

УДК 631:338.2:59.86

ТИПОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧМЕНЯ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Буховец Алексей Георгиевич, д-р техн. наук, проф.

Сёмин Евгений Александрович, асп.

Кучеренко Марина Викторовна, магистр

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
ул. Мичурина, 1, Воронеж, Россия, 394087; e-mail: abuhovets@mail.ru

Построение качественных прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур является достаточно сложной задачей, поскольку урожайность – это комплексный показатель. На ее величину влияют факторы, значения которых могут территориально различаться. В целях повышения качества прогнозов необходимо выделить более однородные участки территории, т.е. провести районирование. В результате выполненных расчетов удалось произвести разделение Воронежской области на пять классов районов, взяв за основу данные урожайности ячменя за последние 37 лет в районах области. Результаты построенного районирования с использованием нечетких алгоритмов классификации были в дальнейшем проанализированы и содержательно проинтерпретированы. Было показано, что природно-климатические особенности оказывают определенное влияние на рост и развитие ярового ячменя. Проведенный сравнительный анализ сформированных классов показывает роль отдельных сочетаний агроэкологических условий в достижении определенного уровня урожайности. Учет этих факторов позволит в дальнейшем получать более надежные прогнозы урожайности этой культуры. Выводы, сделанные на содержательном уровне, подтверждаются статистическим анализом, который был проведен с помощью регрессионной модели с фиктивными переменными. Об однородности выделенных классов свидетельствуют и тренды рядов урожайности, выделенные методом сингулярно-спектрального анализа (SSA). В каждом из классов в ходе построения районирования были выделены типичные объекты – районы, имеющие характерные, ярко выраженные значения определяющих факторов. Предложенный подход к районированию позволит снизить уровень различных затрат при проведении прогнозных расчетов: достаточно построить прогноз по типичным районам классов, чтобы оценить уровни производственно-экономических

показателей зернопроизводства в остальных «нетипичных» районах. Эти значения будут определены посредством специальной корректировки показателей урожайности. Полученные результаты типологического районирования будут способствовать повышению надежности прогнозирования урожайности этой культуры.

Ключевые слова: типологическое районирование, урожайность, ячмень.

Введение

Построение качественных прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур является достаточно сложной задачей, поскольку урожайность – это комплексный показатель. На ее величину влияют факторы, значения которых могут территориально различаться. В целях повышения качества прогнозов необходимо выделить более однородные участки территории, т.е. провести районирование. Критерием деления области является показатель урожайности ярового ячменя.

Исследование проблем районирования производства ячменя в Воронежской области и решение задач прогнозирования урожайности этой культуры является приоритетным вопросом. Следует отметить, что в современных условиях повышается его значение для агропроизводства области. Ячмень является одной из наиболее важных после пшеницы и широко распространенных зерновых культур.

Зерно ячменя широко используют как концентрированный корм для животных, особенно в современных условиях при развитии в регионе такой отрасли, как свиноводство. Яровой ячмень используют в качестве страховой культуры, на случай плохой перезимовки озимых или, как покровной культуры, при посеве многолетних бобово-злаковых травосмесей [1, с. 8]. Благодаря биологическим особенностям, ячмень является хорошим компонентом в наборе культур полевого севооборота, он отличается: сравнительно коротким периодом вегетации и рано освобождает занятые площади под обработку, экономично используя влагу на образование сухого вещества.

Все это способствует увеличению площадей под посевы ячменя. Если в 2006-2010 гг. площадь, занятая под посевами ячменя, составляла в среднем 326,2 тыс. га, то в 2012 г. она увеличилась на 25,8% и достигла 410,4 тыс. га, занимая в структуре зерновых культур 30,8% – и уступая только озимой пшенице (45,1%).

Увеличение посевов ячменя способствует повышению валовых сборов зерна, однако это экстенсивный путь, так как площади пахотных земель ограничены. В связи с этим актуальным в современных условиях является решение задачи повышения устойчивости производства ячменя за счет повышения урожайности. Проблема построения районирования этой зерновой культуры в Воронежской области возникла в связи с необходимостью

определения научно обоснованного потенциала производства ячменя на ограниченных площадях с учетом прогнозирования его урожайности.

Особенности возделывания ячменя в Воронежской области

На формирование величины урожайности ячменя оказывают влияние многие факторы. При этом доля погодных условий составляет в среднем 30,0%, агротехнических мероприятий – 20,0%, сортов и качества сортового материала – 20,0%, минеральных удобрений и химических средств защиты растений – по 15,0%. Учет требований растений ячменя к условиям среды – одно из условий и составляющих высоких производственных показателей.

Ячмень при относительно малой потребности к теплу и общему количеству влаги все же достаточно чувствительно реагирует на равномерность распределения этих условий за период вегетации.

При невысокой требовательности к температуре, необходимой для развития ячменя, сумма активных температур по межфазовым периодам колеблется в следующих пределах:

- посев – всходы – 120-180 градусов;
- всходы – кущение – 250-350 градусов;
- кущение – колошение – 400-600 градусов;
- колошение – полная спелость – 550-650 градусов.

Таким образом, для роста и развития ячменя суммарная потребность в активных температурах (в зависимости от скороспелости сорта) составляет 1300-2000 градусов. Критические моменты при развитии растений отмечаются в периоды трубкования и налива зерна, когда они в большей степени подвержены рискам губительного действия высокой температуры и засухи. Вместе с тем эта культура достаточно устойчива к высоким температурам [1, с. 38].

Ячмень требователен к плодородию почвы. Это связано с коротким периодом вегетации и, соответственно, быстрым прохождением фаз роста, а также очень быстрым поступлением питательных веществ, особенно в начальный период роста и развития. Через три недели после всходов растения содержат почти половину поглощенного фосфора и 2/3 калия, хотя органической массы к этому времени накапливается менее 1/5. Высокая требовательность ячменя к почвам обусловлена еще и тем, что он, имея относительно слаборазвитую корневую систему, обладает низкой способностью к поглощению питательных веществ.

Наиболее высокие урожаи ячмень дает на плодородных почвах с глубоким пахотным горизонтом и нейтральной реакцией рН. Хорошие почвы для ячменя – черноземы. Плохо растет эта культура на кислых и засоленных почвах, поэтому оптимальной величиной является рН 6,0-7,0 [2, с. 142].

Внесение минеральных удобрений способствует значительному повышению урожайности ячменя. При правильном использовании удобрений

улучшается качество зерна, поскольку возрастает устойчивость растений к засухе, вредителям, болезням. Из зерновых культур ячмень наиболее требователен к элементам питания. Важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными элементами с самого начала их развития. Особенно интенсивно ячмень использует питательные вещества с 15- до 30-дневного возраста. Эффективность отдельных видов удобрений зависит от климатических условий [2, с. 144].

Основные цели и задачи районирования при производстве зерновых культур

Целью исследований является анализ агроклиматических, почвенно-эрозионных, фенологических данных по Воронежской области, оказывающих прямое или опосредованное влияние на показатели урожайности ячменя, а также проведение разделения области на классы, определяющие зоны типологического районирования этой культуры.

Задача по научно обоснованному прогнозированию урожайности зерновых культур состоит в том, чтобы с высокой точностью предопределить уровень показателей зернопроизводства. Урожайность – это комплексный показатель, который зависит от различных факторов. Большое влияние на нее оказывают температура воздуха, количество осадков, качество и состав почвы. При анализе и прогнозировании урожайности зерновых культур качество прогноза можно улучшить, выделяя и анализируя более однородные области. Это значит, что целесообразно проводить анализ различных зерновых культур в отдельности и на более однородных с точки зрения возделывания данной зерновой культуры территориях. Такое предположение связано с неоднородностью природных условий области и степенью влияния различных факторов на зерновые культуры.

В одних районах области годовое количество осадков составляет более 550-570 мм, в других оно не превышает уровня 450 мм. На одних территориях преобладают типичные черноземы с большим запасом гумуса (гумусовый профиль – 90-120 см), на других – южные черноземы с меньшим запасом (гумусовый профиль – 45-60 см). В то же время одним культурам необходимо большее количество осадков, другим – больше питательных веществ в почве, третьим – определенный температурный режим.

Районирование – это «расчленение единой территории на отдельные районы с относительно одинаковыми характеристиками изучаемого феномена» [3], это процесс и результат разделения территории на районы или выявление и разграничение ареалов на территории Воронежской области. Районированию всегда сопутствуют цели – от удобства исследования до решения прикладных задач, направленных на совершенствование управления и экономического развития региона.

Системы районирования рассматривают распределение какого-либо

одного признака, достаточно важного с практической точки зрения, на некоторой территории.

В нашей работе объектами исследований послужили 32 района Воронежской области. Основным критерием разделения области на классы была урожайность ячменя – среднее значение за последние 37 лет. Урожайность является существенным показателем для экономической оценки результатов влияния природно-климатических факторов и материальных вложений. Уровень ее на территории области колеблется в широких пределах и требует научно обоснованного осмысления, поэтому в современных условиях повысить объективность прогнозирования урожайности ячменя и эффективность его производства можно, выделяя отдельные зоны, то есть территории, на которых влияние вышеупомянутых факторов будет однородным.

Методические аспекты типологического районирования

Принцип разделения территории на классы основан на алгоритме многомерной классификации с использованием понятия нечетких множеств [4]. В отличие от других методов кластерного анализа – иерархических (метод одиночной связи) и итерационных (алгоритм k – средних), этот алгоритм позволяет выделить такие классы, элементы которых будут территориально связаны.

Процесс разделения на классы состоит из двух этапов:

- 1) выделение типичных объектов;
- 2) разнесение множества всех объектов по классам.

В процессе реализации алгоритма было рассмотрено 32 объекта районирования (по количеству районов области): $X = \{X_i\}$, где $i = 1, 2, \dots, 32$. Каждому объекту в соответствие ставилась функция принадлежности $f(X_i)$. В данном случае она характеризует степень принадлежности территории к урожайным районам. Также на множестве объектов X задается некоторая мера близости – функция расстояния, равная длине минимального маршрута между объектами X_i и X_j на графе $G = (X, V)$, где $X = \{X_i\}$ – вершины графа, $V_{ij} = V(X_i, X_j)$ – ребра. Далее происходит упорядочивание объектов по убыванию функции принадлежности и по степени удаленности объектов от элемента с максимальным значением $f(X_i)$. В результате сравнения полученных последовательностей определяются так называемые моды – типичные представители классов и унимодальные множества, т.е. множества, включающие такой объект со значением $f(X_i)$, что у более удаленных от него объектов значение функции принадлежности меньше.

В результате по показателю средней урожайности ячменя Воронежская область была разделена на пять классов. Типичными объектами являются Рамонский, Лискинский, Панинский, Россошанский и Калачеевский районы (рис. 1).



Рис. 1. Результаты выполненного районирования

Для оценки статистической значимости результатов типологического районирования были использованы регрессионные модели с фиктивными переменными (dummy variables) [6]. Первоначально нами было построено регрессионное уравнение по всей совокупности упорядоченных данных, которое является значимым на стандартном 5-процентном уровне и имеет следующий вид:

$$Y = 22,500 - 0,253X; \quad R^2 = 0,491. \quad (1)$$

После этого в уравнение были введены фиктивные переменные, выступающие в роли индикаторных переменных и отражающие качественную характеристику проведенного районирования. В качестве эталонной категории был выбран 1-й класс; и в дальнейшем сравнение остальных классов проводилось относительно этого класса. Результаты выполненных расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты оценки коэффициентов уравнения регрессии с фиктивными переменными

Regression Summary for Dependent Variable: Урожайность (Фикт переменные Эталон_1) R= ,96836078 R?= ,93772260 Adjusted R?= ,92574618 F(5,26)=78,297 p<,00000 Std.Error of estimate: ,92349						
N=32	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(26)	p-level
Intercept			25,55198	0,453483	56,3460	0,000000
X	-2,98980	0,199305	-1,08012	0,072003	-15,0012	0,000000
d2	0,48828	0,080298	4,17282	0,686232	6,0808	0,000002
d3	1,68485	0,162953	11,83265	1,144414	10,3395	0,000000
d4	2,21135	0,203576	18,89831	1,739774	10,8625	0,000000
d5	2,04801	0,182193	23,43693	2,084970	11,2409	0,000000

Построенное уравнение регрессии с думми-переменными, выступающими в роли индикаторов выделенных в ходе районирования классов, является значимым на стандартном 5-процентном уровне, и более того, значимы все думми-переменные. О качестве полученного уравнения регрессии можно судить по величине коэффициента детерминации $R^2 = 0,94$. Этот результат служит подтверждением, наряду с приведенными ниже описаниями выделенных классов, статистической значимостью построенной системы типологического районирования.

Целесообразность использования фиктивных переменных в нашем случае объясняется тем, что статистическая надежность оценок коэффициентов построенной эконометрической модели выше той, которая была бы получена при оценке параметров модели, построенной по каждой однородной выборке, взятой отдельно. Кроме того, полученный результат позволяет одновременно с построением модели проверить статистическую значимость влияния введенных индикаторных переменных на структуру рассматриваемой модели.

Сравнительный анализ результатов типологического районирования

Сравнительный анализ результатов типологического районирования позволяет выявить наиболее значимые в данной агроэкологической системе факторы, оказывающие непосредственное влияние на урожайность зерновых культур. Приводимые ниже описания классов, выделенных в ходе выполнения алгоритма районирования, в достаточной степени характеризуют условия производства ячменя.

Класс 1. Он объединяет Семилукский, Рамонский, Нижнедевицкий, Хохольский, Верхнехавский и Репьевский районы. Класс расположен в лесостепной зоне. Годовое количество осадков, за исключением Хохольского и части Семилукского районов (450-500 мм), составляет 500-550 мм. Основная масса осадков приходится на летний период – более 175 мм. Высота снежного покрова в южных районах класса составляет 15-20 см, в северных – 25 и более. Среднегодовая температура – 5,0-5,5 градуса.

В районах этого класса преобладают черноземы выщелоченные и типичные. По качеству пахотных земель данный класс занимает второе место. Среднее значение данного показателя здесь составляет 85 баллов.

Наступление восковой спелости ячменя приходится на двадцатые числа июля. Средняя урожайность по районам класса составляет 21,8 ц/га. В табл. 2 представлены данные о значениях урожайности по районам 1 класса.

Класс 2. В этом класс вошли 6 районов: Лискинский, Каширский, Острогожский, Бобровский, Каменский и Павловский. Класс также расположен в лесостепной зоне. Количество осадков в Бобровском, северо-восточной части Павловского и западной части Острогожского районов колеблется у отметки 550 мм. В остальных районах – 450-500 мм. Почти 2/3

осадков приходится на весенне-летний период. Величина снежного покрова не превышает двадцати сантиметров. Среднегодовая температура воздуха составляет 6,0 градуса.

Таблица 2

Показатели урожайности ячменя по районам, составляющим первый класс

Variable	Descriptive Statistics Класс 1				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Семилукский район	37	23,65	9,50	44,39	7,70
Рамонский район	37	23,29	7,10	40,70	8,56
Нижнедевицкий район	37	21,95	8,50	39,54	7,52
Хохольский район	37	20,89	6,70	35,69	7,02
Верхнехавский район	37	20,67	8,10	32,98	6,16
Репьевский район	37	20,18	6,20	40,77	7,21

Как и в районах класса 1, в северной части преобладают черноземы типичные и выщелоченные. В южной части в большей степени распространены черноземы обыкновенные. Качество пахотных земель здесь колеблется от 70 баллов в юго-западной части (Острогожский, Каменский районы) до 90 баллов в северо-восточной (Каширский, Бобровский районы).

Восковая спелость ячменя приходится на первую половину июля. Средняя урожайность в этом классе не превышает 20 ц/га (19,5 ц/га). Средние, минимальные и максимальные показатели урожайности отражены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели урожайности ячменя по районам, составляющим второй класс

Variable	Descriptive Statistics Класс 2				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Лискинский район	37	23,55	3,20	43,31	8,85
Каширский район	37	20,41	5,40	35,17	7,00
Острогожский район	37	19,03	5,60	46,87	8,28
Бобровский район	37	18,78	4,00	34,58	7,13
Каменский район	37	17,65	2,90	29,10	7,02
Павловский район	37	17,36	2,49	33,52	7,33

Класс 3. В него вошли северо-восточные районы Воронежской области: Панинский, Аннинский, Новоусманский, Таловский, Эртильский, Терновский, Бутурлиновский, Грибановский, Новохоперский, Поворинский и Борисоглебский. Это самый большой из пяти классов. Он расположен в трех климатических районах: западном лесостепном, восточном лесостепном, северном степном.

Наименьшее годовое количество осадков приходится на Терновский, Эртильский и Новохоперский районы. В среднем за год здесь выпадает не более 450 мм осадков. В остальных районах годовое количество осадков колеблется от 450 до 550 мм. Величина снежного покрова в южных районах класса (Таловский, Новохоперский, Бутурлиновский) составляет 15-20 см, в

северных районах – 25 см и выше. Среднегодовая температура повышается в направлении с севера на юг (с 5,0 до 6,0 градуса).

Большую часть территории 3-го класса занимают черноземы типичные и выщелоченные. Однако в Бутурлиновском, Борисоглебском, Новохоперском и Поворинском районах встречаются черноземы обыкновенные. Качество пахотных земель северо-западных районов класса (Аннинского, Панинского, Эртильского) оценивается в 90 баллов и выше. Качество юго-восточных районов ниже – 70 баллов.

Восковая спелость ячменя наступает в середине июля. Средняя урожайность по классу составляет 18 ц/га.

Графики трендов временных рядов урожайности ячменя районов третьего класса, полученные с помощью методов сингулярно-спектрального анализа [4], отражены на рис. 2.

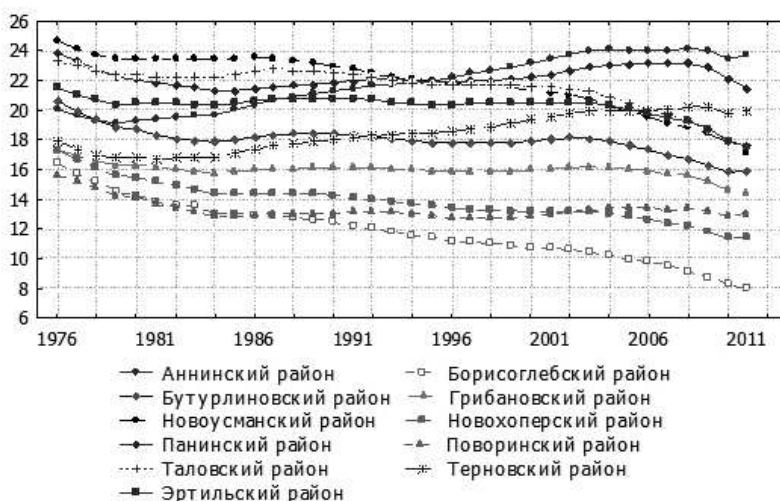


Рис. 2. Тренды урожайности ячменя районов третьего класса

Класс 4. Это Россошанский, Ольховатский, Подгоренский, Верхнемамонский, Кантемировский и Богучарский районы. Класс расположен частично в лесостепной и степной зонах. Годовое количество осадков – 450-500 мм. Высота снежного покрова здесь не превышает 10-15 см. По этому показателю 4-й класс занимает последнее место. Среднегодовая температура составляет 6,0-6,5 градуса.

Почти всю территорию класса занимают черноземы обыкновенные и южные. По запасам гумуса они уступают выщелоченным и типичным черноземам, расположенным в северной части области. Качество пахотных земель оценивается не выше, чем 70 баллов. По данному показателю класс занимает последнее место.

Наступление восковой спелости приходится на 10.VII. Очевидно, что почвы и агроклиматические условия класса не являются идеальными для возделывания ячменя. Поэтому средняя урожайность по классу составляет 15,8 ц/га. В структуре посевных площадей зерновых данный класс занима-

ет одно из последних мест в области. Тренды временных рядов урожайности ячменя районов четвертого класса, выделенные методами сингулярно-спектрального анализа [4], представлены на рис. 3.

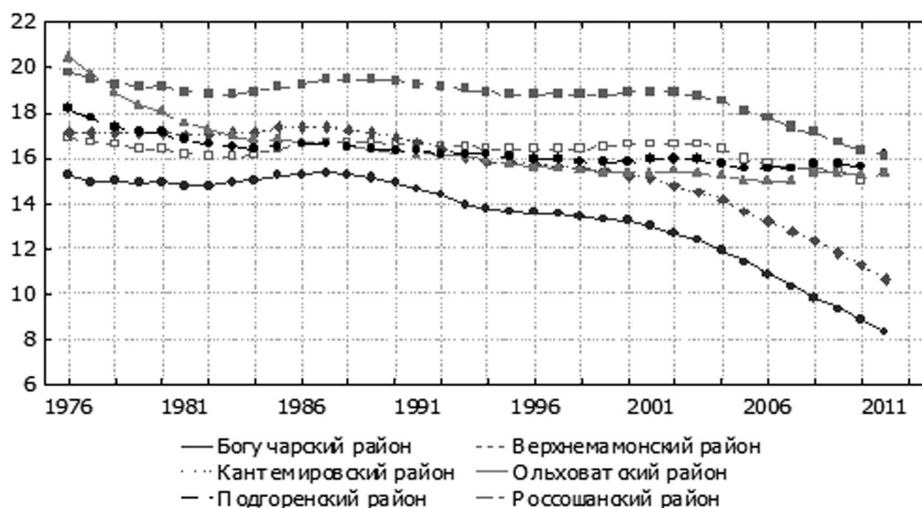


Рис. 3. Тренды урожайности ячменя районов четвертого класса

Класс 5. В класс вошли три района: Калачеевский, Воробьевский, Петропавловский. Класс располагается в северном и южном климатических районах Воронежской области. В Калачеевском и Петропавловском районах годовое количество осадков составляет 450-500 мм, в Воробьевском – 500-550 мм. Величина снежного покрова достигает отметки 15-20 см. Среднегодовая температура – 6,5 градуса.

Как и в 4-м классе, основную часть территории занимают обыкновенные и южные черноземы. Качество пахотных земель повышается с юга на север. Так, в Петропавловском районе качество земель оценивается в 70 баллов, а в Воробьевском – порядка 90 баллов.

Таблица 4

Показатели урожайности ячменя по районам, составляющим пятый класс

Variable	Descriptive Statistics Класс 5				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Калачеевский район	37	17,27	3,49	30,10	6,87
Воробьевский район	37	17,22	2,20	29,50	7,37
Петропавловский район	37	12,03	1,57	22,80	5,61

Урожайность в данном классе также сравнительно невысокая – 15,5 ц/га. Ее показатели отражены в таблице 4.

Заклучение и выводы

В результате выполненных расчетов удалось произвести разделение Воронежской области на пять классов районов, взяв за основу данные урожайности ячменя за последние 37 лет в районах области. Результаты

построенного районирования с использованием нечетких алгоритмов классификации были в дальнейшем проанализированы и содержательно проинтерпретированы. Было показано, что природно-климатические особенности оказывают определенное влияние на рост и развитие ярового ячменя. Проведенный сравнительный анализ сформированных классов показывает роль отдельных сочетаний агроэкологических условий в достижении определенного уровня урожайности. Учет этих факторов позволит в дальнейшем получать более надежные прогнозы урожайности этой культуры. Выводы, сделанные на содержательном уровне, подтверждаются статистическим анализом, который был проведен с помощью регрессионной модели с фиктивными переменными.

В каждом из классов в ходе построения районирования были выделены типичные объекты – районы, имеющие характерные, ярко выраженные значения определяющих факторов. Предложенный подход к районированию позволит снизить уровень различных затрат при проведении прогнозных расчетов: достаточно построить прогноз по типичным районам классов, чтобы оценить уровни производственно-экономических показателей зернопроизводства в остальных «нетипичных» районах. Эти значения будут определены посредством специальной корректировки показателей урожайности.

Полученные результаты типологического районирования будут способствовать повышению надежности прогнозирования урожайности этой культуры.

Список источников

1. Федотов В.А., Гончаров С.В., Рубцов А.Н. *Пивоваренный ячмень России*. Москва, Агролига России, 2006. 268 с.
2. Мязин Н.Г. *Система удобрения*. Воронеж, издательство Воронежского государственного аграрного университета, 2009. 350 с.
3. Розова С.С. *Классификационная проблема в современной науке*. Новосибирск, Наука, 1986. 223 с.
4. Буховец А.Г., Семин Е.А. Использование нечетких алгоритмов классификации в задачах районирования. *Материалы XIV Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии»*. Воронеж, 2014, том 2, с. 349-352.
5. Буховец А.Г., Некрасов Ю.В., Горелова М.В., Кораблина Н.А. Прогнозирование устойчивого производства зерна методом сингулярно-спектрального анализа. *Вестник ВГАУ*, 2012, no. 1 (32), с. 138-146.
6. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. *Прикладная статистика и основы эконометрики*. Москва, ЮНИТИ, 1998. 1022 с.

TYPOLOGICAL ZONING OF BARLEY PRODUCTION IN VORONEZH REGION

Buhovets Aleksey Georgievich, Dr. Sc. (Eng.), Prof.
Semin Evgeniy Aleksandrovich, graduate student
Kucherenko Marina Viktorovna, M.A.

Voronezh State Agricultural University n.a. Emperor Peter the Great, Michurin st., 1, Voronezh, Russia, 394087; e-mail: abuhovets@mail.ru

Creating quality forecasts of crop yields is quite a challenge, because productivity is a complex index. Its magnitude influenced by factors whose values can vary territorially. In order to improve the quality of forecasts is necessary to allocate more homogeneous parts of the territory, i.e. to hold zoning. As a result of the calculations we were able to make a division of the Voronezh region into five classes regions, based on barley yield data for the past 37 years. Results of zoning by using fuzzy algorithms of classification were analyzed and interpreted. It has been shown that natural and climatic features have certain influence on the growth and development of spring barley. Comparative analysis of formed classes shows the role of individual combinations of agroecological conditions in reaching a certain level of productivity. Consideration of these factors will provide more reliable forecasts of yields of this crop in the future. The conclusions, reached at a meaningful level, confirmed by statistical analysis, which was performed using a regression model with dummy variables. Trends of the time series of yields marked by singular spectrum analysis (SSA) also show homogeneity of selected classes. In each of the classes in the course of zoning were identified typical objects – areas having strongly pronounced values of determining factors. The proposed approach to zoning can reduce various costs during the forecasts: it is enough to build a forecast for a typical classes of regions to assess levels of production and economic indicators of grain production in the rest of «atypical» regions. These values will be determined by special adjustments of indicators of yields. The results of typological zoning will increase the reliability of forecasting yields this crop.

Keywords: typological zoning, productivity of land, barley.

References

1. Fedotov V.A., Goncharov S.V., Rubtsov A.N. *Pivovarenniy iachmen' Rossii* [Malting Barley in Russia]. Moscow, Agroliga Rossii Publ., 2006. 268 p.
2. Miazin N.G. *Sistema udobreniya* [Fertilizer System]. Voronezh, Voronezh St. Agricultural Univ. Publ., 2009. 350 p.
3. Rozova S.S. *Klassifikatsionnaya prob-*

lema v sovremennoi nauke. [Classification Problem in Modern Science]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. 223 p.

4. Buhovets A.G., Semin E.A. [Zoning with Fuzzy Classification Algorithms]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoi nauchno – metodicheskoi konferentsii «Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii»* [Proc. 14th Int. sci.-method. conf. «Informatics: Problems, Methodology and Methods»].

Voronezh, 2014, part 2, pp. 349-352.

5. Buhovets A.G., Nekrasov Yu.V., Gorelova M.V., Korablina N.A. [SSA Application in Sustainable Barley Production Problem]. *Vestnik VSAU*, 2012, no. 32), pp. 138-146.

6. Aivazian S.A., Mkhitarian V.S. *Applied Statistics and Essentials of Econometrics*. Moscow, UNITI Publ, 1998. 1022 p.