

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА  
ЮЖНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ В ДЛИТЕЛЬНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Н.М. СВЕТЛОВ

(Российская академия народного хозяйства и государственной службы  
при Президенте Российской Федерации)

*В статье исследуется теоретическая модель развития растениеводства трех областей, находящихся на северной границе зернового пояса России: Калужской, Тульской и Рязанской. Цель исследования – определение возможности и условий роста производства зерна на этой территории и перспектив задействования под его посевы неиспользуемых сельхозугодий.*

*Основу теоретической модели образует модель частичного равновесия, в которой кривая предложения не задана в явной форме – определена только точка ее пересечения с кривой спроса. На положение кривых спроса и предложения влияют пять инструментов аграрной политики: поддержка научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; совершенствование институтов; совершенствование управления рисками; прямые субсидии на продукцию растениеводства; импортные тарифы. Инструменты подбираются таким образом, чтобы выручка от продаж продукции растениеводства была наибольшей. Данный критерий аргументируется соображениями продовольственной безопасности (в трактовке этого понятия российским законодательством) и лоббированием рыночной экспансии.*

*Свойства модели изучаются при помощи компьютерного эксперимента, исследующего выбранное надмножество домена вектора неопределенных параметров, содержащего 9 компонентов. Проведенные 254 испытания выявили следующие свойства модели. Во-первых, в течение исследуемого 25-летнего периода исключается сокращение продаж зерна более чем на 2%. Ниже первоначального уровня продажи зерна падают (в отдельные периоды) в двух испытаниях. Во-вторых, для модели характерно (хотя и не обязательно) чередование периодов протекционизма, когда используются импортные тарифы и прямые субсидии, и рыночного стимулирования. В-третьих, не используется поддержка совершенствования институтов. В выбранном сценарии доминирует стратегия господдержки, связанная с первоочередным финансированием научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.*

*Эксперимент показал, что существуют исходы, не предполагающие вовлечения неиспользуемых угодий в производство зерна, но для выбранного сценария компьютерного эксперимента они не характерны. Таким образом, получен аргумент в поддержку гипотезы о том, что наличие неиспользуемых сельхозугодий в исследуемых регионах оказывается конкурентным преимуществом в борьбе за рынки сбыта зерна; но этот аргумент имеет силу только в условиях соответствующей аграрной политики и относится не ко всем проведенным испытаниям.*

**Ключевые слова:** компьютерный эксперимент, теоретическая модель, зерно, картофель, неиспользуемые сельхозугодья, равновесие, аграрная политика, научно-исследовательские работы.

## Введение

Одна из актуальных проблем аграрной экономической науки – построение глобальных и региональных балансов зерна на длительную перспективу. Как правило, для оценок приходной части этих балансов используется ресурсный подход с учетом экологических ограничений: физические пределы производства зерна определяются, с одной стороны, поступлением солнечной радиации и технологическими возможностями ее продуктивного использования, а с другой – глобальным балансом углерода в биосфере Земли.

Специфика России заключается в том, что страна располагает обширными неиспользуемыми земельными площадями, технически пригодными для производства зерна. Поэтому она часто привлекает внимание исследователей, оценивающих природный потенциал производства зерна [26, 21 и др.].

Пример России показывает: потенциал производства зерна сам по себе не является конкурентным преимуществом. В противном случае он был бы уже задействован, тогда как, по данным [13; 6, с. 223–228], экономические и институциональные условия России последнего десятилетия XX века (отчасти сохранившиеся до наших дней), способствовали забрасыванию пахотных земель. Причины – высокие затраты на производство и транзакционные издержки, необходимость перевозок на дальние расстояния, сравнительно высокие производственные риски. Отсюда актуальный для национальной аграрной политики вопрос: если Россия хочет и впредь наращивать свое присутствие на мировых рынках зерна, то какие условия должны этому содействовать?

Цель данной статьи – *теоретический анализ* экономических возможностей расширения производства зерна в ряде регионов России, располагающих обширными неиспользуемыми сельхозугодьями, в длительной (четверть века) перспективе. *Статья подготовлена в рамках госзадания РАНХиГС по теме «Оценка эффективности организации производства зерна на неиспользуемых пахотных угодьях»* на основе более раннего исследования [27]. В данной статье использован переработанный вариант модели (в частности, принцип отражения эффекта субсидий переработан, следуя подходу [9]), заново выполнен компьютерный эксперимент. Эти изменения повлияли на полученные выводы лишь в деталях, но улучшили их достоверность.

Выбор исследуемых регионов – Калужской, Тульской и Рязанской областей – обусловлен следующими основаниями. Во-первых, здесь много неиспользуемых сельхозугодий; во-вторых, климат пригоден для производства не только ржи, овса, ячменя, но и пшеницы; в-третьих, транспортная доступность по отношению как к морским портам, так и к наиболее емким внутренним рынкам лучше, чем у многих других регионов.

Объектом исследования является математическая модель развития растениеводства Калужской, Тульской и Рязанской областей. Предмет исследования – политические инструменты, обеспечивающие конкурентоспособное производство в указанных регионах продукции растениеводства в целом и зерна, в частности. Модель исследуется на предмет наличия у нее свойств, позволяющих оценить перспективы развития производства зерна в трех указанных субъектах федерации с учетом влияния на него аграрной политики. Основные вопросы исследования: может ли избыток земельных угодий в этих регионах стать конкурентным преимуществом при дальнейшей экспансии на мировых рынках зерна; какая национальная аграрная политика способна содействовать этой возможности. Модель позволяет дезагрегировать анализ по каждой из трех областей в отдельности, но для цели данной статьи это

не требуется и представленный ниже анализ охватывает три области как единое целое.

Методика, примененная в статье, не характерна для большинства работ теоретической направленности. Вместо математического анализа выдвинутой теоретической модели мы подвергаем ее числовым испытаниям, которые направлены на обнаружение интересующих нас свойств. Теоретическая аргументация построена на количественных данных об исходах компьютерных экспериментов на модели. Обращение к количественному анализу не должно дезориентировать читателя: опираясь на числовые данные, исследование не является, тем не менее, эмпирическим. Здесь не проверяется соответствие теории эмпирическим данным – здесь исследуются свойства самой модели. Такой подход является индуктивным, а значит, наследует главный недостаток метода индукции: полученные при его посредстве выводы верны лишь с некоторой вероятностью. Зато он позволяет хотя бы в первом приближении исследовать теоретические модели, математический анализ которых либо неоправданно трудоемок, либо сопряжен с принятием предположений, наносящих ущерб реалистичности модели.

### Разработка методики

#### *Основания для обращения к компьютерному эксперименту*

Поставленная цель связана с исследованием отдаленного будущего, о котором нет и не может быть надежных эмпирических данных. Как следствие, ее достижение требует обращения к теоретическому анализу. Исторически сложившийся подход к экономическим проблемам, эмпирическое исследование которых невозможно или несостоятельно, заключается в создании математической модели исследуемого объекта и доказательстве экономически значимых утверждений (теорем) об ее свойствах. С появлением мощной вычислительной техники появилась альтернативная возможность – компьютерный эксперимент. Он полезен не только когда проверяемое свойство доказуемо как теорема, но и когда оно проявляется *не всегда*, причем указать точные условия его появления невозможно или затруднительно. Преимущество компьютерного эксперимента – большая свобода формулировок модели, отсутствие необходимости вписывать формализм в те рамки, в которых интересующие исследователя утверждения доказуемы дедуктивно.

Компьютерный эксперимент давно нашел применение в прикладных системно-аналитических исследованиях, в особенности в отношении сложных систем. Различные его аспекты получили развитие в научных школах Дж. Форрестера [17], В.Л. Макарова [3], Дж. Хардакера [20] и др.

В эмпирических исследованиях для компьютерного эксперимента требуется основанное на эмпирических данных (возможно, опосредованно) распределение вероятностей неопределенных параметров модели [4, с. 210]. Исследование, представленное в данной статье, направлено на получение теоретических результатов, и для этого случая автор предлагает иной принцип компьютерного эксперимента. Именно, пусть домен вектора параметров модели (не известный а priori) компактен и существуют те или иные основания, по которым можно указать компактное надмножество этого домена. Тогда свойства системы, не отклоняемые ни одним из заданного числа испытаний, в каждом из которых вектор параметров тем или иным образом выбирается из этого надмножества, *по индукции* распространяются на моделируемую систему. Система признается обладающей данными свойствами до тех пор, пока с увеличением числа проведенных испытаний не обнаружится

опровергающий исход (если такое вообще случится). Основания для такого принципа, связанные с ним трудности и ограничения подробно исследуются Б. Расселом [5, ч. 6, гл. 2].

Практическая реализация компьютерного эксперимента определяется способами выбора надмножества домена вектора параметров и отбора конкретных векторов из этого надмножества. Разработка таких способов – один из важных вопросов данной статьи.

### *Причины использования концепции равновесия в качестве теоретической основы модели*

В данном исследовании компьютерный эксперимент поставлен на математической модели растениеводства, включающей в себя субмодели рынков зерна, картофеля, прочей растениеводческой продукции и субмодели аграрной политики для каждой из трех областей. Эти 12 субмоделей образуют единую задачу математического программирования, причем условия субмоделей рынков входят в субмодели политики. Модель решается поочередно для каждого вектора неопределенных параметров, предусмотренного сценарием компьютерного эксперимента. О разработке сценария говорится в п. 3.

Модель базируется на представлении о том, что моделируемая система действует в условиях хозяйственной свободы и реагирует на изменения внешней среды, обусловленные проводимой аграрной политикой. Политикам, по предположению, известно влияние применяемых политических инструментов на эту среду и, через ее посредство, на производство и спрос. Пользуясь этим знанием, политики выбирают программу применения политических инструментов, направленную на достижение заданной цели. В свою очередь, сельские предприниматели свободно выбирают производственную программу, наиболее выгодную для них в условиях действия инструментов, выбранных политиками. Таким образом, вопрос о возможности и целесообразности наращивания производства зерна и роль резерва неиспользуемых сельхозугодий в его решении изучаются в предположении *честной конкуренции между отраслями сельского хозяйства трех областей*, включая сюда конкуренцию за господдержку. Моделирование частичного равновесия формализует данное предположение.

Формализм, положенный в основу субмоделей рынков, аналогичен используемому в известных моделях Aglink [15], EPACIS [16] и др., предназначенных для анализа аграрной политики на национальном и наднациональном уровнях. Однако у него есть особенности, обусловленные стремлением обойтись, без ущерба экономическому содержанию, как можно меньшим числом параметров. В частности, не используется параметрическое представление функции предложения – определена лишь одна точка ее графика, а именно точка пересечения с кривой спроса. Далее, не отражены в явном виде внешняя торговля и взаимовлияние рынков различных продуктов. Животноводство в модель не включено во избежание моделирования производственных цепочек – обычной причины появления альтернативных решений в моделях частичного равновесия. Учтен эффект [12], известный в маркетинговых исследованиях как «инерция спроса»: если цена падает ниже начальной и при этом возрастает спрос, привлекая к данному продукту новых потребителей, то в последующий период спрос остается на возросшем уровне в сравнении с исходным даже при возвращении к начальной цене, тем самым отражая изменившееся поведение покупателей. Таким образом, понятие «функция спроса» ниже подразумевает функцию, зависящую от *двух независимых переменных*:

*текущей* цены и *предшествующего* объема продаж. Наконец, субмодель рынков предусматривает интерфейс (через соответствующие переменные) с субмоделью политики.

### *Обоснование субмоделей политики*

Согласно Государственной программе [1], цель «обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации с учетом экономической и территориальной доступности продукции агропромышленного комплекса» выражается индексом производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в сопоставимых ценах. Положим, что политическая воля к наращиванию объемных показателей производства сельхозпродукции, аргументируемая соображениями продовольственной безопасности, сохранится в будущем. Это естественный результат лоббистских усилий предпринимательского сообщества, ориентированного на рыночную экспансию. Научные основания выбора предпринимателями такой стратегии изложены в классическом труде У. Баумоля [11].

Именно такая направленность политического курса заложена в субмоделях политики: они максимизируют выручку от продаж продукции растениеводства (включая прямые субсидии). Множество их допустимых решений определяется тремя группами ограничений. Первые две относятся непосредственно к политике: ограничения на общий объем финансирования всех политических инструментов для каждого года модельного времени и сценарные ограничения на ставку импортного тарифа. Третья группа ограничений – это уравнения субмоделей рынков продукции растениеводства. Их присутствие определяет принципиальное условие применения политики: полную хозяйственную самостоятельность продавцов и покупателей в принятии решений о ценах и объемах продаж. Заключение сделок возможно только на началах взаимной выгоды. Политики лишены возможности принудить участников рынка действовать вопреки собственным интересам.

Вместо стоимости продукции в сопоставимых ценах, о которой идет речь в госпрограмме [1], субмодели политики максимизируют стоимость продукции в ценах продавца (включающих субсидии). Эта замена объясняется тремя соображениями. Во-первых, обычным доводом в пользу применения сопоставимых цен служит ошибка измерения, проистекающая из возможности роста выручки при сокращении объемов производства. Однако домен вектора параметров модели не может содержать векторы, при которых такое возможно: в таких случаях модель просто не имела бы решения. Во-вторых, во избежание нарастания хозяйственных диспропорций из-за недостаточной адаптивности политики сопоставимые цены необходимо время от времени пересматривать. Модель, охватывающая четверть века, не может оперировать ценами, заданными раз и навсегда, не искажая реальное положение дел. В-третьих, выбор конкретного вектора сопоставимых цен уязвим для критики, поскольку ведет к неравенству условий хозяйствования в разных отраслях и даже может быть предметом манипуляций для достижения лоббистских целей. Так, если выбрать в качестве сопоставимых цены года, когда зерно стоит дорого, его производители получают больше политических предпочтений, чем в ином случае, поскольку вклад зерна в критерий результативности политики будет считаться особенно весомым.

Субмодели политики оперируют следующими политическими инструментами: поддержкой научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИ-ОКР), поддержкой институциональных улучшений; поддержкой совершенствования управления рисками; прямыми субсидиями; импортными тарифами. Первые три

инструмента относятся к зеленой корзине ВТО, четвертый – к желтой. Представлены аргументы в пользу актуальности поддержки НИОКР [19]; в пользу поддержки институционального развития [23, 28, 22]; поддержки совершенствования управления рисками сельского хозяйства [13]; импортных тарифов [22]. Особенность поддержки НИОКР – то, что средства на нее выделяются суммарно на все три области, а не на каждую в отдельности. Подразумевается, что импортные тарифы вводятся не только на продукцию растениеводства, но и на продукцию ее переработки.

Переменные модели политики влияют на модели рынков через сдвиги графика функции спроса  $D$  (заданной в явной форме) или функции предложения  $S$  (в явной форме не заданной). Меры поддержки НИОКР и улучшения управления рисками сдвигают «невидимую»  $S$  (а значит, и «видимую» точку ее пересечения с  $D$ ) вправо, напрямую экономя производственные затраты (далее ПЗ). Сверх того, финансирование НИОКР приводит к росту урожайности (по логистическому закону), вследствие чего возникают два косвенных эффекта, каждый из которых дополнительно сдвигает  $S$  в том же направлении. Во-первых, сокращается условно-постоянная часть ПЗ в расчете на единицу продукции. Во-вторых, из-за меньшей потребности в пашне снижается норма земельной ренты. Поддержка институциональных изменений сдвигает (также вправо) «видимую»  $D$ : лучшие институты позволяют захватить большую долю рынка. Из-за прямых субсидий возникает разница между ПЗ и рыночной стоимостью: производители могут позволить себе превышение ПЗ над ценой реализации, не неся убытков. Помимо этого, благодаря прямым субсидиям несколько возрастает урожайность, так как реже нарушается технология производства из-за нехватки ликвидности. Следствие роста урожайности – косвенные эффекты, аналогичные сопутствующим поддержке НИОКР. У импортных тарифов есть два противоположных эффекта. Их введение, во-первых, создает преференции на отечественном рынке и сдвигает  $D$  вправо (эффект импортозамещения); во-вторых, вызывает рост ПЗ из-за ослабления мотивации к их экономии. Этот эффект выражается сдвигом  $S$  вверх.

Эффекты от поддержки НИОКР и институциональных улучшений накапливаются с течением времени. Эффекты прямых субсидий, тарифов и поддержки управления рисками проявляются одномоментно. В отсутствие политических воздействий на протяжении всего модельного времени  $S$  и  $D$  неизменны, точка равновесия не меняет своего положения, траектории всех переменных модели горизонтальны – это отличие модели от реальности обсуждается в п. 5.

### *Математическое представление модели*

#### *Множества*

$I \ni i$  – культуры: зерновые, картофель, прочая продукция растениеводства.

$J \ni j$  – области: Калужская, Тульская, Рязанская.

$(T \ni t) = [-19; 50] \cap \mathbb{Z}$  – годы моделируемого периода.

$T_1 = [1; 50] \cap \mathbb{Z}$  – годы исследуемой перспективы (с 1 по 25) и постпрогнозного периода (с 26 по 50).

#### *Неопределенные параметры*

$\alpha_S$  – влияние поддержки НИОКР на выход товарной продукции с единицы площади посевов.

$\alpha_C$  – влияние на поддержки НИОКР на производственные затраты.

$\alpha_A$  – влияние прямых субсидий на выход товарной продукции с единицы площади посевов.

$\alpha_R$  – влияние поддержки улучшения управления рисками на производственные затраты.

$\alpha_1$  – влияние поддержки институциональных улучшений на спрос.

$\alpha_{Qi}$  – влияние импортного тарифа на продукцию культуры  $i$  на спрос.

$\alpha_{Ti}$  – влияние импортного тарифа на производственные затраты.

$\alpha_M$  – влияние цены на спрос.

$\alpha_Z$  – влияние роста площади посевов на производственные затраты (параметр роста земельной ренты).

$\alpha = \alpha_S, \alpha_C, \alpha_A, \alpha_R, \alpha_1, \alpha_{Qi}, \alpha_{Ti}, \alpha_M, \alpha_Z.$

#### *Детерминированные параметры*

$l_S$  – лаг влияния поддержки НИОКР на выход товарной продукции с единицы площади (лет).

$l_C$  – лаг влияния поддержки НИОКР на производственные затраты (лет).

$l_A$  – лаг влияния прямых субсидий на выход товарной продукции с единицы площади (лет).

$l_R$  – лаг влияния поддержки улучшения управления рисками на производственные затраты (лет).

$l_1$  – лаг влияния поддержки институциональных улучшений на спрос (лет).

$l_Q$  – лаг влияния импортного тарифа на спрос (лет).

$l_T$  – лаг влияния импортного тарифа на производственные затраты (лет).

$l_M$  – лаг влияния цены на спрос (лет).

$s_{ij0}$  – исходная посевная площадь под культурой  $i$  в области  $j$ , тыс. га.

$y_{ij0}$  – исходный выход товарной продукции с 1 га, т или тыс. руб.

$y_i$  – биологический предел продуктивности культур, т/га или тыс. руб./га.

$c_{ij0}$  – исходные производственные затраты, тыс. руб./т или руб./руб.

$m_0$  – максимальный объем финансирования господдержки, млн руб. в год.

$\alpha_{Uj}$  – максимальная площадь пашни в субъекте федерации  $j$ , тыс. га.

$\alpha_{Yi}$  – процент издержек, зависящих от посевной площади (условно-постоянных) в производственных затратах.

$q_0$  – максимальный импортный тариф, %.

$r$  – норма дисконтирования, %.

#### *Переменные моделей рынков*

$s_{ijt} \geq 0$  – посевная площадь, тыс. га.

$y_{ijt} \geq 0$  – выход товарной продукции с 1 га, т или тыс. руб.

$c_{ijt} \geq 0$  – производственные затраты, тыс. руб./т или руб./руб.

$p_{ijt} \geq 0$  – цена покупателя, тыс. руб./т, или руб./руб.

#### *Переменные модели политики*

$m_{Sit} \geq 0$  – поддержка НИОКР, млн руб.

$m_{Aijt} \geq 0$  – прямые субсидии, млн руб.

$m_{Rijt} \geq 0$  – затраты на улучшение управления рисками, млн руб.

$m_{1ijt} \geq 0$  – затраты на институциональные улучшения, млн руб.

$q_{ijt} \geq 0$  – импортный тариф, %.

Основная модель

1. Выход товарной продукции с единицы площади, тыс. т или млн руб.:

$$y_{ijt} = \frac{y_i}{1 + \left( \frac{y_i - y_{ijt-1}}{y_{ijt-1}} \right) \cdot e^{-\alpha_S \cdot m_{Sijt-l_S} - \alpha_A \cdot \frac{m_{Aijt-l_A}}{s_{ijt-1}}}}, \quad i \in I, j \in J, t \in T_1.$$

2. Уравнение спроса, тыс. т или млн руб.:

$$y_{ijt} \cdot s_{ijt} = (y_{ijt-1} \cdot s_{ijt-1})^{\rho \cdot \nu \cdot \varphi}, \quad i \in I, j \in J, t \in T_1.$$

$$\rho = 1 + \frac{\alpha_1 \cdot m_{ijl-1}}{y_{ijt-1} \cdot s_{ijt-1}}$$

$$\nu = 1 + \alpha_{Qi} \cdot (q_{ijt-l_Q} - q_{ijt-l_Q-1}).$$

$$\varphi = 1 - \alpha_M \cdot \left( \frac{p_{ijt-l_M}}{p_{ij0}} - 1 \right).$$

3. Уравнение предельных затрат, тыс. руб./т или руб./руб.:

$$c_{ijt} = \zeta \cdot c_{ijt-1}^{\eta \cdot \theta \cdot \kappa \cdot \nu}, \quad i \in I, j \in J, t \in T_1.$$

$$\zeta = \frac{\alpha_{Yi} \cdot y_{ij0} + (100 - \alpha_{Yi}) \cdot y_{ijt}}{y_{ijt}} \times \frac{y_{ijt-1}}{\alpha_{Yi} \cdot y_{ij0} + (100 - \alpha_{Yi}) \cdot y_{ijt-1}}.$$

$$\eta = 1 - \alpha_C \cdot m_{Sijt-l_S}.$$

$$\theta = 1 - \alpha_R \cdot (m_{Rijt-l_R} - m_{Rijt-l_R-1}).$$

$$\kappa = 1 + \alpha_{Ti} \cdot (q_{ijt-l_T} - q_{ijt-l_T-1}).$$

$$\nu = 1 + \alpha_Z \cdot \left( \frac{\sum_{h \in J} s_{hjt}}{\sum_{h \in J} s_{hjt-1}} - 1 \right).$$

4. Потенциал роста посевных площадей, тыс. га:

$$\sum_{i \in I} s_{ijt} \leq \alpha_{Uj}, \quad j \in J, t \in T_1.$$

5. Условие равновесия, тыс. руб./т или руб./руб.:

$$c_{ijt} = p_{ijt} + \frac{m_{Aijt}}{y_{ijt} \cdot s_{ijt}}, \quad i \in I, j \in J, t \in T.$$



6. Условия предпрогнозного периода:

$$s_{ijt} = s_{ij0}, \quad y_{ijt} = y_{ij0}, \quad c_{ijt} = c_{ij0}, \quad i \in I, j \in J, t \in T \setminus T_1.$$

*Модель политики*

7. Целевая функция, млн руб.:

$$\frac{\sum_{t \in T_1} \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{-t} \cdot \left(\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} s_{ijt} \cdot y_{ijt} \cdot c_{ijt}\right)}{1000} \rightarrow \max$$

8. Объем финансирования аграрной политики в течение года, млн руб.:

$$\sum_{j \in J} \sum_{i \in I} (m_{Aijt} + m_{Rijt} + m_{Lijt}) + \sum_{i \in I} (m_{Sit}) \leq m_0, \quad t \in T$$

9. максимальный импортный тариф, %:

$$q_{ijt} \leq q_0, \quad i \in I, j \in J, t \in T$$

### **Исходные данные и сценарные условия**

По данным сельскохозяйственных организаций за 2015 г. [2], их пашня целиком задействована в Калужской области; в Тульской 11,4% их пашни не используется (72,4 тыс. га); в Рязанской не используется 20,1% (180,6 тыс. га). За пределами сельхозорганизаций также имеются неиспользуемые земли, пригодные к обработке. В частности, в 2012 г. в государственном запасе числилось 57,4 тыс. га сельхозугодий в Калужской области, 58,3 тыс. га в Рязанской области и 136,9 тыс. га в Тульской области [2].

Для задания начальной точки моделируемой траектории развития (табл. 1) использованы фактические данные сельхозорганизаций за 2015 г. по зерну, картофелю и прочей продукции растениеводства [2]: посевная площадь, тыс. га; объем реализации продукции, тыс. т (кроме прочей продукции растениеводства); выручка от продажи, млн руб. По этим данным рассчитываются средняя цена реализации (выручка, отнесенная к продажам) и выход товарной продукции с 1 га. ПЗ принимаются равными средней цене реализации, увеличенной на  $m_{Aij0}$ , как рекомендовано в [9]. Для категории «прочая продукция растениеводства» цены заменены индексами цен к 2015 г. По зерновым и картофелю экспорт преобладает над импортом, в связи с чем импортные тарифы в модели вводятся только на прочую продукцию растениеводства.

Представленные в табл. 1 параметры условно-постоянных затрат для зерна и картофеля взяты из [7] и считаются достоверными. Супремумы урожайности должны соответствовать биологическому пределу продуктивности культур. Для зерна и картофеля они аппроксимируются данными о самой высокой на планете урожайности, достигнутой в условиях коммерческого производства.

Значение параметра  $\alpha_{Uj}$  в табл. 1 основано на вышеприведенных оценках неиспользуемых площадей и сценарном предположении, согласно которому эти площади можно увеличить еще на 20%, переводя в категорию сельхозугодий некоторые земли из других категорий (вырубка малоценных лесов, осушение болот и т.п.).

Параметры, определяющие влияние политических решений на спрос и предложение, ненаблюдаемые. Они не поддаются статистическому оцениванию – для них характерна «природная неопределенность» [4, с. 40], представлением которой

служит множество неопределенности, обозначенное в том же источнике символом  $G_\alpha$ . Это множество отождествляется с доменом вектора  $\alpha$ . Отыщем некоторое надмножество  $G_\alpha$  этого домена.

Таблица 1

**Показатели растениеводства исследуемых областей при  $t \leq 0$   
(по данным 2015 г.) и сценарные параметры модели**

Параметры	Калужская область			Тульская область			Рязанская область		
	зерновые	картофель	прочие	зерновые	картофель	прочие	зерновые	картофель	прочие
$s_{j0}$ , тыс. га	82,9	21,7	233,8	527,7	49,7	203,4	545,4	25,7	287,7
$y_{j0}$ , т/га	2,005	13,381	4,33 <sup>*</sup>	2,369	14,346	19,88 <sup>*</sup>	2,249	12,828	14,221 <sup>*</sup>
$c_{j0}$ , тыс.руб/т	5,088	8,3	×	7,381	8,3	×	6,368	8,3	×
$y_i$ , т/га	16,519	88	4 <sup>+</sup>	16,519	88	4 <sup>+</sup>	16,519	88	4 <sup>+</sup>
$\alpha_{yi}$ , %	71,5	63,0	75,0 <sup>+</sup>	71,5	63,0	75,0 <sup>+</sup>	71,5	63,0	75,0 <sup>+</sup>
$q_0$ , %	×	×	25,0 <sup>+</sup>	×	×	25,0 <sup>+</sup>	×	×	25,0 <sup>+</sup>
$\alpha_{Uj}$ , тыс. га	407,28			1031,96			1145,48		

\* Тыс. руб./га;

<sup>†</sup> Коэффициент роста выручки с 1 га к факту;

<sup>+</sup> Сценарное значение;

Математические обозначения поясняются в п. 2.4.

Источник: расчеты автора, основанные на данных за 2015 год, полученных из ЕМИСС [2], Госкомзема [7], Википедии [25]; Книги рекордов Гиннеса [18].

Неопределенные параметры нашей модели используются при вычислении показателей степеней экспоненциальных зависимостей в уравнениях моделей рынков. Об этих зависимостях достоверно известно следующее:

- знак первой производной;
- если первая производная положительна, то показатель степени не может превысить 2: по причинам, имеющим физическую природу, зависимые переменные модели не могут расти быстрее квадрата влияющих переменных.

Упомянутые показатели степеней – это суммы или разности единицы и влияющих переменных, умноженных на параметры. Эти произведения заведомо не превосходят 1: те из них, к которым прибавляется единица, должны давать величину не более 2, а те, которые вычитаются из единицы, – не менее 0. Возможные значения влияющих переменных поддаются оценке с точностью до порядка. Отсюда можно получить надмножество домена параметра при переменной  $x$ : ноль можно обоснованно принять в качестве его нижней границы, а в качестве верхней – величину

$\inf \left\{ a \mid a \geq \frac{1}{x}; \log_{10} a \in \mathbb{Z} \right\}$ , где  $\hat{x}$  – любое задокументированное значение переменной  $x$ , кроме экстремальных (стоимостные переменные должны быть предварительно приведены к ценам 2015 г.). Испытание модели с вектором  $\alpha$ , случайно выбранным

из  $\overline{G_\alpha}$  может дать результат, не реализуемый в реальности, но не наоборот. Если какая-либо траектория возможна в реальности (при соблюдении предпосылок модели), то она возможна и в испытании модели с подходящим вектором  $\alpha \in \overline{G_\alpha}$ .

Модальное значение каждого параметра первоначально примем равным  $\inf \left\{ a \mid a \geq \frac{1}{x} - 1; \log_{10} a \in \mathbb{Z} \right\}$ . Это допущение, вообще говоря, произвольно; но оно влияет не на охват моделью существующего «пространства возможностей» (который зависит лишь от выбора верхней и нижней границ), а только на большую частоту выбора в компьютерном эксперименте значений неопределенных параметров, близких к модальным. Модальные значения фокусируют интерес исследователя на близких к ним значениях в пределах  $\overline{G_\alpha}$ , но не исключают из эксперимента любой иной  $\alpha \in \overline{G_\alpha}$ .

На следующем этапе  $\overline{G_\alpha}$  можно переопределить с целью сужения, проведя испытания модели с векторами  $\alpha$ , выбранными из первоначального  $\overline{G_\alpha}$  на основе равномерного распределения вероятностей. Сигналами о необходимости переопределения служат: несовместность системы ограничений модели; вычислительные ошибки при ее решении; траектории эволюции моделируемой системы, заведомо противоречащие ее достоверно известным свойствам. При появлении таких сигналов выявляем вызвавшие их параметры, после чего множество  $\overline{G_\alpha}$  соответствующим образом переопределяется. В итоге  $\overline{G_\alpha}$  представляет собой гиперпараллелепипед, определяемый столбцами «минимум» и «максимум» (табл. 2), за исключением двух последних строк, где представлены параметры, связанные сценарными условиями компьютерного эксперимента.

После переопределения надмножества  $\overline{G_\alpha}$  производится калибровка модальных значений исходя из принципа увеличения дисперсии важнейших переменных модели: объем продаж каждой культуры, посевная площадь, финансирование каждого политического инструмента. Нет практической пользы в отыскании точного экстремума калибровочной задачи: если ни удвоение моды, ни ее деление на два не дают приращения дисперсии, калибровку можно считать завершенной. Изменение модального значения может противоречиво влиять на дисперсию разных переменных, но в данном исследовании такого не происходило.

Вышеописанный прием задает три точки (наименьшее, модальное и наибольшее значения) для каждого неопределенного параметра. Эти точки вкупе с предположением, контролирующим дисперсию, определяют одномерное  $\beta$ -распределение вероятностей значений каждого компонента вектора  $\alpha$ . Дисперсия служит мерой заинтересованности исследователя в свойствах, проявляемых моделируемой системой вблизи модального значения: чем выше дисперсия, тем меньше испытаний окажется вблизи моды. В данном исследовании дисперсия контролируется условием  $a + b = 10$ , где  $a$  и  $b$  – параметры бета-распределения.

Полученные  $\beta$ -распределения (табл. 2) используются для генерации выборочной совокупности для компьютерного эксперимента: в соответствии с ними для каждого испытания из  $\overline{G_\alpha}$  случайно выбирается вектор  $\alpha$ . Вместе с ним аналогичным образом из сценарного распределения параметров  $m_0$  и  $r$  выбираются их конкретные значения для того же испытания. В данном исследовании выполнено 254 испытания. Это количество обеспечивает приемлемую репрезентативность: на один неопределенный параметр из 11 имеющихся (которые считаются распределенными независимо один от другого) приходится более 20 испытаний. Дальнейшее увеличение числа испытаний (на 1–2 порядка) не сопряжено с трудностями, за исключением связанных с графическим отображением результатов.

**Исходные данные модели неопределенности и лаги влияния факторов  
на переменные основной модели**

Параметры	Минимум	Мода	Максимум	Параметры $\beta$ -распределения	Лаг*
$\alpha_S$	0	$10^{-5}$	$10^{-4}$	1,8; 8,2	15
$\alpha_C$	0	$2 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4}$	2,6; 7,4	10
$\alpha_A$	0	$2 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4}$	2,6; 7,4	3
$\alpha_R$	0	$2 \cdot 10^{-5}$	$10^{-4}$	2,6; 7,4	3
$\alpha_I$	0	$10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	2,6; 7,4	5
$\alpha_Q$	0	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	1,8; 8,2	1
$\alpha_T$	0	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	1,8; 8,2	2
$\alpha_M$	0,1	0,3	1	2,8; 7,2	0
$\alpha_Z$	0	2	10	2,6; 7,4	×
$m_0$	0	300*	1500*	2,6; 7,4	×
$r$ (%)	0	5*	10*	5,0; 5,0	×

\* Сценарное значение

Математические обозначения поясняются в п. 2.4.

Источник: калибровка с помощью модели, сформулированной в п. 2.4.

Представленные в табл. 2 лаги – задержки влияния фактора на зависимую переменную – в данной версии модели считаются детерминированными, а их конкретные значения принимаются в качестве сценарных условий.

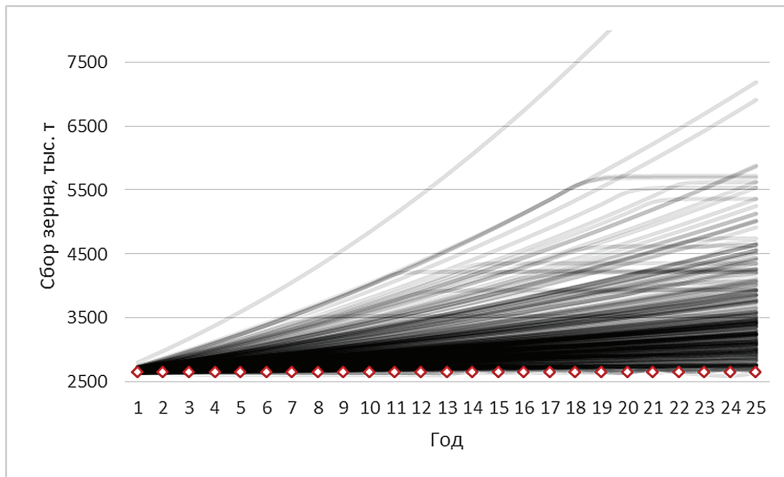
Моделируемый период охватывает 65 моментов времени (лет), имеющих номера от –14 до 50. Годы с –14 до 0 (включительно) считаются *периодом предыстории*, когда использование инструментов аграрной политики уже возможно, но объем продаж зафиксирован на фактическом (начальном) уровне. Начиная с года 1 могут проявить себя результаты аграрной политики. Интересующий нас отрезок траектории поведения моделируемой системы – *исследуемая перспектива* – относится к годам с 1 по 25. *Постпрогнозный период* с 26 по 50 годы модельного времени предназначен для предотвращения влияния граничных эффектов на исследуемую перспективу.

## Результаты

### *Динамика объемов продаж*

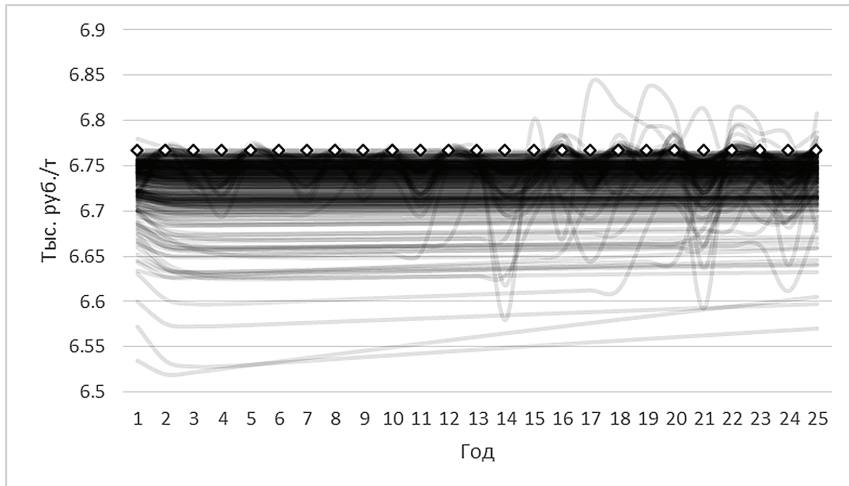
На рис. 1 представлены 254 траектории объемов продаж зерна. Чем темнее какой-либо участок на графике, тем больше различных траекторий, отвечающих оптимальным политикам при разных случайных условиях, проходит через этот участок.

Маркерами в форме ромба отмечена базовая траектория, которая предполагает сохранение переменных модели на уровне факта 2015 г.



**Рис. 1.** Варианты динамики продаж зерна

Среди этих траекторий обнаружилось лишь две такие, на которых производство зерна в отдельные годы оказывается меньше, чем в году 0, причем только на одной такое наблюдается в 25-м году (снижение менее чем на 0,1%). Наибольшее сокращение к начальному значению, достигающее 1,90%, наблюдается на той же траектории годом раньше. На графике эти отрицательные отклонения неразличимы. Остальные траектории демонстрируют устойчивый рост продаж, различающийся темпами и в ряде случаев достигающий насыщения в границах исследуемой перспективы. Моменты насыщения различны для разных траекторий. Для части траекторий характерна слабая периодичность с амплитудой, не различимой на графике.



**Рис. 2.** Варианты динамики цены зерна, уплачиваемой покупателем

Главным фактором роста продаж является снижение цены, оплачиваемой покупателем. Согласно рис. 2, лишь в редких случаях цены на стороне покупателя (которые ниже цены продавца на величину прямых субсидий) превосходят уровень

начального периода. Снижение цен – результат научно-технического прогресса, стимулируемого поддержкой НИОКР. В отдельных случаях возможен рост цен покупателя к первоначальным, не превосходящий (в границах эксперимента) 1,08%. Такое всегда происходит по достижении существенного прироста продаж, так что рост цен, за редкими исключениями, описанными выше, не приводит к падению объемов продаж ниже первоначальной величины. Это как раз те случаи, когда оказывается выгодным эксплуатировать эффект «инерции спроса», описанный в п. 2.2.

Продажи картофеля не сокращаются ни при одном испытании. При четырех испытаниях они растут экстремальными темпами, превосходя 5 млн т к концу исследуемой перспективы. Ниже мы вернемся к обсуждению этих испытаний. Те два испытания, при которых возможно падение продаж зерна ниже начального уровня, входят в число этих четырех.

Продажи прочей продукции проявляют, как правило, хорошо выраженную периодическую динамику. Этот рынок, согласно предположениям модели, допускает тарифную защиту, так как значительная часть прочей продукции либо сама конкурирует с импортом (фрукты, овощи, ягоды), либо используется при производстве конечной продукции, конкурирующей с импортом. Импортные тарифы оказываются выгодным то вводить, то отменять: в периоды их отмены под давлением конкуренции снижается себестоимость, в результате чего во время их действия продавцы хорошо зарабатывают на импортозамещении при высокой марже. С течением времени маржа сокращается, и тарифы отменяются, давая возможность снова ее повысить.

Материал данного параграфа приводит к следующим **выводам**. Во-первых, компьютерный эксперимент не отклоняет возможность сокращения объемов продаж зерна, несмотря на наличие свободных земельных угодий, но отклоняет возможность сокращения этих объемов более чем на 2%. При выбранных сценарных условиях сокращение объемов продаж маловероятно. Во-вторых, отклонена возможность сокращения продаж картофеля. В-третьих, установлено свойство моделируемой системы, заключающееся в периодической смене режима тарифной защиты рынка прочей продукции растениеводства или рынков, связанных с ним по технологической цепочке.

### *1.1. Динамика посевных площадей при оптимальной политике*

На графике, приведенном на рис. 3, представлены траектории посевных площадей *зерновых* в условиях политики, наиболее благоприятной для рыночной экспансии, для каждого из 254 испытаний. График допускает двоякую интерпретацию. Во-первых, он характеризует «пространство возможностей», покрываемое какими-либо траекториями площадей. В этом отношении он, например, дает информацию о том, что посевные площади зерновых культур в трех областях не окажутся меньше 1,1 млн га и не превысят 1,75 млн га; что вероятен рост площади посевов зерна в исследуемой перспективе, но он не обязательно продолжится в течение всего четвертьвекового периода; что площадь посевов зерна может быть подвержена колебаниям, близким к циклическим, при сохранении общего повышательного тренда. Во-вторых, он дает информацию о распределении вероятностей площадей посевов в каждый год отображенного периода, но лишь в связи с принятием параметров  $\beta$ -распределений неопределенных параметров модели (представленных в табл. 2) как сценарных условий – возможных, но отнюдь не достоверных. При их изменении мы обнаружим, что траектории лежат примерно в тех же границах, что и прежде, но раскраска координатной плоскости станет иной: в одних областях более плотной, в других менее.

Несмотря на потенциал роста выхода товарной продукции с единицы площади, связанный поддержкой НИОКР и положительным влиянием прямых субсидий

на соблюдение технологий, *устойчивое сокращение площадей посевов зерна* при предполагаемой в данном исследовании направленности аграрной политики *остаётся за границами «пространства возможностей»*. Из числа траекторий, представленных на графике, обнаруживается всего две, на которых площадь под зерновыми в некоторые годы оказывается меньше первоначальной. Вместе с тем *сколько-нибудь значительный рост площади посевов не является необходимым*, а те выводы, которые мы можем сделать о его вероятности, уже связаны с выбором распределений вероятностей неопределённых параметров. Если остановиться на сделанном выборе, то чем меньше прирост площадей под зерном, тем он вероятнее.

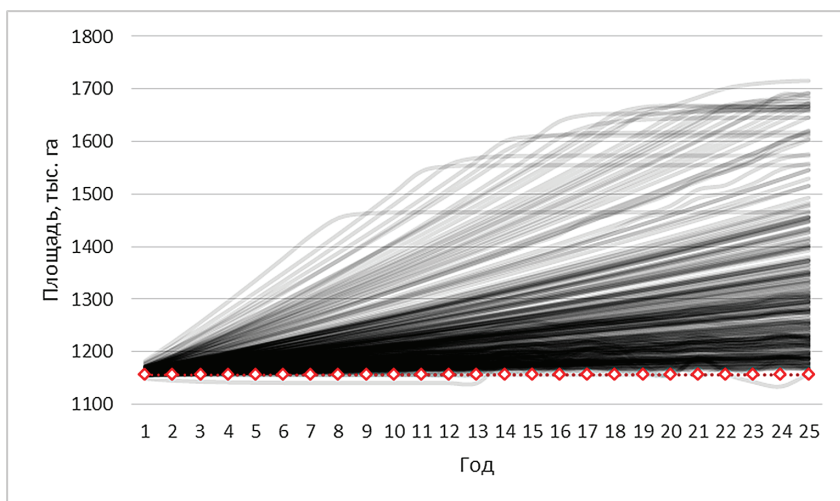


Рис. 3. Варианты динамики посевной площади под зерновыми культурами

Таблица 3

**Процент траекторий, для которых процент прироста площади посевов зерновых к указанному году не превосходит указанного значения**

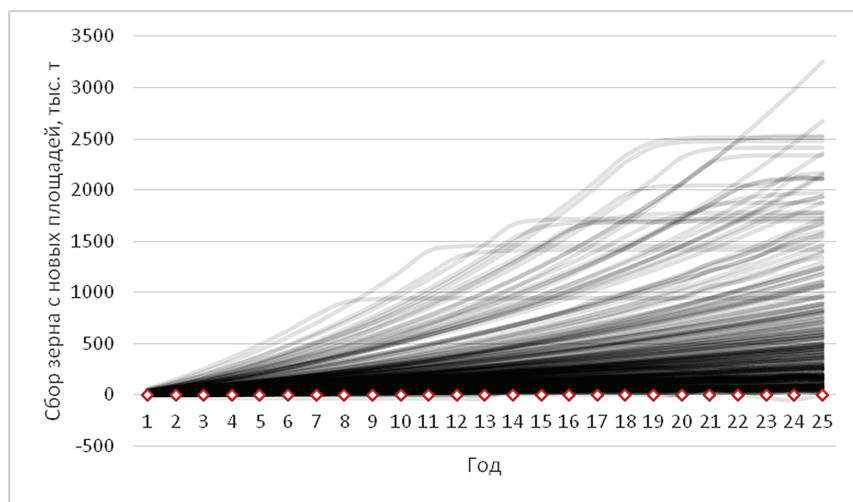
Пороговый процент прироста площади посевов	Годы				
	5	10	15	20	25
1%	56,7	8,7	2,0	2,4	1,2
3%	79,9	36,2	22,8	17,3	13,0
5%	89,0	56,7	38,2	30,3	23,6
10%	98,4	84,6	68,1	55,1	44,1
25%	100	98,4	91,7	86,6	79,9

Во многих случаях достигаемый рост площадей под зерновыми сравнительно невелик: см. табл. 3. Каждая восьмая траектория не достигает к концу расчетного периода даже трехпроцентного прироста посевных площадей под зерном; почти каждая четвертая – пятипроцентного; почти половина траекторий – десятипроцентного. В то же время примерно каждая пятая траектория обеспечивает прирост

посевных площадей под зерном, превосходящий 25% (289 тыс. га). Эта площадь почти равна оценке суммарной площади всех неиспользуемых сельхозугодий Рязанской (238,9 тыс. га) и Калужской (57,4 тыс. га) областей. Вышеуказанные доли обусловлены предположениями о распределениях неопределенных параметров и при выборе других распределений могут быть иными.

Вклад площадей пашни, вовлеченных под зерновые культуры, в суммарный объем продаж зерна представлен на рис. 4. К концу исследуемой перспективы он положителен на всех траекториях, на половине траекторий превосходит 385 тыс. т, на 90% траекторий превышает 75 тыс. т.

С культурами, конкурирующими с зерном, дело обстоит следующим образом. Площадь пашни под *картофелем* в большинстве случаев не подвержена влиянию со стороны оптимальной аграрной политики. Лишь в немногих сценариях эта культура дает заметный положительный вклад в динамику площадей. Среди траекторий площади под картофелем имеется четыре экстремальных, на которых рост к концу исследуемой перспективы превосходит 2,5 раза. Такое возможно лишь при решающих конкурентных преимуществах по издержкам производства как перед зарубежными странами, так и перед другими регионами России, сформировавшихся благодаря инновациям, уникальным образом приспособленным к местным условиям, в сочетании с благоприятным неконтролируемым фактором – низкой земельной рентой. Такая возможность в принципе существует, но она крайне маловероятна. Более вероятным представляется иное объяснение: векторы неопределенных параметров, при которых получены эти траектории, принадлежат множеству  $G_\alpha$ , но не принадлежат  $G_\alpha$ .



**Рис. 4.** Варианты динамики валового сбора зерна с площадей, вовлеченных в производство в течение исследуемой перспективы

Во всех остальных случаях площадь под картофелем возрастает не более чем на 70%, причем рост более чем на 25% возможен лишь в 9 случаях. В 90,6% случаев этот рост не превосходит 1%, а в 84,6% случаев он отсутствует вовсе. Ни одно испытание не отклоняет предположение, согласно которому площадь картофеля не будет убывать в исследуемой перспективе – разумеется, при заложенной в модель экспансионистской аграрной политике.

Вклад *прочих культур* в динамику посевных площадей неоднозначен. Он, в зависимости от сценария и от связанного с ним варианта оптимальной аграрной

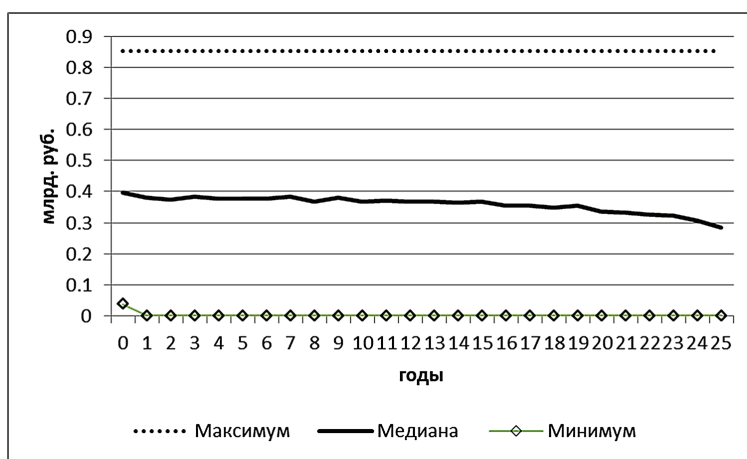


политики, может быть как положительным, так и отрицательным. 14,6% траекторий, представленных на графике, к концу исследуемой перспективы приводят к сокращению площади под этими культурами, которое, впрочем, лишь для одной траектории превосходит 4% и ни для одной не достигает 5%. 35,8% траекторий, представленных на графике, горизонтальны: площадь этих культур остается на уровне факта 2015 г. В остальных случаях наблюдается рост, не превосходящий 8%: он превышает 5% только на шести траекториях из 254. Характерной особенностью динамики изменения площади под этими культурами является выраженная цикличность, обусловленная периодическим обращением к протекционистским инструментам: прямым субсидиям и (или) импортным тарифам.

Итак, тот довольно ограниченный потенциал вовлечения неиспользуемых земель в производство, который имеется в исследуемых регионах, в решающей степени связан с развитием производства зерна, а не других культур.

### 1.2. Оптимальная программа использования инструментов аграрной политики

При 252 сочетаниях значений неопределенных параметров из 254 НИОКР получают господдержку на протяжении всего периода *предыстории*. Среднегодовая сумма, выделяемая на НИОКР в этот период, не превышает 851 млн руб. при медианном значении 398 млн руб. Минимальный ненулевой годовой объем поддержки науки за период  $T_1$  составляет 37,2 млн руб. На двух оставшихся траекториях средства на поддержку НИОКР не выделяются в году -3.



Примечание. Медианные значения зависят от сценарных предположений о распределениях вероятности неопределенных параметров.

**Рис. 5.** Динамика расходов на политику поддержки НИОКР

Графики, приведенные на рис. 5 и 6, отражают доминанту использования финансовых ресурсов для достижения заданной цели аграрной политики в пределах *исследуемой перспективы*. Этой доминантой также является поддержка НИОКР, но она уже не играет такой безусловной роли, как в период *предыстории*. При некоторых испытаниях, довольно редких, бывает выгодно перенаправить поддержку на другие инструменты (рис. 6). Альтернативой поддержке НИОКР в период  $T_1$  становятся прямые субсидии, эффект которых проявляется немедленно. С течением времени привлекательность альтернативных инструментов политики

возрастает, но в принятых сценарных условиях выгода поддержки НИОКР остается наиболее вероятной в течение всей исследуемой перспективы. На 11 траекториях из 254 наука совсем не получает поддержки в границах исследуемой перспективы.

Модель не предполагает, что финансирование НИОКР должно направляться в научные учреждения, расположенные именно в Калужской, Тульской и Рязанской областях. Подразумевается, что вследствие расходов на этот инструмент, осуществляемых во всероссийском масштабе, возможности расходования средств на остальные инструменты аграрной политики, применяемые в трех исследуемых областях, сокращаются на величину  $m_{Sit}$  (в обозначениях п. 2.4); но вместе с тем считается, что программа исследований, проводимых на сумму  $m_{Sit}$ , направлена на разработку сортов и технологий для условий данных трех областей. Это, согласно замыслу модели, обеспечит улучшение конкурентных позиций *местного* растениеводства, а также предупредит, хотя бы отчасти, возможность использования данных технологий конкурентами.

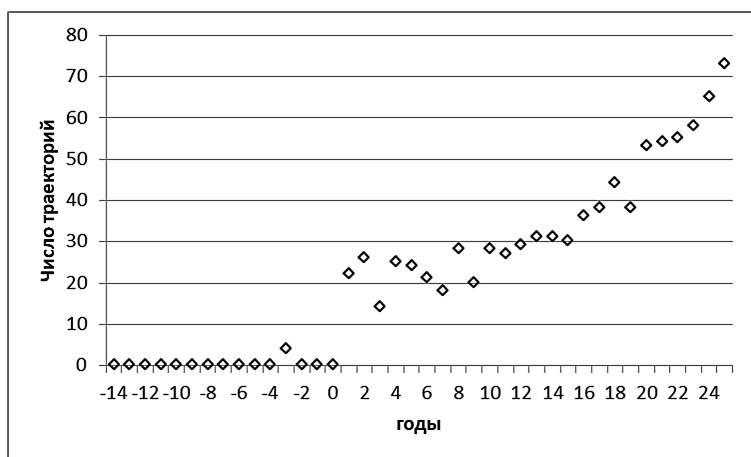
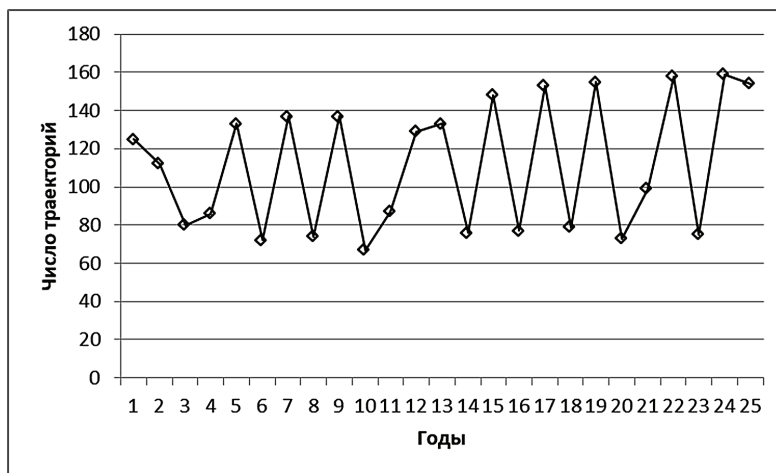


Рис. 6. Число траекторий, на которых финансируются инструменты политики, отличные от поддержки НИОКР

Прямые субсидии, позволяющие вывести продукцию на рынок по меньшим ценам без временного лага, не применяются в течение периода предьистории; однако начиная с периода 1 они находят применение, и чем меньше времени остается до завершения периода  $T_1$ , тем в большем числе сценариев происходит переключение политики с поддержки НИОКР на прямые субсидии. Однако даже при  $t = 25$  среди 254 траекторий прямые субсидии применяются лишь в 58 случаях (при  $t = 1$  в 17 случаях). Поддержка улучшения управления рисками впервые применяется еще при  $t = -3$ . Такое, однако, происходит только на трех траекториях из 254 (включая те две, на которых в этом периоде отсутствует поддержка НИОКР). Далее вплоть до  $t = 17$  этот инструмент не применяется вовсе, после чего у него вновь могут появляться конкурентные преимущества перед предыдущими двумя видами поддержки – правда, лишь на двух траекториях, на каждой из которых эта политика ранее оправдывала себя в периоде  $t = -3$ . Поддержка институциональных изменений не применяется никогда.

Меры по тарифной защите рынка, несмотря на их негативное влияние (через ПЗ) на конкурентоспособность продукции, часто оказываются эффективными (рис. 7). Одна из особенностей этого инструмента (отчасти характерная также для

прямых субсидий) заключается в целесообразности его *периодического* применения, что позволяет уменьшить негативное влияние. Импортные тарифы позволяют продвинуть продукцию на рынки немедленно в момент их применения, тогда как отрицательные эффекты проявляют себя по истечении нескольких лет применения инструмента. В периоды, когда этот инструмент не применяется, вызванный им рост ПЗ прекращается, кривая предложения смещается вправо, и чтобы наилучшим образом использовать этот эффект, становится целесообразно вновь ввести тариф, смещающий в том же направлении кривую спроса (эффект импортозамещения).



**Рис. 7.** Число траекторий, на которых в соответствующем году применяются импортные тарифы

Итак, моделирование показывает, что *государственная политика должна быть, как правило, устроена таким образом, чтобы направлять значительные финансовые ресурсы в сферу НИОКР*. Вывод согласуется с тем фактом, что страны, лидирующие в аграрной науке, в течение длительного времени сохраняют устойчивые конкурентные преимущества на международных рынках сельскохозяйственной продукции [10], невзирая на то, что их достижения быстро распространяются за пределы их национальных границ и активно внедряются за рубежом.

### Обсуждение

Модель, использованная в данном исследовании – а значит, и проистекающие из ее анализа выводы – уязвима для критики в связи с тем, что, не отвечает критерию Поппера (критерию фальсифицируемости) [24, с. 19]. Так, по мнению Л. Боланда, обстоит дело со всеми вычислимыми моделями равновесия [14, гл. 6]<sup>1</sup>. Он полагает, что основная причина такого положения дел – эндогенность параметров модели. Второе возражение против модели связано с вопросом о том, действительно ли модель отражает наиболее существенные зависимости, определяющие динамику продаж продукции растениеводства сельхозтоваропроизводителями исследуемой территории. Третье возражение: при моделировании

<sup>1</sup> Это, по-видимому, ведущая причина в числе тех, из-за которых обширная литература, основанная на применении вычислимых моделей равновесия, относится к прикладному анализу политики, тогда как среди академических публикаций такие работы встречаются редко.

длительных процессов концепция равновесия уязвима к аргументам Й. Шумпетера [8, с. 152–154]. Суть их состоит в том, что экономическое развитие сопряжено с эндогенными масштабными изменениями, которые меняют привычный ход экономических процессов и приводят к необходимости начинать поиск равновесия заново.

В отношении эндогенности параметров (а значит, нефальсифицируемости модели) следует указать на то, что это не свойство модели – это свойство предмета экономической науки. Избавиться от эндогенности можно, по-видимому, лишь на тех уровнях представления экономической реальности, где хозяйственная деятельность ограничивается фундаментальными законами физики. В остальных случаях подогнать предмет экономической науки под требования фальсифицируемости можно лишь ценой искажения самого предмета. Поэтому экономистам обычно приходится отказываться от одного из двух устремлений: либо к фальсифицируемости, либо к истине. В таких случаях часто выручает следующий принцип: если некоторое множество различных моделей (не поддающихся фальсификации, но хорошо обоснованных теоретически) приводит к одному и тому же выводу и притом не находится моделей, отрицающих этот вывод, то такой вывод следует признать достоверным (пока не найдется опровергающая модель). Вопрос о том, какая из моделей, приводящих к этому выводу, «правильнее», в таком случае признается неконструктивным.

Такой подход оказывается подходящим контраргументом не только первому, но и второму возражению. Чтобы оно имело вес, необходимо представить альтернативную модель, выводы которой несовместимы с выводами модели, построенной на оспариваемых зависимостях: вот тогда сравнение двух моделей даст шанс выяснить, какие зависимости действительно существенны. В изложенной выше модели существенным признается поведение людей – предпринимателей (отраженное моделями рынков) и политиков (отраженное моделью политики), поскольку это поведение зависит от прошлых значений переменных модели и влияет на будущие значения. Очевидно, что такие природные явления, как, например, засуха в течение трех лет подряд или неожиданное открытие способа снизить издержки производства зерна на 20%, могут повлиять на переменные модели намного сильнее, чем учетные факторы. Однако никто сегодня не имеет моделей, позволяющих надежно предсказывать эти явления; а в *отсутствие предсказаний* факторы такого рода не могут изменить выводы.

В связи с третьим возражением нужно пояснить, что изложенная выше модель подразумевает, что в пределах исследуемой перспективы «шумпетерианских» изменений на рынках продукции растениеводства не происходит, то есть при каждом испытании модели вектор  $\alpha$  остается одним и тем же в любой момент времени. Доводы Шумпетера убеждают в том, что столь обязывающее предположение почти не имеет шансов оказаться справедливым, но из них, во-первых, не выводится какой-либо иной формализм, применимый к данной проблеме и обладающий лучшей предсказательной силой в сравнении с основанным на равновесном подходе, а во-вторых, не вытекает ошибочность равновесных оценок. В экономике Шумпетера *траектория, генерируемая моделью частичного равновесия, не является невозможной*, а многие из других возможных траекторий не будут отклоняться от нее слишком сильно: во-первых, изменения, о которых пишет Шумпетер, не имеют какой-либо закономерной направленности, когда речь идет об их влиянии на конкретные рынки; во-вторых, он признает, что в промежутках между изменениями экономическая динамика определяется тенденцией к равновесию.

## Выводы

В результате проведенного компьютерного эксперимента выявлены следующие свойства модели растениеводства Калужской, Тульской и Рязанской областей, существенные с точки зрения цели исследования – теоретического анализа экономических возможностей расширения производства зерна в тех регионах европейской части России, которые прилегают к сегодняшней северной границе «зернового пояса».

1. Компьютерный эксперимент не отклоняет возможность сокращения объемов продаж зерна, но отклоняет возможность сокращения этих объемов более чем на 2%. При выбранных сценарных условиях сокращение объемов продаж маловероятно.

2. Выявлена целесообразность, при определенных условиях, периодического (импульсного) введения протекционистских мер: прямых субсидий и импортных тарифов. Такая политика позволяет продать больше продукции, но вызывает колебания цен и темпов прироста продаж.

3. Имеющийся в исследуемых субъектах федерации потенциал засева неиспользуемых сельхозугодий в решающей степени связан с развитием производства зерна.

4. Компьютерный эксперимент отклоняет возможность сокращения площадей под зерновыми в границах исследуемой перспективы более чем на 2%.

5. Среди изученных политических инструментов наиболее эффективна поддержка НИОКР. Поскольку при некоторых испытаниях преимущество получают другие виды поддержки – прямые субсидии и (редко) поддержка совершенствования управления рисками, этот вывод зависит от сценарных предположений о распределениях вероятностей неопределенных параметров. Поступление более надежной информации об этих распределениях может привести к его пересмотру.

6. Компьютерный эксперимент на данной версии модели отклоняет целесообразность применения поддержки улучшения институтов. Возможно, по результатам исследования будущей версии модели, в которой планируется связать отдачу от НИОКР с состоянием институтов, этот вывод будет пересмотрен.

Общее заключение по перспективам задействования неиспользуемых сельхозугодий под посевы зерновых амбивалентно. С одной стороны, наличие таких угодий является конкурентным преимуществом зерновой отрасли, так как в их отсутствие приращение производства зерна и, как следствие, его экспорта на паритетных конкурентных условиях было бы меньше. С другой стороны, в данных регионах свободные земли, пригодные для возделывания, являются второстепенным стимулом к развитию производства зерна, и причина этого очевидна: резервы роста выхода товарной продукции с единицы площади достаточно высоки, а влияние роста урожайности и сокращения издержек на конкурентные позиции зерна, произведенного в регионе, оказывается первостепенным в сравнении с возможностью задействовать новые площади.

## Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. URL: <http://gov.garant.ru/document?id=70110644&byPara=1> (04.09.2018).

2. Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <http://www.fedstat.ru> (15.12.2017).

3. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакишин С.С. Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт, 2007.
4. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 488 с.
5. Рассел Б. Человеческое познание: его сфера и границы / Пер. с англ. М.: ТЕРРА – Книжный клуб; Республика, 2000. 464 с.
6. Светлов Н.М., Гатаулин А.М. Стоимость, равновесие, издержки в сельском хозяйстве: 2-е изд. М.: ИНФРА-М, 2013.
7. Технические указания по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий в субъекте Российской Федерации / Госкомзем. М., 2000.
8. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
9. Agricultural price policy: A practitioner's guide to partial-equilibrium analysis / I. Tsakok. L.: Cornell Uni-versity Press, 1990. 306 p.
10. Akcali B.Y., Sismanoglu E. Innovation and the Effect of Research and Development (R&D) Expenditure on Growth in Some Developing and Developed Countries // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol.195. P. 768–775.
11. Baumol W.J. Business, behavior, value and growth / rev. ed. New York, 1967. – 159 p.
12. Bayer R.-C., Chan M. Network externalities, demand inertia and dynamic pricing in an experimental oligopoly market // The economic record. 2007. № 83(263). P. 405–415.
13. Bokusheva R., Hockmann H. Production risk and technical inefficiency in Russian agriculture // European Rev. of Agricultural Econ. 2006. № 33(1). P. 93–118.
14. Boland L.A. The Methodology of Economic Model Building: Methodology after Samuelson. London, UK: Routledge, 1989. 194 p.
15. Conforti P., Londero P. AGLINK, il modello settoriale dell'OCSE // Valutare gli effetti della Politica agricola Comune. Lo “stato dell'arte” dei modelli per l'analisi quantitativa degli effetti delle politiche agricole dell'Unione Europea / Giovanni Anania, ed. Edizioni Scientifiche Italiane, 2001. P. 61–78.
16. Fock A. et al. Russia's bilateral agricultural trade: First results of a partial equilibrium analysis // Russia's Agro-food sector: Towards truly functioning markets / Wehrheim P. et al., eds. Kluwer Acad. Publ., 2000. P. 271–197.
17. Forrester J.W. Urban dynamics / Foreword by J.F. Collins. Pegasus, 1969.
18. Greatest wheat yield // Guinness world records. URL: <http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/highest-wheat-yield> (12.02.2017).
19. Gulyayeva T.I. et al. Investing in innovation projects in Russia's agrifood complex // Journal of internet banking and commerce. 2016. № 21(S6):020.
20. Hardaker J.B. et al. Coping with risk in agriculture: 2nd edition. Oxfordshire; Cambridge, Mass.: CABI Pub, 2004.
21. Kiselev S. et al. Russia's Food Security and Climate Change: Looking into the Future // Economics: The Open-Access, OpenAssessment E-Journal. 2013. Vol. 7. Paper 2013–39.
22. Liefert W., Liefert O. Russian agriculture during transition: performance, global impact, and outlook // Applied economic perspectives and policy. 2012. № 34(1). P.37–75.
23. Liefert W. et al. Can Russia be competitive in agriculture? // EuroChoices 2003. № 2(3). P. 18–23.
24. Popper K. The Logic of Scientific Discovery. London, UK; New York, USA: Routledge, 1959. 479 p.
25. Potato // Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Potato&oldid=763669522> (20.02.2017).

26. Schierhorn F. et al. The potential of Russia to increase its wheat production through cropland expansion and intensification // Global food security. 2014. № 3. P. 133–141.

27. Svetlov N. Land use projections for Southern Non-Black-Earth regions of Russia: coping with uncertainty // IAMO Forum 2017: Eurasian Food Economy between Globalization and Geopolitics. 21–23 June 2017. Halle (Saale), Germany; SSRN, 2017. URL: <https://ssrn.com/abstract=3240669>

28. Svetlov N. Estimating internal transaction costs: the case of corporate dairy farms in Russia's Moscow oblast, Agrarwirtschaft. 2009. № 58 (8). P.346–353.

## THEORETICAL MODEL OF LONG-TIME CROP PRODUCTION GROWTH IN THE SOUTHERN NON-BLACK EARTH REGION

N.M. SVETLOV

(Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration)

*The paper develops and studies a theoretical model of long-time crop production growth in three Russia's regions that are located along the Northern edge of the Grain Belt of European Russia, namely the Kaluga, Tula and Ryazan regions. The purpose of this study is to make an insight into the possibility and conditions of grain production growth in the region considering an opportunity of engaging the unused agricultural land areas.*

*The theoretical model relies on a partial equilibrium concept. In the model, the supply curve is not defined explicitly. Instead, only one of its points is defined, specifically, the crosspoint of the supply and demand curves. The position of both "visible" demand curve and "invisible" supply curve is affected by five agricultural policy instruments: support for research and development, support for institutional advances, support for advances in risk management, direct subsidies on crop production and import tariffs. These instruments are adjusted in order to obtain the largest possible revenue from farm produce sales. This goal is set by the food security considerations (as they are interpreted by the Russian legislation) and the assumption that lobbying the expansion in the crop production markets is effective.*

*The properties of the model are studied by means of computer simulations, which are used to analyze a chosen domain superset of the 9-dimensional uncertain parameters' vector. The 254 independent simulations have found the following properties of the model. First, although in two simulations the grain sales fall below the initial level in some years, there has been no fall larger than by 2% over the 25-year period. Second, it is typical (although not necessary) for the model that the policy of free market incentives is periodically interrupted by the protectionist policy, when import tariffs and direct subsidies are applied. Third, the support of institutional advances is never applied. In the chosen scenario of simulations, the predominant strategy makes use of the priority financing of research and development.*

*The experiment has shown that cases when the unused agricultural land is not involved in the grain production are untypical for the selected scenario of the simulations, although they do happen. This is an argument in favor of the hypothesis that the availability of unused agricultural land serves as a competitive advance in the struggle for a larger share in the grain market. However, this argument is valid subject to the effective application of the available policy instruments to pursuing the expansionist goal, and even in this case it cannot be attributed to all the performed simulations.*

**Key words:** computer simulations, theoretical model, grain, potato, unused agricultural land, equilibrium, agricultural policy, research and development.

## References

1. Gosudarstvennaya programma razvitiya sel'skogo khozyaystva i regulirovaniya rynkov sel'skokhozyaystvennoy produktsii, syr'ya i prodovol'stviya na 2013–2020 gody [The State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Agricultural Products, Raw Materials and Food Markets for 2013–2020]. URL: <http://gov.garant.ru/document?id=70110644&byPara=1> (04.09.2018).
2. Yedinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema [Unified interdepartmental information and statistical system]. URL: <http://www.fedstat.ru> (15.12.2017).
3. *Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sulakshin S.S.* Primeneniye vychislimykh modeley v gosudarstvennom upravlenii [Application of computable models in public administration]. Moscow: Nauchnyy ekspert, 2007.
4. *Moiseyev N.N.* Matematicheskiye zadachi sistemnogo analiza [Mathematical problems of system analysis]. Moscow.: Nauka, 1981. 488 p.
5. *Rassel B.* Chelovecheskoye poznanie: yego sfera i granitsy [Human knowledge: its scope and boundaries] / Translated from English. Moscow: TERRA – Knizhnyy klub; Respublika, 2000. 464 p.
6. *Svetlov N.M., Gataulin A.M.* Stoimost', ravnovesiye, izderzhki v sel'skom khozyaystve [Cost, equilibrium, and expenditures in agriculture]: 2nd ed. Moscow: INFRA-M, 2013.
7. Tekhnicheskiye ukazaniya po gosudarstvennoy kadaastrovoy otsenke sel'skokhozyaystvennykh ugodiy v sub'yekte Rossiyskoy Federatsii [Technical instructions on the state cadastral valuation of agricultural land in the Russian Federation regions] / Goskomzem. M., 2000.
8. *Shumpeter Y.A.* Teoriya ekonomicheskogo razvitiya [Theory of Economic Development]. Moscow: Progress, 1982. – 455 p.
9. Agricultural price policy: A practitioner's guide to partial-equilibrium analysis / I. Tsakok. L.: Cornell Uni-versity Press, 1990. 306 p.
10. *Akcali B.Y., Sismanoglu E.* Innovation and the Effect of Research and Development (R&D) Expenditure on Growth in Some Developing and Developed Countries // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015. Vol.195. Pp.768–775.
11. *Baumol W.J.* Business, behavior, value and growth / rev. ed. New York, 1967. – 159 p.
12. *Bayer R.-C., Chan M.* Network externalities, demand inertia and dynamic pricing in an experimental oligopoly market // *The economic record*. 2007. № 83(263). Pp. 405–415.
13. *Bokusheva R., Hockmann H.* Production risk and technical inefficiency in Russian agriculture // *European Rev. of Agricultural Econ*. 2006. No. 33(1). Pp. 93–118.
14. *Boland L.A.* The Methodology of Economic Model Building: Methodology after Samuelson. London, UK: Routledge, 1989. 194 p.
15. *Conforti P., Londero P.* AGLINK, il modello settoriale dell'OCSE // *Valutare gli effetti della Politica agricola Comune. Lo "stato dell'arte" dei modelli per l'analisi quantitativa degli effetti delle politiche agricole dell'Unione Europea* / Giovanni Anania, ed. Edizioni Scientifiche Italiane, 2001. Pp. 61–78.
16. *Fock A. et al.* Russia's bilateral agricultural trade: First results of a partial equilibrium analysis // *Russia's Agro-food sector: Towards truly functioning markets* / Wehrheim P. et al., eds. Kluwer Acad. Publ., 2000. Pp. 271–197.
17. *Forrester J.W.* Urban dynamics / Foreword by J.F. Collins. Pegasus, 1969.
18. Greatest wheat yield // Guinness world records. URL: <http://www.guinnessworldrecords.com/world-records/highest-wheat-yield> (12.02.2017).



19. *Gulyayeva T.I. et al.* Investing in innovation projects in Russia's agrifood complex // Journal of internet banking and commerce. 2016. No. 21(S6):020.
20. *Hardaker J.B. et al.* Coping with risk in agriculture: 2nd edition. Oxfordshire; Cambridge, Mass.: CABI Pub, 2004.
21. *Kiselev S. et al.* Russia's Food Security and Climate Change: Looking into the Future // Economics: The Open-Access, OpenAssessment E-Journal. 2013. Vol. 7. Paper 2013–39.
22. *Liefert W., Liefert O.* Russian agriculture during transition: performance, global impact, and outlook // Applied economic perspectives and policy. 2012. No.34(1). Pp. 37–75.
23. *Liefert W. et al.* Can Russia be competitive in agriculture? // EuroChoices 2003. No. 2(3). Pp. 18–23.
24. *Popper K.* The Logic of Scientific Discovery. London, UK; New York, USA: Routledge, 1959. 479 p.
25. Potato // Wikipedia, The Free Encyclopedia. URL: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Potato&oldid=763669522> (20.02.2017).
26. *Schierhorn F. et al.* The potential of Russia to increase its wheat production through cropland expansion and intensification // Global food security. 2014. No. 3. Pp.133–141.
27. *Svetlov N.* Land use projections for Southern Non-Black-Earth regions of Russia: coping with uncertainty // IAMO Forum 2017: Eurasian Food Economy between Globalization and Geopolitics. 21–23 June 2017. Halle (Saale), Germany; SSRN, 2017. URL: <https://ssrn.com/abstract=3240669>
28. *Svetlov N.* Estimating internal transaction costs: the case of corporate dairy farms in Russia's Moscow oblast, Agrarwirtschaft. 2009. No. 58(8). Pp. 346–353.

**Светлов Николай Михайлович** – д.э.н., проф., вед. науч. сотр. Центра агропродовольственной политики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (119571, г. Москва, проспект Вернадского, 82, стр. 1; e-mail: [svetlov-nm@ranepa.ru](mailto:svetlov-nm@ranepa.ru)).

**Nikolay M. Svetlov** – DSc (Econ), Professor, vKey Research Associate, the Center for Agricultural and Food Policy, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (82, Vernadsky Ave., Moscow, 119571, p. 1; e-mail: [svetlov-nm@ranepa.ru](mailto:svetlov-nm@ranepa.ru)).