

УДК 332.362 : 519.237.5(8)

П. М. ГРИЦЮК,  
*професор, доктор економічних наук,  
завкафедрою економічної кібернетики,*  
Л. Д. БАЧИШИНА,  
*здобувач,  
старший викладач кафедри прикладної математики*

*Національний університет водного господарства та природокористування  
(Рівне)*

## ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ДИНАМІКУ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ В УКРАЇНІ

*Проаналізовано вплив метеорологічних факторів на врожайність зернових культур у регіонах України за такими вихідними даними, як річні значення врожайності зернових в областях України, середньомісячна температура та місячні суми опадів. Визначено кліматичні фактори, які істотно впливають на врожайність зернових у різних областях країни. Виконано порівняльний аналіз впливу метеофакторів на врожайність зернових для двох періодів: 1992–2003 рр. та 2003–2014 рр.*

**Ключові слова:** зерновиробництво, метеорологічні фактори, врожайність, динаміка врожайності, кореляційна залежність, кластерний аналіз.

---

P. M. GRITSYUK,  
*Professor, Doctor of Econ. Sci.,  
Head of the Chair of Economic Cybernetics,*  
L. D. BACHYSHYNA,  
*Competitor,  
Senior lecturer, Chair of Applied Mathematics*

*National University of Water Management and Nature Resources  
(Rivne)*

## INFLUENCE OF A CHANGE IN CLIMATIC CONDITIONS ON THE DYNAMICS OF THE CROP YIELD OF CEREALS IN UKRAINE

*The influence of meteorological factors on the crop yield of cereals in Ukraine's regions is analyzed by the following input data: annual values of the crop yield of cereals in Ukraine's regions, mean monthly temperature, and monthly sums of precipitations. The climatic factors essentially affecting the crop yield of cereals in various regions of the country are determined. The comparative analysis of the influence of meteorological factors on the crop yield of cereals for two periods (1992–2003 and 2003–2014) is executed.*

**Keywords:** grain production, meteorological factors, crop yield, crop yield dynamics, correlative dependence, cluster analysis.

© Грицюк Петро Михайлович (Grytsyuk Petro Mykhailovych), 2016; e-mail: gritsup@ukr.net;

© Бачишина Лариса Дмитрівна (Bachyshyna Larysa Dmytrivna), 2016; e-mail: Larysa\_bachyshyna@ukr.net.

Завдяки розвитку аграрного виробництва в останні роки Україна вийшла на світовий ринок зернових як один з найпотужніших експортерів. Щоб утриматися на досягнутих позиціях, необхідним є стабільне зростання виробництва зерна. Формування врожаю зернових культур пов'язане з комплексом абіотичних факторів, серед яких важливе місце займають природно-кліматичні умови. Незважаючи на значну кількість досліджень, мета яких – установити залежність між метеорологічними факторами та біологічною продуктивністю різних сільськогосподарських культур, оптимальні показники метеорологічних факторів для схожих агрокліматичних умов коливаються в широких межах. Ця проблема залишається актуальною і на даний час, оскільки потреба в періодичному уточненні оптимумів кількості вологи й тепла існуватиме завжди у зв'язку із зміною метеорологічних умов. Ефективний розвиток зерновиробництва вимагає наукового обґрунтування раціонального розміщення посівних площ для зернових культур з урахуванням потенціальної врожайності та кліматичних умов, які за останні десятиліття істотно змінилися. Це привело до зміни асортименту вирощуваних зернових та географії їх розташування.

Питання залежності врожайності культур від кліматичних факторів розглядали В. Дмитренко [1], Л. Попитченко [2], В. Калініченко [3], М. Барабаш [4], В. Панніков [5], Ю. Тараріко [6]. Зокрема, вчені зазначають, що в Україні в останні роки проводяться роботи з оцінювання реакції зернових культур на зміну клімату й умов їх вирощування [2]. Для більш якісного інформаційного забезпечення сільськогосподарського виробництва, прогнозування продуктивності окремих культур доцільно проводити дослідження на локальному, регіональному та державному рівнях [6]. Одна з проблем адаптації рослин до місцевих агрокліматичних умов – встановлення оптимального рівня тепла та вологи [2].

У цьому зв'язку **мета статті** – визначити вплив метеорологічних факторів на врожайність зернових культур в умовах різних регіонів України, дослідити кореляційну залежність урожайності зернових культур від метеорологічних факторів.

Вплив метеорологічних факторів на врожайність зернових культур встановлювався за допомогою кореляційно-регресивного аналізу. Ми досліджували залежність показників урожайності зернових від таких метеоданих, як середньомісячні показники температури повітря та кількість опадів для найбільш важливих місяців вегетаційного періоду. Дані про врожайність зернових культур взято з матеріалів Державної служби статистики України, гідрометеорологічні дані – на сайті <http://gr5.ua> за період 1992–2014 рр.

Використовуючи програмний пакет Statistica, можна виокремити групи областей, у яких динаміка змін урожайності є однаковою. Для досліджень ми застосували методику кластерного аналізу [7], в результаті чого було отримано три групи областей (рис. 1).

До *першої* групи (центрального регіону) можна віднести Полтавську, Київську, Житомирську, Черкаську, Вінницьку, Чернігівську та Сумську області. Для них характерними є високі показники врожайності та темпів її зростання. До *другої* групи (західного регіону) належать Волинська, Рівненська, Хмельницька, Тернопільська, Чернівецька, Івано-Франківська та Львівська області. Для них характерними є середні показники врожайності та темпів її зростання. До *третьої* групи (південно-східного, або степового, кластера) відносяться Харківська, Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Кіровоградська, Херсонська, Миколаївська та

Одеська області. Для цієї групи характерними є низькі показники врожайності та темпів її зростання. Закарпатська і Луганська області та АР Крим через географічне положення та особливості клімату характеризуються специфічною динамікою врожайності і не відносяться до зазначених кластерів. Виокремлені нами кластери зерновиробництва відображають особливості клімату і ґрунтового покриву відповідних регіонів. Графічну ілюстрацію проведеної класифікації представлено на рисунку 1. Враховуючи географічне розташування, Чернівецьку область ми вирішили включити у західний кластер, хоча це і не узгоджується з результатами кластерного аналізу.

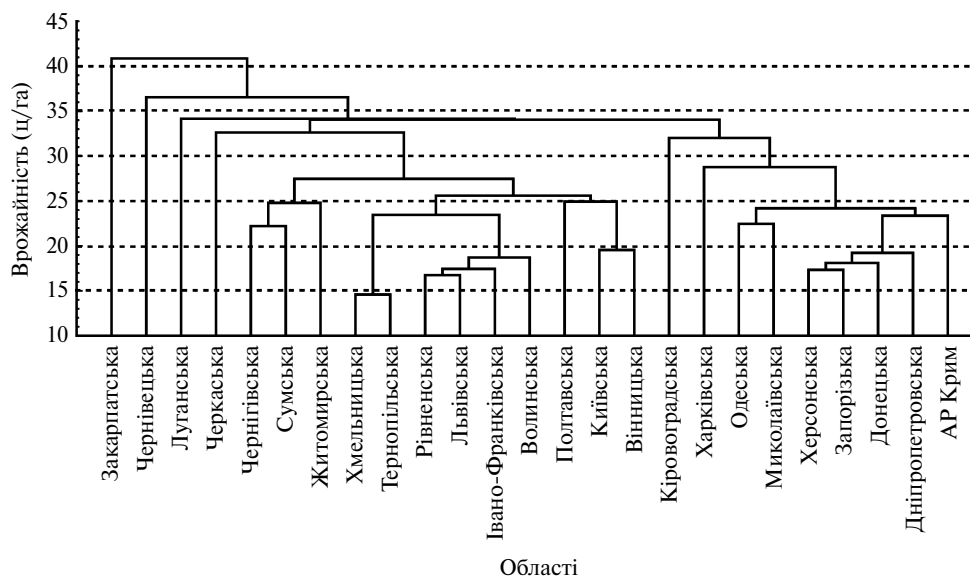


Рис. 1. Кластерний аналіз динаміки врожайності зернових по областях України

Згідно із статистичними даними, за останні 15 років найвища врожайність зернових спостерігалася в Черкаській, Київській, Чернівецькій, Вінницькій, Закарпатській та Полтавській областях. Найбільшими темпами врожайність зростала за цей період у Сумській, Вінницькій, Житомирській, Черкаській, Хмельницькій, Тернопільській, Чернівецькій, Київській та Полтавській областях (рис. 2 і 3). Ці області утворюють основний регіон виробництва зерна в Україні. У степовій зоні приріст урожайності був малопомітним. Підняти її в цьому регіоні можна, тільки застосувавши зрошення. Таким чином, за останнє десятиліття помітно збільшилася роль центральних областей України у формуванні валового врожаю зернових, а вклад областей степової зони — зменшився.

Якщо проаналізувати динаміку врожайності зернових у розрізі регіонів, то слід зазначити, що найбільше зросла середня врожайність центрального регіону — з 27 ц/га до 50 ц/га (рис. 4), а середня врожайність зернових західного регіону — з 29 ц/га до 43 ц/га. У степовому регіоні зростання врожайності зернових є незначним — з 26 ц/га до 29 ц/га. Отже, в останні роки спостерігається стає збільшення врожайності зернових в Україні. Це виявилось можливим завдяки застосуванню новітніх агротехнологій найбільшими зерновиробниками. Разом з тим відбуваються динамічні зміни врожайності, які відображають зміни клімату в останні роки.

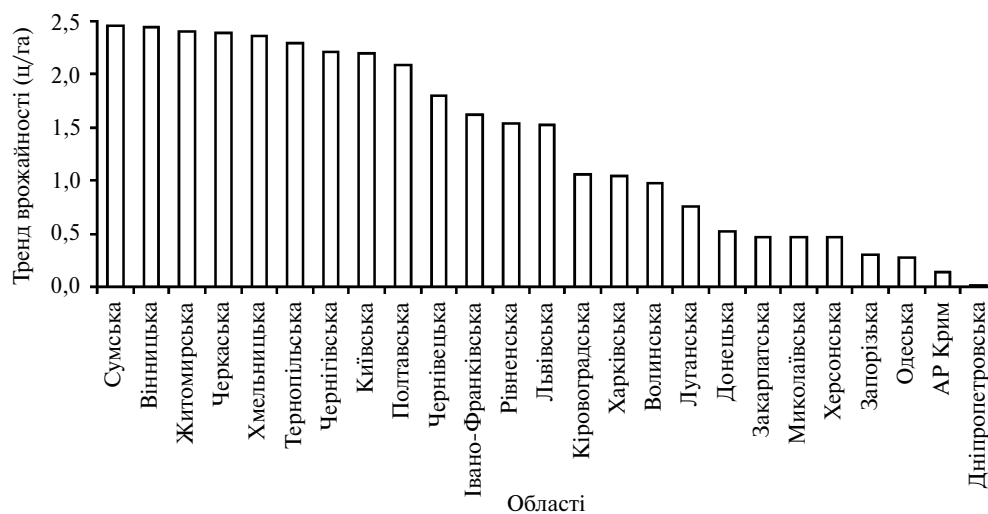


Рис. 2. Темпи щорічного зростання врожайності зернових по областях України у 1990–2014 рр.

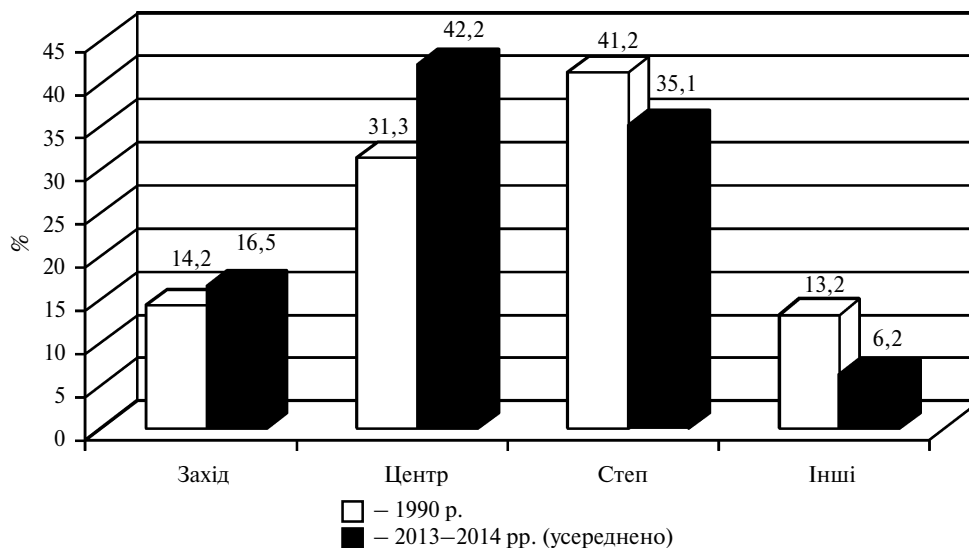


Рис. 3. Частка валового збору зернових в Україні

Міжурядова група експертів із змін клімату при ООН та Всесвітня метеорологічна організація регулярно надають урядовим і громадським організаціям матеріали про спостереження за змінами клімату Землі. Згідно з цією інформацією, з кінця XIX і до початку XXI ст. глобальна температура повітря підвищилася приблизно на  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Середня швидкість зростання глобальної температури до 1970 р. становила  $0,05^{\circ}\text{C}$  протягом десяти років, а в останні десятиліття вона подвоїлась. У період найбільш інтенсивного глобального потепління (1975–2000 рр.) майже на всій території України спостерігалось зменшення амплітуди коливання опадів, а на початку XXI ст. кількість опадів збільшилася [4] (рис. 4).

Вегетаційний період озимих зернових розпочинається восени і закінчується влітку наступного року. Оскільки вегетація взимку припиняється, то найбільш важливими місяцями можна вважати вересень, жовтень, квітень, травень, червень. Для вегетації ярих культур важливими є лише три останніх місяці, кожний з

яких відіграє певну роль у рості і розвитку рослин. Важливість впливу погодних умов можна виявити завдяки оцінюванню кореляції врожайності з кліматичними факторами кожного місяця. Основні фактори – середня місячна температура та місячна кількість опадів.

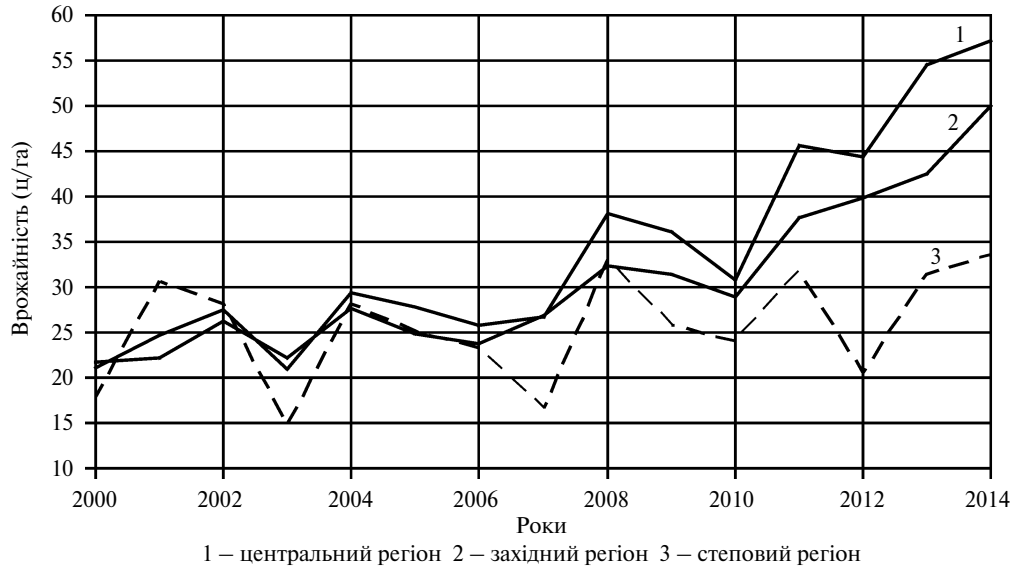


Рис. 4. Динаміка врожайності зернових у регіонах України

Аналіз кліматичних змін у різних регіонах України за останні 24 роки дозволив визначити характерні особливості. Для першої групи – це зменшення опадів у квітні (на 10–30%). У деяких областях (Полтавській, Сумській) зменшення кількості опадів у квітні сягає 50%. Це супроводжується збільшенням середньомісячної температури у квітні на 0,5–1,0°C. Схожі кліматичні зміни стосуються і вересня. У деяких областях (Житомирській, Полтавській, Сумській, Чернігівській) спостерігається збільшення середньомісячної температури у жовтні на 1,0°C. Найбільш помітна зміна для областей західного регіону – збільшення кількості опадів у травні, в середньому – на 30%.

Степовий регіон характеризується зменшенням кількості опадів у квітні на 30–50%. Підвищення середньої температури у травні становить 1,5°C. Для деяких областей (Дніпропетровської, Запорізької, Одеської) це компенсується збільшенням кількості опадів у травні на 20–30%. Між змінами кількості опадів та середньої температури у степовому регіоні спостерігається негативний кореляційний зв'язок. Особливо помітним він є для осінніх місяців (вересня, жовтня), коли підвищення середньої температури супроводжується зменшенням кількості опадів.

Для встановлення впливу змін клімату на врожайність зернових культур було застосовано методіку кореляційного аналізу. Весь часовий проміжок ми розбили на два рівних відрізки довжиною 12 років (1992–2003 рр. та 2003–2014 рр.) для виявлення змін і тенденцій. Такий період спостережень є достатнім для забезпечення статистичної значущості коефіцієнта кореляції ( $r$ ) та його стійкості щодо зрушень часового вікна [7].

Значущість коефіцієнта кореляції  $r$  визначають при порівнянні фактичного значення  $t$  – критерію Стьюдента  $t_r = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-1}$  з його табличним значенням

при  $d(f) = n - 2$  ступенях свободи ( $n$  – кількість спостережень).

Стійкість коефіцієнта кореляції означає, що при пересуванні часового вікна на 1 рік уперед він змінюватиметься неістотно. Для періоду спостережень  $n = 12$  років межа статистичної значущості коефіцієнта кореляції при рівні довіри 95% становить  $|r| = 0,56$ , а при рівні довіри 75%  $|r| = 0,35$ .

Для вказаних часових проміжків характерними є такі процеси:

– у 1990-ті роки спостерігалися розпад колективної системи сільськогосподарського виробництва та загострення екологічної кризи, наслідком чого став різкий спад зерновиробництва;

– на початку 2000-х років у сільському господарстві України завершилася структурна перебудова; великі агрофірми, агропромислові підприємства завдяки використанню високопродуктивного насіннєвого матеріалу та сучасних технологій досягли, починаючи з 2001 р., помітного збільшення обсягів зерновиробництва;

– на зламі століть відбулися значні зміни кліматичних умов [4; 8].

Слід зауважити, що через стохастичний характер кліматичних процесів кліматичні фактори місяця навіть для сусідніх областей можуть істотно відрізнятися. У першу чергу це стосується кількості опадів. Тому для чіткішого визначення динаміки змін кліматичних факторів та їх впливу на врожайність зернових доцільно проводити аналіз не за областями, а в розрізі виокремлених нами регіонів.

Аналіз кліматичних факторів показав, що за останні 24 роки для центрального регіону стало характерним зменшення кількості опадів у квітні та восени (у вересні, жовтні). Це супроводжується збільшенням температури у весняні та літні місяці.

У західному регіоні за цей період кількість опадів восени (у вересні, жовтні) зменшилась, а у травні – зросла. Для степового регіону спостерігається різке зменшення кількості опадів у квітні і менш помітне – у червні. Середня температура травня – червня підвищилася на 3–4°C.

Показники коефіцієнта кореляції між урожайністю та усередненими значеннями кліматичних факторів для виокремлених нами регіонів України наведено в таблиці. У ній використано такі позначення:  $R_4$  – кількість опадів у квітні,  $T_4$  – середньомісячна температура у квітні,  $R_5$  – кількість опадів у травні,  $T_5$  – середньомісячна температура у травні,  $R_6$  – кількість опадів у червні,  $T_6$  – середньомісячна температура у червні,  $R_9$  – кількість опадів у вересні,  $T_9$  – середньомісячна температура у вересні,  $R_{10}$  – кількість опадів у жовтні,  $T_{10}$  – середньомісячна температура у жовтні.

**Коефіцієнт кореляції між урожайністю і кліматичними факторами для регіонів України \***

Регіон	Роки	$R_4$	$R_5$	$R_6$	$R_9$	$R_{10}$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_9$	$T_{10}$
Центр	1992–2003	0,08	0,24	0,28	-0,12	-0,30	-0,29	-0,09	-0,59	0,00	0,05
	2003–2014	0,13	0,37	0,24	0,28	-0,35	0,56	0,23	0,37	0,00	0,20
Захід	1992–2003	-0,51	0,29	-0,05	0,37	0,45	-0,42	-0,12	-0,47	0,18	-0,11
	2003–2014	0,13	0,26	0,06	0,29	-0,42	0,57	0,16	0,18	0,07	0,10
Степ	1992–2003	0,12	0,47	0,59	0,20	-0,28	-0,12	-0,47	-0,42	-0,34	0,12
	2003–2014	0,52	0,34	0,23	0,23	0,36	0,37	-0,38	-0,13	-0,27	0,08

\* Розраховано за даними Державної служби статистики України і метеостанцій, розташованих на територіях відповідних областей України, за період 1992–2014 рр.

Аналіз таблиці дозволяє зробити певні висновки. Для центрального регіону України в 1992–2003 рр. найважливішим кліматичним фактором була середня температура у червні — для високої врожайності цей місяць мав бути прохолодним. У 2003–2014 рр. найважливішими факторами були досить теплий квітень, достатня кількість опадів у травні та їх мала кількість у жовтні.

Для областей західного регіону врожайність зернових у 1990-ті роки визначалася достатньою кількістю опадів восени, а квітень, навпаки, мав бути мало-дошовим і прохолодним. А у 2003–2014 рр. найважливішими факторами стали теплий квітень і мало-дошовий жовтень.

Урожайність зернових у степовому регіоні в 1992–2003 рр. визначали дощові та прохолодні травень і червень. У 2003–2014 рр. основними факторами, які сприяли високій урожайності, стали дощовий і теплий квітень та дощовий і прохолодний травень.

Узагальнюючи викладене, варто сказати, що вирішальними для майбутньої врожайності є погодні умови квітня, травня та червня. Погодні умови осінніх місяців є менш важливими, хоча можна відзначити зростання ролі кліматичних умов жовтня.

Таким чином, проведені нами дослідження свідчать про помітні зміни клімату в різних регіонах України за останні 24 роки в бік істотного потепління, яке супроводжується зменшенням кількості опадів. Ці зміни безпосередньо впливають на зміни врожайності зернових культур. Якщо у 1990-ті роки основним зерновиробляючим регіоном був степовий, то в останнє десятиріччя першість перейшла до центрального регіону. Області, які входять до нього, мають найвищу не тільки врожайність зернових, але й динаміку її зростання. Ці зміни необхідно враховувати при плануванні посівів зернових культур та організації відповідної інфраструктури для їх обробітку, зберігання та продажу.

#### Список використаної літератури

1. *Дмитренко В.Л.* Адаптації меліоративного землеробства до погоди і клімату // Вісник аграрної науки. — 2003. — № 2. — С. 52–56.
2. *Попитченко Л.М.* Погодно-кліматичні умови вегетації озимої пшениці в Луганській області / Збірник наукових праць Луганського Національного аграрного університету : Серія "Сільськогосподарські науки". — Луганськ : Елтон-2, 2009. — Вип. 100. — С. 121–124.
3. *Калініченко В.М.* Агроєкологічне обґрунтування та моделювання впливу кліматичних факторів на урожайність та якість зерна сої в умовах центрального Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. — Житомир, 2005. — 20 с.
4. *Барабаш М.Б., Корж Т.В., Татарчук О.Г.* Дослідження змін та коливань опадів на рубежі ХХ і ХХІ ст. в умовах потепління глобального клімату // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2004. — Вип. 253. — С. 92–102.
5. *Панников В.Д., Минеев В.Г.* Почва, климат, удобрение и урожай. — М. : Колос, 1977. — 416 с.
6. *Тараріко Ю.О., Чернокозинський А.В., Сайдак Р.В.* та ін. Вплив агротехнічних і агрометеорологічних факторів на продуктивність агроєкосистем // Вісник аграрної науки. — 2008. — № 5. — С. 64–67.
7. *Грицюк П.М.* Аналіз, моделювання та прогнозування динаміки врожайності озимої пшениці в розрізі областей України : моногр. — Рівне : НУВГП, 2010. — 350 с.
8. *Ліпінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В.М.* Клімат України. — К. : Вид-во Раєвського, 2003. — 343 с.

## References

1. Dmytrenko V.L. *Adaptatsii melioratyvnoho zemlerobstva do pogody i klimatu* [Adaptations of the meliorated farming to the weather and climate]. *Visnyk Agr. Nauky – Bull. of Agrar. Sci.*, 2003, No. 2, pp. 52–56 [in Ukrainian].
2. Popytchenko L.M. *Pogodno-klimatychni umovy vegetatsii ozymoi pshenytsi v Lugans'kii oblasti, v: Zbirnyk Naukovykh Prats' Lugans'kogo Natsional'nogo Agrarnogo Universytetu, Seriya "Sil's'kogospodars'ki Nauky"* [The weather-climatic conditions of the vegetation of winter wheat in the Lugans'k region, in: Collection of Scientific Works of Lugans'k National Agrarian University, Series "Agricultural Sciences"]. Lugans'k, Elton-2, 2009, Iss. 100, pp. 121–124 [in Ukrainian].
3. Kalinichenko V.M. *Agroekologichne obgruntuvannya ta modelyuvannya vplyvu klimatychnykh faktoriv na urozhainist' ta yakist' zerna soi v umovakh tsentral'nogo Lisostepu Ukrainy: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk* [The agroecological substantiation and modeling of the influence of climatic factors on the crop yield and quality of soybean grains under conditions of the central Forest-Step of Ukraine : Author's abstract of Candidate degree thesis (Agr. Sci.)]. Zhytomyr, 2005 [in Ukrainian].
4. Barabash M.B., Korzh T.V., Tatarchuk O.G. *Doslidzhennya zmin ta kolyvan' opadiv na rubezhi XX i XXI st. v umovakh poteplynnya global'nogo klimatu* [Study of changes and variations of precipitations on the boundary of the XX and XXI centuries under conditions of the global climate warming]. *Nauk. Pratsi UkrNDGMI – Sci. Works of USRHMI*, 2004, Iss. 253, pp. 92–102 [in Ukrainian].
5. Pannikov V.D., Mineev V.G. *Pochva, Klimat, Udobrenie i Urozhai* [Soil, Climate, Fertilizers, and Yield]. Moscow, Kolos, 1977 [in Russian].
6. Tarariko Yu.O., Chernokozyns'kyi A.V., Saidak R.V. et al. *Vplyv agrotekhnichnykh i agrometeorologichnykh faktoriv na produktyvnist' agroekosystem* [Influence of agrotechnical and agrometeorological factors on the productivity of agroecosystems]. *Visnyk Agr. Nauky – Bull. of Agrar. Sci.*, 2008, No. 5, pp. 64–67 [in Ukrainian].
7. Grytsyuk P.M. *Analiz, Modelyuvannya ta Prognozuvannya Dynamiky Vrozhainosti Ozymoi Pshenytsi v Rozrizi Oblastei Ukrainy* [Analysis, Modeling, and Forecast of the Dynamics of the Crop Yield of Winter Wheat over Ukraine's Regions]. Rivne, NUWEE, 2010 [in Ukrainian].
8. Lipins'kyi V.M., Dyachuk V.A., Babichenko V.M. *Klimat Ukrainy* [Ukraine's Climate]. Kyiv, Publ. House Raevs'kogo, 2003 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 25 вересня 2015 р.