
ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ И РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Арапов Александр Владиленович, д-р филос. наук, доц.
Хацкевич Владимир Львович, д-р техн. наук, проф.

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж,
Россия, 394018; e-mail: arpv@mail.ru; vlkhats@mail.ru

Цель: анализ зависимости рентабельности сельскохозяйственной продукции от количества внесенных удобрений, влияния распределения затрат по видам на рентабельность сельскохозяйственного производства в Воронежской области, оценка негативного влияния глобального потепления на сельское хозяйство Воронежской области и возможностей компенсации негативных эффектов. *Обсуждение:* для сельскохозяйственных организаций Воронежской области, как было показано ранее, внесение удобрений является основным фактором, влияющим на урожайность. Поэтому имеет смысл рассмотреть именно его с точки зрения рентабельности. Ведет ли увеличение количества удобрений к увеличению рентабельности? На сколько процентных пунктов увеличивается рентабельность сельскохозяйственной продукции при увеличении доли расходов на оплату труда на один процентный пункт и на сколько увеличивается рентабельность сельскохозяйственной продукции при аналогичном увеличении доли материальных затрат в общей структуре расходов. В связи с широко обсуждаемой проблемой глобального потепления будет целесообразным рассмотреть вопрос о влиянии возможных эффектов глобального потепления на сельское хозяйство Воронежской области и возможность компенсации негативных эффектов такого потепления. *Результаты:* при количестве минеральных удобрений 60 кг на га происходит качественный скачок, и эффект от увеличения урожайности за счет внесенных удобрений перекрывает увеличение затрат на эти удобрения. Полученные результаты говорят о том, что в общей структуре расходов именно оплата труда работников дает наибольший вклад в прибыль сельско-

хозяйственного предприятия. Даже при максимальном сценарии глобального потепления его негативные эффекты могут быть скомпенсированы увеличением количества минеральных удобрений. Возможно замедление роста урожайности, но ее снижение маловероятно.

Ключевые слова: растениеводство, Воронежская область, инфраструктурные факторы, интеллектуальный анализ данных, сельское хозяйство.

DOI: 10.17308/meps.2016.7/1472

1. Введение

В текущем зерновом году Россия выходит на первое место по экспорту зерна. В то же время сохраняется санкционное давление, что обуславливает особую актуальность вопросов, связанных с импортозамещением во всех сферах народного хозяйства. Производство зерновых культур оказывается важным как с точки зрения обеспечения продовольствием жителей России, так и в качестве источника валютных поступлений от внешней торговли. В силу этого становятся особенно актуальными моделирование и анализ экономических и технологических аспектов производства зерна. Общие принципы моделирования экономических показателей в сельском хозяйстве изложены в [7]. Организационно-экономические инструменты обеспечения инновационного развития агробизнеса рассмотрены в [8]. Воронежская область является крупнейшим производителем зерна, кроме того, ее условия являются типичными для всего Центрально-Черноземного региона. Это обуславливает актуальность построения эконометрических моделей для принятия управленческих решений на примере сельскохозяйственных организаций Воронежской области.

В данном исследовании ставились следующие задачи: анализ зависимости рентабельности сельскохозяйственной продукции от количества внесенных удобрений, влияния распределения затрат по видам на рентабельность сельскохозяйственного производства в Воронежской области, оценка негативного влияния глобального потепления на сельское хозяйство Воронежской области и возможностей компенсации негативных эффектов.

2. Методология исследования

В работе применялись методы линейной и нелинейной регрессии с использованием программ на языке R, а также нелинейной оптимизации. Аналогичные методы использовались в [4]. Рассматривались только сельскохозяйственные организации, т.к. по ним имеется наиболее полная и надежная статистика. Отметим, что доля сельскохозяйственных организаций в валовых сборах зерновых и зернобобовых культур на протяжении периода с 2010 по 2015 г. в среднем составляла 77,23%. Использовались данные из Центральной базы статистических данных Госкомстата [12] и статистических сборников [5, 6].

3. Обсуждение результатов

Для сельскохозяйственных организаций Воронежской области, как было показано в [3] и [10], внесение удобрений является основным фактором, влияющим на урожайность. Аналогичные результаты были получены в [11] для сельского хозяйства РФ в целом. Поэтому имеет смысл рассмотреть именно его с точки зрения рентабельности. Ведет ли увеличение количества удобрений к увеличению рентабельности? Есть ли определенный интервал, за пределами которого дальнейшее увеличение количества удобрений будет вести к снижению рентабельности?

В данном случае мы рассмотрим коэффициент рентабельности продаж (англ. Return On Sales, ROS) – показатель, отражающий эффективность продаж. В данном случае рассчитаем рентабельность продаж по прибыли от продаж. Формула расчета следующая: $ROS = \frac{\text{Прибыль от продаж}}{\text{Выручка}}$.

Для себестоимости одного центнера зерна мы получили посредством регрессионного анализа следующее уравнение: $Y = 316,43 - 0,15(q_m - 60)^2$, где Y – себестоимость одного центнера зерна; q_m – количество внесенных минеральных удобрений на 1 га посева (килограмм). Для данной модели коэффициент детерминации $R_2 = 0,61$, а Р-значение составляет 0,0028, что говорит о хорошем качестве модели.

Экстремум полученной функции найдем из необходимого и достаточного условий локального максимума: $Y(q_m)' = -(0,30q_m - 18) = 0$. Поскольку $ROS(q_m)'' < 0$, мы имеем максимум себестоимости при количестве внесенных минеральных удобрений 60 кг на га.

Таким образом, до этого значения увеличение количества внесенных удобрений ведет к росту себестоимости, а дальнейшее увеличение к снижению.

Для подтверждения данного вывода можно построить регрессионное уравнение, в котором себестоимость будет непрерывно расти (при положительных значениях q_m) пропорционально квадрату q_m , для такого уравнения получаем $R^2 = 0,37$, а Р-значение составляет 0,047, что показывает неприемлемое качество такой модели. Еще худшее качество имеет модель, в которой себестоимость линейно зависит от количества внесенных удобрений. Очевидно, что этот эффект будет сказываться до определённого предела, т.к. себестоимость не может стать равной нулю. Однако при изменениях количества удобрений в интервале, близком к интервалу изменений за 1996-2012 г., полученное соотношение будет выполняться. Постановка полученного регрессионного уравнения в формулу для ROS дает: $ROS = 1 - (316,43 - 0,15(q_m - 60)^2) / p$, где p – цена зерна.

Цена зерна может быть спрогнозирована посредством маркетинговых исследований. Общий анализ формирования контрактной цены товара в зависимости от базисных условий поставки дан в [2]. Большой вклад в разработку методики таких исследований внесли воронежские ученые [9]. Из полученного уравнения следует, что рентабельность будет равна 0 при $p = 316,43 - 0,15(q_m - 60)^2$.

При падении цены на зерно ниже значения, равного $316,43 - 0,15(q_m - 60)^2$, производство зерна в сельскохозяйственных организациях Воронежской области (при прочих равных условиях) становится нерентабельным. В качестве примера подставим в данное уравнение количество внесенных удобрений в сельскохозяйственных организациях Воронежской области за 2014 г., которое составляет 63,69 кг/га.

В этой части исследования можно сделать следующий вывод. При количестве минеральных удобрений 60 кг на га происходит качественный скачок, и эффект от увеличения урожайности за счет внесенных удобрений перекрывает увеличение затрат на эти удобрения.

Вторым вопросом, который рассматривается в настоящем исследовании, является вопрос об оптимальной структуре затрат в сельскохозяйственном производстве. Вопрос поставим следующим образом: на сколько процентных пунктов увеличивается рентабельность сельскохозяйственной продукции при увеличении доли расходов на оплату труда на один процентный пункт и на сколько увеличивается рентабельность сельскохозяйственной продукции при аналогичном увеличении доли материальных затрат в общей структуре расходов. В настоящей статье рассматриваются показатели в целом по сельскохозяйственному производству, в дальнейшем предполагается построение специализированных моделей для зерна и других видов сельскохозяйственной продукции.

В упомянутых выше статистических сборниках имеются данные по структуре затрат в сельском хозяйстве Воронежской области за 1996-2013 гг. Затраты на производство представлены в имеющихся статистических данных следующим образом:

Затраты на производство = затраты на оплату труда + материальные затраты + амортизационные отчисления + отчисления на социальные нужды + прочие затраты.

Построим регрессионное уравнение для рентабельности. В качестве факторных переменных были взяты доли отдельных составляющих (в процентах) от всей суммы затрат. Далее нами была построена модель, в которой в качестве факторных переменных выступают доля оплаты труда и доля материальных затрат. Малое значение коэффициента корреляции между этими факторными переменными (0,18) позволяют включить их в одно уравнение.

Мы получили регрессионное уравнение следующего вида: *Рентабельность* = $-124,87 + 3,60x_1 + 1,07x_2$, где x_1 – доля оплаты труда; x_2 – доля материальных затрат в процентах. Для данной модели коэффициент детерминации $R^2 = 0,61$, а Р-значение составляет 0,0009, что говорит о хорошем качестве модели.

С увеличением доли оплаты труда в затратах на 1 процентный пункт рентабельность возрастает на 3,6 процентных пункта, а с увеличением доли материальных затрат рентабельность возрастает на 1,07 процентных пун-

кта. Полученные результаты говорят о том, что в общей структуре расходов именно оплата труда работников дает наибольший вклад в прибыль сельскохозяйственного предприятия.

В связи с широко обсуждаемой проблемой глобального потепления будет целесообразным рассмотреть вопрос о влиянии возможных эффектов глобального потепления на сельское хозяйство Воронежской области и возможность компенсации негативных эффектов такого потепления.

В качестве факторных переменных рассматривались количество внесенных минеральных удобрений (кг на 1 га) и среднемесячные температуры для всех 12 месяцев, в качестве результирующей – урожайность (в центнерах с га). Наилучшие результаты дало построение двух двухфакторных моделей.

Первая модель представляет собой следующее уравнение: $Y(q_m, t_r) = 15,74 + 0,23q_m - 0,12(t_r + 4)^2$, где $Y(q_m, t_r)$ – урожайность зерновых и зернобобовых культур (в расчете на убранную площадь), центнеров с гектара; q_m – количество внесенных минеральных удобрений на 1 га посева (килограмм); t_r – среднеянварская температура. Коэффициент корреляции между вычисленными значениями и фактическими составляет 0,81, что говорит о высоком качестве модели. Чтобы оценить статистическую значимость коэффициентов при факторных переменных, мы выдвигаем нулевые гипотезы, что полученные коэффициенты являются лишь результатом погрешности и их можно считать равными 0. Для проверки такой гипотезы используется t-критерий Стьюдента. Полученное р-значения 0,011 (для коэффициента q_m) и 0,006 (для коэффициента при $(t_r + 4)^2$) показывает, что нулевая гипотеза для них ошибочна с вероятностью более 98%.

Из данного уравнения следует, что снижение среднеянварской температуры оказывает положительное воздействие до определённого значения.

Вторая модель представляет собой следующее уравнение: $Y(t_u) = 15,46 + 0,27q_m - 0,51(t_u - 17)^2$, где t_u – среднеиюньская температура. Р-значения для всех коэффициентов менее 0,001, коэффициент корреляции между вычисленными значениями и фактическими 0,85, что говорит о высоком качестве модели. Оптимальное значение среднеянварской температуры t_{yo} (при прочих равных условиях) найдем из необходимого и достаточного условий локального максимума для функции урожайности: $Y'(t_{yo}) = 0, Y''(t_{yo}) < 0$. Подстановка регрессионного уравнения в эти условия дает: $Y'(t_{yo}) = -0,24(t_{yo} + 4) = 0, Y''(t_{yo}) = -0,24 < 0, t_{yo} = -4$.

Таким образом, оптимальная среднеянварская температура с точки зрения максимизации урожайности составляет -4° . Коэффициент корреляции между вычисленными значениями и фактическими составляет 0,7, что говорит о приемлемом качестве модели. Полученное р-значение 0,016 для коэффициента при количестве минеральных удобрений позволяет говорить о достаточной значимости данного параметра.

Оптимальное значение среднеиюньской температуры t_{uo} также

найдем из необходимого и достаточного условий локального максимума: $Y(t_{uo})' = 1,01(t_{uo} - 17) = 0$, $Y(t_{uo})'' = -1,01 < 0$, $t_{uo} = 17$.

Таким образом, оптимальная среднеиюньская температура с точки зрения максимизации урожайности составляет 17°C. Среднеянварская температура за период 2001-2013 гг. составляла -6,6, а среднеиюньская 18,7. Таким образом, повышение средней температуры ухудшит урожайность с точки зрения обеих моделей.

Вероятная величина возможного роста температуры на протяжении XXI века на основе климатических моделей составит 1,1-2,9°C для минимального сценария эмиссии парниковых газов; 2,4-6,4°C для сценария максимальной эмиссии [1]. За период 2001-2013 г. статистически значимого роста среднеянварской и среднеиюньской температуры не наблюдалось, поэтому возьмем средние температуры за этот период в качестве исходного значения и будем предполагать, что увеличение температуры может произойти на среднее для каждого из сценариев значение на протяжении последующих 100 лет.

Оценим ухудшение урожайности для модели со среднеиюньской температурой, т.к. эта модель имеет наилучшее качество. При минимальном сценарии будем считать $\Delta t_u = 2$. В этом случае получим: $\Delta Y(t_u) = Y(t_{u2}) - Y(t_{u1})$, $\Delta Y(t_u) = 0,27\Delta q - 5,52$, где $\Delta Y(t_u)$ – изменение урожайности за предполагаемый период изменения температуры; Δq – изменение количества вносимых минеральных удобрений.

При неизменном количестве внесенных удобрений получаем сокращение урожайности на 5,52 центнера с гектара. При урожайности 2015 г., составляющей 31,1 центнера с гектара, получим сокращение урожайности на 18,7%. Снижение урожайности может быть скомпенсировано, как видно из уравнения для $\Delta Y(t_u)$, увеличением количества удобрений на 20,4 кг на гектар.

При максимальном сценарии будем считать $\Delta t_u = 4,4$. В этом случае: $\Delta Y(t_u) = 0,27\Delta q - 17,5$.

Получаем сокращение урожайности на 56,3% по сравнению с 2015 г. Для его компенсации потребуются внести 64,81 кг на га больше удобрений.

Принимая во внимание, что с 2000 г. по 2012 г. количество внесенных удобрений увеличилось с 28,8 до 64,6 кг на га, можно сделать вывод, что даже при максимальном сценарии потепления его негативные эффекты могут быть скомпенсированы увеличением количества минеральных удобрений. Возможно замедление роста урожайности, но ее снижение маловероятно.

4. Заключение

Подведем итоги. Существует пороговое значение количества вносимых минеральных удобрений (для Воронежской области это 60 кг на га), при достижении которого эффект от увеличения урожайности за счет внесенных удобрений перекрывает увеличение затрат на эти удобрения, про-

исходит качественный скачок и рентабельность зерна начинает расти. В общей структуре расходов именно оплата труда работников дает наибольший вклад в прибыль сельскохозяйственного предприятия. С увеличением доли оплаты труда в затратах на 1 процентный пункт рентабельность возрастает на 3,6 процентных пункта, а с увеличением доли материальных затрат рентабельность возрастает на 1,07 процентных пункта. Таким образом, глобальное потепление может негативно сказаться на сельскохозяйственном производстве в Воронежской области, но даже при максимальном сценарии потепления его негативные эффекты могут быть скомпенсированы увеличением количества минеральных удобрений. В случае наиболее негативного сценария сокращение урожайности на 56,3% по сравнению с 2015 г. Для его компенсации потребуется внести на 64,81 кг на га больше удобрений.

Список источников

1. Meehl Gerald A., Stocker Thomas F. Chapter 10: Global Climate Projections. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Доступно: <http://www.ipcc.ch>. (дата обращения: 08.07.2016)
2. Агапова А.В. Анализ формирования контрактной цены товара в зависимости от базисных условий поставки // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 5 (2015), с. 42-48.
3. Арапов А.В., Хацкевич В.Л. Моделирование влияния инфраструктурных факторов на объем производства на примере Воронежской области // *Экономика и менеджмент систем управления*, 2016, no. 1.3(19), с. 359-365.
4. Арапов А.В., Хацкевич В.Л. Экономико-статистический анализ себестоимости и рентабельности производства зерна в сельскохозяйственных организациях Воронежской области // *Экономика и менеджмент систем управления*, 2016, т. 20, no. 2.1, с. 112-115.
5. Воронежский статистический ежегодник. 2001: стат. сб., Воронеж: Воронежстат, 2001. 256 с.
6. Воронежский статистический ежегодник. 2005: стат. сб., Воронеж: Воронежстат, 2005. 308 с.
7. Гатаулин А.М., Светлов Н.М. *Стоимость, равновесие и издержки в сельском хозяйстве*. Москва, ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2005. 142 с.
8. Отинова М.Е. Организационно-экономические инструменты обеспечения инновационного развития агробизнеса // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2015, no. 5 (2015), с. 97-104.
9. Ушачев И.Г., Магомедов А.Н.Г., Алтухов А.И. и др. *Маркетинг зерна в России*. Москва, 2009.
10. Хацкевич В.Л., Арапов А.В. Анализ рентабельности зерновых и моделирование динамики показателей растениеводства в сельскохозяйственных организациях Воронежской области // *Современные социально-экономические проблемы российского общества*, Издательский дом ВГУ, Воронеж, 2016, с. 71-79.
11. Цвиль М.М., Шумилина В.Е. Эконометрический анализ и моделирование в сельском хозяйстве // *Инженерный вестник Дона*, no. 4 (2014). Доступно: <http://ivdon.ru>. (дата обращения: 14.06.2016)
12. Центральная база статистических данных. Доступно: <http://www.gks.ru>. (дата обращения: 25.05.2016)

ECONOMETRIC ANALYSIS OF IMPACT OF PRODUCTION AND CLIMATIC FACTORS ON COST AND PROFITABILITY OF GRAIN PRODUCTION IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS OF VORONEZH REGION

Arapov Alexander Vladilenovich, Dr. Sc. (Phil.), Assoc. Prof.

Khatskevich Vladimir Lvovich, Dr. Sc. (Eng.), Full Prof.

Voronezh State University, University sq., 1, Voronezh, 394018, Russia; e-mail: e-mail: arpv@mail.ru; vlkhats@mail.ru

Purpose: analysis of dependence of profitability of agricultural products on amount of drilled fertilizers, impact of cost distribution by types on profitability of agricultural industry in Voronezh Region, the assessment of negative impact of global warming on agriculture of Voronezh Region and possibilities to compensate adverse effects. Discussion: drilling of fertilizers is the major factor influencing crop yield for agricultural organizations in Voronezh Region, as shown before. Therefore, it makes sense to consider it in terms of profitability. Does increase in the amount of fertilizers lead to profitability increase? How many percentage points does profitability of agricultural products increase by in case of increase in expenses for remuneration of labour by one percentage point? How does profitability of agricultural products increase in terms of similar increase in material costs in overall structure of expenditure? Due to a widely discussed problem of global warming, it will be expedient to consider the question of impact of possible effects of global warming on agriculture of Voronezh Region and a possible compensation for adverse effects of such warming. Results: At the amount of mineral fertilizers 60 kg per ga there is a quantum leap and effect of increase in crop yield at the expense of drilled fertilizers exceeds increase in costs for these fertilizers. The received results demonstrate that in overall structure of expenditure remuneration of labor of employees makes the greatest contribution to profit of an agricultural enterprise. Even in a maximum scenario of global warming its negative effects can be compensated by increase in the amount of mineral fertilizers. A crop growth slowdown is possible but the probability is small.

Keywords: crop raising, Voronezh Region, infrastructure factors, data mining, agriculture.

Reference

1. Meehl G.A., Stocker T.F. Chapter 10: Global Climate Projections. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007 Available at: <http://www.ipcc.ch>. (accessed: 08.07.2016).
2. Agapova A.V. Analiz formirovaniya kontraktnoy tseny tovara v za-visimosti

ot bazisnykh usloviy postavki. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 2015, no. 5, pp. 42-48. (In Russ.)

3. Arapov A.V., Khatskevich V.L. Modelirovaniye vliyaniya infrastrukturykh faktorov na obyem produktsii rasteniyevodstva na primere Voro-nezhskoy oblasti. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*, 2016, no. 1.3 (19), pp. 359-365. (In Russ.)

4. Arapov A.V., Khatskevich V.L. Ekonomiko-statisticheskiy analiz sebestoimosti i rentabelnosti proizvodstva zerna v selskokhozyaystvennykh organizatsiyakh Voronezhskoy oblasti. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*, 2016, vol. 20, no. 2.1, pp. 112-115. (In Russ.)

5. Voronezhskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2001: stat. sb. Voronezh, Voronezhstat. 2001. (In Russ.)

6. Voronezhskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2005: stat. sb. Voronezh: Voronezhstat. 2005. (In Russ.)

7. Gataulin A.M., Svetlov N.M. *Stoimost, ravnovesiye i izderzhki v selskom khozyaystve*. Moscow, FGOU VPO RGAU-MSKAimeniK.A.Timiryazeva, 2005. (In Russ.)

8. Otinova M.E. Organizatsionno-ekonomicheskiye instrumenty obespecheniya innovatsionnogo razvitiya agrobiznesa. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 2015, no. 5, pp. 97-104. (In Russ.)

9. Ushachev I.G., Magomedov A.N.G., Altukhov A.I. *Marketing zerna v Rossii*. Moscow, 2009. (In Russ.)

10. Khatskevich V.L., Arapov A.V. Analiz rentabelnosti zernovykh i modelirovaniye dinamiki pokazateley rasteniyevodstva v selskokhozyaystvennykh organizatsiyakh Voronezhskoy oblasti. *Sovremennyye sotsialno-ekonomicheskiye problemy rossiyskogo obshchestva*. Voronezh, 2016, pp. 71-79. (In Russ.)

11. Tsvil M.M., Shumilina V.E. Ekonometricheskii analiz i modeli-rovaniye v selskom khozyaystve. *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2014, no. 4. Available at: <http://ivdon.ru>. (accessed: 14.06.2016) (In Russ.)

12. RF Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru>. (accessed: 25.05.2016) (In Russ.)