

В. В. Конончук

канд. экон. наук, доц., ст. науч. сотрудник

Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси

e-mail: victorkon@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Рассматриваются возможные варианты моделирования урожайности зерновых культур в условиях проявления агроэкологических рисков. Для практической реализации предлагаемых методов и методик достаточно данных временных рядов и применение методов эконометрического анализа. Предложена эконометрическая модель прогноза урожайности зерновых культур, адаптированная для условий регионального АПК. Эконометрическая модель для прогноза урожайности зерновых культур учитывает влияние случайных, природно-климатических и экономических условий.

Введение

Урожайность сельскохозяйственных культур является сложным параметром, который зависит от множества природных и производственно-экономических факторов. Различные группы сельскохозяйственных культур имеют свои особенности и закономерности формирования, которые учитывают при моделировании их урожайности на перспективу, причем влияние учтенных факторов различно по отдельным культурам. Выявление закономерностей изменения урожайности культур вследствие проявления агроэкологических рисков предполагает использование полученных результатов для решения оптимизационных задач верхнего уровня, связанных с размещением, специализацией и концентрацией, устойчивым инновационным развитием аграрного производства, определением оптимальных размеров отраслей, расчетом фондооснащенности отраслей и предприятий в целом. Количественный анализ многолетних рядов динамики урожайности ведущих сельскохозяйственных культур показывает, что они не являются детерминированными и зачастую характеризуются высокой степенью неопределенности и неоднородности, что предполагает создание адекватных моделей, описывающих изменчивость результативного показателя. При этом необходимо учитывать изменчивость климатических параметров, которые оказывают существенное влияние на аграрное производство, особенно в условиях проявления агроэкологических рисков. Свойства изменчивости производственно-экономических и природно-климатических параметров необходимо учитывать в моделях оптимизации структуры аграрного производства. Наличие неопределенности и неоднородности предполагает при решении задач математического программирования использование метода статистических испытаний [1].

В условиях проявления агроэкологических рисков необходимо использовать различные методы моделирования урожайности важнейших сельскохозяйственных культур, обеспечивающих высокую адекватность реальным природно-экономическим условиям ведения аграрного производства и высокую достоверность полученных прогнозных показателей. Важнейшим экономическим показателем в сельскохозяйственном производстве является урожайность зерновых культур, в существенной степени предопределяющая эффективность ведения всего аграрного производства. В связи с этим важно с высокой степенью достоверности уметь правильно прогнозировать

возможный уровень урожайности на ближайшую перспективу в условиях изменения не только производственно-технологических факторов, но и природно-климатических.

Результаты и обсуждение

Прогнозирование урожайности зерновых культур является основой для разработки программ, бизнес-планов, вариантов развития сельскохозяйственных предприятий любой формы собственности и создает возможности для выработки и принятия управленческих решений. При моделировании урожайности зерновых важно учитывать проявление факторов агроэкологических рисков, выражающихся в колеблемости фактических значений показателя от ожидаемых (прогнозных). При этом следует отличать колеблемость и тенденцию показателя.

Определяющая роль прогнозной величины урожайности зерновых культур проявляется в моделировании оптимальных программ развития аграрных формирований. В экономико-математических моделях класса оптимизационных расчет показателей исходной информации начинаем с выделения ключевого показателя, генерального ориентира, на основе которого возможно осуществить прогноз взаимосвязанных показателей. Исследование взаимосвязей показателей на основе эконометрических моделей и теоретические обобщения свидетельствуют, что ключевым показателем в прогнозировании оптимальной структуры посевных площадей при обосновании проектов внутрихозяйственного землепользования в условиях проявления агроэкологических рисков, а также в обосновании вариантов развития устойчивого кормопроизводства является урожайность зерновых культур. При этом урожайность зерновых культур служит генеральным ориентиром, показателем, в значительной мере отражающим состояние технологии и организации производства модельного объекта [2].

Целью исследований являлось на основе системного подхода разработать модель формирования урожайности зерновых культур с учетом циклической изменчивости и в условиях проявления агроэкологических рисков, обеспечивающую высокую достоверность ожидаемых результатов и адекватность сложившимся условиям хозяйствования.

Влияние природной неопределенности на результаты функционирования аграрного сектора дополняется экономической, что значительно повышает колеблемость показателей, а следовательно, и результатов производства. В связи с этим требуется внесение значительных коррективов в существующие методики применительно к условиям регионального проявления агроэкологических рисков.

Для получения более качественных моделей проанализирована зависимость рядов урожайности сельскохозяйственных культур от предшествующих значений и фактора времени. К сожалению, не все модели можно использовать для прогнозирования ввиду невыполнения критериев адекватности. Поэтому после построения качественных моделей необходимо выбрать наилучший вариант.

Многообразие известных методов прогнозирования обусловлено отсутствием достаточно гибкого подхода к решению данной задачи, допускающего адаптацию к конкретным природно-экономическим условиям аграрного производства. Значительное количество разнообразных групп факторов, формирующих уровень урожайности, сложно поддается формальному описанию, что усложняет решение проблемы адекватного моделирования динамических процессов ее межгодовой изменчивости. Существенная изменчивость уровней урожайности, асинхронность их циклических колебаний для различных сельскохозяйственных культур обуславливают экономические риски [4].

При обосновании ведущего показателя урожайности зерновых культур на основе эконометрических моделей необходимо учесть новые закономерности с учетом адаптации к сложившимся природно-экономическим условиям.

Исследования тенденций и закономерностей формирования урожайности основных сельскохозяйственных культур за период 2007–2019 гг. по совокупности хозяйств юго-запада Беларуси показали, что урожайность основных культур описывается полиномом второго порядка. В условиях различного влияния погодных факторов и связанной с ней неопределенности требуется корректировка старых и разработка новых методик планирования урожайности зерновых. Учитывая то обстоятельство, что многие факторы-аргументы, оказывающие влияние на формирование урожайности, обладают большой инерционностью, необходимо количественно учесть сложившиеся закономерности, степень и величину их воздействия. Для обоснования возможной урожайности зерновых культур апробировано множество моделей. Критерием адекватности моделей к условиям неопределенности являлись условия минимизации отклонений расчетных значений от фактических, максимизации аппроксимации, максимальной и среднеквадратической ошибок регрессии. С учетом изложенного разработана трендовая эконометрическая модель для краткосрочного прогнозирования урожайности зерновых культур, выражающая сложившиеся ранее и проявляемые новые тенденции изменения показателя:

$$Y_x = Y_0 - 0,1121 * t^2 + 2,4286 * t + (\sin 2t/3)(1 + t/2)^2, R = 0,9126,$$

где Y_x – перспективная урожайность зерновых культур, ц/га; Y_0 – фактическая урожайность зерновых культур за последние годы, ц/га; t – период прогноза, лет.

Моделируя возможное проявление агроэкологических рисков на примере урожайности зерновых культур, выделяют возможные варианты их проявления: оптимистический риск, устойчивый (адаптивный) риск, пессимистический (негативный) риск. К устойчивому (адаптивному) риску относят периоды с величиной отклонений фактической урожайности от расчетной ($Y_i - Y_x$) от $-1,09$ до $0,69$ ц/га. К оптимистическому риску относим периоды с превышением фактической урожайности над ожидаемой (ΔY) от $1,19$ до $4,56$ ц/га; в периоды пессимистического (неблагоприятного) риска снижение от $-2,58$ до $-3,47$ ц/га.

Вероятность проявления агроэкологических рисков определена за период с 1990 по 2018 г.: устойчивый (адаптивный) риск – $0,461$, оптимистический – $0,308$, пессимистический – $0,231$.

Прогнозный период может оказаться различным по погодным условиям, а значит, и по последствиям проявления агроэкологических рисков, следствием чего являются различия в урожайности культур и объемах производства кормов и продукции. Прогнозное значение ключевого показателя – урожайности зерновых на примере модельного объекта в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска составит $42,3$ ц/га в бункерном весе (рисунок); $37,5$ ц/га в массе после доработки (в амбарном весе).

Кроме возможного проявления агроэкологических рисков, целесообразно учитывать и изменения в производственно-экономических факторах. Изменения значений ресурсо-технологических и экономических параметров находит подтверждение в количественной оценке окупаемости минеральных удобрений продукцией, полученной на основе многофакторных корреляционных моделей. Так, в предкризисный период окупаемость 1 ц д.в./га минеральных удобрений составляла от $0,92$ до $2,18$ ц/га, в последние годы – $2,52$ – $4,13$ ц/га. От внесения 1 т органических удобрений прибавка по периодам составила $0,42$ и $0,81$ ц/га. Следовательно, при определении возможной урожайности зерновых культур целесообразно учитывать и важнейшие ресурсо-технологические факторы: плодородие почв, внесение минеральных и органических удобрений. При таком подходе прогнозирование возможной урожайности зерновых культур осуществляется с помощью многофакторных эконометрических моделей, в которых в качестве факторов учтены важнейшие ресурсо-технологические параметры.

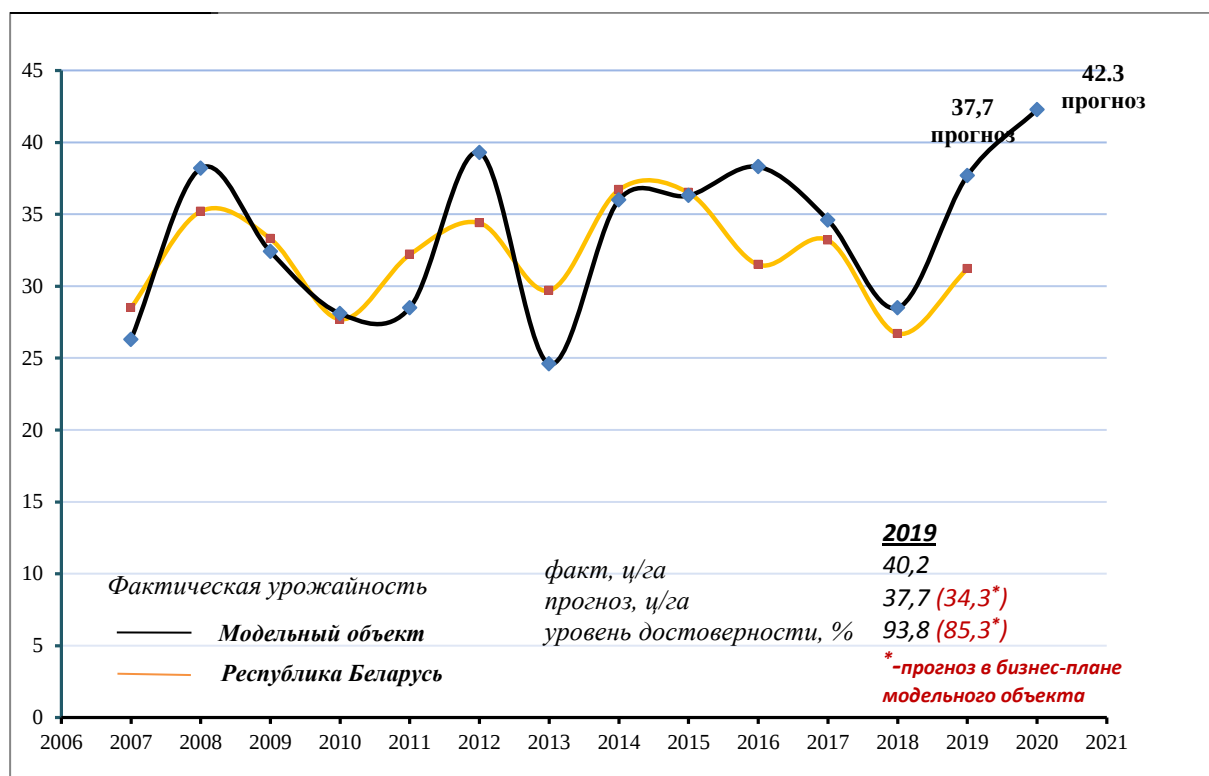


Рисунок. – Расчет перспективной урожайности зерновых культур модельного объекта на основе эконометрической модели

Урожайность зерновых по оптимистическому и пессимистическому варианту риска определена исходя из среднефактических сложившихся за последние годы отклонений (ΔY) урожайности в соответствующем исходе от устойчивого риска (таблица 1).

Таблица 1. – Расчет прогнозной урожайности зерновых культур в бункерном весе по различным видам агроэкологических рисков, ц/га

Агроэкологический риск	Прогноз на 2020 г.
Устойчивый (адаптивный)	42,28
Оптимистический ($\Delta Y = +5,88$)	48,18
Пессимистический (неблагоприятный) ($\Delta Y = -8,01$)	34,29

Урожайность отдельных видов зерновых можно рассчитывать на основе сложившихся за последние годы соотношений между урожайностью отдельных зерновых и средней. При расчете фактических коэффициентов соотношений отдельных зерновых культур вероятности проявления различных агроэкологических рисков не учитываем. Данный подход обусловлен тем, что при различных погодных исходах соотношение между отдельными видами зерновых культур сохраняется.

Высокую достоверность в моделировании урожайности зерновых культур обеспечивает применение подхода на основе расчета оптимальной и возможной урожайности. Первая обеспечивает максимальную окупаемость ресурсов, достижима, если положительные тенденции последних лет в сельскохозяйственных предприятиях будут сохранены или усилены. Возможная урожайность, в т. ч. и превышающая оптимальную, является индивидуальным показателем каждого хозяйства и выражает сложившиеся ранее и проявляемые новые тенденции формирования показателя [5, с. 86].

Для оценки эффективности прогнозирования на основе методов моделирования осуществлен прогноз урожайности зерновых культур в первоначально оприходованной массе (бункерном весе) на основе временных рядов модельного объекта регионального АПК. При первом варианте осуществлен прогноз на основе предложенной эконометрической модели для краткосрочного прогноза в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска; при втором варианте прогноз осуществлен на основе использования модели для расчета оптимальной урожайности с учетом среднерегиональной урожайности зерновых за последние годы. Эффективность методов моделирования урожайности зерновых культур в краткосрочном периоде характеризуется следующими данными (таблица 2).

Таблица 2. – Показатели эффективности прогнозирования урожайности зерновых модельного объекта в условиях проявления устойчивого агроэкологического риска

Год	Прогноз, ц/га		Факт, ц/га	Уровень достоверности, %	
	1 вариант	2 вариант		1 вариант	2 вариант
2015	34,3	36,9	36,3	95,0	98,4
2016	35,5	41,5	38,3	93,0	93,0
2019	37,7	39,3	40,2	93,8	97,8

Анализ таблицы показывает, что использование методов математического моделирования для прогноза урожайности зерновых культур свидетельствует о высокой их эффективности в сравнении с традиционными методами планирования. Отклонения фактических значений урожайности зерновых от прогнозируемых значений являются минимальными. Уровень достоверности полученных значений результативного показателя составляет 93,0–98,4 %.

Заклучение

1. В условиях проявления агроэкологических рисков и экономической нестабильности, снижения степени влияния материальных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур прогнозирование ключевого показателя – урожайности зерновых – следует осуществлять на основе многофакторных и пространственно-временных эконометрических моделей.

2. Учитывая то обстоятельство, что многие факторы-аргументы, оказывающие влияние на формирование урожайности зерновых культур, обладают большой инерционностью, необходимо количественно учесть сложившиеся закономерности, степень и величину их воздействия.

3. Факторы, предопределяющие урожайность зерновых, как правило, являются случайными величинами и подчиняются законам распределения вероятностей, позволяют решать как прямые, так и обратные задачи: разработанные эконометрические модели урожайности зерновых культур позволяют определять значения факторов, при величине которых будет получен тот или иной уровень урожайности. В этом случае применяют метод Монте-Карло [6].

4. Использование методов математического моделирования в прогнозировании урожайности зерновых культур свидетельствует о высокой их эффективности в сравнении с традиционными методами планирования. Уровень достоверности полученных прогнозов составляет 93,0–98,4 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асалханов, П. Г. Модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в задачах параметрического программирования / П. Г. Асалханов, Я. М. Иванько, М. Н. Полковская // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 21, № 2. – С. 57–66.
2. Леньков, И. И. Экономико-математическое моделирование систем и процессов в сельском хозяйстве / И. И. Леньков. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 304 с.
3. Буховец, А. Г. Анализ и прогнозирование урожайности отдельных зерновых культур / А. Г. Буховец, Е. А. Семин, Г. Г. Голева // Экономическое прогнозирование: модели и методы : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. ун-т. ; под общ. ред. В. В. Давниса и В. И. Тиняковой. – Воронеж : Тип. Воронеж. ЦНТИ, 2013. – С. 107–110.
4. Шубнов, М. Г. Алгоритмы и инструментальные средства нейросетевых технологий моделирования урожайности на основе автокорреляционных функций временных рядов : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 / М. Г. Шубнов ; Кисловодск. ин-т экономики и права. – Кисловодск, 2013. – 24 с.
5. Ленькова, Р. К. Модельная программа адаптации аграрных формирований районного АПК к рыночной системе хозяйствования : монография / Р. К. Ленькова. – Горки : Беларус. с.-х. акад., 1998. – 113 с.
6. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Н. П. Бусленко [и др.]. – М. : Физматгиз, 1962. – 332 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 09.12.2019

Kononchuk V. V. Modeling of Grain Crops Yield in Conditions of Agroecological Risks

Possible variants of grain crop yield modeling in the conditions of agroecological risks manifestation are considered. For the practical implementation of the proposed methods and techniques, time series data and the use of econometric analysis methods are sufficient. An econometric model of grain yield forecast adapted for the conditions of regional agriculture is proposed. The econometric model for the forecast of grain yield takes into account the influence of random, climatic and economic conditions.