

## ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В УКРАИНЕ

*Рассмотрены ряды урожайности ярового ячменя в экономических районах Украины. Исследовано влияние основных метеорологических факторов на ежегодные колебания урожайности. Выделены периоды, когда метеорологические условия в наибольшей степени влияют на урожай ячменя. Получены статистические зависимости аномалий урожайности с аномалиями среднемесячных температур и сумм осадков.*

**Ключевые слова:** яровой ячмень, фазы развития, урожайность, аномалии, тенденции.

**Введение.** Посевы ячменя в Украине занимают 50 % всей посевной площади ранних яровых зерновых культур. В силу обилия тепла и света, высокого плодородия почвы урожайность ячменя составляет до 40% валовой продукции зерна в Украине. При достаточной обеспеченности теплом большая часть территории имеет ограниченные условия влагообеспеченности.

В связи с этим оценки возможной продуктивности ячменя по территории Украины соответственно ресурсам тепла и влаги каждого конкретного года помогут найти решение многих хозяйственных и прогностических задач.

**Материалы и методы исследования.** Целью нашего исследования является получение таких оценок (осадков и температуры воздуха) применительно к производству ячменя по трем экономическим районам: Донецко-Приднепровском, Юго-Западном и Южном.

Для исследования использовалась информация ЦСУ о средней урожайности ячменя по отдельным экономическим районам Украины за 1973 – 2000 гг. и о месячных сумма осадков и среднемесячной температуре воздуха по сети гидрометеорологических станций за тот же период (данные УкрГМЦ). Средние значения осадков и аномалий температуры воздуха по экономическим районам получены путем арифметического осреднения данных отдельных гидрометеорологических станций, для каждого района осреднения произведены по 10 – 12 станциям.

По данным В.Н. Обухова [1] ряды урожайности можно разложить на две составляющие – стационарную и случайную. Ход стационарной составляющей обусловлен, главным образом, изменением культуры земледелия. Ход случайной составляющей – ежегодными изменениями погодных условий. Случайная составляющая – это отклонение урожайности от линии тренда (аномалия урожайности) и оно зависит от условий погоды.

Для получения представления об изменчивости случайной составляющей ряда урожайности были определены отклонения урожайности от ее тенденции ( $\Delta y$ ), вычисленной по уравнению регрессии. Для сравнения районов между собой по этому показателю величина среднего отклонения была отнесена к средней урожайности по району  $y_c$  по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{\sum \Delta y^2}{n-1}} \bar{y}^{-1} 100\% \quad (1)$$

В табл. 1 помещены величины этого показателя для экономических районов Украины.

Таблица 1 – Изменчивость урожайности ячменя относительно тренда

Район	V (%)	Экстремальные отклонения урожаев	
		положительные	отрицательные
Донецко-Приднепровский	13,6	7,0	7,2
Юго-Западный	11,0	3,6	3,2
Южный	18,6	7,1	6,0

Экстремальные значения отклонений урожаев ячменя от тренда не превышают 4 ц/га только в Юго-Западном экономическом районе с более мягкими климатическими условиями.

Рассмотрим и сравним распределение осадков в годы с экстремальными аномалиями урожайности (положительными и отрицательными) (табл.2), т.е. в

Таблица 2 – Осадки и температура в годы с экстремальными отклонениями урожайности от тренда

Район	Годы	Сумма осадков, мм			Аномалия температуры (° C)		
		октябрь-декабрь	январь-март	апрель-июнь	октябрь-декабрь	январь-март	апрель-июнь
Донецко – Приднепровский	1973	132	117	121	1,6-	1,5	0,8
	2000	29	36	76	1,6	-3,8	1,2
Юго-Западный	1997	186	78	151	4,2 -	2,5	1,2
	1981	72	113	118	0,0	-3,9	0,7
Южный	1975	52	158	140	-1,0	2,0	-0,9
	1982	121	76	48	-0,9	1,0	0,9

наиболее благоприятные и наименее благоприятные годы. Сравнение таких лет помогло выделить различия в величине параметров, как во времени, так и по территории.

Почти повсеместно по территории Украины в годы с низкой урожайностью апрель-июнь бывают намного суше, чем в годы с высокой урожайностью ячменя.

Для выявления влияния погоды на величину аномалии урожайности были найдены взаимно-корреляционные функции аномалии урожайности с осадками и температурой воздуха. Значения полученных временных взаимно-корреляционных функций легли в основу выделения трех летних месяцев, когда условия тепло и влагообеспеченности оказывают наибольшее влияние на величину урожайности. В силу того, что влияние осадков и температуры на формирование урожайности неравнозначно, то месячные значения этих элементов суммировались с весами пропорционально степени их влияния на аномалию урожайности. Веса подбирались так, чтобы увеличить вклад месяца с наиболее сильным влиянием фактора на урожайность.

Темпы изменения урожайности ячменя за период с 1973 по 2000 гг. по экономическим районам неодинаковы. На начало периода наблюдений средний урожай составил в Донецко-Приднепровском экономическом районе 12,3 ц/га, в Юго-Западном – 12,9 ц/га и в Южном – 13,1 ц/га. В конце периода урожайность была по

районам 18,0 ц/га, 18,8 ц/га и 22,0 ц/га соответственно. По данным [2] по Украине эволюция урожайности ячменя до 1973 г. составляла по территории Украины более 2. Наибольшая скорость роста наблюдалась в Южном экономическом районе. После 1973 года скорость роста уменьшилась и в последние годы была совсем незначительной.

В работе [4] отмечалось, что изменение урожайности зерновых культур в целом, и ячменя в частности, непосредственно связано с изменением осадков теплого периода года, особенно в засушливых районах. Здесь при аномалии осадков в апреле – июне больше нормы аномалия урожайности имеет положительный знак.

Почти повсеместно по Украине в годы с низкой урожайностью апрель-июнь бывают суше, чем в годы с высокой урожайностью ячменя. Однако, тут отличается Юго-Западный район, где колебания урожайности в основном зависят от осадков осени-зимы.

Для уточнения наибольшего вклада осадков и температуры в формирование урожайности ячменя были проведены количественные исследования взаимосвязи между аномалией урожайности и суммой месячных осадков, а также средней месячной температурой воздуха (рис.1).

При анализе рис. 1 видно, что отрицательное влияние температуры воздуха на урожайность ячменя наблюдается в конце весны – первой половине лета. Высокая температура воздуха, особенно в июне, вызывает снижение урожайности ячменя. Особенно ярко это выражено в Юго-Западном и Южном экономических районах. Районы эти в основном засушливые, поэтому такое отрицательное действие температуры происходит на фоне положительного влияния осадков в эти же месяцы.

По данным [6] в урожайности зерновых культур наблюдается двухлетняя цикличность. Поэтому довольно часто аномальные условия погоды в одном году до некоторой степени компенсируются аномальными условиями противоположного знака в смежном году. Такое явление при наложении на продуктивность ячменя усиливает проявление цикличности в биологических процессах, так как избыток осадков способствует выносу из почвы питательных веществ. Поэтому количество питательных веществ под урожай будущего года бывает гораздо меньше того, который необходим растениям.

О влиянии тепло- и влагообеспеченности территорий на урожайность сельскохозяйственных культур имеется обширная литература [4 – 6]. Результаты наших исследований не противоречат общепринятой точке зрения.

Если по влиянию температуры на урожай ячменя наиболее важный месяц июнь, то по влиянию увлажнения во всех экономических районах – май. В это время у ячменя происходит выход в трубку и рост стебля, когда наблюдается закладка колосков в колосе, идет рост стебля и формируется основная масса листовой поверхности. В июне увеличиваются требования к температуре, так как в этот период вредны высокие температуры, которые вызывают гибель пыльцы, сокращают количество зерен в колосе и уменьшают абсолютный вес зерна.

Связь аномалии урожайности с аномалией температуры и осадков за различные интервалы зимне-весенне-летнего периода прошлого года в основном обратная по знаку по отношению к такой же связи с метеорологическими элементами примерно за те же промежутки времени года формирования урожая. Рассчитанные частные коэффициенты корреляции для температуры воздуха и осадков с аномалией урожайности показали, что степень влияния этих элементов на урожайность по районам выражается по-разному. Так, в Южном районе ведущая роль принадлежит осадкам, выпадающим за вторую половину предшествующего урожая года и первую половину года формирования урожая (рис. 2). Как видно из рис. 2, чем больше силу

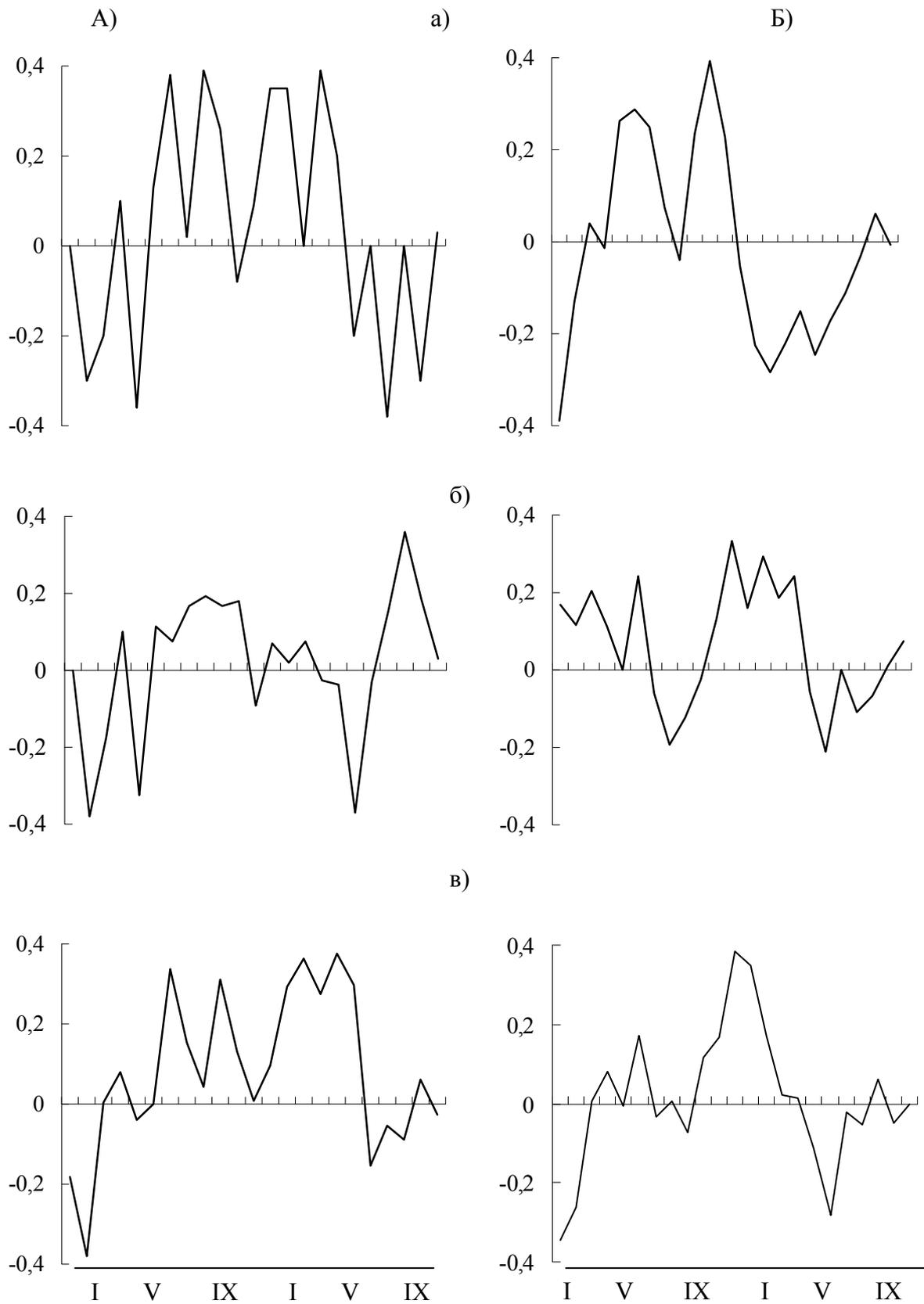


Рис. 1. Коэффициенты корреляции для аномалии урожайности с суммами месячных осадков (А) и с аномалией среднемесячной температуры воздуха (Б).  
 а) Донецко-Приднепровский; б) Юго-Западный; в) Южный.

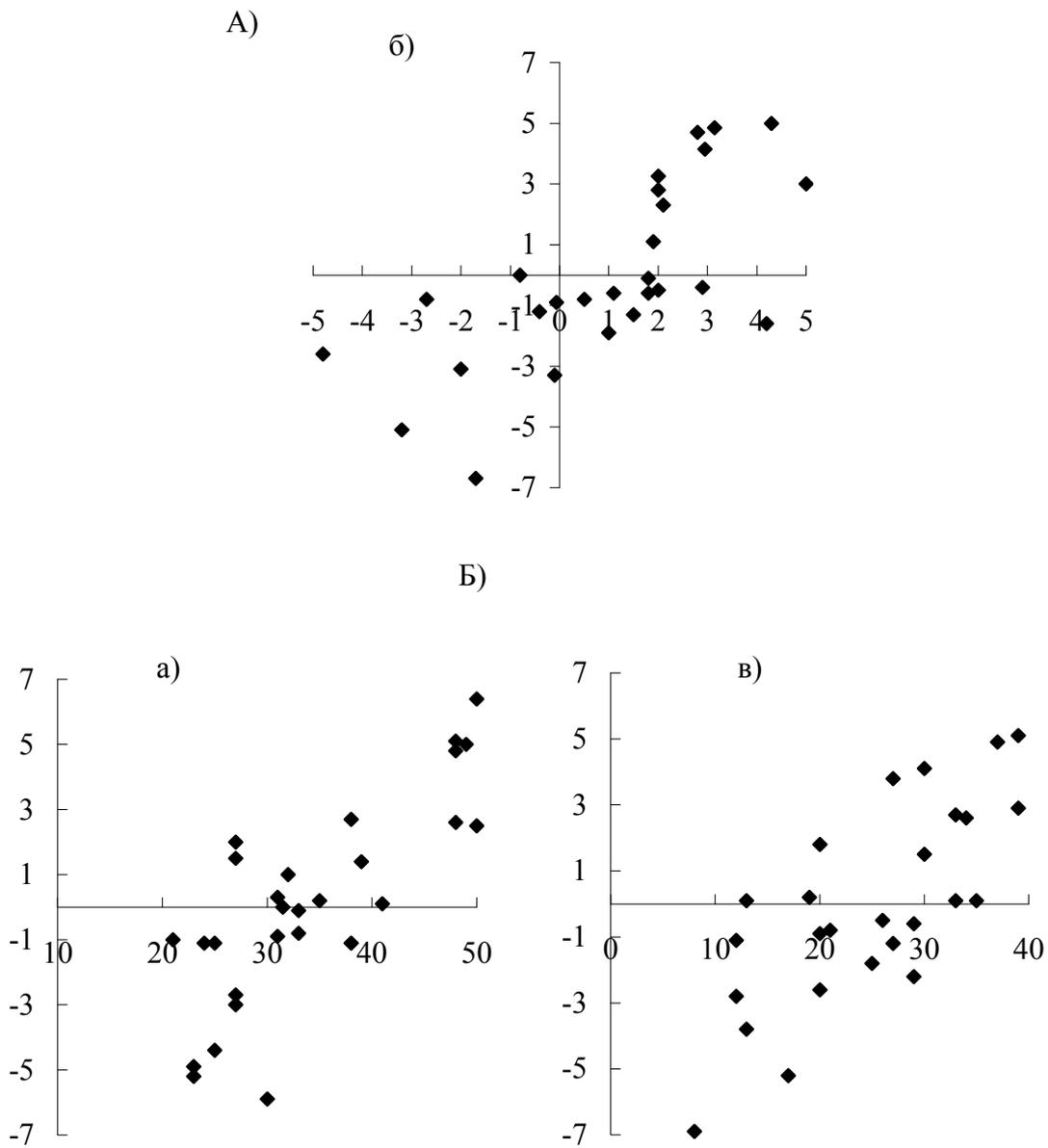


Рис. 2. Зависимость аномалий урожайности зерновых культур от средневзвешаной аномалии температуры воздуха (А) и средневзвешаной суммы осадков (Б). а) Донецко-Приднепровский; б) Юго-Западный; в) Южный.

выпадает осадков в указанное время, тем выше урожай ячменя. В Юго-Западном районе в более умеренного режима тепла и влаги ни один из приведенных факторов не играет ведущей роли в информации о величине возможного урожая. Анализ неурожайных лет в этом районе показал, что значительное снижение урожая ячменя было обусловлено очень теплой и довольно сухой первой половиной лета, когда в мае и июне температура воздуха превышала среднюю многолетнюю на 2 – 3° С, в некоторые годы на 4 – 6° С. Таким образом, если в этом районе май, июнь не обеспечены влагой и температура воздуха превышает среднюю многолетнюю, урожай ячменя резко снижается.

**Выводы.** Испытания рассмотренных и некоторых других факторов с учетом их нелинейного воздействия для получения наибольшей информации об аномалии урожайности позволили найти оценки коэффициентов регрессии в статистических моделях. При этом подыскивалось решение, чтобы при использовании модели на практике получить как можно более раннее представление о величине аномалии ожидаемой урожайности. Ниже приводятся эти модели для каждого из экономических районов Украины и даны различные оценки (коэффициент полной корреляции R и его ошибка, P – вероятность попадания ошибки расчета в интервал 80 % -ного значения амплитуды искомой величины):

Донецко – Приднепровский район

$$\Delta y = 4,70 - 0,41x_1 + 0,006x_1^2 + 0,124x_2 - 0,0003x_2^2 - 0,5x_3 - ; \quad (2)$$

$$- 0,23x_3^2 + 0,38x_4$$

$$R = 0,79 \pm 0.02; \quad P = 93\%;$$

где  $x_1$  – сумма осадков за февраль, март, июнь;  $x_2$  – сумма осадков за июль, август, октябрь, ноябрь, февраль, март, июнь;  $x_3$  –  $\Delta t$  за май, июнь;  $x_4$  –  $\Delta t$  за июнь, июль, август.

Юго–Западный район

$$\Delta y = -0,26 - 0,4x_1 + 0,042x_2 + 0,28x_3 - 0,62x_4; \quad (3)$$

$$R = 0,74 \pm 0.02; \quad P = 75\%;$$

где  $x_1$  – сумма садков за февраль, март, май, июнь;  $x_2$  – сумма осадков за зиму и июль;  $x_3$  –  $\Delta t$  за март, апрель, июнь;  $x_4$  –  $\Delta t$  за май, июнь.

Южный район

$$\Delta y = -3,3 - 0,091x_1 + 0,001x_1^2 + 0,13x_2 + 0,52x_3 - 0,35x_4; \quad (4)$$

$$R = 0,88 \pm 0.02; \quad P = 93\%;$$

где  $x_1$  – сумма осадков за январь, февраль;  $x_2$  – сумма осадков за февраль, март, апрель, май, июнь;  $x_3$  –  $\Delta t$  за июнь;  $x_4$  –  $\Delta t$  за май, июнь. Во всех уравнениях курсивом указаны коэффициенты регрессии, достоверность которых оценивается с вероятностью 95 %.

Приведенные статистические зависимости после проверки на независимом материале смогут найти применение в практике прогнозирования урожайности ячменя. Заблаговременность прогноза составляет 1 – 2 месяца.

### Список литературы

1. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 317 с.
2. Коган Ф.Н. Оценка агрометеорологических условий по аномалии урожайности // Метеорология и гидрология, 1974. – №2. – С. 75 – 81.
3. Коган Ф.Н. Урожай зерновых культур в черноземной зоне ЕЧ СССР и возможности его предсказания на основе данных о погоде // Труды Гидрометцентра СССР, 1977. – Вып.174. – С. 3 – 23.
4. Паршин В.Н., Пасов В.М., Коган Ф.Н. Влияние условий погоды на урожай зерновых культур. // Метеорология и гидрология, 1974. №6. – С. 74 – 81.
5. Кабанов П.Г. Прогноз урожая по некоторым агрометеорологическим показателям // В кн.: «Проблемы борьбы с засухой и рост производства сельскохозяйственной продукции». – М.: Колос, 1974. – С.119 – 121.
6. Пасов В.М. О двухлетней цикличности урожаев зерновых культур // Метеорология и гидрология, 1974. № 11. – С.63 – 71.

### Оцінка продуктивності ярого ячменю в Україні. Божко Л.Ю., Барсукова О.А.

*Досліджені ряди урожайності ярого ячменю в економічних районах України та вплив основних метеорологічних елементів на щорічні коливання урожаїв. Виділені періоди, коли метеорологічні фактори у найбільшій мірі впливають на врожай. Отримані статистичні залежності аномалії урожаїв від аномалій середньомісячних температур та сум опадів.*

**Ключові слова:** яровий ячмінь, фази розвитку, урожайність, аномалія, тенденція.

### Evaluation of Barley Productivity in the Ukraine. Bozhko L.E., Barsukova E. A.

*The rows of productivity for spring barley in the economic regions of the Ukraine are given consideration. Influence of basic meteorological factors on annual fluctuations in productivity is under study. Periods of the strongest influence of meteorological conditions upon barley crop capacity are selected. Statistical dependences of anomalies of yield upon the anomalies of average monthly temperature and precipitation total are derived.*

**Key words:** spring barley, phases of development; crop capacity; anomalies; tendencies