УДК 338.1:330.4

Ю. В. Мельникова

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: umlnkv@yandex.ru

Ю. В. Лажаннинкас

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», Саратов, e-mail: lazhauninkas@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КОНЪЮНКТУРЫ РОССИЙСКОГО ЗЕРНОВОГО РЫНКА НА ОСНОВЕ ТРЕХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ХОЛЬТА-ВИНТЕРСА

Ключевые слова: рынок, динамика, модель, тенденция, прогноз, цена, прибыль, экспорт, производство, модель Хольта-Винтерса, анализ.

В статье представлены результаты исследования российского зернового рынка, показана его важная роль в экономике страны. Авторами проведен обзор конъюнктуры рынка зерновых культур, отражена динамика его производства, рассмотрена ценовая конъюнктура. Проведенный анализ позволил выявить закономерности финансово-экономических показателей рынка и обосновать тенденции его дальнейшего развития на основе моделирования тренд-сезонных временных рядов. В качестве инструмента исследования авторами выбрана трехпараметрическая модель Хольта-Винтерса, позволяющая учитывать не только факторы, оказывающее влияние на предмет прогнозирования, но и различные составляющие прогноза, такие как его основная тенденция развития, сезонная и циклические составляющие, случайная компонента. В качестве результатов исследования приведены результаты моделирования динамики производства зерна в России на период 2021-2023 гг, дана оценка дальнейшего развития ценовой конъюнктуры, обоснованы выводы о повышательном тренде в условиях превышения спроса на культуру над предложением как на российском, так и на мировом продовольственных рынках.

Yu. V. Melnikova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevskiy”,
Saratov, e-mail: umlnkv@yandex.ru

Yu. V. Lazhauninkas

Saratov state agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov,
e-mail: lazhauninkas@yandex.ru

MATHEMATICAL MODELING OF THE ECONOMIC SITUATION OF THE RUSSIAN GRAIN MARKET BASED ON THE HOLT-WINTERS THREE-PARAMETER MODEL

Keywords: market, dynamics, model, trend, forecast, price, profit, export, production, Holt-winters model, analysis.

The article presents the results of research on the Russian grain market and shows its important role in the country's economy. The authors reviewed the grain market situation, reflected the dynamics of its production, and considered the price situation. The analysis made it possible to identify the patterns of financial and economic indicators of the market and to justify the trends of its further development based on the modeling of trend-seasonal time series. As a research tool, the authors selected the three-parameter Holt-winters model, which allows us to take into account not only the factors that influence the subject of forecasting, but also various components of the forecast, such as its main development trend, seasonal and cyclical components, and a random component. As the results of the study, the results of modeling the dynamics of grain production in Russia for the period 2021-2023 are presented, an assessment of the further development of the price environment is given, conclusions about the upward trend in the conditions of excess of demand for culture over supply in both the Russian and world food markets are substantiated.

Введение

Аграрная экономика России играет системообразующую роль в устойчивом функционировании агропромышленного комплекса и поддержании продовольственной безопасности страны. В последние годы благодаря активной государственной политике российский аграрный сектор постепенно начинает занимать достойные позиции на мировом продовольственном рынке. Даже в непростой 2020 год сельское хозяйство вошло в тройку отраслей, которую пандемия не затронула напрямую. По всем направлениям АПК в России аналитики наблюдают рост показателей. Одним из важнейших сегментов продовольственного рынка России является зерновой рынок, функционирование которого обусловлено как общими рыночными законами и закономерностями, так и его специфическими особенностями. Зерновые хлеба занимают наибольшие площади в мировом растениеводстве, а зерновое хозяйство оказывает решающее влияние на получение прибыли и финансовое состояние всего сельскохозяйственного производства России благодаря своей высокой рентабельности. Определение стратегии сбытовой политики во взаимовязанности с основными задачами глобальной маркетинговой стратегии зернопроизводителей всех уровней невозможно без анализа рыночной конъюнктуры.

Целью исследования является анализ экономической конъюнктуры зернового рынка России, выявление трендов и обоснование тенденций его дальнейшего развития на основе статистической модели Хольта-Винтерса.

Материал и методы исследования

В ходе исследования использованы общеметодологические принципы и комплекс методов научного познания: сравнительного, аналитического, абстрактно-логического анализов, экономико-математических, экономико-статистических моделей и моделирования с использованием современного программного обеспечения. Расчеты осуществлялись посредством прикладных программ Statistica, Microsoft Excel.

В качестве инструмента исследования авторами выбрана мультипараметрическая модель Хольта-Винтерса, учитывающая при анализе и прогнозировании три параметра: тренд, сглаженный экспоненциальный ряд и сезонность. Приведем кратко математическую основу расчетов [11].

Экспоненциально-сглаженный ряд рассчитывают по формуле:

$$L_t = \frac{k \times y_t}{S_{t-s}} + (1 + k) \times (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

где S_{t-s} – коэффициент сезонности предыдущего периода. В первом периоде сезонность принимают равной единице.

Значение тренда определяется равенством:

$$T_t = b \times (L_t - L_{t-1}) + (1 - b) \times T_{t-1}, \quad (2)$$

где T_t – значение тренда на текущий период;

b – коэффициент сглаживания тренда;

L_t – экспоненциально сглаженная величина за текущий период;

L_{t-1} – экспоненциально сглаженная величина за предыдущий период;

T_{t-1} – значение тренда за предыдущий период.

Оценка сезонности осуществляется по формуле:

$$S_t = \frac{q \times y_t}{L_t} + (1 - q) \times S_{t-s}, \quad (3)$$

где S_t – коэффициент сезонности для текущего периода;

q – коэффициент сглаживания сезонности (значение которого находится в пределах от 0 до 1);

S_{t-s} – коэффициент сезонности за этот же период в предыдущем сезоне.

Прогноз на несколько (p) периодов вперед рассчитывается по следующей формуле:

$$\hat{Y}_{t+p} = (L_t + p \times T_t) \times S_{t-s+p} \quad (4)$$

где $\hat{Y}_{t+p}$ – прогноз по методу Хольта-Винтерса на p периодов вперед;

S_{t-s+p} – коэффициент сезонности за этот же период в последнем сезоне;

p – порядковый номер периода, на который делаем прогноз;

T_t – тренд за последний период.

Результаты исследования и их обсуждение

За последние десятилетия Россия существенно нарастила производство зерна. Темпы роста валового сбора зерновых по сравнению с 2000 годом составили 185,5 %, а производство пшеницы как основной зерновой культуры возросло более чем в 2,2 раза (рисунок 1). Это позволило стране из импортера зерна периода 1990-2000 гг. превратиться в мирового лидера по продажам пшеницы на экспорт. В рекордном 2018 году производство достигло 134 млн тонн зерна и Россия стала ведущим мировым экспортёром этого товара. По предварительным данным на 19 октября 2020 года зерновые и зернобобовые культуры обмолочены с площади 45,2 млн га или 94,1% к посевной площади, всего намолочено 130,6 млн тонн зерна при урожайности 28,9 ц/га. Сбор зерна в России в 2020 году составит 132-133 млн тонн, считает президент Российского зернового союза Аркадий Злочевский. «Урожай в весе после доработки (в чистом весе) составит 132-133 млн тонн, в том числе 82 млн тонн пшеницы. Это будет второй урожай в новейшей истории России» [7].

Увеличение производства зерна в последние 20 лет происходило как экстенсивным путем – за счет увеличения посевных площадей, так и интенсивным – за счет повышения агротехнологии производства, применении новых технологий в обработке земли и выведении новых, более урожайных сортов. В период 2001-2012 гг. в России производство зерновых культур увеличивалось за

счет роста посевной площади. При этом урожайность в этот период оставалась очень низкой (таблица 1).

В последние 7-9 лет урожайность пшеницы существенно возросла. Одним из основных резервов повышения урожайности стало широкое внедрение интенсивных технологий возделывания зерновых культур, при которых на первый план выдвигается своевременное и высококачественное выполнение всего комплекса агротехнических мероприятий. Интенсивная технология базируется на введении и освоении севооборотов, применении наиболее урожайных сортов с хорошим качеством зерна, высококачественных семян, обеспечении почвы достаточным количеством элементов питания, надежной защите растений от сорняков, вредителей и болезней и т.д. Большое значение для подъема урожайности зерновых культур имеет умелое использование органических и минеральных удобрений, пестицидов, регуляторов роста. Однако, в некоторых регионах темпы роста урожайности зерновых и ее уровень все еще остаются низкими, урожаи колеблются по годам, свидетельствуя о большой зависимости зернового хозяйства от погодных условий. Это говорит о сильном влиянии экстенсивного ведения зернопроизводства [4, 5].

По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций зерна, особенно продовольственного, производится в мире недостаточно, поэтому спрос на него на мировом рынке постоянно возрастает [9].

Рис. 1. Динамика производства зерна в России, тысяч тонн

*Источник: [2, 8, 12]

Таблица 1

Динамика посевной площади и урожайности зерновых и зернобобовых культур в РФ в период 2000-2019 гг.

	Вся посевная площадь, тыс. га	Зерновые и зернобобовые культуры, тыс. га	в т.ч. пшеница, тыс. га	урожайность зерновые и зернобобовые, ц/га	урожайность пшеница, ц/га
2000	3977	283	70	15,6	16,1
2001	3929	328	105	19,4	20,6
2002	3833	333	116	19,6	20,7
2003	3780	382	160	17,8	17,1
2004	3588	398	172	18,8	19,8
2005	3423	384	169	18,5	19,3
2006	3207	394	176	18,9	19,5
2007	3089	401	185	19,8	21
2008	3115	431	197	23,8	24,5
2009	3136	465	210	22,7	23,2
2010	3137	485	224	18,3	19,1
2011	3092	510	232	22,4	22,6
2012	3038	528	252	18,3	17,7
2013	2848	453	192	22	22,3
2014	2803	495	219	24,1	25
2015	2680	461	203	23,7	23,9
2016	2598	481	214	26,2	26,8
2017	2505	455	206	29,2	31,2
2018	2432	428	195	25,4	27,2
2019	2305	421	197	26,7	27

*Источник [12]

Увеличение производства зерна остается важнейшей мировой задачей в перспективе, и постоянство сложившихся тенденций приводит, в свою очередь, к необходимости тщательного изучения и прогнозирования конъюнктуры рынка зерна.

Потребности внутреннего рынка России зерне и продуктах его переработки в настоящее время удовлетворяются полностью за счет внутреннего производства. Поскольку потребление зерновой продукции внутри страны растет незначительно, то основным драйвером роста отрасли, перерабатывающей зерно, в последние годы является экспорт продукции. Благодаря высокому качеству отечественной продукции и конкурентным ценам, российская пшеница имеет высокий спрос на мировом рынке зерна [6].

Экспорт пшеницы остается основной статьей российского зернового экспорта, да и экспорта товаров вообще. По итогам 2018 года РФ заняла первое место в мире по экспорту зерна, обогнав своего главного конкурента – США. На протяжении последних трех лет зарубежные поставки выросли на 33%, увеличив, таким образом, долю России в мировом рынке по продаже пшеницы до 23% (рисунок 2).

В период 2015-2018 гг. экспорт пшеницы из России устойчиво возрастал. Объем в 2018 году достиг 43 965,6 тыс. тонн. За год (к 2017 году) поставки пшеницы за рубеж выросли на 33,0% (на 10 899,7 тыс. тонн), за два года – на 73,6% (на 18 637,8 тыс. тонн), за три года – на 107,1% (на 22 734,9 тыс. тонн).

Стоимость экспорта российской пшеницы в рекордном 2018 году соста-

вила 8 432,5 млн USD. По отношению к 2017 году, она выросла на 45,5% (на 2 636,3 млн USD), за два года – на 100,0% (на 4 216,5 млн USD), за три года – на 113,6% (на 4 484,8 млн USD). Как прогнозирует глава Зернового союза, экспорт зерна из РФ в этом сельхозгоду (июль 2020-июнь 2021 гг.) ожидается «в районе 50 млн тонн, в том числе 38 млн тонн пшеницы» [7].

Ключевым покупателем российской пшеницы является Египет, его доля в общем объеме экспорта составляет 21,8%. Также в значительных объемах пшеницу закупает Турция – 11,3% в общем объеме. В ТОП-10 стран-покупателей российской пшеницы, помимо выше перечисленных, входят: Вьетнам (5,7%), Судан (4,9%), Нигерия (4,5%), Бангладеш (4,2%), Индонезия (3,1%), Йемен (3,1%), Латвия (2,9%) и Филиппины (2,3%). Суммарно доля ТОП-10 стран в общем объеме российского экспорта пшеницы составила 63,8%. Всего в 2018 году Россия поставляла пшеницу более чем в сто стран мира. На мировом рынке пшеницы позиции России (как экспортера) за последние три года значительно укреп-

пились. По расчетам АБ-Центр, в 2018 г. мировой экспорт пшеницы находился на уровне 190,6 млн тонн. Доля России в общем объеме экспорта составила 23,1%. Для сравнения в 2017 г. – 16,9%, в 2016 г. – 13,3% [10].

Ведущей составляющей в механизме формирования рыночной конъюнктуры является цена, так как именно она обеспечивает взаимодействие всех остальных факторов и поддерживает динамику [1]. В движении цен находят отражение не только изменения в объеме и пропорциях производства, но и состояние экономики страны. На рисунке 3 представлена динамика мировых цен на пшеницу.

В условиях чередования разноуровневых кризисов отечественной и мировой экономики, наблюдается скачкообразное изменение цен. Год от года колебание значений мировых цен на пшеницу составляет от 12,8% до 36,5 %. За последние пять лет максимальные цены на пшеницу на мировом рынке были зафиксированы в мае 2015 года в размере 227,68 долларов за тонну, минимальные – в сентябре 2016 года в размере 133,70 долларов за тонну.

Рис. 2. Динамика экспорта пшеницы из РФ в натуральном и денежном выражении в период 2001-2019 гг.

*Источник [6, 7, 12]

Рисунок 3. Динамика мировых цен на пшеницу, USD/тонну
*Источник [2, 8]

Формирование цен на продукцию сельского хозяйства имеет свои особенности, обусловленные спецификой его производства. Издержки производства продукции АПК различны год от года в зависимости от природно-климатических условий, продуктивности земли, сезонности, а также неравномерности поступления денежных средств от реализации продукции. Временные ряды, характеризующие показатели сельскохозяйственного производства представляют собой тренд-сезонные временные ряды, которые включают как трендовую, так и сезонную компоненту, поэтому для анализа и моделирования их динамики хорошо использовать адаптивные модели с сезонной компонентой. Такие модели могут на текущем шаге учитывать информацию, полученную на предыдущих временных шагах, и отражать эволюцию динамических характеристик исследуемого объекта. Именно поэтому в качестве инструмента исследования авторами выбрана трехпараметрическая модель Хольта-Винтерса, учитывающая не только экспоненциальный тренд, но и аддитивную сезонность.

Анализ конъюнктуры любого рынка завершается разработкой прогноза ее динамики, поскольку принятие производителем эффективных коммерческих решений основывается не только на анализе текущей конъюнктуры, но и на прогнозе ее дальнейшего изменения. Проведенное исследование позволило авторам построить экономико-математическую модель по методу Хольта-Винтерса, от-

ражающую прогноз конъюнктуры зернового рынка России и учитывающую три параметра: тренд, сглаженный экспоненциальный ряд и сезонность.

На основе вышеописанной методики авторами проведен анализ производства пшеницы как основной экспортной позиции Российского зернового рынка за период 2002–2020 гг. (примечание: данные за 2020 год предварительные по состоянию на 19.10.2020г.) и составлен прогноз на 2021–2023 гг. В таблице 2 приведены данные, отражающие параметры анализируемого временного ряда.

Аналогично проведен анализ средних цен реализации российской пшеницы на внешнем рынке за период 2000–2020 гг. (примечание: данные за 2020 год предварительные по состоянию на 19.10.2020 г.), результаты которого представлены в таблице 3.

Определение коэффициентов сглаживания тренда и сезонности проводилось по формулам (2)–(3) вышеприведенной методики. Проверка качества прогноза проводилась авторами эмпирическим путем на основе отклонения ошибки ретропрогноза модели от фактических данных. Результаты представлены в таблице 4.

Полученные расчеты о значениях параметров исследуемого процесса позволили авторам смоделировать их динамику на перспективу. Авторский прогноз объемов производства пшеницы в России и средних цен ее реализации на период 2021–2023 гг. представлен графически на рисунках 4 и 5 соответственно.

Таблица 2

Количественные результаты анализа временного ряда
объема производства пшеницы сельхозпроизводителями всех категорий в РФ

Год	Объем производства (Y_t), тыс. тонн	экспоненциально сглаженный ряд (L_t)	значение тренда (T_t)	коэффициент сезонности предыдущего периода (S_{t-s})
2010	41554,57	41554,57		1
2011	56293,37	54819,48919	2652,983838	1,013443028
2012	37766,80	39286,49802	-984,2111636	0,987380286
2013	52139,68	51355,69923	1626,471312	1,001323002
2014	59713,15	58969,04339	2823,845881	1,00697078
2015	61811,49	61424,52359	2750,172745	1,006635288
2016	73345,68	71993,46546	4313,926569	1,012708871
2017	86002,54	84061,67564	5864,783291	1,017898732
2018	72136,15	72773,58235	2434,207976	1,004569803
2019	74452,69	74223,38418	2237,326747	1,003829616
2020	82000,00	81164,52364	3178,08929	1,007061616

*Источник: расчеты авторов

Таблица 3

Количественные результаты анализа временного ряда цен
реализации российской пшеницы на мировом рынке

Год	(Y_t) цена, USD/т	экспоненциально сглаженный ряд (L_t)	значение тренда (T_t)	коэффициент сезонности предыдущего периода (S_{t-s})
2010	216,15	216,1527778		1
2011	227,47	222,9444444	2,0375	1,014216297
2012	235,99	229,6024891	3,423663396	1,023741055
2013	245,64	237,1786162	4,669402516	1,032105309
2014	254,21	244,5196701	5,470897916	1,037367866
2015	264,22	252,8197959	6,319666286	1,042785334
2016	267,93	257,8164507	5,922762845	1,040288127
2017	268,51	260,3628586	4,909856363	1,033992637
2018	271,37	263,5802982	4,402131344	1,030894372
2019	269,38	263,9743108	3,199695707	1,023589714
2020	272,64	266,6601883	3,045550248	1,022669299

*Источник: расчеты авторов

Таблица 4

Результаты расчета коэффициентов сезонности и сглаживания
и оценки точности прогноза

Коэффициент сезонности предыдущего периода	Коэффициент сглаживания	Коэффициент сезонности	Оценка точности прогноза (%)
Временной ряд данных по объему производства			
0,9	0,2	0,5	87,1
Временной ряд цен			
0,6	0,3	0,7	93,4

*Источник: расчеты авторов

Рис. 4. Динамика временного ряда объема производства пшеницы в России: фактические данные и авторский прогноз

*Источник: расчеты авторов на основе данных [12]

Рис. 5. Динамика сглаженного временного ряда цен на зерно на мировом рынке: фактические цены и авторский прогноз

*Источник: расчеты авторов на основе данных [8]

Согласно расчетам производство пшеницы в России будет находиться в пределах 80,2-84,9 млн тонн. Краткосрочный прогноз цен необходим для стратегического планирования мощностей по хранению производимой продукции. Кроме того, на этапе реализации производственно-сбытовой стратегии он позволит осуществить тактическое планирование продаж и обеспечивать максимизацию выручки путем оптимального сочетания сроков и объемов реализации [3].

Согласно расчетам, временной ряд цен сохранит восходящую направленность. В 2021 году цена за тонну российской пшеницы составит на мировом рынке 276,7 долларов, к 2022 году – 281,1 доллар, к 2023 году достигнет отметки 285,5 долларов. Учитывая, что экспорт пшеницы в последние годы в среднем составляет 41,3 млн тонн, доход в бюджет России от ее реализации на внешнем рынке может составить от 10,7 до 11,4 млрд долларов.

Выводы

Проведенное исследование зернового рынка России позволяет авторам сделать следующие выводы:

- Текущая конъюнктура на российском рынке зерна характеризуется превышением уровня предложения над уровнем спроса, поэтому драйвером роста для зернового рынка России является экспорт продукции.
- Производство пшеницы как основной экспортной позиции в России будет расти в соответствии с построенной математической моделью примерно на 1,02% ежегодно и составит 84,9 млн тонн к 2023 году.
- Цена на российскую пшеницу в условиях стабильного спроса со стороны

переработчиков (в основном зарубежных) не снизится, что открывает новые возможности развития для российских производителей.

В соответствии со сложившейся ситуацией и оценкой тенденций развития мирового рынка зерна, мы предполагаем, что в ближайшее время вектор развития рынка не изменит своего направления. В перспективе производство, переработка, а также экспорт пшеницы будет иметь большое значение в экономике России, а значит, важным будет и дальнейшее научное обоснование развития экономической конъюнктуры зернового рынка как системообразующего звена продовольственного рынка России.

Библиографический список

1. Александрова Л.А., Мельникова Ю.В. Проблемы прогнозирования рыночной конъюнктуры в системе стратегического планирования производства и реализации подсолнечника // Аграрный научный журнал. 2017. № 12. С. 79-82.
2. Всемирная федерация бирж. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.world-exchanges.org/home/index.php/statistics>. (дата обращения 19.10.2020).
3. Мельникова Ю.В. Совершенствование стратегического планирования производства и сбыта подсолнечника на основе прогнозирования рыночной конъюнктуры: автореф. дис. ... кандидата экономических наук / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н.И. Вавилова. Саратов, 2017.
4. Мельникова Ю.В., Рубцова С.Н., Панченко В.В. Предпрогнозный анализ конъюнктуры рынка зерновых культур на примере Саратовской области // Экономика и предпринимательство. 2016. №2-1(67-2).
5. Мельникова Ю.В., Рубцова С.Н., Пахомова Т.Н., Панченко В.В. Экономико-математическое моделирование конъюнктуры российского рынка высокоолеинового подсолнечника // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 2-2. С. 292-298.
6. Официальный сайт аналитического портала Реальное время. «Хлебная распродажа»: как Россия стала лидером по пшеничному экспорту, а в США начали разоряться фермеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://realnoevremya.ru/articles/136213-analiz-eksporta-pshenicy-rf-po-regionam-i-prodavcam>. (дата обращения 19.10.2020).
7. Официальный сайт информагенства Зерно-онлайн. Зерновой союз прогнозирует сбор зерна в РФ в 2020 году на уровне 132-133 млн тонн. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zol.ru/n/31f5c>. (дата обращения 19.10.2020).
8. Официальный сайт московской товарной биржи. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.moex.com/n17592/?nt=106>. (дата обращения 19.10.2020).
9. Официальный сайт продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/home/ru/> (дата обращения 19.10.2020).
10. Официальный сайт экспертно-аналитического центра агробизнеса. Об экспорте пшеницы из России в 2015-2019 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/news/ob-eksporte-pshenicy-iz-rossii-v-2018-2019-gg>. (дата обращения 19.10.2020).
11. Прогноз по методу экспоненциального сглаживания с трендом и сезонностью Хольта-Винтерса. [Электронный ресурс]. URL: <http://4analytics.ru/prognostirovanie/prognost-po-metodu-eksponencialnogo-sglajivaniya-s-trendom-i-sezonnostyu-xolta-vintersa> (дата обращения 20.09.2020).
12. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 19.10.2020).