробництва та змушує швидкими темпами змінювати його спеціалізацію. Адже зміни агрокліматичних чинників, у тому числі температури повітря й

опадів, мають вплив на фізіологічні особливості росту й розвитку культурних рослин і тварин, на розвиток і появу нових видів шкідників та хвороб, зміщення термінів проведення певних технологічних заходів/операцій тощо (Адаменко, 2014; Панасюк, 2015).

Зміни клімату — надзвичайно актуальна проблема для аграрної науки та сільськогосподарського виробництва України (Іващенко та ін., 2011; Фурдичко, 2014, Тараріко, 2015). На фоні зростання глобального попиту на продовольство в багатьох розвинених країнах підвищення продуктивності агроєкосистем наблизилось до максимуму, що дає підстави прогнозувати зменшення темпу нарощування виробництва продовольства, а клімат стає одним із визначальних чинників ефективності аграрного виробництва. В цих умовах зростає значення АПК України як глобального експортера зерна, який може за короткі терміни суттєво наростити виробництво якісного продовольства, але за умови своєчасної адаптації всіх галузей аграрного виробництва до змін клімату, а також удосконалення структури агроландшафтів і систем землекористування, зокрема з метою збереження природних ресурсів (земельних, біологічних, водних) агроєкосистем та відповідності міжнародним вимогам і стандартам.

За оцінками міжнародних експертів, 65–70% втрат, пов'язаних з несприятливими погодними і кліматичними умовами, припадає на сільське господарство (Логоинов и др., 2005). Українські фахівці зробили розрахунки щорічних втрат зерна через несприятливі погодні умови, за яких верхня межа середньорічного рівня втрат від несприятливих погодних умов становить 7174 млн грн (Кульбіда та ін., 2013).

Зміна клімату може впливати на сільське господарство різними шляхами. За межами певного діапазону температура потепління, як правило, призводить до зниження врожайності, оскільки розвиток сільськогосподарських культур прискорюється, і в процесі цього скорочується обсяг виробленого зерна. Крім того, більш високі температури порушують здатність рослин отримувати та ефективно використовувати вологу. Випаровування з ґрунту прискорюється при підвищенні температури і збільшенні транспірації. Але одна з головних причин зміни клімату — викиди карбону — може позитивно впливати на сільське господарство завдяки прискоренню фотосинтезу багатьох важливих сільськогосподарських культур (так звані культури типу С3 — пшениця, рис, соя та ін.) (Клайн, 2008).

Охорону ґрунтового покриву від деградації необхідно розглядати, з одного боку, як

чинник, що забезпечує збереження природно-енергетичного потенціалу агроєкосистем, а з другого — як елемент, що може в умовах змін клімату опосередковано сприяти підвищенню ефективності використання вологи та депонуванню карбону в ґрунтовому середовищі, тобто зменшувати його емісію в атмосферу, що є одним з чинників адаптації аграрного виробництва до кліматичних змін. У цьому відношенні особливої уваги потребують ерозійно небезпечні території, де спостерігаються неконтрольовані втрати найбільш родючої частини ґрунту — органічної речовини, тобто карбону, біогенних елементів та вологи на поверхневий стік. У результаті ерозійних процесів руйнується верхній шар ґрунту, що спочатку сприяє вивільненню CO_2 , який міститься в поровому і міжпоровому просторах, а далі розвивається більш тривалий процес — мінералізація органічної речовини, що також супроводжується емісією CO_2 в атмосферу.

Крім того, саме аграрне виробництво значною мірою впливає на зміни клімату через емісію парникових газів — близько 15% їхніх світових обсягів припадає саме на сільське господарство. Виробництво продукції тваринництва та рослинництва є одним із значних джерел викидів парникових газів, що зумовлено емісією діоксиду карбону, метану й геніюксиду нітрогену. Якщо враховувати вирубку лісів, у чому сільське господарство відіграє провідну роль, то його частка в загальних викидах парникових газів зростає до 30%.

Агроценози є системами з найбільш динамічними балансом органічної речовини. Втрата карбону в орних ґрунтах при нераціональному використанні перетворює агроєкосистеми на джерело парникового газу — діоксиду карбону, а підвищення продуктивності агроценозів або відновлення багаторічної рослинності на орних ґрунтах сприяє зв'язуванню атмосферного CO_2 і тим самим пом'якшенню парникового ефекту (Ларионова і др., 2010).

Діоксид карбону атмосфери приблизно на 80–90% має ґрунтове походження, а серед потоків CO_2 , що надходять до атмосфери, емісія з поверхні ґрунту є однією з найпотужніших. Визначальним чинником істотного порушення балансу депонованого карбону в ґрунті та атмосфері при веденні агровиробництва є обробіток ґрунту (зокрема глибока оранка), незбалансоване застосування мінеральних добрив, порушення структури сівозміни тощо, які призводять до негативного впливу на ґрунтову біоту, що знижує екологічну стійкість і продуктивність агроєкосистем та родючість ґрунту. Органічні добрива мають виключно особливе значення для відтворення родючості

ґрунту з огляду на те, що вони є необхідним компонентом відтворення гумусного стану та регулятором мікробіологічних процесів, а використання різних їх видів змінює емісію CO_2 в атмосферу.

Продуктивність агроєкосистем напряму залежить від агрокліматичних чинників. Ця залежність особливо проявляється за несприятливих погодних явищ (посуха, згубні заморозки, повені тощо) та за екстенсивного ведення сільського господарства. Це стосується й виробництва продукції рослинництва за використання органічних технологій, де частка впливу погодних умов вегетаційного періоду становить близько 70%.

Мінливість агрометеорологічних чинників за роками і територією зумовлює значні зміни рівня врожайності, а використання агрометеорологічних ресурсів у виробничих умовах здебільшого в нашій державі не перевищує 40–60% (Тараріко, 2006; Тараріко та ін., 2008). Наприклад, у ЄС існує програма CGMS, яка включає збирання, оброблення та аналіз точної метеорологічної інформації, моделювання агрометеорологічних параметрів, аналіз супутникової інформації, статистичний аналіз і прогноз. Вона є складовою системи моніторингу посівів MARS-STAT, що ґрунтується на наземних і супутникових спостереженнях для оцінювання продовольчої безпеки в Європі, та проекту MARS-FOOD для підтримки політики ЄС у сфері продовольчої допомоги.

Вітчизняні дослідники стверджують, що зміни клімату спричинюють зміни агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур (Тараріко та ін., 2013; 2015). Тому питання наукового забезпечення мінімізації, або пом'якшення наслідків змін клімату, та адаптації аграрного виробництва до цих змін має бути пріоритетним для аграрної науки. Це насамперед адаптація стану ресурсів агросфери і технологій виробництва сільськогосподарської продукції до очікуваних змін клімату, що є основою продовольчої безпеки держави й забезпечення якості життя населення.

Водночас, власне, сільське господарство може сприяти і зменшенню негативного впливу господарської діяльності на зміни клімату. Сукупно на частку сільського господарства, лісового господарства та змін у землекористуванні припадає близько 1/5 обсягу глобальних викидів парникових газів. Зокрема, сільське господарство істотно впливає на поглинання карбону в ґрунті та викиди діоксиду карбону внаслідок змін у землекористуванні (в разі зменшення частки гумусу в ґрунті внаслідок нераціонального використання землі, підви-

щення рівня розораності земель, переведення лісових угідь у сільськогосподарські). Значна частина викидів метану й геніюксиду нітрогену є результатом застосовуваних агротехнологій. Тому роль сільського господарства в пом'якшенні наслідків зміни клімату залежатиме від удосконалення управління циклами карбону й нітрогену в сільському господарстві. Перспективними напрямками скорочення викидів парникових газів є реабілітація виснажених орних земель і пасовищ; поліпшення кормової бази в тваринництві та генетики жуйної худоби; вдосконалення технологій заготівлі та зберігання компосту і виробництво з нього біогазу. Такі заходи дадуть змогу не лише знизити викиди парникових газів, й підвищити продуктивність використання природних ресурсів.

Обсяги втрат карбону внаслідок поточної та минулої антропогенної діяльності є приводом для серйозного занепокоєння. За останні 150–300 років втрати карбону від використання земельних ресурсів та змін у землекористуванні, головним чином переведення лісів у сільськогосподарські угіддя, оцінюються в межах 100–200 млрд т (Houghton et al., 2012).

Ґрунти посідають друге місце, після океанів, за обсягом накопиченого карбону, і навіть незначні зміни в запасах органічного карбону в ґрунтах можуть спричинити серйозні коливання рівнів атмосферного CO₂ (Charpell et al., 2016). На глибині до одного метра в світових ґрунтових ресурсах, за винятком вічної мерзлоти, міститься 500±230 Гт карбону (Гт С), що рівноцінно двократному обсягу карбону, який міститься в атмосфері у вигляді CO₂ (Scharlemann et al., 2014). Ґрунти мають високу здатність до поглинання карбону, особливо деградовані ґрунти після відновлення (Lal, 2010).

Потенціал ґрунту щодо зв'язування карбону може підтримуватися і зміцнюватися за рахунок застосування відповідних технологій ведення сільського господарства, що дають змогу відновити здоров'я ґрунтів та їхню родючість для агровиробництва. Заохочення збалансованого використання ґрунтових ресурсів, таким чином, приносить численні вигоди: підвищення продуктивності, сприяння адаптації до зміни клімату, зв'язування карбону і скорочення викидів парникових газів (FAO & ITPS, 2015). У той час як визнано важливе значення ґрунту як потенційного поглинача і накопичувача карбону, знання про нинішній стан запасів карбону в ґрунті і реальний потенціал поглинання досі обмежені. Причиною цього є відсутність відповідної інформації та належних систем моніторингу.

Для того щоб ефективно задіяти потенціал і можливості зв'язування атмосферного карбо-

ну ґрунтами, слід впроваджувати збалансоване землекористування на системному рівні, що допускає реалізацію низки функцій, які забезпечують спектр екосистемних послуг (FAO & ITPS, 2015). Технічний потенціал зв'язування органічного ґрунтового карбону знаходиться в діапазоні 0,37–1,15 Гт С на рік (Sommer et al., 2014; Smith et al., 2008; Paustian et al., 2004). Такий технічний потенціал зв'язування органічного ґрунтового карбону розраховано за умови, що управління всіма сільськогосподарськими землями здійснюватиметься з метою поглинання карбону. Однак рівень поглинання ґрунтового карбону сільськогосподарськими землями становить від 0,1 до 1 т С /га за рік (Paustian et al., 2016). Тому для щорічного поглинання 1 Гт С необхідно переорієнтувати мільярди гектарів земель для оптимального поглинання карбону. При цьому рівень поглинання карбону на початкових етапах буде відносно незначним і досягне піку після 20-річного періоду, після чого він поступово знижуватиметься (Sommer et al., 2014).

Заходи, спрямовані на збільшення поглинання ґрунтового органічного карбону, також зміцнюють продовольчу безпеку і сприяють адаптації до змін клімату. Поліпшуючи структуру ґрунту, його водопроникність і здатність накопичувати вологу, ґрунтовий органічний карбон також сприяє зміцненню стійкості до посух і повені — двох наслідків зміни клімату, від яких найбільше страждають тропічні регіони (Herrick et al., 2013).

Так само, як і волога, нітроген є одним із найважливіших чинників продуктивності сільськогосподарських культур (Mueller et al., 2012). Майже 50% світового виробництва харчових продуктів забезпечується за рахунок азотних добрив, а решта 50% — за рахунок нітрогену, що знаходиться в ґрунті, органічних добривах (гною, компості, рослинних рештках та інших відходах) (Erismann et al., 2008). У сільському господарстві нітроген легко потрапляє в навколишнє природне середовище внаслідок випаровування і вимивання, що завдає шкоди довкіллю, яка в грошовому еквіваленті зіставна з економічними вигодами від застосування азотних добрив у виробництві продовольства (Sutton et al., 2011).

Викиди закису нітрогену від застосування добрив мають прямий негативний вплив: N₂O є третім найбільш значущим парниковим газом і основною причиною руйнування озонового шару в стратосфері. У той же час завдяки його ключовій ролі у фотосинтезі і виробництві біомаси, нітроген позитивно впливає на зв'язування і поглинання діюксиду карбону в біосфері. Збалансоване управління циклом ні-

трогену в сільському господарстві спрямоване на одночасне вирішення таких агротехнічних завдань, як досягнення високої врожайності в рослинництві і продуктивності тваринництва та екологічної мети — мінімізації надходження нітрогену в навколишнє природне середовище.

Багато із сучасних методів ведення сільського господарства призводять до втрат ґрунтового органічного карбону і зменшення його повернення в ґрунт. Втрати ґрунтового карбону можуть бути знижені, а його повернення в ґрунт збільшено за рахунок зменшення кількості лісових пожеж, надмірного випасу тварин, запобігання ерозії ґрунтів або перероблення поживних решток і гною. Інший варіант — зміна балансу між фотосинтезом екосистеми та обсягом викидів нею діоксиду карбону внаслідок збільшення фотосинтезу сільськогосподарськими культурами, використання покривних культур, поєднання культур, агролісівництва й застосування ґрунтозахисних агротехнологій для мінімізації впливу на ґрунт. Значних результатів у відновленні карбонового балансу можна досягти при використанні поліпшених сортів сільськогосподарських культур, бобових рослин, а також органічних і неорганічних добрив, що збільшують масу поживних решток, які можна повернути в ґрунт.

Органічне сільське господарство також дає можливість зберегти і збагатити природний капітал через зниження викидів парникових газів, створення поглиначів карбону, збереження органічної речовини в ґрунті і збільшення біорізноманіття. Загалом користь навколишньому природному середовищу через упровадження органічного землеробства оцінюється в 220–270 дол. США на 1 га/рік, у тому числі суспільні блага і користь докільню від органічного землеробства оцінюються в 40 дол. США на 1 га/рік через скорочення викидів карбону.

Ще одним шляхом розв'язання вищезгаданої проблеми, за оцінкою провідних аналітиків, є перебудова світової системи сільськогосподарського виробництва з оптимізацією потоків енергії і кругообігу речовини, яка здатна забезпечувати її незалежність від непоновлюваних джерел енергії, зменшувати викиди парникових газів та сприяти депонуванню карбону органічною частиною ґрунту (Lemaire et al., 2014; Seeberg-Elverfeldt, 2010; Sutton et al., 2013). Це відповідає двом стратегічним напрямкам — адаптації аграрного виробництва до змін клімату та мінімізації їхніх наслідків. Реалізація цих напрямів можлива за рахунок повнішого використання біологічних чинників і ґрунтово-кліматичного потенціалу при скороченні витрат викопної енергії та промислових ресурсів (Ромащенко та ін., 2015; Фурдичко, 2014).

Це може бути реалізовано через формування сталих (збалансованих) біоенергетичних зональних агроєкосистем. Для формування їхнього стійкого функціонування, як мінімум, необхідно досягти бездефіцитного балансу основних макро- та мікроелементів за рахунок їх повторного або багаторазового використання (рециркуляції). Для переходу на збалансоване виробництво продовольства і біоенергії, забезпечення розширеного відтворення агроресурсного потенціалу сільськогосподарських територій та комплексного розв'язання проблем збалансованого розвитку аграрного сектора економіки розроблено концептуальні засади формування біоенергетичних агроєкосистем (Ромащенко та ін., 2015) та їх зональні моделі різної спеціалізації з урахуванням змін клімату.

Для формування інфраструктури біоенергетичних агроєкосистем важливо об'єктивно оцінювати агроресурсний потенціал та біопродуктивність сільськогосподарських територій. Як базову інформацію, для цього можна використовувати дані багаторічних агротехнічних польових дослідів, варіанти яких слід розглядати як елементарні агроєкосистеми для подальшого моделювання реальних аграрних виробничих систем із конкретними параметрами спеціалізації, продуктивності та економічної ефективності. За багаторічними даними врожайності на різних варіантах дослідів встановлюється природний фон родючості ґрунтів, потенціал збільшення врожайності культур і продуктивності сівозмін унаслідок відтворення і підвищення рівня родючості ґрунту, в тому числі з урахуванням змін клімату.

Однак варто зазначити, що поглинання карбону сільськогосподарськими ґрунтами може бути недовговічним. Додаткові обсяги ґрунтового карбону, які зберігаються в ґрунті завдяки застосуванню більш досконалих методів/технологій ведення сільського господарства, частково перебувають у незахищеній формі, і при припиненні застосування згаданих методів/технологій частина запасів карбону розпадеться. Більше того, поглинання ґрунтового карбону може призвести до короткострокового збільшення викидів геніоксиду нітрогену, а нестача фосфору й нітрогену в ґрунті може перешкодити утриманню в ньому ґрунтового органічного карбону (Penuelas et al., 2013).

ВИСНОВКИ

За даними авторитетних міжнародних наукових організацій, концентрація парникових газів і рівень глобальної температури на планеті підвищуються. Екстремальні погодні явища, такі як посуха, зливи, повені, можуть стати більш поширеними і непередбачуваними.

Рівень викидів парникових газів залежатиме від того, які шляхи економічного і технологічного розвитку виберуть країни.

В умовах змін клімату продовольча безпека є похідною від антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, і особливо це проявляється в аграрному виробництві. З урахуванням того, що екологічна складова дедалі більше визначає подальшу політику розвитку сільського господарства в забезпеченні продовольчої безпеки та поліпшенні якості довкілля, варто вже зараз окреслити напрями переходу на екосистемний підхід та змінити моделі аграрного виробництва. На основі прогнозних моделей слід розробити заходи з адаптації (або адаптаційні стратегії), що дасть

можливість найефективніше використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, досягти стійкого підвищення врожайності та якості врожаю й забезпечити подолання глобальних деградаційних процесів.

Проте універсальних заходів щодо адаптації агроєкосистем до змін клімату не має. Слід розроблювати й застосовувати адаптаційні заходи, які найбільше відповідають екологічним умовам і агроресурсному потенціалу території. При формуванні збалансованих агроєкосистем запровадження заходів з адаптації має бути скоординовано з діями, спрямованими на пом'якшення наслідків змін клімату, а саме — зниження викидів парникових газів, депонування карбону в органічній речовині ґрунту тощо.

УДК 330.354 : 631.147

ІНСТИТУЦІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Н.В. Зіновчук

доктор економічних наук, професор

провідний науковий співробітник лабораторії екологічного менеджменту

Інститут агроєкології і природокористування НААН

Проаналізовано інституційні чинники: законодавчу базу, структуру державних органів управління, неофіційні обмеження, що є дотичними до екологічного моніторингу земель. Запропоновано концептуальний підхід до ідентифікації інформації в системі моніторингу як суспільного блага. Доведено існування залежності між офіційними та неофіційними обмеженнями, що впливають на функціонування системи моніторингу в Україні.

Ключові слова: *екологічний моніторинг, землі сільськогосподарського призначення, суспільні блага, офіційні та неофіційні обмеження.*

Сільське господарство є галуззю, яка постійно здійснює негативний екологічний вплив на довкілля і водночас потерпає від антропогенних ефектів на агросистеми інших галузей національної економіки. Застосування засобів хімізації в сільськогосподарському виробництві спричинює забруднення хімічними речовинами ґрунту, води, повітря в межах агросистем та на значній відстані від них. Разом з мінеральними добривами та пестицидами на поля потрапляють арсен, кадмій, ртуть, свинець, цинк, селен, фтор, нітрати та інші сполуки, що мають мутагенні, канцерогенні та ембріотоксичні властивості. Зазначені речовини мігрують за харчовими ланцюгами до продуктів харчування людей, погіршуючи їхнє здоров'я.

Промислові підприємства шкідливо впливають на агросистеми, викидаючи забруднювальні речовини в атмосферне повітря, ски-

даючи забруднені стічні води в поверхневі водні об'єкти, розміщуючи токсичні відходи виробництва на своїх територіях або спеціально організованих сховищах і полігонах. У процесі біологічного кругообігу до екосистем, і зокрема агросистем, надходять такі хімічні речовини, як сполуки сульфору, хлору, фтору, нітрогену, оксид карбону, важких металів, радіоактивних елементів тощо.

Отже, логічно очікувати від суспільства ретельного контролю за джерелами та ступенем забрудненості довкілля й продуктів харчування в сільському господарстві. Однак в Україні контроль за екологічною чистотою як довкілля, так і продуктів харчування практично не здійснюється. Не відслідковуються негативні ефекти засобів хімізації сільського господарства та промислових відходів на екологічний стан земель сільськогосподарського при-