

УДК 519.8

*А. С. Маничева***Математическое моделирование рассредоточенного рынка зерна в условиях олигопсонии***A. S. Manicheva***Mathematical Modeling of the Spatially Distributed Grain Market under Oligopsony**

Рассмотрена экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна в условиях олигопсонии. Представлены результаты вычислительных экспериментов по модели при варьировании климатических и экономических факторов.

Ключевые слова: математическое моделирование, рассредоточенный рынок, рынок зерна.

Введение. Зерновой рынок региона является сложной системой взаимоотношений между рассредоточенными в пространстве участниками, их взаимодействие осуществляется исходя из мотивов, экономических и стратегических интересов. Всех участников зернового рынка по характеру влияния можно разделить на три группы: влияющие на предложение зерна (производители сельскохозяйственной продукции), на спрос (мукомольные, комбикормовые и крупозаводы, перерабатывающие предприятия), одновременно на предложение и на спрос (заготовительные элеваторы, участники бартерных сделок).

Предложение зерна на региональном рынке распределено неравномерно из-за различия в почвенных и климатических условиях производства, обеспеченности материально-техническими ресурсами, степени развитости инфраструктуры рынка и прочих факторов. Особенно ярко данный факт проявляется в Алтайском крае, территория которого подразделяется на семь почвенно-климатических зон.

Рынок зерна относится к типу олигопсонии, на котором господствует группа крупных потребителей зерна (переработчиков), производственные мощности которых сгруппированы в областях развитых транспортных коммуникаций и сырьевых зон. Переработчик в процессе согласования интересов по сделкам купли-продажи играет решающую роль при формировании закупочной цены. На территории региона закупочные цены зависят от степени насыщенности рынка в локальных сырьевых зонах и существенно различаются, что обусловлено рассредоточенностью в пространстве участников рынка, значительными затратами на транспортировку и сбыт продукции. В качестве локальных рынков зерна могут рассматриваться крупные перерабатывающие предприятия, оказывающие существенное влия-

The paper considers the economic-mathematical model of spatially distributed, multiagent grain market under oligopsony. The results of the computational experiments on the model by varying climatic and economic factors are given.

Key words: mathematical modeling, spatially distributed market, grain market.

ние на среднюю рыночную цену и рентабельность сельскохозяйственных производителей соответствующей сырьевой зоны.

Принимая во внимание фактическую открытость рынка зерна, т. е. возможность продажи и покупки продукции как удаленным производителем, так и удаленным потребителем, возникает необходимость учета рассредоточенности участников рынка в пространстве при построении модели. Поскольку продажа продукции переработчику осуществляется несколькими рыночными агентами, то модель рынка зерна относится к классу мультиагентных (многоагентных) систем с множеством центров принятия решений.

Экономико-математическое и имитационное моделирование рассредоточенного мультиагентного рынка зерна позволит детально исследовать экономическую эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий различных категорий (крупных, средних, малых), уровень экономического потенциала участников рынка, обосновать необходимость усиления государственной поддержки отдельных категорий хозяйств при изменчивости климатических и рыночных факторов [1–6].

Уровень развития методологии моделирования рынков, инструментальных и программных средств позволяет осуществлять разработку прикладных моделей различных рыночных структур. Анализ существующих результатов по теме исследования показал, что на данный момент направление имитационного и математического моделирования рассредоточенных мультиагентных рынков недостаточно проработано, а общетеоретические модели, которые традиционно выступают в качестве предмета исследования большинства специалистов в области моделирования рынков, описывают общие закономерности поведения

производителей и потребителей и не учитывают специфики рынка зерна.

Математическая модель. Основные допущения при построении экономико-математической математической модели рассредоточенного мультиагентного рынка зерна следующие: 1) моделируемый рынок представляет собой систему со многими центрами принятия решений, в качестве которых выступают перерабатывающие предприятия (потребители зерна) и сельскохозяйственные предприятия (производители зерна); 2) множество участников рынка распределено в пространстве (рассредоточенность рынка); 3) учитываются издержки транспортировки и сбыта зерна; 4) моделируемый рынок по типу конкуренции относится к олигопсонии; 5) рассматривается рынок одного продукта, однородного по качеству; 6) имеющиеся запасы зерна и издержки на его хранение не учитываются; 7) взаимодействие участников осуществляется по сделкам купли-продажи; 8) перерабатывающие предприятия рассматриваются в качестве агентов локальных зерновых рынков; 9) отсутствует арбитраж между участниками.

Рассмотрим экономико-математическую модель рынка зерна как совокупность оптимизационных задач его участников: перерабатывающих предприятий и сельскохозяйственных производителей.

Полагаем, что переработчики, обладая доминирующим положением на рынке зерна, оказывают существенное влияние на уровень цены закупки зерна и являются независимыми в выборе цен. Целью переработчика j ($j=1, \dots, J$) является максимизация прибыли, определяемой как разность между доходом $d_j X_j(c_j)$ от реализации готовой продукции, полученной от переработки зерна в объеме $X_j(c_j)$, при доходности d_j и издержками на приобретение и переработку зерна $(c_j + z_j^p) X_j(c_j)$, где z_j^p — затраты на переработку 1 т зерна; c_j — закупочная цена, определенная на интервале $[\underline{c}_j, \bar{c}_j]$; \underline{c}_j — минимальная цена закупки сырья, при которой поступающее предложение отлично от нуля: $\underline{c}_j = \min_{i=1, \dots, I} \{c_{ij}\}$; \bar{c}_j — максимальная цена, при которой переработчик получит некоторую норму рентабельности N_j : $\bar{c}_j = (d_j - z_j^p(1 + N_j)) / (1 + N_j)$; $X_j(c_j) \in [0, \bar{X}_j]$ — объем спроса, обеспечивающий переработчику максимум прибыли при ограниченности перерабатывающих мощностей на уровне PM_j (т) и финансовых ресурсов с учетом возможности привлечения кредитных средств не более доли β в структуре источников финансирования: $\bar{X}_j = \min \left\{ PM_j, \left(\frac{Q_j}{1 - \beta_j} - Z_j^{post} \right) / (c_j + z_j^p) \right\}$, где

Q_j — объем собственных финансовых ресурсов, Z_j^{post} — постоянные затраты предприятия, включающие оплату коммунальных услуг, общехозяйственные и общепроизводственные расходы. Таким образом, задача переработчика j , как участника рынка зерна,

формализована с помощью следующей оптимизационной модели:

$$F_j(c_j) = (d_j - c_j - z_j^p) X_j(c_j) \rightarrow \max_{c_j \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j]},$$

$$X_j(c_j) = \begin{cases} \min \left\{ PM_j, \left(\frac{Q_j}{1 - \beta_j} - Z_j^{post} \right) / (c_j + z_j^p) \right\}, & c_j \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j], \\ 0, & c_j \notin [\underline{c}_j, \bar{c}_j]. \end{cases} \quad (1)$$

Допустимое решение c_j^* и $X_j^* = X_j(c_j^*)$, при котором достигается максимум в (1), будем называть оптимальным решением задачи переработчика.

При формализации задачи зернопроизводителя полагаем, что целью каждого производителя i ($i=1, \dots, I$) является максимизация прибыли как разности между заработанными при реализации зерна средствами $\sum_{j=1}^J (c_j - r_{ij}) x_{ij}$ и себестоимостью произведенной продукции $z_i(x_i)$, где r_{ij} — издержки на транспортировку и сбыт продукции, $x_i = (x_{ij})_{j=1}^J$ — вектор предложения зерна i -го производителя на территориально удаленные, локальные зерновые рынки j , $j=1, \dots, J$. Множество вариантов объемов предложения зерна описывается как: $x_i = \left\{ x_i \in R_+^J : \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq a_i \bar{x}_i \right\}$, здесь a_i — параметр, отражающий степень достижения производственного потенциала \bar{x}_i , зависящий от используемой агротехнологии, климатических условий и прочих факторов. $a_i \bar{x}_i = s_i y_i$, где s_i — площадь уборки (га); y_i — средняя урожайность зерна (т/га).

Предложение зерна x_{ij} на локализованном рынке j зависит от соотношения привлекательности закупочной цены c_j и издержек на транспортировку и сбыт продукции r_{ij} , т. е.

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & c_j < \underline{c}_{ij}, \\ \Delta x_{ij}, & c_j \geq \underline{c}_{ij}, \end{cases}$$

где Δx_{ij} — текущий объем товарной продукции;

$$\underline{c}_{ij} = r_{ij} + \frac{z_i(x_i)}{\sum_{j=1}^J x_{ij}}$$

сбыта j не рассматривается в качестве привлекательного. С учетом этих положений задача i -го производителя формируется с помощью следующей модели:

$$f_i(c, x_i) = \sum_{j=1}^J (c_j - r_{ij}) x_{ij} - z_i(x_i) \rightarrow \max_{x_i \in X_i} \quad (2)$$

$$x_i = \left\{ x_i \in R_+^J : \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq a_i \bar{x}_i \right\}.$$

Допустимое решение $x_i^* = x_i(c^*)$, при котором достигается максимум в (2), будем называть оптимальным решением задачи производителя.

Величины $X(c) = \sum_{j=1}^J X_j(c_j)$ и $x(c) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}(c)$ называются совокупным рыночным спросом и совокупным рыночным предложением.

Совокупность $(X_1^*, \dots, X_J^*, x_1^*, \dots, x_J^*, c_1^*, \dots, c_J^*)$ называется равновесным состоянием рынка зерна, а $c^* = (c_1^*, \dots, c_J^*)$ — вектором равновесных цен, если выполняется равенство:

$$X_j^*(c_j) = \sum_{i=1}^I x_{ij}^*(c), \quad j=1, \dots, J,$$

где X_j^* и $(x_{ij}^*)_{j=1}^J$ есть решения соответствующих задач (1) и (2).

Вопросы существования равновесного состояния исследованы в [1].

Обобщенная схема взаимодействия участников рассредоточенного мультиагентного однопродуктового рынка зерна приведена на рисунке 1.

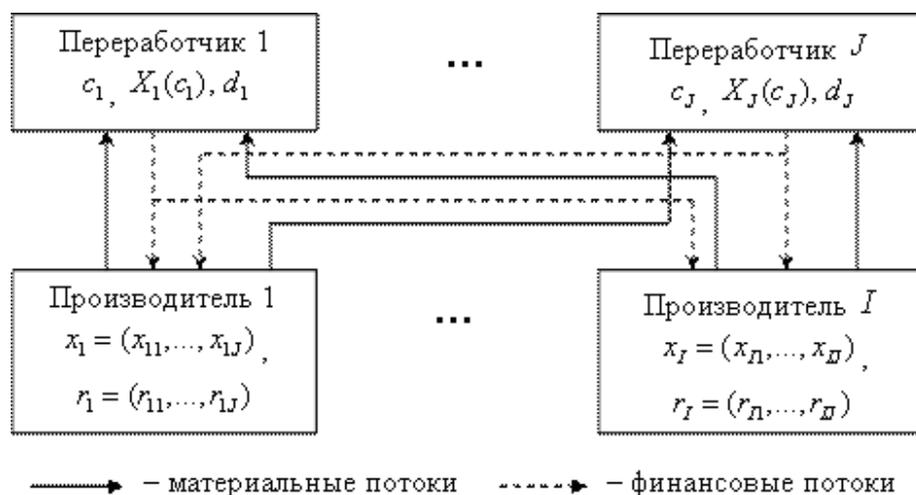


Рис. 1. Схема взаимодействия участников рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна

Решение задачи (1) — (2) находилось при помощи алгоритма, основанного на принципе «нашупывания» и учитывающего показатель деловой активности производителей. Данный показатель отражает способность производителя найти оптимальные рынки сбыта и реализовать свою продукцию по приемлемой цене [2].

Результаты вычислительных экспериментов. В качестве участников рынка зерна рассмотрено 30 сельскохозяйственных производителей и 9 перерабатывающих предприятий, рассредоточенных в пространстве на территории Бийско-Чумышской климатической зоны Алтайского края. Для удобства анализа результатов расчета выполнена группировка перерабатывающих предприятий по масштабам деятельности (крупное, среднее, малое), а зернопроизводящих хозяйств — по масштабам деятельности (крупные, средние, малые) и по степени эффективности производства (эффективные, среднеэффективные, малоэффективные).

При варьировании индекса урожайности Y относительно фактического уровня (принятого равным 1) в сторону его повышения или понижения в пределах $Y \in [0,6; 1,4]$ с шагом 0,1 осуществляется имитация различных вариантов климатических условий от крайне неблагоприятных ($Y = 0,6$) до благоприятных ($Y = 1,4$) и, соответственно, различных соотношений спроса и предложения на рынке. Результаты вычислительного эксперимента при варьировании уровня урожайности пшеницы представлены на рисунках 2–4.

Чувствительность равновесной цены на рынке зерна адекватна естественно-рыночному принципам: при уменьшении предложения цена возрастает, а при увеличении — падает (рис. 2).



Рис. 2. Зависимость среднерыночной равновесной цены от урожайности зерна

Изменение рентабельности сельскохозяйственных предприятий при варьировании индекса урожайности приведено на рисунке 3; перерабатывающих предприятий — на рисунке 4. Наименьший уровень рентабельности сельскохозяйственных производителей достигается при крайне неблагоприятных климатических условиях ($Y = 0,6$) за счет значительного увеличения себестоимости зерна. При неблагоприятных климатических условиях уровень рентабельности средних по масштабам деятельности сельскохозяйственных предпри-

ятий значительно ниже, чем уровень рентабельности малых и больших производителей зерна. В благоприятных климатических условиях с ростом предложения уменьшается цена закупки зерна, что влечет за собой существенное увеличение уровня рентабельности перерабатывающих предприятий.

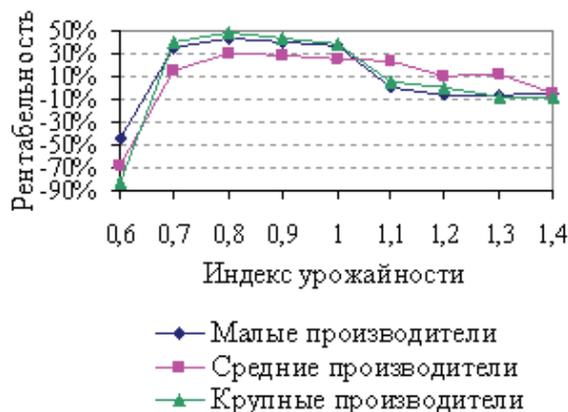


Рис. 3. Изменение рентабельности сельскохозяйственных предприятий



Рис. 4. Изменение рентабельности перерабатывающих предприятий

Таким образом, предложенная экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна позволяет детально исследовать реальные процессы ценообразования. Дальнейшее совершенствование модели рассредоточенного рынка зерна заключается в учете динамики спроса, предложения и запасов зерна, множества посредников, государственных механизмов регулирования рынков и поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Библиографический список

1. Понькина Е. В., Маничева А. С. Некоторые вопросы математического моделирования рассредоточенного рынка зерна // Известия АлтГУ. — 2011. — № 1 (69).
2. Боговиз А. В., Лобова С. В., Оскорбин Н. М., Понькина Е. В., Маничева А. С. Проблемы повышения рентабельности производства зерна в условиях Алтайского края: монография. — Барнаул, 2011.
3. Алгазин Г. И., Алгазина Ю. Г. Моделирование поведения экономических агентов в системе «производитель — посредник — конкурентный рынок» // Управление большими системами. — М., 2011. — Вып. 32.
4. Оскорбин Н. М., Дубина И. Н. Моделирование поведения субъектов инновационной деятельности при различных схемах стимулирования // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Социально-экономические науки. — 2010. — Т. 10, вып. 4.
5. Алгазин Г. И., Оскорбин Н. М. Применение моделей системного компромисса для анализа и оптимизации производственных систем (на примере стимулирования напряженных производственных заданий) // Известия АлтГУ. — 2002. — № 1 (23).