

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ В АГРОЦЕНОЗАХ ЗА ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ

**А.М. Ліщук**

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

**О.І. Фурдичко**

доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук,  
професор, академік НААН  
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: orestfurdychko1010@gmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>

**А.І. Парфенюк**

доктор біологічних наук, професор  
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: verespar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

**Н.В. Карачинська**

кандидат біологічних наук  
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: karachinskan051177@gmail.com;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>

У умовах глобальних змін клімату дослідження екологічних ризиків в аграрній промисловості стають дедалі актуальнішими. У статті зосереджено увагу на ролі абіотичних чинників (температури повітря та опадів) у формуванні екологічних ризиків в агроценозах сільськогосподарських культур. Особливо гостро відчувається вплив неконтрольованих коливань агрокліматичних чинників на агроценози, які спричиняють екологічні ризики, які, у свою чергу, є головною передумовою зниження ефективності ведення сільського господарства. Метою роботи було розробити та обґрунтувати критерії оцінювання екологічних ризиків в агроценозах за впливу абіотичних агрокліматичних чинників в умовах зміни клімату. Визначені критерії забезпечують оцінювання екологічних ризиків втрати родючості та зниження якості ґрунтів, погіршення фітосанітарного стану агроценозів і зниження їхньої продуктивності. До таких критеріїв належать показники вмісту органічної речовини та коефіцієнт дегуміфікації ґрунту, які свідчать про зменшення частки органічної речовини у ґрунті; агрохімічні показники, які підтверджують ризики втрати макро- та мікроелементів, зміну кислотності ґрунту; нормативні показники вмісту забруднюючих речовин, за якими визначають рівень екологічних ризиків забруднення ґрунтів небезпечними сполуками важких металів, пестицидів та радіонуклідами. Критерії, які обумовлюють фітосанітарний стан агроценозів, визначають показники забур'яненості, ураженості рослин хворобами, які призводять до загибелі чи зрідження, збільшення чисельності видів шкочочинних організмів та орієнтовного економічного порогу шкідливості шкідників, що характеризує ступінь ураженості посівів і можливі втрати врожаю. Екологічні ризики втрати продуктивності агроценозів визначають за критеріями оцінювання втрати врожаю від основних хвороб і показників якості й безпечності сільськогосподарської продукції. Використання зазначених критеріїв забезпечить своєчасне усунення окреслених у статті екологічних ризиків завдяки проведенню відповідних агротехнічних профілактичних і захисних заходів, гарантуватиме зростання продуктивності агроценозів та екологічну безпеку агроєкосистем.

**Ключові слова:** екологічна безпека, агроєкосистема, родючість, продуктивність, фітосанітарний стан, температура повітря, вологість ґрунту.

### ВСТУП

У світовій практиці широко досліджується проблема екологічних ризиків у сільськогосподарському виробництві. Відомо, що екологічний ризик є одним із вагомих показників

екологічної безпеки, який свідчить про можливість настання негативних змін у навколишньому природному середовищі, спричинених впливом природних чи антропогенних факторів.

В умовах глобальних змін клімату підвищуються екологічні ризики, що виникають у сільському господарстві як одному з найбільш уразливих секторів сфери аграрного виробництва. Результатом впливу таких ризиків є розбалансованість екологічного стану агроєкосистем. Серед найвагоміших екологічних абіотичних чинників, що відіграють визначальну роль у формуванні екологічних ризиків в агроценозах сільськогосподарських культур, визначено агрокліматичні зміни (температуру повітря і вологість ґрунту), які впливають на фізіологічні особливості росту й розвитку культурних рослин, на розвиток і появу нових видів шкідників і хвороб, які формують фітосанітарний стан агроценозів, та забезпечують врожайність сільськогосподарських культур [1–5].

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Переважає більшість посівних площ сільськогосподарських культур України належить до зони ризикованого землеробства через неконтрольовані коливання агрокліматичних чинників (температури повітря та опадів), що спричиняють постійні ризики втрати обсягів урожаю в надто посушливі роки або зниження якості врожаю через надмірну кількість опадів. Саме кліматичним чинникам в умовах глобальних змін клімату відведено визначальну роль у забезпеченні функціонування та продуктивності агроєкосистем. До екстремальних явищ передусім належать посухи та хвилі аномально високих температур, які безпосередньо впливають на сільськогосподарське виробництво, зокрема на глобальні сільськогосподарські врожаї, та мають негативні наслідки для продовольчої безпеки країн світу. Такі закономірності обґрунтовано численними науковими працями, серед яких особливо варто відмітити низку робіт таких відомих науковців, як: Тараріко О. Г., Ільєнко Т.В. [3] Довгаль Г. П., Волошина Н. О. [6], Собко З. З., Вознюк Н. М. [7], Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. [8], Vogel E. [9].

Залежність фітосанітарного стану посівів культур від кліматичних коливань упродовж вегетаційного періоду та вірогідність спалахів розвитку фітопатогенних організмів, шкідників і хвороб агроценозів підкреслюють у своїх роботах Поліщук С. [2], Парфенюк А. І., Волощук Н. М. [10], Мостов'як І. І., Дем'янюк О. С. [11], Поспелова Г. Д. зі співавт. [12], Пармінська Л., Гаврилюк Н. [13], Міщенко Л. Т. з колегами [14] та ін. Вразливість мікробіологічної частини ґрунту за впливу агрокліматичних змін обґрунтована низкою праць Дем'янюк О. С. та Шерстобової О. В. з колегами, зокрема в працях [15; 16].

Однак, зважаючи на значний вклад, який внесли науковці у вивчення сучасних трендів впливу кліматичних змін на екологічний стан агроєкосистем, важливо розуміти невизначеність впливу абіотичних агрокліматичних чинників на агроценози, що має високу ймовірність несприятливих наслідків через підвищення екологічних ризиків.

Разом із тим малодослідженими та необґрунтованими залишаються критерії оцінювання екологічних ризиків в умовах змін клімату за дії абіотичних агрокліматичних чинників на агроценози сільськогосподарських культур. Згадане питання є актуальним і потребує подальшого вивчення.

Враховуючи коливання погодних умов, зокрема зростання середньорічної температури та неоднорідності вологозабезпечення, постає необхідність у дослідженні критеріїв оцінювання екологічних ризиків втрати родючості та зниження якості ґрунтів, загострення фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур, втрати продуктивності агроценозів за впливу абіотичних чинників. Використання зазначених критеріїв сприятиме прогнозуванню, визначенню та попередженню негативних наслідків таких впливів на агроценози, мінімізації екологічних ризиків та підвищенню екологічної безпеки агроєкосистем.

**Мета статті** — розробити та обґрунтувати критерії оцінювання екологічних ризиків в агроценозах за впливу абіотичних агрокліматичних чинників в умовах зміни клімату.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході дослідження використано інформаційно-аналітичний і порівняльний аналізи для опрацювання наукових публікацій із зазначеної проблематики. Застосовано емпіричний метод і системний підхід для виявлення взаємної залежності абіотичних чинників і впливу змін клімату на формування екологічних ризиків в агроценозах за вирощування сільськогосподарських культур. Використано державні стандарти та науково-методичні матеріали для розроблення переліку показників екологічного стану агроценозів як провідних критеріїв оцінювання екологічних ризиків в агроценозах [17–23].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Зважаючи на світову практику щодо впливу глобального потепління на навколишнє природне середовище, яка широко обговорюється в сучасній науковій літературі [6–8; 24; 25], варто зазначити, що зміни клімату спричиняють низ-

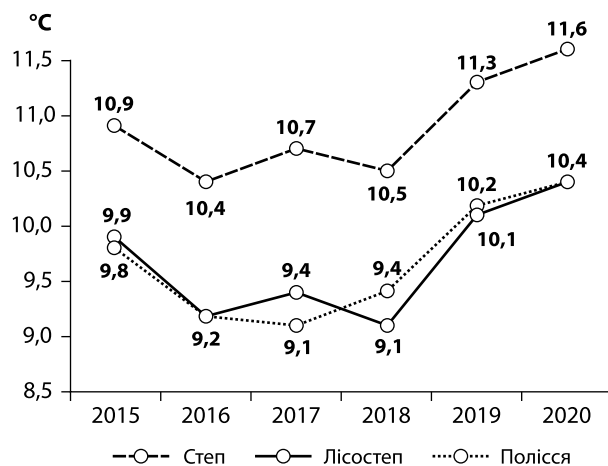
ку екологічних ризиків в агроекосистемах, які впливають на ефективність ведення сільського господарства. Передусім коливання погодних умов відіграють важливу роль у формуванні екологічних ризиків, які мають безпосередній негативний вплив на агроценози, зумовлюючи такі процеси:

- підвищення середньодобової температури, зменшення кількості опадів, сухості спричинюють значні втрати запасів вологи в ґрунті, посилення процесів “вивітрювання” та випаровування;
- різкі коливання погодних умов, які спричинюють чергування істотних нічних заморозків і спекотних весняних днів, виступають стресовими чинниками на культурні рослини;
- неоднорідність опадів, коли тривалі бездошові періоди змінюються затяжними дощовими, має вплив на фізіологічні процеси культурних рослин;
- збільшення різниці між денними і нічними температурами призводить до посилення процесу транспірації та уповільнення розвитку культур;
- малосніжні зими останніми роками є наслідком зниження запасів продуктивної вологи у ґрунті, що негативно відображається на здатності насіння до проростання та ін.

Зазначені процеси викликані насамперед зростанням середньої річної температури в Україні в останні десятиріччя більш ніж на 2°C. Дослідження Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України щодо тренду середньої температури, зокрема в країні 30 років, засвідчили її зростання на 1,2°C [26]. Зазначається, що найспекотнішим роком як у Європі, так і в Україні став 2020 р., перевищивши середній показник 1961–1990 рр. на 2,8°C [27]. Наведені дані, отримані із сучасних наукових джерел, підтверджені показниками Українського гідрометеорологічного центру та Державної служби статистики України [28], згідно з якими тренд зростання температури свідчить про її істотні коливання впродовж 2016–2020 рр. (рис. 1).

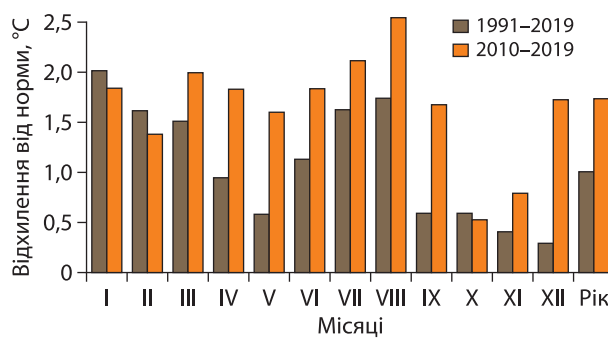
Поряд із цим кліматичні тенденції до стійкого підвищення температури повітря впродовж останніх десятиріч свідчать про відхилення від норми середніх місячних температур (рис. 2а). Зменшилася також і кількість надходження опадів по місяцях (рис. 2б). На це вказують результати досліджень, що були проведені в рамках проекту “Німецько-український агрополітичний діалог” упродовж 1991–2019 та 2010–2019 років відносно стандартного кліматологічного періоду (1961–1990) [5].

Зрештою, в результаті сучасного потепління відбувається зменшення зони достатнього

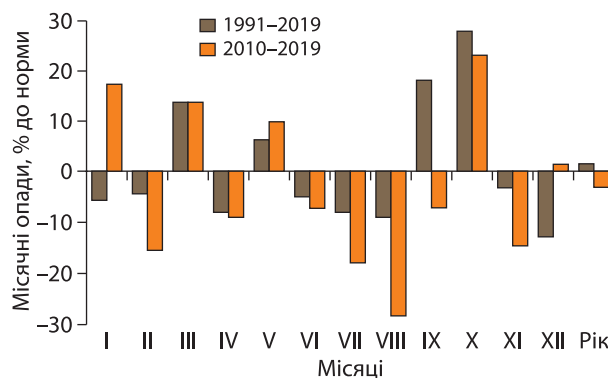


**Рис. 1.** Тренд середньої температури в Україні, 2016–2020 рр.

Джерело: побудовано авторами за даними Державної служби статистики України [28; 29].



а



б

**Рис. 2.** Відхилення по місяцях за період 1991–2019 рр. та 2010–2019 рр. від стандартного кліматологічного періоду (1961–1990 рр.):

а — середніх місячних температур повітря;

б — місячних опадів

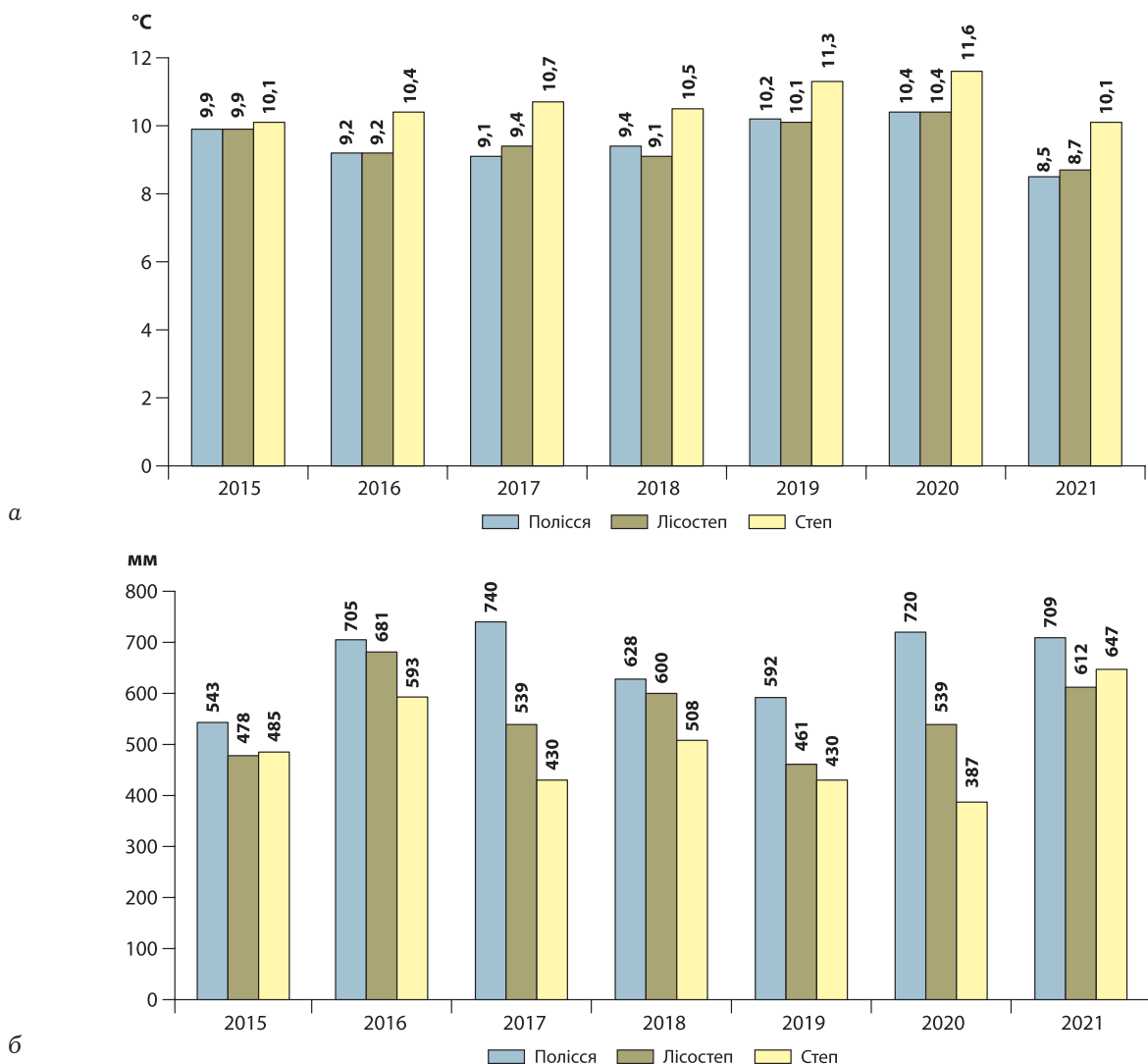
Джерело: за даними матеріалів “Німецько-українського агрополітичного діалогу” [5].

зволоження ґрунту, її межа піднімається все вище і вище на північ та відбувається поширення посух у північні райони України, про що свідчать дані рисунків (рис. 3а, 3б). На більшій частині України вже спостерігається тенденція до посилення посух, збільшення кількості та тривалості спекотних періодів.

Наприклад, якщо детально розглядати розподіл опадів на території України в першому півріччі 2020 р., то очевидним стає те, що найбільша їх кількість, як зазвичай, випала в західних і північних регіонах. Найнижчий рівень зволоження ґрунтів був у південних і частково центральних регіонах, що говорить про засуху (рис. 4). Наразі в зазначений рік кліматичні умови для України є цілком сприятливими, хоча й не задовольняють річну потребу в кількості опадів для всієї території.

Однак сумнівно, що за глобального потепління територіальний перерозподіл культивування сільськогосподарських культур буде рівномірно сприятливим для всіх регіонів України. Адже підвищення температури може певною мірою позитивно впливати на більш зволожені та прохолодні північні регіони країни. Натомість на південних чорноземах з обмеженим вологозабезпеченням за зростання температури очікується збільшення кількості посух, що чинить негативну дію на аграрне виробництво.

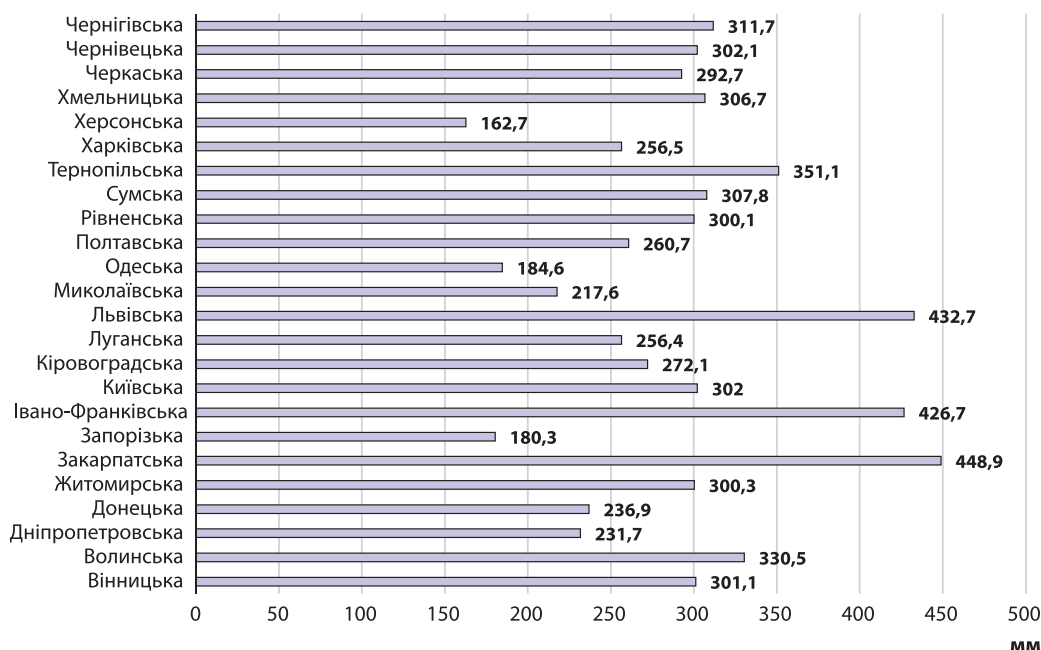
Отже, найістотніші екологічні ризики для аграрного виробництва нашої держави становить мінливість погодних умов, посилення якої супроводжується глобальними змінами клімату. Зокрема, слід згадати про повінь на Прикарпатті в червні, яка набрала катастрофічних масштабів, затопивши не лише сільськогосподарські угіддя



**Рис. 3.** Зміни клімату у розрізі кліматичних зон України, 2015–2021 рр.:

а — середня температура повітря; б — середня кількість опадів

Джерело: побудовано за статистичними даними Державної служби статистики України [28; 29].



**Рис. 4.** Розподіл опадів у регіонах України у першому півріччі 2020 р.

Джерело: побудовано авторами за даними [30].

в Івано-Франківській та Чернівецькій областях, але й будинки, присадибні ділянки, дороги тощо. Грозові дощі в деяких західних областях вщент знищили посіви сільгоспкультур.

Поряд із цим через мінімальну кількість опадів у південних регіонах (Одещина, Херсонщина, Миколаївщина, Запоріжжя) посуха спричинила загибель рослин ячменю, пшениці, ріпаку на значних площах посівів. Посушлива ситуація торкнулася і більш східних регіонів країни (Луганська, Харківська, Донецька, Дніпропетровська області). Це принесло аграріям великі збитки, які фермери оцінюють у сотні мільйонів гривень. Посушлива ситуація і поривчастий вітер у квітні спричинили пилову бурю в Житомирській та Київській областях, хоча таке явище аж ніяк не притаманне цим місцевостям [30].

Отже, для сільського господарства України потепління клімату може мати як позитивні, так і негативні наслідки. Слід зазначити, що позитивними наслідками є: скорочення термінів збирання врожаю; покращання умов перезимівлі озимих культур та багаторічних трав; можливість ефективного культивування пізньостиглих сортів (гібридів), які потребують більше теплових ресурсів; підвищення ефективності застосування добрив та біопрепаратів [25]. До негативних наслідків належать: збільшення частоти та посилення посух упродовж вегетаційного періоду; зростання водної та вітрової ерозії ґрунту; прискорення розкладання гумусу в ґрунтах; погіршення зволоження ґрунту в

південних регіонах; збільшення ризиків вимерзання озимих культур унаслідок відсутності стійкого снігового покриву; погіршення якості зерна; зростання чисельності та розвитку шкідників, поширення бур'янів, збудників хвороб рослин і патогенних мікроорганізмів [25; 31].

Так, наприклад, Скок С.В. [32] обумовлює дефіцит вологи у ґрунтах Степу (2019 р.) через зростання температури та низьку вологозабезпеченість, що останніми роками є цілком закономірним явищем. Окрім того, в цій зоні досить часті прояви особливо небезпечних стихійних метеорологічних явищ (град, сильний вітер, пилові бурі). Такі метеорологічні умови зумовлюють розвиток вітрової і водної ерозій, деґуміфікацію сільськогосподарських земель та втрати мінеральної частини ґрунту й поживних речовин (азоту, фосфору, калію тощо) [33; 34]. За даними ДУ "Інституту охорони ґрунтів України", середньорічні втрати гумусу через ерозійні процеси сягають 1,38 т/га, спричинюючи зниження врожайності зернових культур майже на 50 %, що у вагових одиницях складає 0,5–2,0 ц/га [35].

Тому можна підсумувати, що зміни клімату, які ми спостерігаємо останніми десятиліттями, спричинюють екологічні ризики вимивання гумусового горизонту, погіршення структури ґрунту, його водно-повітряного режиму, зниження рівня вологи у ґрунтах, зниження потенційної врожайності сільськогосподарських культур.

Слід наголосити, що агрокліматичні коливання є визначальним фактором формування біопродуктивності земель кожного регіону як головної складової сільськогосподарського виробництва. Однак біопродуктивність залежить не тільки від кліматичних показників, але й від особливостей ґрунту та потенційної врожайності культур, що культивуються. Біопродуктивність ґрунту реалізується в забезпеченні рослин поживними речовинами, кореневої системи — теплом, вологою, киснем та іншими умовами, необхідними для росту і розвитку культур.

Зменшення кількості опадів взимку негативно позначається на забезпеченні достатнього зволоження навесні. Поза тим, вкрай мало-ефективні опади, які випадають упродовж доби. Різкі коливання погодних умов із тривалими бездошовими періодами за наявності бур'янів в агроценозах призводять до висихання орного та підорного ґрунтових шарів. Упродовж цього, висушування ґрунту сприяє швидкому розвитку потужної кореневої системи бур'янів та її глибокому проникненню у глибину ґрунту. Так, наприклад, коріння вісюга звичайного заглиблюється на глибину понад 2 м, а осоту рожевого — понад 3,5 м [36].

Неконтрольовані коливання абіотичних агрокліматичних чинників позначаються на водозабезпеченні агроценозів і температурних умовах онтогенезу рослин, впливають на конкурентну спроможність сільськогосподарських культур. Нестача ґрунтової вологи гальмує ряд фізіологічних процесів і біохімічних процесів у тканинах рослин [37; 38].

Поміж тим, висушування ґрунту — не єдиний чинник, що впливає на розвиток бур'янів в умовах змін клімату. Так, наприклад, тенденції фактичного зміщення меж природно-кліматичних зон країни, які за сучасними даними посунулися на 100–150 км північніше, зумовлюють агровиробництво до перерозподілу посівних площ сільськогосподарських культур, що, у свою чергу, сприяє зміні асортименту, чисельності та поширенню різних видів бур'янів [39].

Як зазначає низка авторів [37; 40], більшості видів рослин зазвичай властиві фізіологічні реакції на високі температури та посуху, які проявляються в захисних механізмах боротьби з такими явищами. Через посухи та теплові стреси під час регуляторного механізму дихання рослин одночасно відбувається втрата води листками, шляхом транспірації, та дифузія вуглекислого газу в рослини, який потрібний для фотосинтезу. За результатами досліджень Жовтоног О. І. та ін. (2018), підтверджено залежність між збільшенням біомаси та евапотранспірацією, за якої відбувається і фізіологіч-

не, і фізичне випаровування вологи з поверхні рослинності та з ґрунту [41].

Зміни агрокліматичних факторів мають певний вплив не тільки на фізіологічні особливості розвитку культурних рослин, а й на розвиток та чисельність нових видів хвороб і шкідників. Підвищення температури сприяє можливому збільшенню чисельності основних видів комах-шкідників, зона їхнього екологічного оптимуму поширюється на раніше несприятливі для них за температурними умовами території. Вчені прогнозують, що подальші зміни клімату посилюватимуть небезпечний вплив на сільськогосподарське виробництво, який проявлятиметься у ймовірній міграції шкідників, не характерній для території України, збільшенні їхньої чисельності й кількості поколінь. Такі зміни, у свою чергу, спонукатимуть до зміщення термінів проведення агротехнологічних заходів, пов'язаних із передпосівною обробкою ґрунту, його підготовкою до посіву, внесенням агрохімікатів та засобів захисту рослин тощо [39].

Таким чином, екологічна, як і економічна, ефективність аграрного виробництва, безумовно, консолідовані високим рівнем залежності агрокліматичних умов. У цьому випадку екологічна ефективність розглядається як вимір, результатом якого є система управління навколишнім природним середовищем, головним інструментом якої будуть виступати критерії оцінювання екологічних ризиків.

За врахування вищезазначених наслідків впливу змін клімату на процеси сільськогосподарського виробництва визначено основні критерії оцінювання екологічних ризиків в агроценозах. Визначені критерії обумовлюють екологічні ризики настання негативних для агроценозів наслідків за негативного впливу абіотичних чинників, а саме: втрати родючості та зниження якості ґрунтів, погіршення фітосанітарного стану агроценозів, зниження продуктивності агроценозів.

**Критерії оцінювання екологічних ризиків втрати родючості та зниження якості ґрунтів за впливу абіотичних чинників.** Одними з головних критеріїв оцінювання екологічних ризиків в агроценозах є рівень родючості ґрунту та його продуктивність. Насамперед рівень продуктивності агроценозів цілком залежить від родючості ґрунтів і зумовлює його господарську значущість. Родючість ґрунтів визначає їхню здатність задовольняти потреби рослин елементами живлення, водою, повітрям, теплом у кількостях, які достатні для їхнього нормального розвитку. Ці показники, як по-окремо, так і в сукупності, визначають основні критерії якості ґрунту.

Деградація ґрунтів, яка посилюється за кліматичних змін та безпосереднього впливу абіотичних чинників (коливань температури повітря і вологості ґрунту), призводить до екологічного ризику втрати родючості ґрунтів через зменшення частки органічної речовини ґрунту, втрати основних поживних елементів (азоту, фосфору, калію та інших мікро- і макроелементів), забруднення важкими металами, пестицидами, радіонуклідами тощо.

Основні критерії оцінювання екологічних ризиків втрати родючості та зниження якості ґрунтів за впливу абіотичних чинників наведено в *табл. 1*.

До переліку критеріїв віднесено: коефіцієнт дегуміфікації та вміст органічної речовини ґрунту, які свідчать про зменшення частки органічної речовини ґрунту; агрохімічні показники, які підтверджують ризики втрати основних поживних елементів (макроелементів (азоту, фосфору, калію) та мікроелементів) та зміну кислотності ґрунту; гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, за якими визначають рівень екологічних ризиків забруднення ґрунтів небезпечними сполуками важких металів, пестицидів та радіонуклідів.

**Критерії оцінювання екологічних ризиків загострення фітосанітарного стану агроценозів за впливу абіотичних чинників.** Екологічні ризики в агроценозах за впливу абіотичних чинників можна оцінювати за критеріями, які обумовлюють фітосанітарний стан агроценозів, а саме: забур'яненість, ураженість рослин хворобами, які призводять до загибелі чи зрідження, збільшення чисельності видів

шкодочинних організмів та орієнтовний економічний поріг шкідливості шкідників, який свідчить про ступінь ураженості посівів, що може призвести до втрат кількості і якості врожаю (*табл. 2*).

Перераховані в *табл. 2* критерії обумовлюють втрати врожаю сільськогосподарських культур та призводять до погіршення якості отриманої продукції внаслідок: зміни тривалості вегетаційного періоду культурних рослин; появи нових видів бур'янів, шкідників і збудників хвороб; збільшення чисельності видів шкодочинних організмів; зміни та поширення ареалів шкідливих організмів; зниження здатності культурних рослин ефективно використовувати вологу ґрунту; зниження ефективності використання фітосанітарних заходів; зменшення екологічної стійкості сільськогосподарської культури до несприятливих чинників для її росту та розвитку.

За усередненими оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), за погодних коливань відбуваються спалахи розмноження фітофагів та розвиток збудників хвороб, які чинять втрати врожаю від 33 до 50% і більше [42]. Оцінюючи фітосанітарний стан агроценозів, одними з основних показників використовують шкідливу дію бур'янів, шкідників, збудників хвороб та ін. Шкідливість організмів, як прояв негативного впливу на культурні рослини певної сукупності особин шкідливого виду чи комплексу видів, є індикатором зменшення продуктивності культурних рослин та погіршення якості продукції і залежить від ряду таких чинників:

Таблиця 1

**Критерії оцінювання екологічних ризиків втрати родючості та зниження якості ґрунтів за впливу абіотичних чинників**

| Екологічний ризик                           | Критерій оцінювання                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Одиниці вимірювання                                                                                 | Джерело  |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Втрата родючості та зниження якості ґрунтів | 1) вміст органічної речовини ґрунту;                                                                                                                                                                                                                                                                                       | %                                                                                                   | [17; 18] |
|                                             | 2) агрохімічні показники ґрунту:<br>– гідролізований азот;<br>– нітрифікаційна здатність ґрунту;<br>– вміст мінерального азоту;<br>– вміст рухомого фосфору й обмінного калію;<br>– вміст рухомого калію;<br>– вміст рухомих сполук сірки;<br>– вміст рухомих сполук мікроелементів;<br>– ступінь кислотності та лужності. | мг/кг<br>мг/100 г ґрунту<br>мг/100 г ґрунту<br>мг/кг ґрунту<br>мг/кг ґрунту<br>мг/кг<br>мг/кг<br>рН | [17–19]  |
|                                             | 3) екотоксикологічні показники (за ГДК):<br>– вміст важких металів;<br>– вміст пестицидів.                                                                                                                                                                                                                                 | мг/кг<br>мг/кг                                                                                      | [17; 18] |
|                                             | 4) радіологічні показники:<br>– допустимий рівень (ДР) радіонуклідів ( $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ ).                                                                                                                                                                                                             | Ki/км <sup>2</sup>                                                                                  | [20]     |

Таблиця 2

**Критерії оцінювання екологічних ризиків за впливу абіотичних чинників  
під час формування фітосанітарного стану агроценозів**

| Екологічний ризик                            | Критерій оцінювання                                                  | Одиниці вимірювання             | Джерело  |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| Погіршення фітосанітарного стану агроценозів | забур'яненість                                                       | шт/м <sup>2</sup>               | [21]     |
|                                              | ураженість рослин хворобами, які призводять до загибелі чи зрідження | бал                             | [21; 22] |
|                                              | чисельність і щільність популяцій на одиниці площі                   | особин (колоній)/м <sup>2</sup> | [23]     |
|                                              | орієнтовний економічний поріг шкідливості шкідників                  | особин (колоній)/м <sup>2</sup> | [23]     |

- ступінь ураженості посівів і ступінь агресивності шкідливого об'єкта. Ці чинники, у свою чергу, залежать від стадії забур'яненості посівів, розвитку та активності шкідників, патогенності збудників хвороб, кількості шкідливих організмів;
- стійкість рослини — обумовлюється фізіологічним станом культури та залежить від запроваджених агротехнічних заходів, сприятливості погодних умов тощо;
- співпадіння терміну появи агресивної стадії розвитку шкідливих організмів із найсприятливішою до ураження стадією культури.

Ураженість рослин хворобами, які призводять до загибелі чи зрідження посівів, оцінюють за бальною градацією. Відсотки та бали часто використовують як критерій оцінки ураженості рослин захворюваннями в агроценозах, що викликані різними екологічними групами інфекцій. Для градації загинулих рослин в агроценозі використовують три шкали: 1 — слабка зрідженість (загибель до 25 % рослин); 2 — середня (загибель 25–50 % рослин); 3 — сильна (загибель більше 50 % рослин). Ступінь ураження рослин хворобами визначається відсотковим співвідношенням уражених до загального числа репродуктивних органів за такою шкалою: 1 бал — слабка ураженість (уражено менше 25 % листової поверхні); 2 — сильна (26–50 %); 3 — дуже сильна (більше 50 %) [21; 22].

Загальновідомо, що екологічні умови агроценозів мають значний вплив на процеси життєдіяльності фітопатогенних організмів, їх розмноження, поширення та виживання у природних умовах [43]. Зважаючи на досить активну увагу науковців, зосереджену на впливі екологічних чинників на розвиток хвороб рослин, викликаних фітопатогенною мікробіотою агроценозів, слід зауважити, що основні результати таких досліджень використовували для прогнозування розвитку хвороб та розроблення

ефективних заходів захисту рослин. Однак отримані результати не використовувались у призмі визначення критеріїв оцінювання екологічних ризиків в агроценозах.

Варто нагадати, що температура повітря та кількість опадів є найважливішими чинниками, які впливають на взаємодію в системі “рослина – живитель – патоген” упродовж вегетаційного періоду. Багатогранні зміни погодних умов проявляються впливом на: рослину-господаря (сприйнятливості і стійкості до хвороб, ритми вегетації); збудника (агресивності, життєздатності і швидкості поширення); власне патологічний процес (можливість виникнення, протікання, припинення, тривалість інкубаційного періоду, виявлення хвороби). Безсумнівно, сприятливі екологічні умови для розвитку інфекційних структур мікроорганізмів і їх концентрація в агроценозах упродовж певного періоду часу можуть призводити до епіфітотійного процесу — масового спалаху хвороби та загибелі великої кількості рослин. Розповсюдження інфекційних структур по інфікованих рослинах продукує агресивність, патогенність та здатність до розмноження збудника хвороб. Відтак від цих показників залежить інтенсивність патологічного процесу, зокрема кількість генерацій збудника та швидкість розвитку хвороби [22].

**Критерії оцінювання екологічних ризиків втрати продуктивності агроценозів за впливу абіотичних чинників.** Екологічні ризики втрати продуктивності агроценозів визначають за критеріями оцінювання втрати врожаю сільськогосподарських культур від основних хвороб і показників якості та безпечності сільськогосподарської продукції (табл. 3).

Втрату врожаю від основних хвороб сільськогосподарських культур вважають передусім підсумковим критерієм фітосанітарного стану агроценозу. Існує безліч причин, які призводять до втрати врожаю впродовж усього процесу

Таблиця 3

**Критерії оцінювання екологічних ризиків втрати продуктивності агроценозів  
за впливу абіотичних чинників**

| Екологічний ризик                 | Критерій оцінювання                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Одиниці вимірювання | Джерело  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| Втрата продуктивності агроценозів | втрати врожаю сільськогосподарських культур від основних хвороб                                                                                                                                                                                                                                            | %                   | —        |
|                                   | гранично допустимі концентрації (ГДК) показників якості та безпечності сільськогосподарської продукції:<br>– важкі метали (свинець, кадмій, мідь, цинк, ртуть, миш'як та ін.);<br>– мікотоксини (зеараленон, дезоксиніваленон, афлатоксин В1, Т-2 токсин);<br>– пестициди (хлорорганічні, фосфорорганічні) | мг/кг               | [17; 18] |

його отримання. Найчастіше втрати обумовлені: біологічними причинами через використання нестійких до захворювань і шкідників сортів культурних рослин; агрономічними — унаслідок неправильного визначення термінів збору урожаю, недостатньої боротьби із шкідниками та хворобами культур; природно-господарськими — неправильне визначення оптимальних режимів проведення агрозаходів, несвоєчасне збирання врожаю, низький контроль якості робіт та ін.

Облік динаміки втрат врожаю в часі і просторі дозволяє аналізувати ризики втрат врожаю та оцінювати тенденції впливу екологічних чинників на зміни шкідливості й поширення певних видів хвороб для майбутнього прогнозування втрат врожаю. Наприклад, оцінювання втрат урожаю зернових культур проводять за показниками основних хвороб (кореневі гнилі, іржасті хвороби, сажка, плямистість, корончата іржа, сажкові хвороби, сітчаста плямистість, септоріоз), які особливо активно прогресують за коливання агрокліматичних показників.

Недобір врожаю визначають за відсотком загиблених рослин у випадку повного знищення рослин, без врахування можливої компенсації втрат рослинами, які залишилися і вегетують в агроценозі. Оцінку втрат від хвороб по фенофазам розраховують за результатами обліку ступеню ураження та прояву хвороби в певну фенологічну фазу рослин [22].

Визначальною характеристикою втрати продуктивності агроценозів є показники якості та безпечності сільськогосподарської продукції, які виступають критеріями оцінювання екологічних ризиків в агроценозах. Такі критерії характеризують забруднення рослинної продукції токсичними елементами — важкими металами (свинець, кадмій, мідь, цинк, ртуть, миш'як), мікотоксинами (зеараленон, дезокси-

ніваленон, афлатоксин В1, Т-2 токсин), пестицидами (хлорорганічні, фосфорорганічні) тощо. Зазначені критерії оцінюють за нормативами (ГДК) як показниками якості та безпечності сільськогосподарської продукції.

Отже, визначені критерії дозволять оцінювати, попереджати та мінімізувати екологічні ризики в агроценозах — втрату родючості та зниження якості ґрунтів, зниження продуктивності та загострення фітосанітарного стану агроценозів, що безпосередньо пов'язані з негативними наслідками впливу абіотичних факторів (температури повітря і опадів) в умовах зміни клімату.

**ВИСНОВКИ**

Визначено, що в умовах змін клімату екологічним ризикам відведена визначальна роль у формуванні сприятливих умов для розвитку сільськогосподарського виробництва. Зміни температури повітря і вологості ґрунту, як основні абіотичні чинники, спричиняють екологічні ризики загострення фітосанітарного стану агроценозів, такі як: підвищення забур'яненості посівів, збільшення насінневого запасу бур'янів та їхню територіальну поширеність; зміна видового складу, зростання чисельності, заселеності фітофагів і розвиток збудників хвороб. Окрім втрати продуктивності культурних рослин в агроценозі, виникають екологічні ризики підвищення рівня забруднення довкілля за використання мінеральних добрив і потреби збільшення використання засобів захисту рослин для підвищення контролю фітосанітарного стану агроценозів.

Визначено та обґрунтовано критерії оцінювання екологічних ризиків, які в умовах глобальних змін клімату обумовлюють потенційне зниження родючості та якості ґрунтів, втрати врожаю сільськогосподарських культур

і погіршення якості отриманої продукції за впливу абіотичних чинників — температури повітря і вологості ґрунту. Використання зазначених критеріїв оцінювання забезпечить своєчасне усунення окреслених екологічних ризиків

завдяки проведенню відповідних агротехнічних профілактичних і захисних заходів, гарантуватиме зростання продуктивності агроценозів та екологічну безпеку агроєкосистем.

## ЛІТЕРАТУРА

- Міняйло А.А. Міняйло Н.В. Динаміка фітосанітарного стану агроценозів в умовах змін клімату в Україні. *The development of nature sciences: problems and solutions: The international research and practical conference*. Brno (April, 27–28), 2018. Р. 97–99.
- Поліщук С.В. Фітосанітарний стан посівів сої залежно від погодних умов. *Збірник наукових праць ННЦ "Інститут землеробства НААН"*. 2018. Вип. 1. С. 44–49.
- Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22.
- Balan G. Influence of agroclimatic conditions of the southern Ukraine on the general phytosanitary state of the major farm crops. *Impressum: 4th International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*. Proceeding book (30–31 October 2020. Online congress). 2020. Р. 442–436.
- Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? / за ред. Огаренко Ю. *АРД: Німецько-український агрополітичний діалог*. 2019. 36 с.
- Довгалі Г.П., Волошина Н.О. Екологічні особливості функціонування агроєкосистем України за впливу кліматичних чинників. *Екологія та охорона природи. Серія 20 Біологія*. 2016. Вип. 6. С. 109–116.
- Собко З.З., Вознюк Н.М. Залежність врожайності сільськогосподарських культур від кліматичних та агрометеорологічних чинників (на прикладі Рівненської області). *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 3 (73). С. 38–46.
- Грицюк П.М., Бачишина Л.Д. Вплив зміни кліматичних умов на динаміку врожайності зернових в Україні. *Економіка України*. 2016. № 6. С. 68–75.
- Vogel E., Donat M.G., Alexander L.V., Meinshausen M., Ray D.K., Karoly D., Meinshausen N., Frieler K. The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environ. Res. Lett.* 2019. Vol. 14. No 5. 14 p. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab154b>
- Парфенюк А.І., Волощук Н.М. Формування фітопатогенного фону в агрофітоценозах. *Агроєкологічний журнал*. 2016. № 4. С. 106–113.
- Мостов'як І.І., Дем'янюк О.С. Чинники дестабілізації фітосанітарного стану агроценозів зернових культур Центрального Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812>
- Поспелова Г.Д., Коваленко Н.П., Нечипоренко Н.І., Кочерга В.Я. Вплив агрокліматичних факторів на розвиток основних хвороб сої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 45–52. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-6)
- Parminska L., Havryliuk N. The influence of weather conditions during an autumn period on the development of basic wreckers and diseases of agrocenosis of winter wheat in Forest-Steppe zone. *Quarantine and plant protection*. 2019. № 1–2. С. 10–14. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2019.1-2.10-14>
- Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A., Petrenkova V.P., Mukha T.I. Monitoring of economically important wheat viruses under weather conditions change in Ukraine and investigation of seed transmission of Wheat streak mosaic virus. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. № 24. Р. 660–669.
- Дем'янюк О.С., Шерстобоева О.В., Ткач Є.Д. Функціональна структура мікробних угруповань чорнозему глибокого за впливу гідротермічних і трофічних чинників. *Мікробіологічний журнал*. 2018. Т. 80. №6. С. 94–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.094>
- Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С. Мікроорганізми ґрунту в умовах змін клімату. *Вісн. Дніпропетр. держ. аграр.-екон. ун-ту*. 2016. № 3 (41). С. 28–33.
- Якість ґрунту. Паспорт ґрунтів: ДСТУ 4288:2004. Чинний від 01.07.2005. Видання офіційне. Київ. Держспоживстандарт України, 2005. 12 с.
- Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів: ДСТУ 4362:2004. Чинний від 01.01.2006. Видання офіційне. Київ. Держспоживстандарт України, 2005. 33 с.
- Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення (керівний нормативний документ) / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. К., 2013. 104 с.
- Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2018. 233 с.
- Кулешов А.В., Білик М.О., Станкевич С.В., Забродіна І.В. Практикум з моніторингу шкідників сільськогосподарських культур. Харків: ХНАУ, 2016. 206 с.
- Балан Г.О., Агеева О.В. Прогноз розвитку хвороб сільськогосподарських культур: методичні рекомендації. Одеса: ОДАУ, 2018. 27 с.
- Покозій Й.Т., Писаренко В.М., Довгань С.В. та ін. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: підручник / за ред. Й.Т. Покозія. К.: Аграрна освіта, 2010. 223 с.
- Дем'янюк О.С. Зміни клімату — глобальна екологічна і продовольча проблема людства. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 4. С. 6–13.
- Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь / за ред. С.П. Іванюти. К.: НІСД, 2020. 110 с.

26. Як змінюється клімат в Україні. URL: <https://ecolog-ua.com/news/yak-zminuyetsya-klimat-v-ukrayini> (дата звернення: 25.10.2022).
27. Wilson L., New S., Daron J., Golding N. Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. 2021. 34 p.
28. Статистичний збірник “Україна у цифрах”. Київ. 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 25.09.2022).
29. Статистичний щорічник України. 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 20.09.2022).
30. Оподи в регіонах України: карта, кількість та характеристики 2020 року. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/826-opadi-v-regionah-ukrayini-karta-kilkist-ta-harakteristiki-2020-roku> (дата звернення: 20.08.2022).
31. Barbosa P., Masante D., Arias Muñoz C., Cammalleri C., De Jager A., Magni D., Mazzeschi M., McCormick N., Naumann G., Spinoni J., Vogt J. Droughts in Europe and worldwide 2019–2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2021. DOI: <https://doi.org/10.2760/415204>.
32. Скок С.В. Оцінка якості ґрунтів зони степу України в умовах глобальних змін клімату. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 124. С. 237–246.
33. Dudiak N.V., Pichura V.I., Potravka L.A., Stratchuk N.V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, Iss. 8. P. 192–198. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/110789>
34. Breus D.S., Skok S.V. Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 48 (3). P. 627–633.
35. Періодична доповідь про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України, за результатами X туру (2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження земель / За ред. Ялука І.П. Київ, 2020. 208 с.
36. Писаренко В.М., Писаренко П.В., Писаренко В.В., Горб О.О., Чайка Т. О. Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 1. С. 134–146. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18>
37. Кірізій Д.А., Стасик О.О. Вплив посухи і високої температури на фізіолого-біохімічні процеси та продуктивність рослин. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022. Вип. 54. № 2. С. 95–122. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2022.02.095>
38. Іващенко О.О., Іващенко О.О. Проблеми стресів у рослин і способи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7 (796). С. 27–35. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-04>
39. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Теплові ресурси України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 99–106.
40. Lamaoui M., Jemo M., Datla R., Bekkaoui F. Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. *Frontiers in Chemistry. Section Crop Biology and Sustainability*. 2018. № 6. 26. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00026>
41. Жовтоног О.І., Філіпенко Л.А., Поліщук В.В., Салюк А.Ф., Хоменко А.В. Закономірності енергомасообміну в середовищі “ґрунт — рослина — атмосфера” за сучасних кліматичних та економічних умов зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg20180108-132>
42. FAO. Climate change: Unpacking the burden on food safety. *Food safety and quality series*. 2020. No. 8. Rome. Italy. 154 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8185en>
43. Безноска І.В., Парфенюк А.І., Шерстобоева О.В., Гаврилюк Л.В., Терновий Ю.В., Горган Т.М. Видовий склад фітопатогенних мікроміцетів насіння сортів культурних рослин. *Агроєкологічний журнал*. 2020. № 2. С. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207685>

## CRITERIA FOR ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS IN AGROCENOSES UNDER THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS

**Lishchuk A.**

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: [lishchuk.alla.n@gmail.com](mailto:lishchuk.alla.n@gmail.com);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

**Furdychko O.**

Doctor of Economics, Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
Academician of the NAAS of Ukraine  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: [agroecologynaan@gmail.com](mailto:agroecologynaan@gmail.com);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>

**Parfeniuk A.**

Doctor of Biological Sciences, Professor  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: [vereskpar@ukr.net](mailto:vereskpar@ukr.net);  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

Karachynska N.

PhD in Biological Sciences

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

e-mail: karachinskian051177@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>

*The study of environmental risks in the agricultural industry in the conditions of global climate change remains relevant. The role of abiotic factors (air temperature and precipitation) in the formation of environmental risks in agroecosystems of agricultural crops is covered in the article. The influence of uncontrolled fluctuations of agroclimatic factors on agroecosystems, which cause environmental risks, is particularly hazardous. They are the main prerequisite for reducing the efficiency of agriculture. The aim of the work was to develop and substantiate the criteria for evaluating ecological risks in agroecosystems under the influence of abiotic agroclimatic factors in the conditions of climate change. The defined criteria provide an assessment of the ecological risks of loss of fertility and reduction of soil quality, deterioration of the phytosanitary condition of agroecosystems, and reduction of their productivity. Such criteria include indicators of the content of organic matter and the coefficient of soil dehumification, which indicate a decrease in the share of organic matter in the soil; agrochemical indicators that confirm the risks of loss of macro- and microelements, changes in soil pH; normative indicators of the content of pollutants, which determine the level of ecological risks of soil contamination with dangerous compounds of heavy metals, pesticides and radionuclides. The criteria that determine the phytosanitary state of agroecosystems, determine the indicators of weediness, plant diseases that lead to death or thinning, an increase in the number of species of harmful organisms, and an approximate economic threshold of the harmfulness of pests. It characterizes the degree of damage to crops and possible crop losses. Ecological risks of agroecosystems productivity loss are determined by criteria for assessing crop loss from major diseases and indicators of quality and safety of agricultural products. The use of the specified criteria will ensure the timely elimination of the environmental risks outlined in the article thanks to the implementation of appropriate agrotechnical preventive and protective measures, will guarantee the growth of the productivity of agroecosystems and the ecological safety of agroecosystems.*

**Keywords:** ecological safety, agroecosystem, fertility, productivity, phytosanitary status, air temperature, soil moisture.

## REFERENCES

1. Miniailo, A. A. & Miniailo, N. V. (2018). Dynamika fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv v umovakh zmin klimatu v Ukraini [Dynamics of the phytosanitary state of agroecosystems under conditions of climate change in Ukraine]. *The development of nature sciences: problems and solutions: The international research and practical conference* (April, 27–28). (Pp. 97–99). Brno: Baltija Publishing [in Ukrainian].
2. Polishchuk, S. V. (2018). Fitosanitarnyi stan posiviv soi zalezno vid pohodnykh umov [Phytosanitary condition of soybean crops depending on weather conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs "Instytut zemlerobstva NAAN" — Collection of scientific works of the NSC "Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences"*, 1, 44–49 [in Ukrainian].
3. Tarariko, O. H., Iliencko, T. V. & Kuchma, T. L. (2016). Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ta valovi zbory zernovykh kultur: analiz ta prohnoz [Impact of climate change on productivity and gross harvest of grain crops: analysis and forecast]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal — Ukrainian Geographical Journal*, 1, 14–22 [in Ukrainian].
4. Balan, G. (2020). Influence of agroclimatic conditions of the southern Ukraine on the general phytosanitary state of the major farm crops. *Impressum: 4th International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress* (30–31 October 2020). Online congress. Proceeding book (pp. 442–436) [in English].
5. Adamenko, T. (2019). Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram? APD: Nimetsko-ukrainskyi ahropolitychnyi dialoh — APD: German-Ukrainian agropolitical dialogue [in Ukrainian].
6. Dovhal, H. P. & Voloshyna, N.O. (2016). Ekologichni osoblyvosti funktsionuvannia ahroekosystem Ukrainy za vplyvu klimatychnykh chynnykiv [Ecological features of the functioning of agroecosystems of Ukraine under the influence of climatic factors]. *Ekolohiia ta okhorona pryrody. Seriia 20 Biolohiia — Ecology and nature protection. Series 20 Biology*, 6, 109–116 [in Ukrainian].
7. Sobko, Z. Z. & Vozniuk, N. M. (2018). Zalezhnist vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur vid klimatychnykh ta ahrometeorologichnykh chynnykiv (na prykladi Rivnenskoï oblasti) [Dependence of the yield of agricultural crops on climatic and agrometeorological factors (on the example of the Rivne region)]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy — Scientific reports of NULES of Ukraine*, 3 (73), 38–46 [in Ukrainian].
8. Hrytsiuk, P. M. & Bachyshyna, L. D. (2016). Vplyv zminy klimatychnykh umov na dynamiku vrozhaivosti zernovykh v Ukraini [The influence of changes in climatic conditions on the dynamics of grain yield in Ukraine]. *Ekonomika Ukrainy — Ukraine economy*, 6, 68–75 [in Ukrainian].
9. Vogel, E., Donat, M.G., Alexander, L.V., Meinshausen, M., Ray, D.K., Karoly, D., Meinshausen, N., Frieler, K. (2019). The effects of climate extremes on global agricultural yields. *Environmental Research Letters*, 14. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab154b> [in English].
10. Parfeniuk, A.I. & Voloshchuk, N.M. (2016). Formuvannia fitopatohennoho fonu v ahrofitotsenozakh [Formation

- of phytopathogenic background in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 106–113 [in Ukrainian].
11. Mostoviak, I.I. & Demianiuk, O.S. (2020). Chynnyky destabilizatsii fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv zernovykh kultur Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Factors destabilizing the phytosanitary state of agroecosystems of grain crops in the Central Forest Steppe of Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 2, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208812> [in Ukrainian].
  12. Pospelova, H.D., Kovalenko, N.P., Nechyporenko, N.I. & Kocherha, V.Ya. (2020). Vplyv ahroklimatychnykh faktoriv na rozvytok osnovnykh khvorob soi [The influence of agroclimatic factors on the development of major soybean diseases]. *Visnyk ahraryoi nauky Prychornomoria — Herald of Agrarian Science of the Black Sea Region*, 3, 45–52. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-6) [in Ukrainian].
  13. Parminska, L., & Havryliuk, N. (2019). The influence of weather conditions during an autumn period on the development of basic wreckers and diseases of agroecosystem of winter wheat in Forest-Steppe zone. *Quarantine and plant protection*, 1–2, 10–14. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2019.1-2.10-14> [in English].
  14. Mishchenko, L.T., Dunich, A.A., Mishchenko, I.A., Petrenkova, V.P. & Mukha, T.I. (2018). Monitoring of economically important wheat viruses under weather conditions change in Ukraine and investigation of seed transmission of Wheat streak mosaic virus. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24, 660–669 [in English].
  15. Demianiuk, O.S., Sherstoboieva, O.V. & Tkach, Ye.D. (2018). Funktsionalna struktura mikrobnnykh uhrupovan chornozemu hlybokoho za vplyvu hidrotermichnykh i trofichnykh chynnykiv [Functional structure of microbial communities of deep chernozem under the influence of hydrothermal and trophic factors]. *Mikrobiolohichniy zhurnal — Journal of microbiology*, 80 (6), 94–108. DOI: <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.06.094> [in Ukrainian].
  16. Sherstoboieva, O.V. & Demianiuk, O.S. (2016). Mikroorhanizmy igruntiv v umovakh zmin klimatu [Soil microorganisms under conditions of climate change]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnogo ahrarynoho ekonomichnoho universytetu — Bulletin of the Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*, 3 (41), 28–33 [in Ukrainian].
  17. Yakist igruntiv. Pasport igruntiv [Soil quality. Soil passport]. (2005). DSTU 4288:2004 from 01.07.2005. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  18. Yakist igruntiv. Pokaznyky rodiuchosti igruntiv [Soil quality. Indicators of soil fertility]. (2005). DSTU 4362:2004 from 01.01.2006. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  19. Yatsuk, I.P. & Baliuk, S.A. (Eds.). (2013). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia (kerivnyi normatyvnyi dokument)* [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands (governing regulatory document)]. Kyiv [in Ukrainian].
  20. Chornyi, S.H. (2018). *Otsinka yakosti igruntiv: navchalnyi posibnyk* [Assessment of soil quality: a study guide]. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian].
  21. Kulieshov, A.V., Bilyk, M.O., Stankevych, S.V. & Zabrodina, I.V. (2016). *Praktykum z monitorynhu shkidnykh silskohospodarskykh kultur* [Workshop on monitoring of pests of agricultural crops]. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian].
  22. Balan, H.O. & Aheeva, O.V. (2018). *Prohnoz rozvytku khvorob silskohospodarskykh kultur: metodychni rekomendatsii* [Forecast of the development of diseases of agricultural crops: methodical recommendations]. Odesa: ODAU [in Ukrainian].
  23. Pokozii, Y.T. (Ed.), Pysarenko, V.M., Dovhan, S.V., Dolia, M.M., Pysarenko, P.V., Mamchur, R.M., Bondarieva, L.M., Pasichnyk, L.P. (2010). *Monitorynh shkidnykh silskohospodarskykh kultur: pidruchnyk* [Monitoring of pests of agricultural crops: textbook]. Kyiv: Ahraryna osvita [in Ukrainian].
  24. Demianiuk, O.S. (2016). Zminy klimatu — hlobalna ekolohichna i prodovolcha problema liudstva [Climate change is a global environmental and food problem for mankind]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced nature management*, 4, 6–13 [in Ukrainian].
  25. Ivaniuta, S.P. (Ed.), Kolomiets, O.O., Malynovska, O.A. & Yakushenko, L.M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analitychna dopovid* [Climate Change: Consequences and Adaptation Measures: Analytical Report]. Kyiv: NISD [in Ukrainian].
  26. *Yak zminiuietsia klimat v Ukraini* [How the climate is changing in Ukraine]. URL: <https://menr.gov.ua/news/35246.html> [in Ukrainian].
  27. Wilson, L., New, S., Daron, J. & Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. URL: [https://mep.gov.uk/files/docs/Zmina\\_klimaty/2021/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82.pdf](https://mep.gov.uk/files/docs/Zmina_klimaty/2021/%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82.pdf) [in English].
  28. *Statystychnyi zbirnyk “Ukraina u tsyfrakh”* [Statistical collection “Ukraine in numbers”]. (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  29. *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy* [Statistical yearbook of Ukraine]. (2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
  30. *Opady v rehionakh Ukrainy: karta, kilnist ta kharakterystyky 2020 roku* [Precipitation in the regions of Ukraine: map, amount and characteristics of 2020]. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/826-opadi-v-regionah-ukrayini-karta-kilkist-ta-harakteristiki-2020-roku> [in Ukrainian].
  31. Barbosa, P., Masante, D., Arias Muñoz, C., Cammalleri, C., De Jager, A., Magni, D., Mazzeschi, M.,

- McCormick, N., Naumann, G., Spinoni, J. & Vogt, J. (2021). *Droughts in Europe and worldwide 2019–2020*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. DOI: <https://doi.org/10.2760/415204> [in English].
32. Skok, S.V. (2022). Otsinka yakosti gruntiv zony stepu Ukrainy v umovakh hlobalnykh zmin klimatu [Assessment of soil quality in the steppe zone of Ukraine under conditions of global climate change]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 124, 237–246 [in Ukrainian].
33. Dudiak, N.V., Pichura, V.I., Potravka, L.A. & Strachuk, N.V. (2019). Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*, 20 (8), 192–198. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/110789> [in English].
34. Breus, D.S. & Skok, S.V. (2021). Spatial modelling of agro-ecological condition of soils in steppe zone of Ukraine. *Indian Journal of Ecology*, 48 (3), 627–633 [in English].
35. Yatsuk, I.P. (Ed.). (2020). *Periodychna dopovid pro stan gruntiv na zemliakh silskohospodarskoho pryznachennia Ukrainy, za rezultatsy X turu (2011–2015 rr.) ahrokhimichnoho obstezhennia zemel* [Periodic report on the state of soils on agricultural lands of Ukraine, based on the results of the X round (2011–2015) of agrochemical soil survey]. Kyiv [in Ukrainian].
36. Pysarenko, V.M., Pysarenko P.V., Pysarenko V.V., Horb O.O. & Chaika T.O. (2019). Posukhy v konteksti zmin klimatu Ukrainy [Droughts in the context of climate change in Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134–146. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.01.18> [in Ukrainian].
37. Kirizii, D.A. & Stasyk, O.O. (2022). Vplyv posukhy i vysokoi temperatury na fiziolocho-biokhimichni protsesy ta produktyvnist roslyn [The influence of drought and high temperature on physiological and biochemical processes and plant productivity]. *Fiziologhiia roslyn i henetyka — Physiology of plants and genetics*, 54 (2), 95–122. DOI: <https://doi.org/10.15407/frg2022.02.095> [in Ukrainian].
38. Ivashchenko, O.O. & Ivashchenko, O.O. (2019). Problemy stresiv u roslyn i sposoby yikh rozviazannia [Stress problems in plants and ways to solve them]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 7 (796), 27–35. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-04> [in Ukrainian].
39. Polovy, A.M. & Bozhko, L.Yu. (2015). Teplovi resursy Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Thermal resources of Ukraine under conditions of climate change]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal — Ukrainian hydrometeorological journal*, 16, 99–106 [in Ukrainian].
40. Lamaoui, M., Jemo, M., Datla, R. & Bekkaoui, F. (2018). Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. *Frontiers in Chemistry. Section Crop Biology and Sustainability*, 6, 26. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2018.00026> [in English].
41. Zhovtonoh, O.I., Filipenko, L.A., Polishchuk, V.V., Saliuk, A.F. & Khomenko, A.V. (2018). Zakonomirnosti enerho-masoobminu v seredovyschi grunt-roslyna-atmosfera za suchasnykh klimatychnykh ta ekonomichnykh umov zroshennia [Patterns of energy and mass transfer in the “soil – plant – atmosphere” environment in modern climatic and economic conditions of irrigation use]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo — Land reclamation and water state*, 2, 19–28. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg20180108-132> [in Ukrainian].
42. *Climate change: Unpacking the burden on food safety*. (2020). FAO. Food safety and quality series. Rome. Italy, 8. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8185en> [in English].
43. Beznosko, I.V., Parfeniuk, A.I., Sherstoboieva, O.V., Havryliuk, L.V., Ternovyi, Yu.V., & Horhan, T.M. (2020). Vydovyi sklad fitopatohennykh mikromitsetiv nasinnia sortiv kulturnykh roslyn [Species composition of phytopathogenic micromycetes of seeds of cultivated plant varieties]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 84–90. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207685> [in Ukrainian].

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Ліщук Алла Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: [lishchuk.alla.n@gmail.com](mailto:lishchuk.alla.n@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>)

**Фурдичко Орест Іванович**, доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: [orestfurdychko1010@gmail.com](mailto:orestfurdychko1010@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1108-7733>)

**Парфенюк Алла Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: [verespar@ukr.net](mailto:verespar@ukr.net); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>)

**Карачинська Надія Василівна**, кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: [karachinskan051177@gmail.com](mailto:karachinskan051177@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>)