

В.П. Дмитренко

ПЛІДНІСТЬ КЛІМАТУ, РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ І ВРОЖАЙ

Розглянуто виникнення та розвиток уявлень про значення й участь клімату у формуванні продукції сільськогосподарського виробництва, родючості ґрунту та ефективності галузей економіки. Сформульовано поняття про клімат, кліматичні ресурси, їхнє значення у формуванні загальної плідності клімату й ступеня толерантності до еокліматичних систем у галузях економіки. Виділено мезомасштабні, мікрокліматичні складові та значення стихійних гідрометеорологічних явищ у формуванні плідності клімату. Визначено провідні ознаки родючості ґрунту, їх залежність від клімату та його плідності. Наведено засіб їхнього поєднання в поняття бонітету та приклади застосування до оцінки потенціалів урожайності в динаміці, просторі та у сумісному опрацюванні.

Розвиток уявлень про внесок клімату в економіку

Потреби загального уявлення про важливість клімату й прояви його властивостей у різних галузях економіки завжди привертали увагу людства. Особливо гостро це питання постало в сільськогосподарському виробництві. З давніх часів відомі висловлювання про клімат і погоду М.В.Ломоносова, В.Н.Каразіна, Д.І.Менделєєва, К.А.Тимірязєва, В.В.Докучаєва та інших видатних науковців. Але вперше поняття про зміст кількісного внеску клімату в сільськогосподарську продукцію висловила в 1958 р. С.О.Сапожнікова [15], визначивши термін “родючість клімату”. Пізніше (1962 р.), разом із Д.І.Шашко, вона застосувала термін “продуктивність клімату”, який вживається і в сучасній літературі. Деякі вчені пропонували словосполучення “бонітет клімату”, “корисність клімату”, “сприятливість клімату” та інші. Але жоден із цих термінів не відтворює змісту та ролі клімату в обсягах і якості сільськогосподарської продукції й не узгоджується з лінгвістичними і логічними правилами утворення наукових понять. Однак, важливість такого терміну є надзвичайною і потреба в його визначенні давно назріла в різних галузях науки й виробництва. Вона має різні аспекти щодо визначення внеску

атмосфери й клімату в обсяги, рівень і якість сільськогосподарської рослинницької та тваринницької продукції, у технологічні особливості її отримання, системи та галузі. Ці аспекти розрізняються за засадами кліматології і агрокліматології, агрономії і зоотехнії, землекористування, екології, економіки в цілому, соціальних питань, а також проблем державної безпеки та інших.

Потреби кліматології й агрометеорології полягають в необхідності відобразити певні уявлення про частку клімату в об'єктах сільськогосподарського виробництва для визначення його питомої ваги в загальному обсязі продукції. Сільськогосподарській науці й виробнику такі уявлення необхідні для пристосування, адаптації, оптимізації систем землеробства, агрофітотехнологій, кормовиробництва, структури галузей, їх продуктивності тощо відповідно до місцевих особливостей гідрометеорологічного режиму й клімату. Землекористування потребує кліматичної інформації для оптимізації розмірів земельних угідь, визначення якості землі, її кадастрової і економічної оцінки. Економіці країни необхідні уявлення щодо визначення обсягів і географічних закономірностей розподілу, насамперед, кліматичних ресурсів, а вже потім і певних сировинних ресурсів, питомої ваги клімату в продуктивності галузей, співвідношення між корисними і небезпечними його властивостями тощо. Разом узагальнені найбільш вагомі набутки кожного зі згаданих і інші аспекти дають підстави визнати важливість подібних уявлень і для державної безпеки як для оцінки їхнього внеску в загальну продуктивність відповідних галузей, так і для співвідношення зі збитками від стихійних гідрометеорологічних явищ за тривалий період.

Таким чином, питання про внесок клімату у формування продукції різних галузей є дуже актуальним. Найбільш важливе воно для сільськогосподарського виробництва, що зумовлено провідною особливістю останнього – невизначеністю наслідків. Подолання цієї невизначеності полягає також у відображенні пропонованого нами поняття плідності клімату, що є однією із цілей цієї роботи, та усуває недоліки згаданих раніше не зовсім вдалих термінів. Разом з тим, зазначимо, що уявлення про поняття клімату в сучасних умовах є розмитим, різнорівневим, неузгодженим і недостатньо обґрунтованим. Це положення досить повно описано в роботі [1]. З часів О.І.Воєйкова й П.І.Броунова його зміст не отримав наукових ознак. Згадані недоліки та суперечності усуваються, на наш погляд, наступним визначенням. *Під*

кліматом пропонуємо розуміти умовний багаторічний стан атмосфери й підстильної поверхні за сукупності геофізичних процесів, явищ і метеорологічних величин, узагальнених певним математичним методом на визначеній частині Земної кулі. Це поняття впливає з родових ознак клімату, охоплює його видові відмінності, описує метод, часові й просторові обставини, не суперечить і розширює його вихідне лінгвістичне визначення про нахил сонячних променів до земної поверхні.

Поняття про плідність клімату

Сучасні уявлення щодо значення агрометеорологічних чинників у продукційному процесі, у співвідношенні між чисельністю й масою рослин під час формування врожайності сільськогосподарських культур та існуючі математичні моделі “погода-урожай [5, 6] дають підстави для визначення і наукового обґрунтування поняття плідності клімату. Перенесення подібних уявлень на інші об’єкти, у свою чергу, дозволяє більш широко на міжгалузевому рівні використати таке поняття для сумісної оцінки ролі погодних і кліматичних умов з властивостями ґрунтового покриву в господарській діяльності хлібороба, у кадастрових оцінках земель сільськогосподарського використання та в інших напрямках. Саме визначення таких уявлень і засобів їхнього узагальнення та поєднання становлять мету цієї роботи.

Зауважимо, що поняття плідності клімату може бути загальним, частковим або спеціалізованим. Загальне поняття має стосуватися важливих у цілому для всього людства, всієї економіки особливостей клімату, як предмета дослідження. Часткові поняття мають стосуватися певних галузей і окремих об’єктів. У спеціалізованих поняттях плідності клімату зосереджується увага на відгалужених його особливостях, що забезпечують діяльність окремих напрямів господарювання об’єктів сільськогосподарського виробництва тощо. Тому перед тим, як визначити спеціалізовані агрокліматичні риси, звернемо увагу на загальне поняття.

Під загальною економічною плідністю клімату будемо розуміти можливості атмосфери й підстильної поверхні за допомогою кліматичних ресурсів забезпечувати певну ефективність економіки в цілому на визначеній території. Провідними родовими ознаками цього визначення є поняття кліматичних ресурсів, як властивостей атмосфери. Ми його цілком запозичуємо у Ф.Ф. Давітая [2]: “Кліматичні ресурси – це

кількість речовини й енергії елементів клімату, що використовується в різних галузях економіки. Кліматичні ресурси складають середні багаторічні кількості тепла й вологи, їх сполучення, кількість снігу, льоду, енергії сонячної радіації, вітру й інших для даного місця й пори року. Їх визначною особливістю є здатність відновлюватись”. Видовими ознаками в наведеному визначенні є потреби людства та ефективність економіки за вимірами відповідних ресурсів.

Відносно окремого кліматичного показника (x) потребу економіки можна позначити через x_o . Ефективність економіки визначимо через відношення обсягів продукції $y(x)$ за конкретних кліматичних показників до максимальних обсягів її $Y(x_o)$ за оптимальних значень x_o . За цих обставин можемо вийти на поняття екологічних функцій, що описують деякі економічні процеси за аналогією до біологічних процесів, а також до повного змісту екосистем. У такому разі кожний кліматичний показник стосовно, насамперед, біологічних об’єктів матиме толерантний інтервал, що зумовлюється біологічним максимумом x_{max} і біологічним мінімумом x_{min} . Урахувавши згадані позначення, плідність клімату відносно до показника окремого кліматичного ресурсу x можемо відобразити у вигляді наступного виразу:

$$\eta(x) = \frac{y(\bar{x})}{Y(x_o)} = \left(1 - \frac{\bar{x} - x_o}{x_{max} - x_{min}}\right)^{q_1} \left(1 + \frac{\bar{x} - x_o}{x_o - x_{min}}\right)^{q_2}, \quad (1)$$

де $\eta(x)$ – показник плідності кліматичної характеристики x ; q_1, q_2 – показники степені.

Загальна плідність клімату η_z з урахуванням найбільш суттєвих i -их провідних чинників від 1 до n з ваговим множником кожного з них α_i може бути відображена сукупним показником у вигляді:

$$\eta_z = \sum_{i=1}^n \eta_i \alpha_i. \quad (2)$$

Зазначимо, що вирази (1) і (2) ми наводимо, як приклади, з метою викласти можливість кількісного визначення плідності клімату. Змістовно співвідношення щодо кожного кліматичного ресурсу мають бути опрацьовані індивідуально за відповідними наслідками досліджень.

Спеціалізовані поняття плідності клімату, як вже зазначалося, мають врахувати істотні особливості галузей і відповідні їм кліматичні ресурси.

Разом з тим, принципові ознаки спеціалізованих понять плідності клімату не мають суперечити її загальному поняттю. Таким рисам має відповідати і загальне сільськогосподарське поняття плідності клімату. Поряд із загальним спеціалізованим мають бути визначені більш вузькі або часткові спеціалізовані поняття, що стосуються певних об'єктів сільськогосподарського виробництва, окремих видів польових культур чи порід тварин тощо. У цій роботі ми розглянемо загальне спеціалізоване поняття й застосування його до властивостей окремого об'єкта.

Під загальною сільськогосподарською плідністю клімату C будемо розуміти можливості атмосфери й підстильної поверхні через кліматичні ресурси забезпечувати певний рівень родючості ґрунту і урожаю сільськогосподарських культур. Надалі будемо вживати термін плідність клімату, розуміючи під ним наведене поняття.

Зважаючи на певні особливості сільського господарства будь-якого регіону, у плідності клімату виділимо наступні складові: мезомасштабну C_m , мікрокліматичну ΔC і пов'язану із впливом стихійних гідрометеорологічних явищ ΔC_{cm} на родючість ґрунту, продуктивність рослинництва й тваринництва. Тоді загальну сільськогосподарську плідність клімату можемо визначити, як сукупність згаданих складових у виразі:

$$C = C_m + \Delta C + \Delta C_{cm}. \quad (3)$$

Суттєві змістовні особливості кожної складової виразу (3) полягають у наступному: мезомасштабна частина плідності клімату має вміщувати провідні кліматичні фактори сільськогосподарського виробництва, що визначають продуктивність більшої частини його галузей, об'єктів, відповідно до виразів, які подібні до виду (1), разом з родючістю ґрунту. Загальне значення для них, як відомо, мають сонячна радіація Q , умови термічного режиму T і атмосферного зволоження R .

Але, як наведено у виразі (1), потрібно врахувати ставлення біологічних об'єктів і ґрунту, як біокосного тіла, до відповідних кліматичних ресурсів. Таке ставлення позначимо відповідним символом кліматичного ресурсу x індексом “ o ”, що означає потребу сільськогосподарського об'єкта до відповідної величини та символізує наявність оптимальних умов. У загальному вигляді мезомасштабна складова плідності клімату без визначення взаємовідношення величин і змістовності їх впливу, щоб не обтяжувати сумісне сприйняття, може

розглядатися за співвідношенням коефіцієнтів відповідності умов потребам об'єктів:

$$C_m = C(Q/Q_o, T/T_o, R/R_o). \quad (4)$$

Зазначимо, що виразом (4) ми фіксуємо найбільш істотні, провідні кліматичні фактори щодо визначеного об'єкта разом з можливістю їхнього порівняння за мезомасштабною кліматичною інформацією, що наведена у відповідних довідниках, атласах, картах тощо.

Разом з тим, залежно від особливостей рельєфу території мезомасштабні значення кліматичних ресурсів можуть значно коригуватись, про що свідчать численні праці мікрокліматологів, зокрема С.О.Сапожнікової, І.А.Гольцберг, О.Н.Романової, З.А.Мищенко, В.Е.Софроні, П.Х.Карінга й багатьох інших. Вплив на мезомасштабну складову можна вважати суттєвим у тих випадках, коли мікрокліматична поправка Δx змінює значення кліматичного ресурсу $\bar{x}$ більше, ніж на певну частину c рівня середнього квадратичного відхилення σ за мінімально визначений інтервал часу, наприклад за місяць. Це можемо відобразити як правило необхідності застосування мікрокліматичної поправки, у вигляді співвідношення:

$$\Delta x > \pm c \sigma. \quad (5)$$

Якщо таке правило виконується, тобто на мезомасштабну складову кліматичного ресурсу помітно впливає мікроклімат, то його врахування $f(x)$ має відображатись співвідношенням:

$$f(x) = \bar{x} + \Delta x. \quad (6)$$

Визначаючи мікрокліматичний вплив на плідність клімату, слід також врахувати можливість меліоративного ефекту. Такий ефект стає відчутним, якщо меліоративними заходами охоплено досить значну територію. Відповідні визначення щодо зрошувального землеробства, полезахисних лісосмуг, ставків тощо наведено в роботах Д.Л.Лайхтмана, О.Р.Константінова і Л.Р.Струзера, С.О.Сапожнікової та інших. Врахування меліоративного ефекту можемо також підпорядкувати правилам (5), (6) і визначити його відповідними меліоративно-кліматичними поправками. Тут ми їх не наводимо, щоб не обтяжувати суті питання.

Плідність клімату разом з позитивним впливом на об'єкт має врахувати і шкодочинність небезпечних явищ. Поряд з одномірним проявом кожного з небезпечних рівнів у толерантних межах, за (1), є також їхні летальні значення [6]. Одномірний вплив окремого провідного чинника, як небезпечного явища, ми передбачили виразом (1) за вміщенням у толерантний інтервал адаптивних та латентних складових, які зменшують рівень продуктивності та наближають його до нульових значень.

Поряд з цим, на стан і життєдіяльність організмів впливають поєднання провідних та другорядних чинників, які не охоплюються схемою (4). Їхній вплив можемо відобразити через збитковість ζ , що враховує загальну n і недепресивну n_0 , тривалість окремого стихійного гідрометеорологічного явища (СГЯ) коефіцієнтом збитковості a у вигляді:

$$\zeta = a[n - n_0(\eta)] , \quad (7)$$

де η показник (1), що у випадку (7), фіксує рівень збитковості в разі багатоступеневої адаптації об'єкта до СГЯ шляхом зміни недепресивної тривалості.

Сумісний, або комплексний вплив декількох явищ, визначимо як їхню загальну збитковість $\Delta C_{СГЯ}$ у вигляді виразу:

$$\Delta C_{СГЯ} = \sum_{j=1}^m \left(1 - \frac{S_n}{S} \zeta_K \right) , \quad (8)$$

де m – перелік сумісних визначених стихійних j -х гідрометеорологічних явищ, що створюють депресивний вплив ζ_K кожного k -го з них; S_n , S – площа, що охоплена певним СГЯ на всій території дослідження S відповідно.

Таким чином, узагальнюючи розглянуті особливості, можемо відзначити таке: *плідність клімату в розширеному вигляді – це поєднана сукупність істотних кліматичних ресурсів для обраних об'єктів, галузі чи для всієї економіки, здатних певним чином задовольняти їхню потребу на мезомасштабному рівні із врахуванням впливу мікроклімату і стихійних гідрометеорологічних явищ в деякій місцевості за відповідний період чи за весь рік.*

Разом з тим, враховуючи розглянуті співвідношення, загальний вигляд сільськогосподарської плідності клімату можна виразити так:

$$C = C \left[\frac{Q + \Delta Q}{Q_o}, \frac{T + \Delta T}{T_o}, \frac{R + \Delta R}{R_o}, \sum_{j=1}^m (\zeta) \right]. \quad (9)$$

У цілому загальне поняття сільськогосподарської плідності клімату враховує рівень сонячної радіації (Q), температури повітря (T), кількість опадів (R), мікрокліматичні поправки (Δx) до мезомасштабних значень цих кліматичних ресурсів, їх співвідношення з потребою об'єкту x_0 та збитковість (ζ) від стихійних гідрометеорологічних явищ. Аналогічним способом можемо відобразити відповідні спеціалізовані поняття плідності клімату щодо будь-якої галузі сільського господарства і будь-якого його об'єкта. Важливим у таких відображеннях є системний підхід щодо складу, структури, суттєвості, потреби й узгодженості властивостей об'єкта або галузі з сукупністю кліматичних ресурсів. Певні підходи до такого розв'язання питання, як принципів їх положення, наведено у виразах (1), (2). Разом з тим, зазначимо, що робочі визначення в кожному конкретному питанні потребують дослідження й узгодження відповідних положень щодо властивостей конкретних об'єктів.

Уявлення про родючість ґрунтів

Поєднання понять клімату й ґрунту вперше відзначив В.В.Докучаєв [10]. Але їхньої узгодженості на науковому рівні ще й досі не досягнуто [11, 13]. Згадаємо, що наукові основи земельного кадастру сільськогосподарського спрямування створюють поняття родючості ґрунту, бонітету ґрунту [12, 13] і економічної оцінки земель. Суттєвим недоліком цього переліку властивостей провідного об'єкта сільськогосподарського виробництва є відсутність ознак клімату — невід'ємної складової життєдіяльності будь-яких організмів і рослин зокрема. Цей недолік відзначали ґрунтознавці. Останнім часом з'явилися намагання певним чином відобразити роль погоди і клімату у визначенні рівня врожайності [3] при застосуванні добрив. Але використані засоби не вирішують принципового значення клімату у формуванні родючості ґрунту.

На основі відомих понять [13] відобразимо ефективну родючість ґрунту (F_e) як систему природної (F_n) і антропогенної (штучної) (F_a) складових у вигляді:

$$F_e = F_n + F_a. \quad (10)$$

Істотними ознаками природної родючості ґрунту, за даними відповідних досліджень [3, 9, 13], будемо вважати щільність ґрунту (ρ), кількість і склад гумусу (γ), кислотність ґрунту (pH), масу і склад мікроорганізмів (β).

Щільність ґрунту (ρ) відображає його механічний склад і провідні фізичні, теплові й агрогідрологічні властивості [9], що регулюють життєдіяльність рослин. Кількість і склад гумусу (γ) в ґрунті є відображенням його властивостей, як біокосного тіла, що надає ґрунту особливого статусу. Концентрація водневих іонів pH свідчить про напрямок реакції хімічних речовин ґрунту. Всі згадані особливості є фіксованою частиною, що створена природою, відчуває поспіль руйнівні антропогенні зусилля. Найбільш динамічною й важливою складовою родючості є маса і склад мікроорганізмів, які й формують ґрунт, як біокосне тіло. Їхнє загальне значення ми відображаємо символом β , хоча за змістом це має бути складна балансова система, розглядання якої не входить у наше завдання.

Кожна зі згаданих складових природної родючості ґрунту має власні властивості, що відповідають потребі певних рослин, як об'єктів землеробства. При цьому окремі властивості можуть бути спільними позитивними або оптимальними для всіх вирощуваних культур. Саме з таким наголосом ми позначимо відповідні символи індексом „о”, що означатиме сукупність певних властивостей, які задовольняють загальну потребу рослин. У цьому разі природну родючість ґрунту символічно наведемо в наступному вигляді:

$$F_n = F_n(\rho / \rho_o, \gamma / \gamma_o, pH / pH_o, \beta / \beta_o). \quad (11)$$

Виразом (11) враховано перелік найбільш суттєвих властивостей ґрунту й їх відношення до загальних потреб рослин, як базову, істотну, фундаментальну частину поняття родючості ґрунту.

Антропогенна, або штучна чи додаткова родючість ґрунту, створюється внаслідок цілеспрямованої діяльності людини з метою отримати більший обсяг відповідної рослинної продукції та зберегти чи збільшити природну родючість. Вона вміщує дуже складний комплекс дій, спрямованих на одну або декілька складових природної родючості ґрунту з метою наближення властивостей останньої до потреб рослин. Але дуже часто такий комплекс дій не є оптимальним і навіть призводить

до спустелювання. Цю особливість ми не беремо до уваги, вважаючи, що технологію спрямовано на досягнення оптимального значення відповідної складової природної родючості ґрунту для потреб рослин. Отже, комплекс агрофітотехнологій щодо визначення антропогенної родючості ґрунту матиме такі складові: обробіток ґрунту; внесення мінеральних і органічних добрив; вапнування чи гіпсування; зміна його властивостей унаслідок розкладання органічних залишків попередників, сидератів або інших речовин; забруднення тощо.

Механічний обробіток ґрунту змінює фізичні й інші його властивості, але головним виразником цих змін є створення іншої щільності, яка відрізняється від природної (ρ) або попередньої (ρ_n) на значення $\Delta\rho$. Внесення органічних добрив за дозою D та мінеральних за дозою NPK впливає також на низку агрохімічних властивостей ґрунтів і може змінювати їх до рівня оптимального забезпечення рослин. До цього також додаються дози вапнування чи гіпсування, що позначимо як ΔpH , і відповідні зміни внаслідок розкладання залишків попередників, сидератів тощо (p), які відобразяться у зміні маси і складу мікроорганізмів ($\Delta\beta$). Негативний наслідок мають надлишкові дози будь-яких речовин, що вносяться в ґрунт, та вплив промислового й агропромислового забруднення (ω). Урахувавши згадані складові, антропогенну родючість ґрунту можемо відобразити наступним чином:

$$F_a = F_a(\Delta\rho, D, NPK, \Delta pH, p, \Delta\beta, \omega). \quad (12)$$

Разом ефективна родючість ґрунту на підставі її природної і антропогенної складових з урахуванням вимог до вирощуваного об'єкта може мати такий вигляд:

$$F_e = \left(\frac{\frac{\rho + \Delta\rho}{\rho_o}, \frac{\gamma + \Delta\gamma(D, NPK, p)}{\gamma_o}, \omega, \frac{\frac{pH + \Delta pH}{pH_o}, \frac{\beta + \Delta\beta(D, NPK, p)}{\beta_o}} \right). \quad (13)$$

Таким чином отримуємо певні уявлення про ефективну родючість ґрунту як складну систему поєднання фізичних, агрохімічних, біологічних і інших властивостей ґрунту, що має задовольняти потреби

культивованих об'єктів рослинництва протягом вегетації й накопичуватись в інший час.

Але всі ці властивості як природної так і ефективної родючості ґрунту можуть себе виявити за однієї обов'язкової умови — тільки за наявності вологи ґрунту з відповідним його термічним режимом. Саме ця умова виходить за межі ґрунтознавства й відображається такою властивістю клімату, як плідність. У переліку кліматичних ресурсів наявні енергетичні чинники у вигляді сонячної радіації (Q) й температури повітря (T) та атмосферне зволоження у вигляді опадів (R), що, зазвичай, є основним, а інколи і єдиним чинником формування вологості ґрунту. Тому будь-яке визначення родючості ґрунту, не враховуючи особливості клімату є вузьким і не має перспективи застосування ні в наукових, ні в практичних опрацюваннях. Саме таку кризу, згадану у вказаних вище джерелах, ми й відзначаємо в ґрунтознавчій та агрономічній науках [3]. Тобто, потреба поєднання понять родючості ґрунту й плідності клімату стала органічною, природною, необхідною, сучасною.

Сумісне значення плідності клімату та родючості ґрунтів

У роботі [6] в загальному вигляді було визначено, що урожай (Y) є сукупним продуктом взаємодії його біологічного максимуму (Y_e), родючості ґрунту (F), плідності клімату (C) і антропогенного впливу (A) у вигляді схеми:

$$Y = Y_e \cdot FCA. \quad (14)$$

Схема (14) символічно відображає змістовну відповідність поєднання провідних чинників формування врожаю певним модельним уявленням про співвідношення між системами біологічного, географічного та господарського максимумів урожайності [5, 6]. Кожному співмножнику схеми (14) відповідає кінцева узгоджена система положень та адекватні для них закономірності у вигляді моделей залежності врожаю від біологічних властивостей рослин, родючості ґрунту, плідності клімату та антропогенних чинників.

Застосування схеми (14), зі згаданими обмеженнями, для визначення щорічної динаміки складових плідності клімату на прикладі системи оціночних рівнів урожайності озимої пшениці в Україні за даними [5, 7, 16] і сучасними роботами наведено на рис. 1.

На рис. 1 в динаміці відображено сукупний вплив біологічного потенціалу рослин, плідності клімату, родючості ґрунту, соціально-економічних умов та агрофітотехнологій за 50 років, із 1950 до 2000 р.

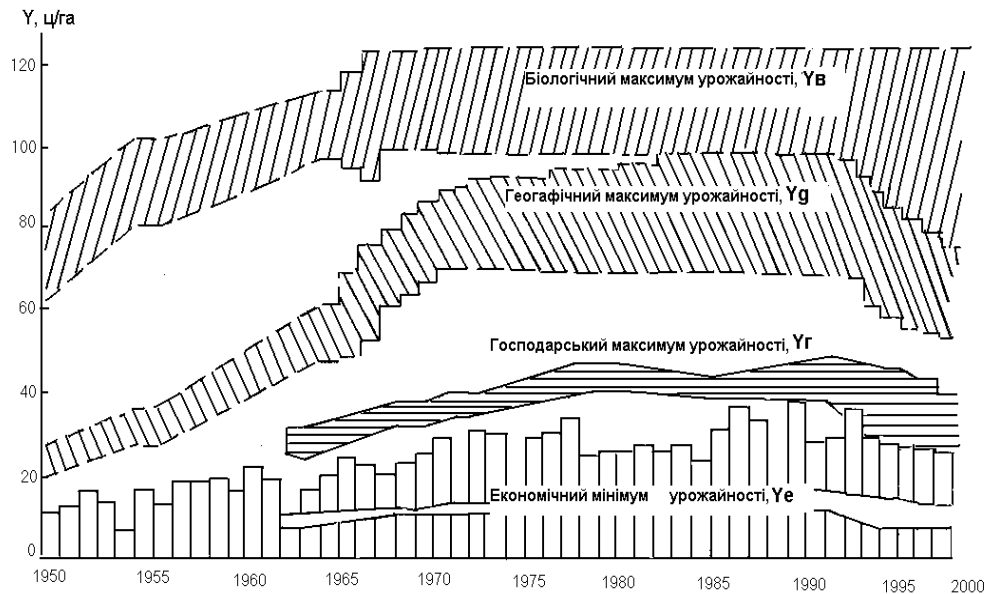


Рис. 1. Динаміка врожайності озимої пшениці в Україні за системою оцінок її біологічного потенціалу (Y_b), родючості ґрунту (F_e), плідності клімату (C) і антропогенного впливу (A)

На рис. 1 використано наступні позначення:

Біологічний максимум урожайності:

$$Y_b = p_o m_o, \quad (15)$$

де p_o – оптимальна густота посіву і m_o – оптимальна маса продуктивного органу відповідно.

Географічний максимум урожайності:

$$Y_g = Y_b F_e C A, \quad (16)$$

де символи позначені в тексті до моделі (14).

Господарський максимум урожайності:

$$Y_{\Gamma} = Y_{CT} + A(t)p(y), \quad (17)$$

де Y_{CT} – статистичний максимум урожайності; $A(t)$ – антропогенна складова господарського потенціалу за трендом урожайності; $p(y)$ – функція розподілу екстремальних членів вибірки.

Економічний мінімум урожайності:

$$Y_e = Y_T [1 - S(T, R)] \rho, \quad (18)$$

де ρ – норма рентабельності за умови, що коефіцієнт продуктивності за температурою (T) та кількістю опадів (R) визначається виразом $S(T, R) = \min$.

Прямокутниками на рис. 1 зображено фактичну врожайність.

Проаналізувавши графік (див. рис. 1), бачимо, що відокремлюються три періоди з різним змістом типу землеробства за ознаками інтенсифікації: 1) зростання врожайності завдяки посиленню інтенсифікації (з 1950 до 1978 р.); 2) застійний тип (з 1978 до 1991-1993рр.) при стабільних рівнях урожайності: біологічному потенціалові, географічному, господарському максимумам, фактичних значеннях та економічному мінімумові; 3) деградуєчий тип (з 1991-1993рр. до 2000р.).

Зазначимо, що біологічний максимум урожайності на будь-якій території визначається біологічними можливостями польової культури за її сортовим складом і внеском у загальну продуктивність за ступенем поширення, що описується виразом:

$$\bar{Y}_e = \frac{\sum Y_{e.i} \cdot S_i}{\sum S_i}, \quad (19)$$

де $\bar{Y}_e$ – середній біологічний максимум урожайності на деякій території; Y_e – біологічний максимум урожаю i -го сорту; S_i – посівна площа відповідного сорту.

Звернемо увагу на ту обставину, що всі рівні врожайності на рис. 1 розраховані незалежними засобами. Разом з тим, відзначається узгоджений характер її динаміки. Це свідчить про певний ступінь їхньої об'єктивності.

Агрокліматичний потенціал території України за вегетаційний цикл озимої пшениці наведено на рис. 2 у вигляді географічного розподілу плідності клімату за умовним виразом (4) із урахуванням впливу температури повітря та кількості опадів за 1950-1985 рр.

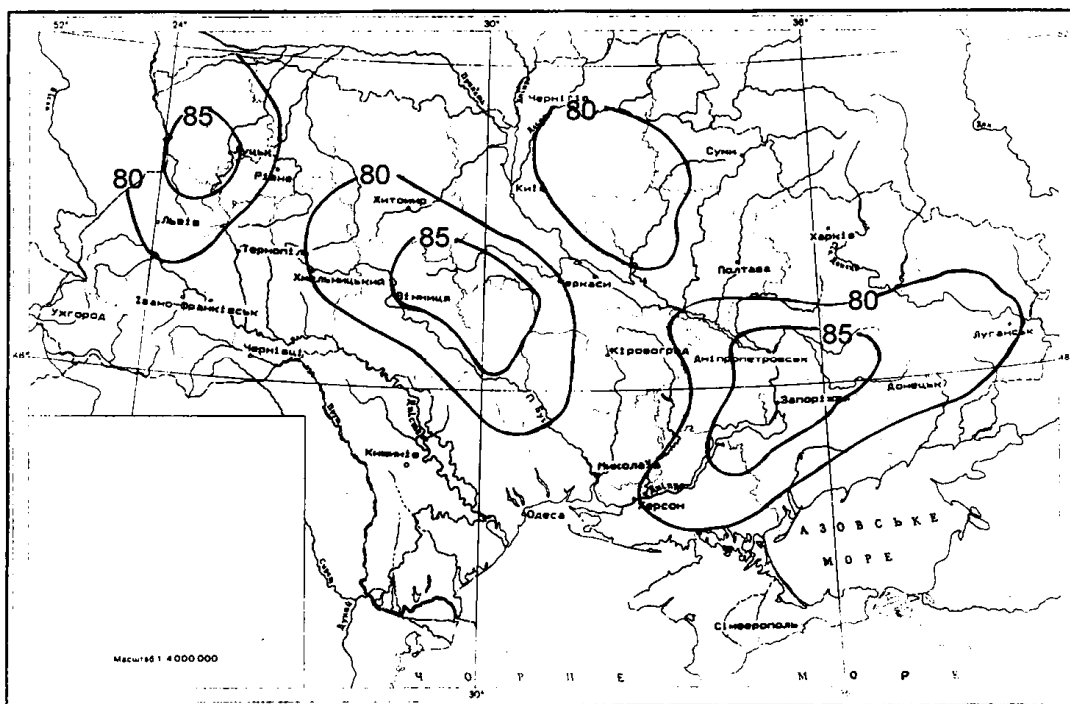


Рис. 2. Розподіл плідності клімату для озимої пшениці за $S(T,R)$ у % відповідно до господарського максимуму врожайності за середніми обласними даними (1960-1985рр.)

Із найбільшим ступенем сприятливості кліматичних умов для формування врожаю озимої пшениці визначаються три осередки, в яких термічний режим та кількість опадів забезпечують отримання не менше 85% від біологічного максимуму врожаю. Ці осередки розташовані у вигляді перервної смуги в межах Волинської височини, Придніпровської височини вздовж Дніпра та на захід від Донецької і Приазовської височин навколо Дніпра. Найменші значення відносного врожаю озимої пшениці на рівні 76% його максимуму за природними можливостями притаманні Харківській області. Загалом розбіжності між ступенем забезпеченості врожаю сягають 10% і свідчать про сприятливі термічний режим та режим опадів упродовж вегетації цієї культури.

Разом з тим, згідно з виразом (9) цілковита плідність клімату враховує також вплив на врожай стихійних гідрометеорологічних явищ, які не відображені у виразі (4). Визначення їхніх характеристик відповідно до формул (7) і (8) із залученням, наведених на рис. 2, дозволяє отримати уявлення про рівень плідності клімату для врожаю озимої пшениці, враховуючи провідні та додаткові чинники.

Щоб відобразити ці міркування на основі моделі (14), визначимо поняття загального недобору врожаю (δ_3) з оцінкою його складових таких,

як недобір внаслідок фонових мезокліматичних умов (δ_m), несприятливих атмосферних явищ (δ_n) та невідповідності рівня господарювання потребам рослин (δ_a), що зафіксовано виразом:

$$\delta_z = \delta_m + \delta_n + \delta_a. \quad (20)$$

У схемі (20) її складові визначаються незалежно за системою рівнянь:

$$\delta_z = 1 - y_\phi / Y_\Gamma, \quad (21)$$

$$\delta_m = 1 - S(T, R), \quad (22)$$

$$\delta_n = \delta_h + \delta_a, \quad (23)$$

де y_ϕ – рівень фактичної врожайності; Y_Γ – рівень господарського максимуму врожайності, визначений на основі виразу (14); $S(T, R)$ – сумарний коефіцієнт продуктивності польової культури за впливом температури повітря (T) і кількості опадів (R) за змістом моделей типу (1) у системі складових виразу (4); δ_n – місцевий або локальний недобір урожаю за поєднанням впливу несприятливих явищ (δ_h) та оцінки невідповідності рівня господарювання потребам рослин (δ_a).

Сукупне значення місцевого недобору врожаю (δ_n) можемо визначити за різницею між загальним (δ_z) та метеорологічним (δ_m) недобором або незалежними від нього іншими підходами. Стосовно озимої пшениці такими додатковими засобами можуть слугувати наслідки обстежень посівів, які відображають їхній стан у різні інтервали часу [4]. В один з них відзначається переважаючий вплив технологічних та загальних господарських заходів (невідповідність термінів сівби, норми посіву, глибини загортання насіння тощо оптимальним та агрометеорологічним умовам, що склалися). В інший період (зимовий) однозначним є вплив суто агрометеорологічного характеру (умови перезимівлі), що досить переконливо доведено А.О.Бердником [4].

Відповідні оцінки недобору врожаю озимої пшениці за виразами (20)-(23) наведено в табл. 1.

Загальні уявлення про чинники формування врожаю за схемою (14) дають можливість визначити бонітет ґрунту (B) у загальновідомому значенні [7, 16] у вигляді виразу:

$$B = FCA = Y : Y_\theta. \quad (24)$$

Таблиця 1

Наближена оцінка внеску плідності клімату та родючості ґрунту в середню обласну відносну врожайність (%) озимої пшениці за 1950-1985рр.

Область	Плідність клімату S і її складові			Ефективна родючість ґрунту F_e	Недобір урожаю				Сумісна оцінка
	загальна, C	мезо масштабна, $S(T, R)$	збиткова, $\Delta C_{\text{сгя}}$		загальний, δ_3	метеорологічний, δ_m	збитковий, δ_n	антропогенний, δ_a	плідність клімату та родючість ґрунту $C \cdot F_e$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АР Крим	67	77	10	83	44	23	10	11	56
Вінницька	72	85	13	86	38	15	13	10	62
Волинська	80	86	6	76	39	14	6	19	61
Луганська	73	81	8	79	42	19	8	15	58
Дніпропетровська	74	84	10	80	41	16	10	15	59
Донецька	68	83	15	83	44	17	15	12	56
Житомирська	70	84	14	79	45	16	14	15	55
Запорізька	75	85	10	77	42	15	10	17	58
Івано-Франківська	72	78	6	87	38	22	6	10	62
Київська	70	79	9	90	37	21	9	7	63
Кіровоградська	67	79	12	86	42	14	12	16	58
Львівська	75	80	5	91	32	20	5	7	68
Миколаївська	76	79	3	84	36	21	3	12	64
Одеська	72	78	6	85	39	22	6	11	61
Полтавська	73	78	5	73	43	22	5	16	57
Рівненська	70	77	7	88	38	23	7	8	62
Сумська	65	77	12	88	43	23	12	8	57
Тернопільська	74	79	5	94	32	21	5	6	68
Харківська	70	76	6	81	39	24	6	9	61
Херсонська	78	84	6	81	37	16	6	15	63
Хмельницька	72	80	8	94	32	20	8	4	68
Черкаська	77	80	3	89	31	20	3	8	69
Чернівецька	70	76	6	91	36	24	6	6	64
Чернігівська	74	82	8	77	43	18	8	17	57

Вираз (24) поєднує властивості ґрунту, клімату й антропогенної діяльності з одного боку та відзначає співвідношення між отриманою і потенційною врожайністю з іншого. Тобто, за схемою (24) ми вперше отримуємо можливість оцінки бонітету ґрунту за фізичними властивостями середовища, а саме ґрунту й клімату, беручи до уваги людську діяльність або без неї (за необхідністю). З іншого боку, схема (24) надає теоретичну базу численним відомим методикам відображення бонітету ґрунту через урожайність сільськогосподарських культур. Важливою особливістю її є та обставина, що рівнем відліку має бути абсолютний або біологічний максимум урожайності. Всі інші рівні мають значення лише як певне умовне наближення до потенційних потреб відповідної рослини.

Окрім визначення індивідуального бонітету ґрунту для певної культури за схемою (24) виникає можливість відобразити сумарний зважений бонітет ґрунту ($\bar{B}$), врахувавши вплив клімату і площу посіву кожної культури (S_i). Його вираз може мати такий вигляд:

$$\bar{B} = \frac{\sum_i Y_i S_i}{\sum_i Y_{\text{с.г.}} S_i} = \frac{\sum_i F_i C_i A_i \cdot S_i}{\sum_i S_i}. \quad (25)$$

За своїм змістом схема (25) є найбільш повною й універсальною. Вона враховує в бонітеті земель ефективну родючість ґрунту, плідність клімату, антропогенний вплив та обсяги відповідних складових.

Підсумки

Сукупність розглянутих положень і схем дозволяє отримати кількісні уявлення про окремо визначені плідність клімату, родючість ґрунту, а також їхній сумісний внесок у бонітет сільськогосподарських земель. Плідність клімату розподілена на загальну, за виразом (9), мезомасштабну, за виразом (4), збиткову із впливом СГЯ, за (8), родючість ґрунту – на природну, антропогенну та сумісну, за співвідношеннями (11, 12), а також визначено їхній сумісний бонітет за (24, 25). Поєднання відповідних показників за схемою (20) дає можливість незалежним шляхом перевірити об'єктивність виконаних оцінок та звести їх до кінцевої системи. Матеріали за згаданими положеннями у вигляді середньої обласної відносної врожайності озимої

пшениці наведено в табл. 1. Вони дозволяють визначити кількісний внесок окремих та сукупності провідних чинників природного й антропогенного походження в рівень урожаю сільськогосподарських культур.

Таким чином, запропоновано й вперше обґрунтовано поняття плідності клімату, виконано його поглиблення за розвинутим нами поняттям родючості ґрунту. Це дає підстави для наукового й практичного опрацювання бонітету ґрунту за визначеними фізичними властивостями ґрунту й клімату або за співвідношеннями фактичної й біологічно потенційної врожайності сільськогосподарських культур.

* *

Рассмотрено возникновение и развитие представлений о значении и роли климата в формировании продукции сельскохозяйственного производства, плодородия почвы и эффективности сфер экономики. Сформулированы понятия о климате, климатических ресурсах, их значении в формировании общей плодотворности климата и в степени ее толерантности к эоклиматическим системам в сферах экономики. Выделены мезомасштабные, микроклиматические составляющие и значения стихийных гидрометеорологических явлений в формировании плодотворности климата. Определены ведущие свойства плодородия почвы, их зависимости от климата и его значения. Приведен способ их объединения в понятие бонитета и примеры использования для оценки потенциалов урожайности в динамике, пространстве и в совместном использовании.

* *

1. Волощук В.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 117с.
2. Давитая Ф.Ф. Итоги и перспективы изучения агроклиматических ресурсов СРСР: Метеорология и гидрология за 50 лет Советской власти / Под ред. акад. Е. К. Федорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – С. 111-124.
3. Дегодюк Е.Г., Сайко В.Ф., Корнійчук М.С. та ін. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. – К.: Урожай, 1992. – 318 с.
4. Бердник А.А. Некоторые количественные показатели состояния посевов озимых и их динамика на территории Украины // Труды УкрНИГМИ. – 1979. – Вып. 173, – С.55-64.

5. *Дмитренко В.П.* Географический максимум урожайности сельскохозяйственных культур // Труды УкрНИГМИ. – 1974. – Вып. 131. – С. 3-10.
6. *Дмитренко В.П.* О полной агрометеорологической модели урожайности // Труды УкрНИГМИ. – 1983. – Вып. 191. – С. 23-33.
7. *Дмитренко В.П.* Плодородие почвы и плодотворность климата – научные основания оценки и использования земли в сельском хозяйстве Украины // Проблемы использования земли в условиях реформирования сельскохозяйственного производства и проведения земельной реформы. Тезисы докладов Междунар. научно-практич. конфер., 8-9 июня 1995 г. – Киев – Чабаны, 1995. – С. 112-113.
8. *Дмитренко В.П.* Зміни клімату і проблеми сталого розвитку України // Проблеми сталого розвитку України. – Київ: БМТ, 2001. – С. 371-383.
9. *Дмитренко В.П., Короткова А.Я.* О физических признаках плодородия почвы и их связи с урожайностью сельскохозяйственных культур // Труды УкрНИГМИ. – 1968. – Вып. 72. – С. 3-15.
10. *Докучаев В.В.* Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозгиз, 1953. – 152 с.
11. *Иенни Г.* Факторы почвообразования. – М.: ИЛ, 1948. – 348 с.
12. *Качинский Н.А.* Физика почв. – М.: Высшая школа, 1965. – 324 с.
13. *Ковда В.А.* Основы учения о почвах. Кн. Первая. – М.: Наука, 1973. – 448 с.
14. *Константинов А.Р.* Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.
15. *Сапожникова С.А.* Опыт агроклиматического районирования территории СССР. // Вопросы агроклиматического районирования СССР. – М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. – С. 14-37.
16. *Dmytrenko V.P.* Fruitfulness of Climate is the Basis of the General Concept of Agrometeorological Adaption Strategies to Climate Variability and Climate Change // Contributions from Members on Operational Applications in Agrometeorology and from Discussants of the Papers Presented at the International Workshop: «Agrometeorology in the 21 st Century Needs and Perspectives». Commission for Agricultural Meteorology. CAgM Report No. 77b. – WMO/TD No. 1029. Geneva, Switzerland, May 2001, P. 43-45.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*