

УДК 551.5: 634.8

О.А. Барсукова, к.з.н.

Одеський державний екологічний університет

## АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УКРАЇНІ

*Представлено модифіковану агрокліматичну модель продуктивності ярого ячменю, виконано ідентифікацію параметрів моделі стосовно ярого ячменю.*

*Проведено аналіз фактичних та розрахованих за допомогою математичної моделі врожайів ярого ячменю різного рівня, а також визначено оціночні коефіцієнти: ступінь сприятливості кліматичних умов, ступінь їхнього використання, культури землеробства та реалізації агроекологічного потенціалу.*

**Ключові слова:** модель, продуктивність, агрокліматична оцінка, ячмінь, урожай.

**Вступ.** Необхідною умовою адаптивного рослинництва з метою одержання високих та стійких урожаїв високої якості є правильна оцінка та раціональне використання всіх природних ресурсів території, серед яких провідна роль належить клімату. Найвища продуктивність сільськогосподарських культур досягається за умов максимального використання рослинами кліматичних ресурсів.

Агрокліматична оцінка продуктивності сільськогосподарських культур залишається важливою передумовою оптимізації їх розміщення. Один із перспективних напрямків вирішення цієї задачі пов'язаний з розрахунком різних індексів урожайності і базується на синтезі концепції максимальної продуктивності посівів та математичного моделювання продукційного процесу рослин [1-6].

Метою дослідження є агрокліматична оцінка урожайності ярого ячменю. Дослідження в такому аспекті щодо ярого ячменю в Україні проводяться в обмеженому обсязі, що обумовило необхідність такої роботи.

**Матеріали і методи досліджень.** Інтегральним показником ступеню сприятливості агрокліматичних умов для вирощування сільськогосподарських культур пропонується брати різні рівні урожайності [4, 6]: потенційний (ПУ), дійсно можливий (ДМУ), метеорологічно можливий (ММУ) та господарський (УВ).

Потенційний урожай залежить від величини фотосинтетично активної радіації (ФАР), що надходить на поверхню рослинного покриву, та коефіцієнта уніфікації ФАР ( $\eta$ ). Вони визначаються за формулою

$$ПУ = \frac{AL \cdot \Sigma Q_{\phi} \cdot \eta \cdot K_x \cdot 10^4}{q}, \quad (1)$$

де  $\Sigma Q_{\phi}$  – сумарна за вегетаційний період величина ФАР, кДж/см<sup>2</sup>;

$\eta$  – коефіцієнт використання ФАР посівами культур, %;

$K_x$  – коефіцієнт господарської ефективності урожаю, тобто частка основної продукції від загальної біомаси;

$q$  – калорійність або теплотворна здатність урожаю, кДж/кг;

$AL$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.

Величина  $AL$ , яка відтворює зміну фотосинтетичної здатності рослин, розраховується за формулою

$$AL = \exp\left[-a \frac{(j-D)^2}{10}\right]. \quad (2)$$

Числове значення параметра  $a$  знаходять за виразом

$$a = \frac{-100 \cdot \ln AL^o}{D^2}, \quad (3)$$

де  $D$  – номер декади середини вегетаційного періоду;

$AL^o$  – початкове значення  $AL$ , відн. од.

Згідно з [6] дійсно можливі, а згідно з [4] метеорологічно можливі урожаї формуються під впливом агрометеорологічних умов і визначаються за формулою

$$MMU = ПУ \cdot (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (4)$$

де  $MMU$  – метеорологічно можливий урожай, ц/га;

$ПУ$  – потенційний урожай, ц/га;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – агрометеорологічні показники.

Найбільшого поширення набув метод розрахунку метеорологічно можливих урожаїв за формулою

$$MMU = ПУ \cdot E / E_0, \quad (5)$$

де  $E$  – фактичне споживання вологи, мм;

$E_0$  – оптимальне споживання вологи, мм.

Фактичне споживання вологи визначається за скороченим рівнянням водного балансу, а оптимальне – згідно з біофізичним методом А.М. Алпатьєва. Кінцева модель розрахунку метеорологічно можливого урожаю має вигляд

$$MMU = \int_0^{\tau} \eta \cdot ж_m \cdot \frac{\Sigma Q_{tm}}{q} \cdot \frac{W_n - W_k + R}{K \cdot \Sigma d}, \quad (6)$$

де  $W_n, W_k$  – запаси продуктивної вологи на початок і кінець розрахункового періоду, мм;

$R, d$  – кількість опадів та сумарний дефіцит вологості повітря, мм;

$K$  – біологічний коефіцієнт споживання вологи культурою, який змінюється в залежності від етапу онтогенезу культур і природно - кліматичних умов.

Дійсно можлива урожайність ( $ДМУ$ ) згідно з [4] розраховується як метеорологічно можлива урожайність з урахуванням родючості ґрунту та забезпечення органічними і мінеральними речовинами.

Урожаї в господарствах ( $УВ$ ) – це фактичні середні багаторічні врожаї на конкретній території згідно з [6] та розрахункові виробничі урожаї з урахуванням середніх і максимальних фактичних урожаїв згідно з [4].

Застосування методу математичного моделювання продукційного процесу рослин дозволяє враховувати вплив агрометеорологічних умов, які спостерігаються впродовж періоду вегетації, на приріст біомаси і формування кінцевої урожайності. Приріст потенційної біомаси впродовж розвитку сільськогосподарської культури визначається надходженням фотосинтетично активної радіації та коефіцієнтом її уніфікації, при

дотриманні оптимальних умов термічного режиму та режиму зволоження. Приріст метеорологічно можливої урожайності являє собою приріст потенційної врожайності з урахуванням впливу температурного режиму та режиму зволоження на процес фотосинтезу.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Було виконано адаптування базової агрокліматичної моделі А.М.Польового [4] стосовно до ярого ячменю. Вона складається з трьох блоків. Перший блок містить: географічну широту; найменшу вологомісткість метрового шару ґрунту; кількість декад вегетаційного періоду ячменю; кількість днів в кожній декаді; кількість днів від 21 березня до дати сходів; тривалість сонячного саява по розрахункових декадах (середня за декаду кількість годин); середні декадні значення температури і дефіциту вологості повітря; запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту по декадах; декадна кількість опадів; середній багаторічний і максимальний фактичний урожай в розрізі адміністративної області. В другому блоці представлено розрахункові показники декадних і підсумкових значень ФАР, функції впливу на урожай температури повітря і умов зволоження за період вегетації, а також максимальний коефіцієнт використання ФАР посівами. Третій блок містить розрахунки показників *ПУ*, *ММУ*, *ДМУ*, *УВ* та оціночні коефіцієнти.

*ПУ*, *ММУ*, *ДМУ* та *УВ* за вегетаційний період визначається шляхом підсумовування відповідних величин за всі розрахункові декади:

$$ПУ = \sum_{j=1}^n ПУ^j, \quad (7)$$

$$ММУ = \sum_{j=1}^n ММУ^j, \quad (8)$$

$$ДМУ = \sum_{j=1}^n ДМУ^j. \quad (9)$$

Розглянемо умови формування різних рівнів урожаїв ячменю на прикладі центрального району лісостепової зони України. Аналіз ходу декадних сум ФАР показав, що на початку вегетації прихід ФАР становить 301 Дж/см<sup>2</sup>. До четвертої декади вегетації спостерігається плавне підвищення лінії ФАР і досягає воно найбільшого значення 690 Дж/см<sup>2</sup> в період масового колосіння.

Динаміка приростів *ПУ* починається з відмітки 131 г/м<sup>2</sup>, досягає максимуму 350 г/м<sup>2</sup> в період колосіння і на кінець вегетації становить 51 г/м<sup>2</sup>.

Режим температури повітря і вологи ґрунту впродовж вегетації корегує формування урожайності. Нижня межа температурного оптимуму впродовж вегетації ячменю змінюється від 8,5°C до 17,0°C в середині вегетаційного періоду і наприкінці його становить 16,8°C.

Верхня межа температурного оптимуму починається з 10,4°C поступово піднімається і наприкінці вегетації становить 19,5°C. Середня температура повітря впродовж вегетації знаходиться переважно у межах температурного оптимуму і тільки в середині міжфазного періоду кушіння – вихід у трубку вона вище оптимальних значень.

Сумарне випаровування посівів ярого ячменю має добре виражену динаміку і на початку вегетації становить 14 мм, послідовно підвищуючись, сягає значень 23 мм у період від кушіння до виходу у трубку. Відношення сумарного випаровування до випаровуваності на початку вегетації становить 0,70 відн. од. Найменше значення спостерігалось у період колосіння – воскова стиглість і становило 0,48 відн. од.

Такі умови волого-температурного режиму забезпечили відповідний рівень ходу приростів метеорологічно можливого урожаю.

Прирости дійсно можливого урожаю коливались від 66 г/м<sup>2</sup> до 153 г/м<sup>2</sup>.

Динаміка приростів на рівні *УВ* починається з 42 г/м<sup>2</sup>, досягає максимальних значень 99 г/м<sup>2</sup> наприкінці періоду кушіння – вихід у трубку.

Оцінка умов формування різних рівнів приростів урожайності впродовж вегетаційного періоду по всіх природних зонах України дозволила розрахувати агрокліматичну оцінку формування урожайності всіх рівнів.

Агрокліматична оцінка формування урожайності культур виконується в розрізі кожної розрахункової декади вегетаційного періоду за такими показниками: ступінь сприятливості агрокліматичних умов формуванню продуктивності сільськогосподарських культур ( $K_{сп.}$ ), коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів ( $K_{ефек.}$ ), коефіцієнт реалізації агроекологічного потенціалу ( $K_{реал.}$ ), коефіцієнт культури землеробства ( $K_{земл.}$ ), які розраховуються за формулами:

$$K_{сп.} = \frac{ММУ}{ПУ}, \quad (10)$$

$$K_{ефек.} = \frac{УП}{ММУ}, \quad (11)$$

$$K_{реал.} = \frac{УВ}{ПУ}, \quad (12)$$

$$K_{земл.} = \frac{ДМУ}{ПУ}, \quad (13)$$

Агрокліматична оцінка формування урожайності культур виконана на основі результатів чисельного експерименту щодо визначення вказаних індексів урожаїв в розрізі адміністративних областей України. Визначені потенційні (*ПУ*), метеорологічно (*ММУ*) та дійсно можливі (*ДМУ*) урожаї значно перевищують виробничі (*УВ*) (рис. 1).

Простежується неоднозначність різниці між цими урожаєми в межах окремих адміністративних областей. При високих рівнях теоретичних урожаїв у Львівській та Київській областях спостерігається і найбільша їх різниця, яка досягає 50 – 60 ц/га. При найменших значеннях цих урожаїв у Луганській області відмічається і найменша їх різниця з виробничими – 30 ц/га. Досить висока різниця відмічається в Кіровоградській та Одеській областях за рахунок підвищення теоретичних урожаїв.

Аналіз отриманих результатів показав, що найвищий рівень *ПУ* спостерігається в Київській, Львівській та Рівненській областях – 70 – 95 ц/га, в Кіровоградській та Одеській областях *ПУ* складає 67 ц/га, а в Луганській області, яка характеризує східну частину України, потенційний урожай знижується до 58 ц/га.

Найбільш високі рівні *ММУ* спостерігаються на заході та півночі країни – 84 – 75 ц/га, в південних та східних областях він коливається в межах 50 – 66 ц/га, а в центральних – 58 ц/га. Така ж закономірність простежується по розподілах *ДМУ* і *УП*.

Найнижчі значення *УВ* відмічаються в Одеській та Луганській областях – 20 ц/га. В Кіровоградській області він досягає 25 ц/га, а найвищі *УВ* коливаються від 28 до 30 ц/га в Київській, Рівненській та Львівській областях.

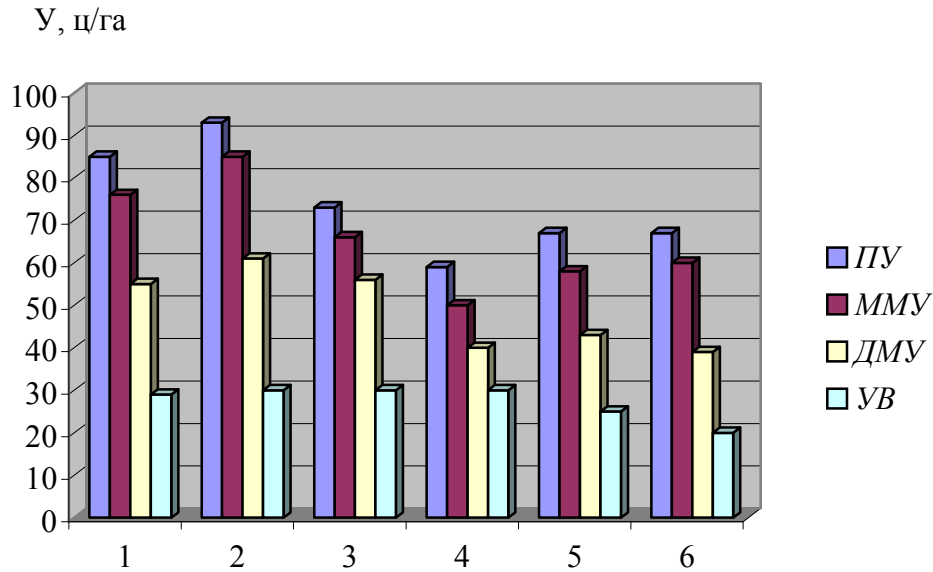


Рисунок 1 – Теоретичні рівні урожаю у Київській (1), Рівненській(2), Львівській (3), Луганській (4), Кіровоградській (5) та Одеській (6) областях.

Для ярого ячменю проведено розрахунки вказаних вище оціночних коефіцієнтів: міри сприятливості кліматичних умов ( $K_1$ ), рівня використання агрокліматичних ресурсів ( $K_2$ ), рівня реалізації агроєкопотенціалу ( $K_3$ ) та оцінки культури землеробства ( $K_4$ ).

Результати числового експерименту показали, що ступінь сприятливості кліматичних умов формуванню високих урожаїв ярого ячменю в країні досить висока. По Київській, Рівненській, Львівській, Луганській, Кіровоградській та Одеській областях досягає 85 – 94 % ( $K_1 = 0.848 - 0.938$  відн. од.) (табл. 1). Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів значно нижче і складає 0.361 – 0.457 відн. од., а рівень реалізації агроєкопотенціалу коливається в межах від 0.448 до 0.604 відн. од. Оцінка культури землеробства становить – 0.496 – 0.590 відн. од.

Таблиця 1 – Оціночні коефіцієнти продуктивності ярого ячменю на Україні

Області	Бал родючості ґрунту	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
Київська	0,569	0.887	0.380	0.451	0.527
Рівненська	0,500	0.914	0.358	0.413	0.496
Львівська	0,698	0.938	0.457	0.595	0.547
Луганська	0,801	0.848	0.408	0.492	0.511
Кіровоградська	0.659	0.875	0.433	0.604	0.590
Одеська	0.635	0.848	0.361	0.448	0.529

**Висновки.** Отримані результати індексів урожаїв та оціночних показників будуть використовуватися при агрокліматичному районуванні території України стосовно ярого ячменю з урахуванням кліматично забезпечених рівнів врожаю та складанні схем розміщення сільськогосподарських культур.

### Список літератури

1. *Витченко А.Н., Полевой А.Н.* Методика агроэкологической оценки сельскохозяйственной продуктивности ландшафтов Белоруссии. //В сб.: Вестник Белорусского университета. Сер. 2. химия, биология, география, 1986, № 2. С. 56–59.
2. *Жуков В. А., Полевой А. Н., Витченко А. Н., Даниелов С. А.* Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.– 207 с.
3. *Полевой А.Н.* Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
4. *Полевой А.Н., Коне Б. Гийом.* Моделирование влияние метеорологических условий на продуктивность травяных экосистем в полуаридном тропическом регионе Западной Африки. // Метеология и гидрология. 1997. № 12, с. 92 –100.
5. *Сепп Ю. В., Тооминг Х. Г.* Использование климатических ресурсов для получения высокой продуктивности картофеля (на примере Прибалтики). //Сельскохозяйственная биология, 1984, № 9. С. 26–31.
6. *Тооминг Х. Г.* Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.

#### **Ароклиматическая оценка продуктивности ярового ячменя в Украине. Барсукова Е.А.**

*Представлена модифицированная агроклиматическая модель продуктивности ярового ячменя, выполнена модификация параметров модели применительно к культуре ячменя.*

*Проведен анализ фактических и рассчитанных с помощью модели урожаев ярового ячменя разных уровней, а также рассчитаны оценочные коэффициенты степени благоприятствования климатических условий, степени их использования, культуры земледелия и реализации агроэкологического потенциала.*

**Ключевые слова:** модель, продуктивность, агроклиматическая оценка, ячмень, урожай.

#### **An agroclimatological assessment of spring barley yield in the Ukraine. Barsukova O. A.**

*Parts clusters of an agroclimatological model of spring barley yield are given description in the paper. Principal stages of the yield indices are assessed and model parameter identification pertaining to spring barley is performed.*

*An analysis of actual as well as calculated by means of mathematical analysis speculative spring barley yields has been made. Evaluative coefficients – the rate of weather condition favorability, the rate of its utilization, the farming standard index, the rate of agro environmental potentialities exploitation are given an in-depth examination.*

**Keywords:** model, productivity, agroclimatological estimation, barley, harvest.