

ТРАНСФОРМАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ОЦІНКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗАГРОЗ В АГРОСФЕРІ

Н. В. Зіновчук

доктор економічних наук, професор

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: nvzstill37@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-8173>**О. І. Дребот**

доктор економічних наук, професор, академік НААН

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>**Є. В. Мішенін**

доктор економічних наук, професор

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: eugeniy_mishenin@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1597-3270>

До цілей статті віднесено: систематизацію кліматичних змін та стислу характеристику їхніх проявів і наслідків; аналіз формування суспільно-політичного та наукового світогляду щодо кліматичних змін; дослідження існуючих моделей клімату й концепцій реагування на кліматичні зміни, зокрема адаптації; розроблення рекомендацій щодо виявлення зон, придатних до життя та сільськогосподарської діяльності з урахуванням кліматичних загроз. У сучасному міжнародному політичному та науковому дискурсі виокремлюються два ключові підходи до пояснення причин глобальних кліматичних змін, причому один із них має виразну домінанту. Переважна більшість дослідників дотримується позиції, згідно з якою антропогенний чинник є визначальним: інтенсивна господарська діяльність людини, що супроводжується зростанням викидів CO₂ та інших парникових газів, призводить до посилення парникового ефекту. Водночас альтернативні концепції, представлені частиною науковців-природників, пов'язують кліматичну варіабельність із природними процесами — зокрема, біотичними механізмами, змінами сонячної активності, тектонічною динамікою та вулканізмом. Зроблено висновок, що твердження про те, що кліматичні зміни є закономірним процесом розвитку планети Земля і не залежать від існування людей та їхньої діяльності, є більш реалістичним і має бути покладено в основу методології адаптації сільського господарства до цих змін. Відзначено, що важливою складовою сучасних методологічних доробок є моделювання та прогнозування кліматичних змін. Надано стислу характеристику моделей клімату, які набули найбільшого визнання: EUROPA-MODELL, ECHAM4, REMO, RegCM3, HIRLAM, RCA3. Констатовано, що за ініціативи Міжурядової групи експертів зі зміни клімату в межах проєктів взаємопорівняння моделей Всесвітньої програми досліджень клімату (CMIP5, CMIP6) здійснювалося встановлення стандартів і сценаріїв для кліматичних прогнозів. Зроблено акцент на тому, що моделі RCP 4.5 і RCP 8.5 були взяті як базові для кліматичних та економічних прогнозів у сільському господарстві багатьма науковцями різних країн світу. Показано, що моделі адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичних змін мають ґрунтуватися на аналізі фактичних змін клімату в регіоні та країні (а не тільки підвищення температури внаслідок CO₂), прогнози ураження території України кліматичними катастрофами (землетрусами, повенями, торнадо, смерчами) і варіювати відповідно до сценаріїв розвитку подій залежно від проявів цих катастроф та їхніх наслідків. Представлено загальні висновки щодо зміни клімату для України відповідно до чотирьох сценаріїв RCP. Зокрема, відзначено, що найбільше скорочення сільськогосподарського виробництва до 2070 р. через зміну клімату можливе в зоні Степу: ймовірне скорочення обсягів виробництва пшениці на 11% за сценарієм RCP 4.5, та на 18% за сценарієм RCP 8.5. Розглянуто стійкість сільських територій до кліматичних загроз у форматі рекомендацій, що впливатиме на перспективи розвитку агробізнесу та існування агросфери загалом.

Ключові слова: кліматичні зміни, моделі клімату, прогнозування, сценарії, адаптація сільськогосподарського виробництва, стійкість сільських територій.

ВСТУП

Сучасні кліматичні зміни стали серйозним викликом для сільського господарства в багатьох країнах світу та набули характеру глобальних загроз. Зазвичай кліматичні загрози пов'язують із підвищенням температури

атмосферного повітря, спричиненим викидами CO₂. Однак проблема зміни клімату є набагато глибшою і масштабнішою. Сучасні уявлення про наявні кліматичні негаразди та причини їх виникнення були дещо спотворені в процесі утвердження панівної парадигми глобального

потепління. Більшість кліматичних моделей і прогнозних розрахунків щодо впливу клімату на сільськогосподарське виробництво були побудовані на концепції, у якій головна роль у формуванні кліматичних змін відводилася викидам парникових газів.

Проте сьогодні накопичено багато наукових доказів і статистичних даних, які дають змогу стверджувати, що глобальна та локальні кліматичні системи, а також кліматоутворюючі чинники перебувають під впливом інших факторів, ніж парникові гази. Тому важливим методологічним завданням є ідентифікація та систематизація цих факторів, їх вивчення та внесення певних коректив у концептуальні уявлення щодо впливу клімату на сільське господарство. Практичною реалізацією методологічних здобутків має стати наукове обґрунтування альтернативних напрямів розвитку сільського господарства з урахуванням теперішніх і майбутніх кліматичних загроз.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасні дослідники одноставно визнають, що сільське господарство є важливим сектором для аналізу кліматичних змін. Зміни умов навколишнього середовища є найпотужнішим чинником, що впливає на виробництво, а отже, й економічні показники в сільському господарстві. Більшість наукових праць, присвячених аналізу кліматичних впливів на агросферу, спрямовані на дослідження взаємозв'язків між виробництвом сільськогосподарської продукції та кліматичними змінами. Абсолютна більшість прогнозних моделей розвитку сільського господарства ґрунтується на висновках Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC) у моделях-сценаріях RCP 4.5 та RCP 8.5. Оцінки, наведені експертами з клімату, демонструють негативний вплив зміни клімату на врожайність сільськогосподарських культур, якщо не будуть здійснені заходи зі зниження рівнів викидів CO₂, та позитивний вплив (м'яку адаптацію економіки до кліматичних змін), якщо буде здійснено декарбонізацію економіки [1]. Для України вплив зміни клімату на сільське господарство описується відповідно до чотирьох сценаріїв RCP.

Серед вітчизняної наукової спільноти можна виділити тих, хто поділяє думку міжнародних експертів із клімату. Також є дослідники, які вважають, що сільськогосподарська галузь України не є екстремально вразливою до зміни клімату [2]. На думку інших науковців, найбільші ризики для України в майбутньому (2040 р.) будуть пов'язані з водою: посухами, повеннями та підняттям рівня моря [3].

Означені концептуальні підходи формують наукову платформу для обґрунтування поточних практичних заходів в агросфері. Однак, на нашу думку, вона є дещо звуженою і не охоплює більшості кліматоутворюючих факторів, які впливатимуть у найближчому майбутньому на агровиробництво. Крім того, жоден з означених підходів не враховує важливості для агросектору стійкості сільських територій, що забезпечують його існування.

Дослідження, у якому відбуватиметься трансформація методологічних засад, має передбачати формування логічної та послідовної концептуальної структури, яка ув'язувала б існуючі терміни та поняття, враховувала їхні взаємозв'язки та передбачала подальший розвиток. Тому до цілей статті віднесено: систематизацію кліматичних змін та стислу характеристику їхніх проявів і наслідків; аналіз формування суспільно-політичного та наукового світогляду стосовно кліматичних змін; дослідження існуючих моделей клімату та концепції реагування на кліматичні зміни, зокрема адаптації; розробку рекомендацій щодо виявлення зон, придатних для життя та сільськогосподарської діяльності з урахуванням кліматичних загроз.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження базується на загальнонаукових методах пізнання, зокрема: *аналізі та синтезі* — для систематизації проявів і наслідків кліматичних змін, а також для ідентифікації кліматоутворюючих факторів; *порівняльному аналізі* — для вивчення існуючих кліматичних моделей (EUROPA-MODELL, ECHAM4, REMO, RegCM3, HIRLAM, RCA3) і сценаріїв RCP (RCP 4.5, RCP 8.5) з урахуванням даних Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC) [1; 6]; *методі прогнозування та сценарного моделювання* — для розробки рекомендацій щодо адаптації сільського господарства й виявлення зон, придатних для сільськогосподарської діяльності, з використанням статистичних даних про кліматичні зміни в Україні.

Матеріалами слугували дані моніторингу кліматичних змін від IPCC (Assessment Reports, Methodology Reports, Special Reports) та наукові публікації з баз Scopus і Web of Science [5; 7].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Зміною клімату називають суттєву та тривалу зміну в статистичному розподілі погодних умов протягом тривалих проміжків часу. До змін клімату відносять як зміну середніх погодних умов, так і екстремальні погодні явища, які формують стихійні лиха [4]. Зміну клімату

в планетарному масштабі прийнято називати глобальними кліматичними змінами. Вони мають безпосередній вплив на трансформацію локальних кліматичних систем.

У кліматичну систему об'єднують атмосферу, гідросферу, літосферу, кріосферу та біосферу. Складність і неоднозначність зав'язків у кліматичній системі, постійна еволюція її компонентів із різною інерційністю є причиною багатьох кліматичних змін на планеті. Стан кліматичної системи визначається як зовнішнім впливом, так і взаємодією між її складовими. Фізичні механізми, що впливають на кліматичну систему, а також основні взаємодії між її складовими, називають кліматоутворюючими факторами [4].

До проявів зміни клімату відносять: підвищення температури атмосферного повітря; появу аномальних погодних явищ і стихійних лих (цунамі, тайфунів, повеней, смерчів, пожеж) у регіонах, де ці явища раніше були неприємними; танення льодовиків; підвищення рівня Світового океану; зміну популяцій та ареалів проживання тварин тощо [5]. Через обмеженість сучасного інструментарію для дослідження взаємозв'язків складових кліматичної системи та кліматоутворюючих факторів науковці досить часто розглядають одні й ті самі прояви кліматичних змін або як їхні причини, або як їхні наслідки. Тому важливою методологічною проблемою є встановлення причинно-наслідкових взаємозв'язків різних проявів зміни клімату.

Певні суперечливі та дискусійні моменти в цьому питанні з'явилися з моменту виникнення та поширення концепції глобального потепління. Слід наголосити, що історія привернення уваги широкого загалу до кліматичних змін розпочинається з 1979 р., коли відбулася Всесвітня кліматична конференція за ініціативою Всесвітньої метеорологічної організації та Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP). Найвагомішим результатом конференції стало прийняття рішення про створення Всесвітньої кліматичної програми. У 1985 р. було проведено Міжнародну конференцію з оцінки ролі діоксиду вуглецю та інших газів, що зумовлюють парниковий ефект, у коливаннях клімату та пов'язаних із ним впливів. Рішення цієї конференції слугували підставою для створення у 1988 р. Міжурядової групи експертів зі зміни клімату [1].

Результатом діяльності Міжурядової групи експертів зі зміни клімату за період з 1988 р. і донині є підготовка оціночних доповідей (*Assessment Reports*), методологічних доповідей (*Methodology Reports*) та спеціальних доповідей (*Special Reports*) [6]. Аналіз змісту цих доповідей дає змогу стверджувати, що більшість

проведених досліджень було здійснено з метою підтримки концепції глобального потепління. Її змістовний контент полягав у тому, що збільшення емісії CO_2 та інших газів в атмосферу через розвиток економічної діяльності та життєдіяльності людей призводить до парникового ефекту, який зумовлює глобальне потепління, що, своєю чергою, провокує кліматичні зміни та катастрофи. Глобальні кліматичні зміни пов'язані з тими видами людської діяльності, що продукують так звані парникові гази, які поглинають спектр інфрачервоного випромінювання та зумовлюють потепління на планеті.

Поширення концепції глобального потепління призвело до того, що в сучасному міжнародному політичному та науковому співтоваристві сформувалися дві протилежні думки стосовно причин глобальних кліматичних змін. Багато науковців і політиків дотепер вважають, що причиною глобального потепління та інших кліматичних змін є зростання атмосферної температури, зумовлене господарською діяльністю людей.

Проте на сьогодні існують й інші думки щодо причин виникнення кліматичних змін. Представники природничих наук вважають чинниками зміни клімату біотичні процеси, коливання сонячної радіації, рух тектонічних плит і виверження вулканів. На думку окремих науковців, додаткове джерело сонячної енергії, що проникає на Землю у вигляді часток високої енергії, розігріває магму планети. Вона стає рідкою і, збільшуючи тиск на земну кору, спричиняє активізацію вулканів, зміщує тектонічні плити та розширює їхні розломи. Ваговим аргументом на користь цієї концепції є статистичні дані, що їх збирають сейсмотатчики, одночасно фіксуючи розширення планети по екватору, яке й зумовлює землетруси та виверження вулканів. Енергія та частота магматичних поштовхів зростають із кожним роком, запускаючи ланцюги незворотних кліматичних реакцій. Найпотужніші пожежі виникають у місцях розломів тектонічних плит через посилені викиди газів із середини літосфери. Льодовики Антарктиди та Гренландії тануть знизу вгору, насамперед через підняття магми та супроводжуючих теплових потоків із надр Землі. Збільшення емісії нейтринів та CO_2 відбувається з середини літосфери, а не з її поверхні. Геофізики зазначають, що нині кліматичні зміни вийшли на новий рівень, який характеризується синхронізацією та масштабністю природних катаклізмів. Астрофізики стверджують, що зміни на планеті Земля є ідентичними до змін, що відбуваються на інших планетах Сонячної системи.

На нашу думку, твердження про те, що кліматичні зміни є закономірним процесом

розвитку планети Земля і не залежать від існування людей та їхньої діяльності, є більш реалістичним і має бути покладено в основу методології адаптації сільського господарства до кліматичних змін.

Важливою складовою сучасних методологічних доробок є моделювання та прогнозування. Серед моделей клімату, які набули найбільшого визнання, можна виділити:

- EUROPA-MODELL — чисельна модель прогнозу погоди для розрахунків термодинамічних характеристик;
- ECHAM4 — блок глобальної кліматичної моделі, за допомогою якої розраховуються процеси хмаро- та опадоутворення, проходження потоків сонячної радіації в атмосфері, вплив підстильної поверхні на теплові потоки з урахуванням альбедо та типу поверхні;
- REMO — поєднує моделі EUROPA-MODELL та ECHAM4 і дає змогу моделювати минуле й майбутнє регіонального клімату;
- RegCM3 — гідростатичний варіант 5-ї версії мезомасштабної моделі MM5, яка базується на вирішенні рівнянь для атмосфери, що може стискатися, в σ -системі координат;
- HIRLAM — модель прогнозу погоди;
- RCA3 — дає змогу враховувати підстильну поверхню в межах однієї координатної комірки, схеми переносу сонячної радіації, турбулентності та параметризації хмаро- й опадоутворення [1].

IPCC-2007 — оціночна доповідь Міжурядової групи експертів зі змін клімату, яка здійснює синтез наукових даних про глобальні кліматичні зміни шляхом інтеграції результатів численних кліматичних моделей, сценаріїв емісій парникових газів та емпіричних спостережень [1].

Прогностичними змінними в усіх моделях є тиск, температура, горизонтальні проекції швидкості вітру, абсолютна вологість і водність хмар. Початковими та граничними даними для моделей можуть слугувати дані аналізу, наприклад, Європейського центру середньострокового прогнозу погоди (ECMWF), дані реаналізу або дані більшості глобальних кліматичних моделей. На основі кліматичних моделей розробляються варіантні прогнози зменшення (або збільшення) обсягів викидів CO_2 .

За ініціативи Міжурядової групи експертів зі зміни клімату в межах проєктів взаємопорівняння моделей Всесвітньої програми досліджень клімату (CMIP5, CMIP6) відбувалося встановлення стандартів і сценаріїв для кліматичних прогнозів. Понад двадцять кліматичних центрів по всьому світу розробили близько тридцяти кліматичних моделей. За найбільш песимістичним сценарієм (сценарій SSP5-8.5

“Швидке економічне зростання, зумовлене викопним паливом”) підвищення середньої глобальної температури досягне 6–7°C до 2100 р., що на 1°C вище, ніж у попередніх оцінках. Лише один із соціально-економічних сценаріїв (сценарій SSP1-1.9 “Міцна міжнародна співпраця та пріоритетний сталий розвиток”) дає змогу підтримувати температури глобального потепління на 2°C нижче ціною дуже значних зусиль щодо пом'якшення наслідків зміни клімату [1].

Важливо наголосити, що моделі RCP 4.5 і RCP 8.5 були використані як базові для кліматичних та економічних прогнозів у сільському господарстві багатьма науковцями в різних країнах світу. Згідно з їхніми дослідженнями, у найближчі роки зміни температури, концентрації вуглекислого газу та кількості опадів за сценаріями зміни клімату будуть становити виклик для рослинництва у всьому світі. Вплив зміни клімату на сільське господарство буде різнитися залежно від регіону, що визначається ґрунтовими та кліматичними умовами, а також наявними ресурсами для подолання цих змін. Очікувані наслідки можуть бути як позитивними, так і негативними. Зокрема, у Північній Європі та країнах Середземномор'я прогнози є оптимістичними, що значною мірою зумовлено можливостями ефективною адаптації для підтримання поточного рівня врожайності. Найбільш негативні наслідки прогнозуються для континентального клімату Паннонської зони, яка охоплює Угорщину, Сербію, Болгарію та Румунію. Цей регіон зазнає підвищення частоти спекотних хвиль і посух, без можливості ефективно перенести вирощування сільськогосподарських культур на інші періоди року. Для більшості європейських регіонів пропонується широкий спектр варіантів адаптації та заходів пом'якшення негативних наслідків зміни клімату для рослинництва [7].

Загальні висновки для України щодо зміни клімату відповідно до чотирьох сценаріїв RCP можна згрупувати таким чином:

- очікується підвищення температури по всій території України: близько 1,65°C (Степ) і 1,74°C (Лісостеп) для сценарію RCP 4.5 та між 2,68°C (зона мішаних лісів) і 2,98°C (Степ) для сценарію RCP 8.5;
- зміна клімату суттєво не вплине на рівень опадів. За сценарієм RCP 4.5 зміна кількості опадів варіюватиме від 13 мм у зоні Степу до 55 мм у Лісостепу. Більш відчутні зміни очікуються за сценарієм RCP 8.5 — понад 80 мм у зоні мішаних лісів і менше ніж 13 мм у зоні Степу;
- найбільше скорочення виробництва до 2070 р. через зміну клімату можливе в зоні Степу: ймовірно скорочення обсягів виробництва

пшениці на 11% для сценарію RCP 4.5 та на 18% для сценарію RCP 8.5.

Важливим для оцінки кліматичних моделей і прогнозних сценаріїв, розроблених на їхній основі, є розуміння того, що результати будь-якої математичної моделі залежать від вхідних даних та закладених у неї кореляційних взаємозв'язків. Відсоток достовірності або ймовірності реалізації такої моделі також є розрахунково-прогнозним.

На нашу думку, розроблені за ініціативи Міжурядової групи експертів зі зміни клімату кліматичні моделі, які ґрунтуються на залежності викидів CO₂ від антропогенної діяльності людини, не можуть бути покладені в основу розробки рекомендацій для адаптації сільського господарства до кліматичних змін як єдино-можливі. Насамперед це пов'язано з тим, що в таких моделях зроблена підміна головного чинника кліматичних змін. Парникові гази, зокрема CO₂, є не причиною кліматичних змін, а їх наслідками, які зумовлені підняттям магми до поверхні Землі. До того ж не враховано прояви інших кліматичних загроз, таких як виверження вулканів, сейсмічна активність, пожежі, торнадо, смерчі, повені, зливи, послаблення магнітного поля Землі тощо. До прикладу, достатньо лише виверження вулкану Кампі Флегрей (Італія), який нині перебуває в стані постійного брадсейсму, щоб територія всієї Європи була покрита вулканічним попелом, здатним цементувати ґрунти.

Аналіз теоретичного підґрунтя економіко-математичного моделювання обсягів виробництва сільськогосподарських культур залежно від кліматичних зон дав змогу знайти й інші аргументи щодо необхідності трансформації методологічних засад стосовно прогнозування кліматичних змін. Відомо, що кінцевою метою економіко-математичного моделювання є встановлення залежностей між складовими моделі, їхня якісна і, по можливості, кількісна характеристика. Розуміння взаємозв'язків і взаємозалежностей тих чи інших суспільних явищ та ситуацій дає змогу підібрати релевантний інструментарій державного або суспільного впливу.

Зазначений підхід є вкрай важливим у контексті такого сучасного соціального феномену, як кліматична міграція, яка нині стає глобальним і незворотнім процесом. Частину території України, яка залишиться у відносно стійкому стані та без критичних руйнувань, уже сьогодні можна розглядати як об'єкт кліматичної міграції. Неконтрольований потік кліматичних мігрантів, які потребуватимуть продуктів харчування, медикаментів, одягу, соціальних послуг, слід вважати невід'ємною

частиною глобальних кліматичних змін, що відбудуться найближчим часом.

Сільські території є важливою підсистемою територіальної організації суспільства, що охоплює різні аспекти сільського життя: природні ресурси, населені пункти, економічну та соціальну інфраструктуру. Сільська місцевість і сільське поселення виступають як складові цієї території, представляючи різні типи населених пунктів, ландшафтів та екосистем, що входять до її складу. На нашу думку, саме стійкість сільських територій до кліматичних загроз визначатиме перспективи розвитку агробізнесу та існування агросфери загалом.

Слід зазначити, що наукові засади регулювання соціо-економічних явищ, пов'язаних із кліматичними загрозами, їхніми проявами та наслідками, перебувають у процесі свого становлення. Більше уваги приділяється фізико-географічним та астрономічним аспектам, тоді як політичні, економічні, соціальні взаємозв'язки залишаються поза увагою науковців. Тому важливим методологічним завданням є оцінка пропускну та асимілятивної здатності сільських територій під час руху неконтрольованого міграційного потоку. Сучасні дослідження спрямовані насамперед на вивчення асимілятивної спроможності екосистем та їхніх можливостей адаптуватися до негативних промислових впливів. На сьогодні практично відсутні наукові розробки щодо асиміляції сільських територій під час глобальних кліматичних катастроф.

Регулювання таких суспільних явищ, як кліматична міграція та підтримання стійкості сільських територій, передбачає застосування сукупності адміністративних, економічних та інституціональних інструментів.

Відтак перед науковцями постають два методологічні завдання: 1) встановлення коректних взаємозалежностей суспільно-економічних і кліматичних явищ та їхня якісна оцінка; 2) розроблення рекомендацій щодо застосування інструментарію, який здатен впливати в заданому напрямі на встановлені взаємозв'язки та залежності.

ВИСНОВКИ

Кліматичні зміни є закономірним процесом розвитку планети Земля і не залежать від існування людей та їхньої діяльності. До концепції впливу парникових газів на глобальне потепління мають бути внесені певні трансформації, які дали б змогу структурувати причинно-наслідкові залежності появи та розвитку кліматичних змін. Розуміння істинних причин виникнення цих змін має слугувати основою для розробки методології адаптації сільського господарства до них.

Використання кліматичних моделей і моделей прогнозу погоди для прогнозування розвитку сільського господарства є недостатнім, оскільки не враховуються економічні та соціальні індикатори. Результати моделей RCP 4.5 та RCP 8.5, запропоновані експертами IPCC, не можуть бути покладені в основу кліматичного прогнозування, оскільки базуються на хибній тезі про залежність викидів CO₂ від антропогенної діяльності та залежність клімату від цих самих викидів.

Під час добору моделей, здатних враховувати взаємозалежності між суспільно-економічними та кліматичними процесами, доцільно адаптувати наявні підходи до специфіки досліджуваних проблем та/або розробляти нові класи моделей. Такі моделі повинні, зокрема, чітко визначати початковий і кінцевий періоди

дії кожної залежності, закладеної в модельну структуру; містити відповідну просторову координату; поєднати біофізичні індикатори стійкості сільських територій із відповідними вартісними показниками; враховувати кліматичні тенденції та ймовірності появи всіх кліматичних ризиків і їхніх наслідків у конкретному заданому географічному регіоні. Моделі адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичних змін мають ґрунтуватися на аналізі фактичних змін клімату в регіоні та країні (а не тільки на підвищенні температури внаслідок CO₂), прогнозі ураження території України від кліматичних катастроф (землетрусів, повеней, торнадо, смерчів) та змінюватися відповідно до сценаріїв розвитку подій залежно від проявів цих катастроф та їхніх наслідків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний вебсайт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC). URL: <https://www.ipcc.ch/languages-2/russian/> (дата звернення: 10.02.2021).
2. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко; за ред. С. П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf (дата звернення: 26.12.2021).
3. Останні п'ять років показали: Україна потрапляє в зону найбільших змін клімату в Європі. Про наслідки зміни клімату. *Lb.ua*. 2021. 18 березня. URL: https://lb.ua/society/2021/03/18/480099_ostanni_pyat_rokiv_pokazali.html (дата звернення: 12.01.2022).
4. Зміна клімату. *Вікіпедія*. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%A7%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%B2%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D1%83_%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82 (дата звернення: 05.03.2021).
5. Романюк Н. Вплив глобального потепління та змін клімату на появу кліматичних мігрантів. *Міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії*. 2020. № 1 (7). С. 52–61. DOI: <https://doi.org/10.29038/2524-2679-2020-01-52-61>
6. Climate Change: The IPCC 1990 and 1992 Assessments. URL: <https://www.ipcc.ch/reports> (accessed: 26.01.2023).
7. Olesen J. E., Trnka M., Kersebaum K.C. et al. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*. 2011. Vol. 34, no. 2. P. 96–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003>

TRANSFORMATION OF METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF CLIMATE THREAT ASSESSMENT IN THE AGROSPHERE

Zinovchuk N.

Doctor of Economic Sciences, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: nvzstill37@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-8173>

Drebot O.

Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of NAAS
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>

Mishenin Ye.

Doctor of Economic Sciences, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: eugeniymishenin@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1597-3270>

The objectives of the article include: systematisation of climate change and a brief description of its manifestations and consequences; analysis of the formation of socio-political and scientific worldviews on climate change; research into existing climate models and concepts for responding to climate change, in particular adap-

tation; developing recommendations for identifying areas suitable for life and agricultural activity, taking into account climate threats. In contemporary international political and scientific discourse, two key approaches to explaining the causes of global climate change are distinguished, one of which is clearly dominant. The vast majority of researchers adhere to the position that the anthropogenic factor is decisive: intensive human economic activity, accompanied by an increase in CO₂ and other greenhouse gas emissions, leads to an intensification of the greenhouse effect. At the same time, alternative concepts presented by some natural scientists link climate variability to natural processes, in particular biotic mechanisms, changes in solar activity, tectonic dynamics and volcanism. It was concluded that the assertion that climate change is a natural process of the Earth's development and does not depend on the existence of humans and their activities is more realistic and should form the basis of the methodology for adapting agriculture to climate change. It is noted that an important component of modern methodological developments is the modelling and forecasting of climate change. A brief description is provided of the most widely recognised climate models: EUROPA-MODELL, ECHAM4, REMO, RegCM3, HIRLAM, RCA3. It was noted that, on the initiative of the Intergovernmental Panel on Climate Change, standards and scenarios for climate projections were established within the framework of the World Climate Research Program's model intercomparison projects (CMIP5, CMIP6). It was emphasised that the RCP 4.5 and RCP 8.5 models were taken as the basis for climate and economic forecasts in agriculture by many scientists from different countries around the world. It has been shown that models for adapting agricultural production to climate change should be based on an analysis of actual climate change in the region and country (and not just temperature increases due to CO₂), forecasts of climate disasters (earthquakes, floods, tornadoes, whirlwinds) affecting Ukraine, and vary according to scenarios depending on the manifestations of these disasters and their consequences. General conclusions on climate change for Ukraine are presented in accordance with four RCP scenarios. In particular, it is noted that the greatest reduction in agricultural production by 2070 due to climate change is possible in the Steppe zone: a probable reduction in wheat production by 11% under the RCP 4.5 scenario and by 18% under the RCP 8.5 scenario. The resilience of rural areas to climate threats is considered in the form of recommendations that will influence the prospects for agribusiness development and the existence of the agricultural sector.

Keywords: climate change, climate models, forecasting, scenarios, adaptation of agricultural production, sustainability of rural areas.

REFERENCES

1. Official website of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (n.d.). Retrieved from <https://www.ipcc.ch/languages-2/russian/>
2. Ivaniuta, S. P., Kolomiets, O. O., Malynovska, O. A., & Yakushenko, L. M. (2020). *Climate change: Impacts and adaptation measures: Analytical report* (S. P. Ivaniuta, Ed.). Kyiv: NISD. Retrieved from https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf
3. The last five years have shown: Ukraine falls into the zone of the greatest climate change in Europe. On the consequences of climate change. (2021, March 18). *Lb.ua*. Retrieved from https://lb.ua/society/2021/03/18/480099_os-tanni_pyat_rokiv_pokazali.html
4. Wikipedia. (n.d.). *Climate change*. Retrieved from bit.ly/3H3U6vY
5. Romaniuk, N. (2020). The global warming and climate change impact on the emergence of climate migrants. *International Relations, Public Communications and Regional Studies*, 1(7), 52–61. doi: 10.29038/2524-2679-2020-01-52-61
6. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (n.d.). *Climate change: The IPCC 1990 and 1992 assessments*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/reports>
7. Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, ... Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96–112. doi: 10.1016/j.eja.2010.11.003

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

ЗІНОВЧУК Наталія Василівна — доктор економічних наук, професор, завідувач сектору екологічного менеджменту, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: nvzstill37@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3221-8173>).

ДРЕБОТ Оксана Іванівна — доктор економічних наук, професор, академік НААН, заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: drebotoksana@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2681-1074>).

МІШЕНІН Євген Васильович — доктор економічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу економіки природокористування в агросфері, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: eugeny_mishenin@yahoo.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1597-3270>).