

УДК 332.362 : 519.237.5(8)

П. М. ГРИЦЮК,
*профессор, доктор экономических наук,
завкафедрой экономической кибернетики,*
Л. Д. БАЧИШИНА,
*соискатель,
старший преподаватель кафедры прикладной математики*

*Национальный университет водного хозяйства и природопользования
(Ривне)*

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ В УКРАИНЕ

Проанализировано влияние метеорологических факторов на урожайность зерновых культур в регионах Украины по таким исходным данным, как годовые значения урожайности зерновых в областях Украины, среднемесячная температура и месячные суммы осадков. Определены климатические факторы, существенно влияющие на урожайность зерновых в разных областях страны. Выполнен сравнительный анализ влияния метеофакторов на урожайность зерновых для двух периодов: 1992–2003 гг. и 2003–2014 гг.

Ключевые слова: зернопроизводство, метеорологические факторы, урожайность, динамика урожайности, корреляционная зависимость, кластерный анализ.

P. M. GRITSYUK,
*Professor, Doctor of Econ. Sci.,
Head of the Chair of Economic Cybernetics,*
L. D. BACHISHINA,
*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 Петр Михайлович (Gritsyuk Petr Mikhailovich), 2016; e-mail: gritsukp@ukr.net;

© Бачишина Лариса Дмитриевна (Bachishina Larisa Dmitrievna), 2016; e-mail: Larysa_bachyshyna@ukr.net.

Благодаря развитию аграрного производства в последние годы Украина вышла на мировой рынок зерновых как один из мощнейших экспортеров. Чтобы удержаться на достигнутых позициях, необходим стабильный рост производства зерна. Формирование урожая зерновых культур связано с комплексом абиотических факторов, среди которых важное место занимают природно-климатические условия. Несмотря на значительное количество исследований, цель которых – установить зависимость между метеорологическими факторами и биологической производительностью разных сельскохозяйственных культур, оптимальные показатели метеорологических факторов для похожих агроклиматических условий колеблются в широких пределах. Эта проблема остается актуальной и сейчас, поскольку потребность в периодическом уточнении оптимумов количества влаги и тепла будет существовать всегда в связи с изменением метеорологических условий. Эффективное развитие зернопроизводства требует научного обоснования рационального размещения посевных площадей для зерновых культур с учетом потенциальной урожайности и климатических условий, которые за последние десятилетия существенно изменились. Это привело к изменению ассортимента выращиваемых зерновых и географии их расположения.

Вопросы зависимости урожайности культур от климатических факторов рассматривали В. Дмитренко [1], Л. Попытченко [2], В. Калиниченко [3], М. Барабаш [4], В. Панников [5], Ю. Тарарико [6]. В частности, ученые отмечают, что в Украине в последние годы ведутся работы по оценке реакции зерновых культур на изменение климата и условий их выращивания [2]. Для более качественного информационного обеспечения сельскохозяйственного производства, прогнозирования производительности отдельных культур целесообразно проводить исследования на локальном, региональном и государственном уровнях [6]. Одна из проблем адаптации растений к местным агроклиматическим условиям – установление оптимального уровня тепла и влаги [2].

В связи с этим **цель статьи** – определить влияние метеорологических факторов на урожайность зерновых культур в условиях разных регионов Украины, исследовать корреляционную зависимость урожайности зерновых культур от метеорологических факторов.

Влияние метеорологических факторов на урожайность зерновых культур устанавливалось с помощью корреляционно-регрессионного анализа. Мы исследовали зависимость показателей урожайности зерновых от таких метеоданных, как среднемесячные показатели температуры воздуха и количество осадков для наиболее важных месяцев вегетационного периода. Данные об урожайности зерновых культур взяты из материалов Государственной службы статистики Украины, гидрометеорологические данные – на сайте <http://gr5.ua> за период 1992–2014 гг.

Используя программный пакет Statistica, можно выделить группы областей, в которых динамика изменений урожайности одинакова. Для исследований мы применили методику кластерного анализа [7], в результате чего были получены три группы областей (рис. 1).

К *первой* группе (центральный регион) можно отнести Полтавскую, Киевскую, Житомирскую, Черкасскую, Винницкую, Черниговскую и Сумскую области. Для них характерны высокие показатели урожайности и темпов ее роста. Ко *второй* группе (западный регион) принадлежат Волынская, Ривненская, Хмельницкая, Тернопольская, Черновицкая, Ивано-Франковская и Львовская области. Для них характерны средние показатели урожайности и темпов ее роста. К *третьей* группе (юго-восточный, или степной, кластер) относятся Харьковская, Донецкая, Днепропетровская,

Закарпатская, Кировоградская, Херсонская, Николаевская и Одесская области. Для этой группы характерны низкие показатели урожайности и темпов ее роста. Закарпатская и Луганская области и АР Крым в силу географического положения и особенностей климата характеризуются специфической динамикой урожайности и не относятся к указанным кластерам. Выделенные нами кластеры зернопроизводства отображают особенности климата и почвенного покрова соответствующих регионов. Графическая иллюстрация проведенной классификации представлена на рисунке 1. Учитывая географическое положение, Черновицкую область мы решили включить в западный кластер, хотя это и не согласуется с результатами кластерного анализа.

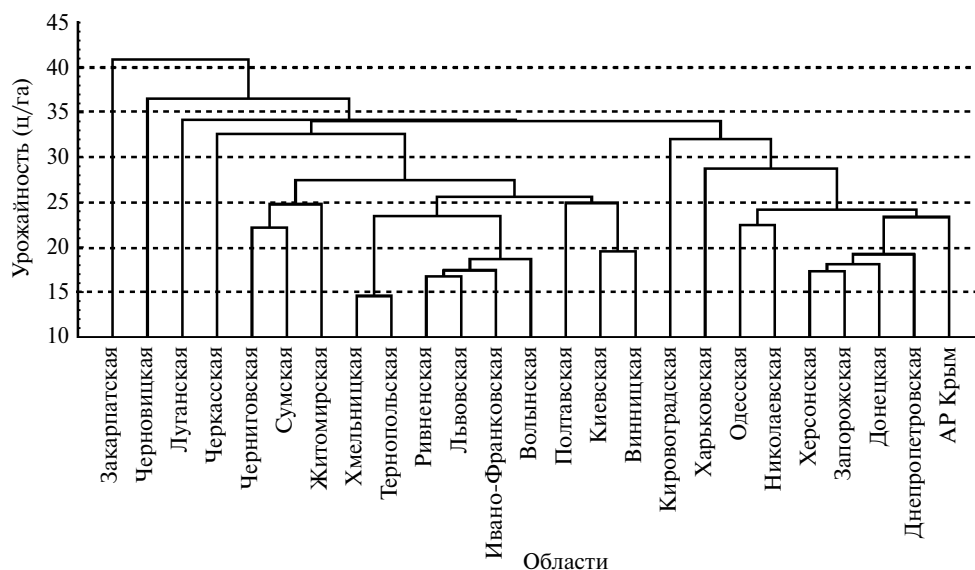


Рис. 1. Кластерный анализ динамики урожайности зерновых по областям Украины

Согласно статистическим данным, за последние 15 лет наивысшая урожайность зерновых наблюдалась в Черкасской, Киевской, Черновицкой, Винницкой, Закарпатской и Полтавской областях. Наибольшими темпами урожайность росла за этот период в Сумской, Винницкой, Житомирской, Черкасской, Хмельницкой, Тернопольской, Черновицкой, Киевской и Полтавской областях (рис. 2 и 3). Эти области образуют основной регион производства зерна в Украине. В степной зоне прирост урожайности был малозаметен. Поднять ее в этом регионе можно, только применив орошение. Таким образом, за последнее десятилетие заметно увеличилась роль центральных областей Украины в формировании валового урожая зерновых, а вклад областей степной зоны – уменьшился.

Если проанализировать динамику урожайности зерновых в разрезе регионов, то следует отметить, что больше всего выросла средняя урожайность центрального региона – с 27 ц/га до 50 ц/га (рис. 4), а средняя урожайность зерновых западного региона – с 29 ц/га до 43 ц/га. В степном регионе рост урожайности зерновых незначителен – с 26 ц/га до 29 ц/га. Следовательно, в последние годы наблюдается постоянное увеличение урожайности зерновых в Украине. Это оказалось возможным благодаря применению новейших агротехнологий крупнейшими зернопроизводителями. Вместе с тем происходят динамические изменения урожайности, отображающие изменения климата в последние годы.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата при ООН и Всемирная метеорологическая организация регулярно предоставляют правитель-

ственным и общественным организациям материалы о наблюдении за изменениями климата Земли. Согласно этой информации, с конца XIX и до начала XXI в. глобальная температура воздуха повысилась приблизительно на $0,6^{\circ}\text{C}$. Средняя скорость роста глобальной температуры до 1970 г. составила $0,05^{\circ}\text{C}$ в течение десяти лет, а в последние десятилетия она удвоилась. В период наиболее интенсивного глобального потепления (1975–2000 гг.) почти на всей территории Украины наблюдалось уменьшение амплитуды колебания осадков, а в начале XXI в. количество осадков увеличилось [4] (рис. 4).

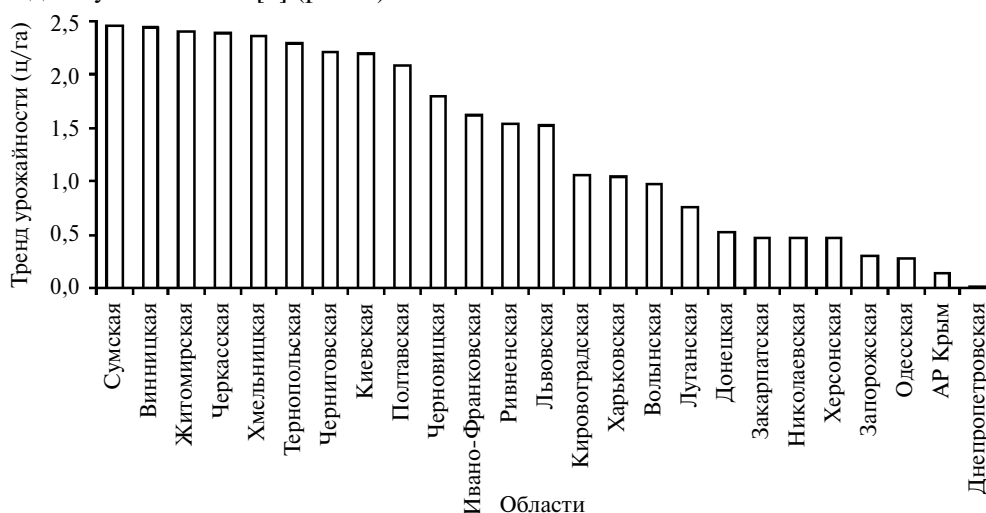


Рис. 2. Темпы ежегодного роста урожайности зерновых по областям Украины в 1990–2014 гг.

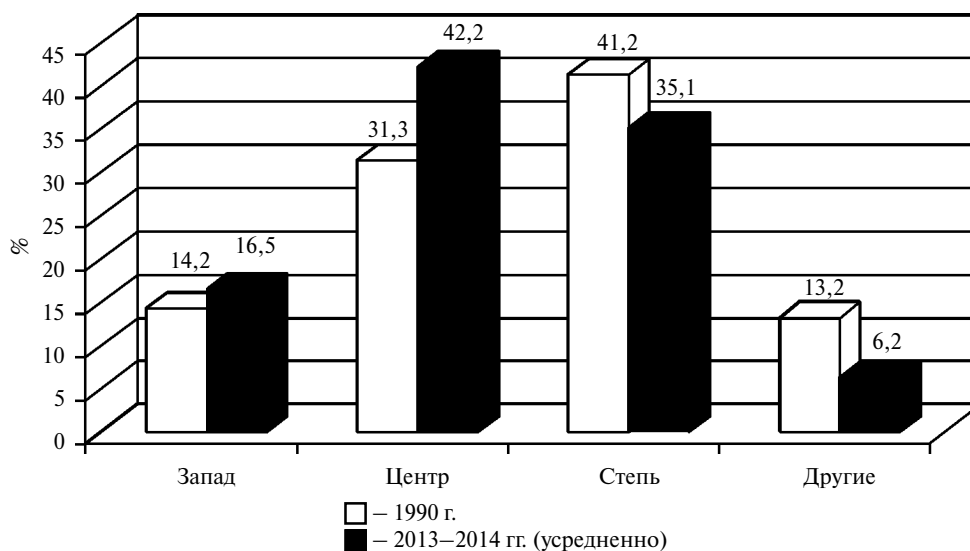


Рис. 3. Доля валового сбора зерновых в Украине

Вегетационный период озимых зерновых начинается осенью и заканчивается летом следующего года. Поскольку вегетация зимой прекращается, то наиболее важными месяцами можно считать сентябрь, октябрь, апрель, май, июнь. Для вегетации яровых культур важны только три последних месяца, каждый из которых играет определенную роль в росте и развитии растений. Важность влияния погодных условий можно выявить благодаря оценке корреляции урожайности с клима-

тическими факторами каждого месяца. Основные факторы – средняя месячная температура и месячное количество осадков.

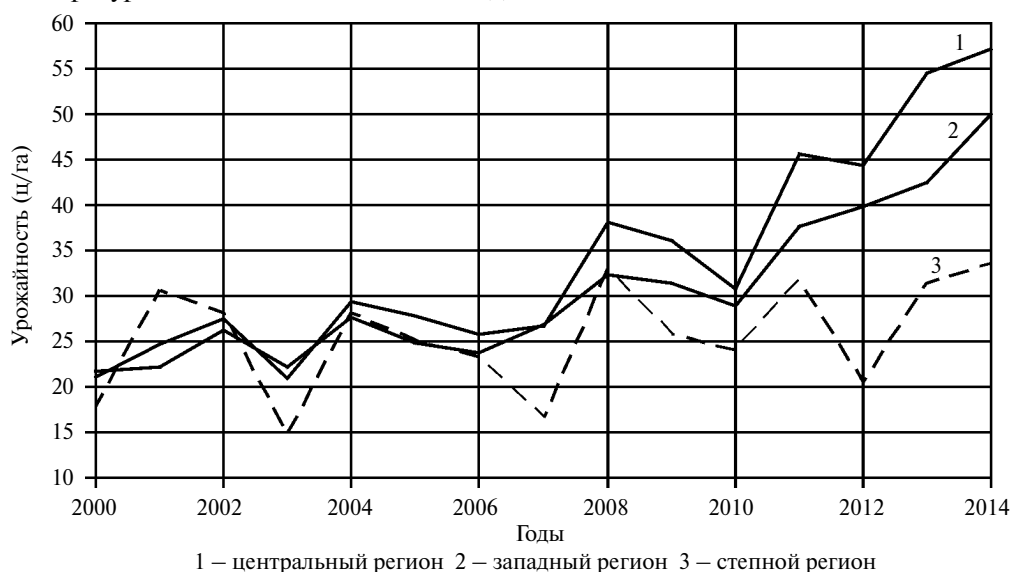


Рис. 4. Динамика урожайности зерновых в регионах Украины

Анализ климатических изменений в разных регионах Украины за последние 24 года позволил определить характерные особенности. Для первой группы – это уменьшение осадков в апреле (на 10–30%). В некоторых областях (Полтавской, Сумской) уменьшение количества осадков в апреле достигает 50%. Это сопровождается увеличением среднемесячной температуры в апреле на 0,5–1,0°C. Похожие климатические изменения касаются и сентября. В некоторых областях (Житомирской, Полтавской, Сумской, Черниговской) наблюдается увеличение среднемесячной температуры в октябре на 1,0°C. Наиболее заметное изменение для областей западного региона – увеличение количества осадков в мае, в среднем – на 30%.

Степной регион характеризуется уменьшением количества осадков в апреле на 30–50%. Повышение средней температуры в мае составляет 1,5°C. Для некоторых областей (Днепропетровской, Запорожской, Одесской) это компенсируется увеличением количества осадков в мае на 20–30%. Между изменениями количества осадков и средней температуры в степном регионе наблюдается отрицательная корреляционная связь. Особенно заметна она для осенних месяцев (сентября, октября), когда повышение средней температуры сопровождается уменьшением количества осадков.

Для определения влияния изменений климата на урожайность зерновых культур была применена методика корреляционного анализа. Весь временной промежуток мы разбили на два равных отрезка длиной 12 лет (1992–2003 гг. и 2003–2014 гг.) для выявления изменений и тенденций. Такой период наблюдений является достаточным для обеспечения статистической значимости коэффициента корреляции (r) и его устойчивости относительно сдвигов временного окна [7].

Значимость коэффициента r определяют при сравнении фактического значения t – критерия Стьюдента $t_r = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \cdot \sqrt{n-1}$ с его табличным значением при

$d(f) = n - 2$ степенях свободы (n – количество наблюдений).

Устойчивость коэффициента корреляции означает, что при передвижении временного окна на 1 год вперед он будет изменяться незначительно. Для периода наблюдений $n = 12$ лет граница статистической значимости коэффициента корреляции при уровне доверия 95% составляет $|r| = 0,56$, а при уровне доверия 75% $|r| = 0,35$.

Для указанных временных промежутков характерны следующие процессы:

- в 1990-е годы наблюдались распад коллективной системы сельскохозяйственного производства и обострение экологического кризиса, следствием чего стал резкий спад зернопроизводства;

- в начале 2000-х годов в сельском хозяйстве Украины завершилась структурная перестройка; крупные агрофирмы, агропромышленные предприятия благодаря использованию высокопродуктивного семенного материала и современных технологий достигли, начиная с 2001 г., заметного увеличения объемов зернопроизводства;

- на стыке веков произошли значительные изменения климатических условий [4; 8].

Следует заметить, что из-за стохастического характера климатических процессов климатические факторы месяца даже для соседних областей могут существенно отличаться. В первую очередь это касается количества осадков. Поэтому для более четкого определения динамики изменений климатических факторов и их влияния на урожайность зерновых целесообразно проводить анализ не по областям, а в разрезе выделенных нами регионов.

Анализ климатических факторов показал, что за последние 24 года для центрального региона стало характерным уменьшение количества осадков в апреле и осенью (в сентябре, октябре). Это сопровождается увеличением температуры в весенние и летние месяцы.

В западном регионе за этот период количество осадков осенью (в сентябре, октябре) уменьшилось, а в мае – выросло. Для степного региона наблюдается резкое уменьшение количества осадков в апреле и менее заметное – в июне. Средняя температура мая – июня повысилась на 3–4°C.

Показатели коэффициента корреляции между урожайностью и усредненными значениями климатических факторов для выделенных нами регионов Украины приведены в таблице. В ней использованы следующие обозначения: R_4 – количество осадков в апреле, T_4 – среднемесячная температура в апреле, R_5 – количество осадков в мае, T_5 – среднемесячная температура в мае, R_6 – количество осадков в июне, T_6 – среднемесячная температура в июне, R_9 – количество осадков в сентябре, T_9 – среднемесячная температура в сентябре, R_{10} – количество осадков в октябре, T_{10} – среднемесячная температура в октябре.

Анализ таблицы позволяет сделать определенные выводы. Для центрального региона Украины в 1992–2003 гг. важнейшим климатическим фактором была средняя температура в июне – для высокой урожайности этот месяц должен был быть прохладным. В 2003–2014 гг. важнейшими факторами были достаточно теплый апрель, достаточное количество осадков в мае и их малое количество в октябре.

Для областей западного региона урожайность зерновых в 1990-е годы определялась достаточным количеством осадков осенью, а апрель, напротив, должен был быть малооблачным и прохладным. А в 2003–2014 гг. важнейшими факторами стали теплый апрель и малооблачный октябрь.

Урожайность зерновых в степном регионе в 1992–2003 гг. определяли дождливые и прохладные май и июнь. В 2003–2014 гг. основными факторами, способство-

вавшими высокой урожайности, стали дождливый и теплый апрель и дождливый и прохладный май.

Коэффициент корреляции между урожайностью и климатическими факторами для регионов Украины *

Регион	Годы	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
Запад	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
Степь	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

* Рассчитано по данным Государственной службы статистики Украины и метеостанций, расположенных на территориях соответствующих областей Украины, за период 1992–20014 гт.

Обобщая изложенное, стоит сказать, что решающими для будущей урожайности являются погодные условия апреля, мая и июня. Погодные условия осенних месяцев менее важны, хотя можно отметить рост роли климатических условий октября.

Таким образом, проведенные нами исследования свидетельствуют о заметных изменениях климата в разных регионах Украины за последние 24 года в сторону существенного потепления, сопровождаемого уменьшением количества осадков. Эти изменения непосредственно влияют на изменения урожайности зерновых культур. Если в 1990-е годы основным зернопроизводящим регионом был степной, то в последнее десятилетие первенство перешло к центральному региону. Области, входящие в него, имеют самую высокую не только урожайность зерновых, но и динамику ее роста. Эти изменения необходимо учитывать при планировании посевов зерновых культур и организации соответствующей инфраструктуры для их обработки, хранения и продажи.

Список использованной литературы

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].

Статья поступила в редакцию 25 сентября 2015 г.