

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
CENTRAL ECONOMICS AND MATHEMATICS INSTITUTE RAS

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК

RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ АПК
БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

Под научной редакцией
Н.М. Светлова, В.И. Буць

Москва
ЦЭМИ РАН
2020

УДК 330.45:519.852.3:631.1(470+476)

DOI: 10.33276/978-5-8211-0782-4

ББК 65.050:65.32(2Рос,4Бел) в6

П76

П76 **Применение математических методов** в управлении АПК Беларуси и России [Текст]: монография / Светлов Н.М., Буць В.И., Карачевская Е.В. и др. Под науч. редакцией Н.М. Светлова, В.И. Буць. – М.: ЦЭМИ РАН, 2020. – 177 с. (Рус.)

В монографии представлены результаты научных исследований в области прикладного экономико-математического моделирования, направленных на актуализацию методических подходов к решению задач, связанных с процессами управления на разных уровнях агропромышленных комплексов Беларуси и России. В центре внимания находится проблема достижимости целей хозяйственных и политических решений, обосновываемых с использованием методов математического программирования.

Для преподавателей вузов, научных работников, консультантов и экспертов агропромышленного комплекса, аспирантов и магистрантов.

Ключевые слова: исследование операций, сельское хозяйство, пищевая промышленность, аграрная политика, частичное равновесие, стохастические ЭР-модели, PF+PE-модели, компьютерный эксперимент.

The use of mathematical methods in the management of agro-industrial complex in Belarus and Russia / N.M. Svetlov, V.I. Buts, eds. – Moscow: CEMI Russian Academy of Sciences, 2020. – 177 p. (Rus.)

The monograph presents the results of scientific research in the field of applied economic and mathematical modeling aimed at updating methodological approaches to solving problems associated with management processes at different levels of the agro-industrial complexes of Belarus and Russia. The focus is on the attainability of the goals of economic and political decisions justified using mathematical programming methods.

For university teachers, researchers, consultants and experts in the agricultural sector, graduate students and undergraduates.

Keywords: operations research, agriculture, food industry, agricultural policy, partial equilibrium, stochastic ED models, PF+PE-models, computer simulations.

Монография публикуется по решению Ученого Совета ЦЭМИ РАН. Протокол № 2 от 25 февраля 2020 г.

Рецензенты: Кошелев В.М., д.э.н., проф., зав. кафедрой управления РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева; Дементьев В.Е., д.э.н., проф., чл.-корр. РАН, рук. науч. направления ЦЭМИ РАН.

УДК 330.45:519.852.3:631.1(470+476)

ББК 65.050:65.32(2Рос,4Бел) в6

ISBN 978-5-8211-0782-4

© Текст. Коллектив авторов, 2020 г.

© ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН, 2020 г.

Коллектив авторов

Светлов Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, член–корреспондент РАН: введение¹, главы 1¹, 4², 5¹, 10⁴, заключение¹, приложения 3², 4², 5¹, 9⁴.

*Буць Владимир Иванович*³, доктор экономических наук, доцент: глава 2, приложение 2.

*Карачевская Елена Владимировна*³, кандидат экономических наук, доцент: глава 9, приложение 8.

*Ленькова Раиса Константиновна*³, доктор экономических наук, профессор: глава 8.

*Редько Денис Владимирович*³: глава 6, приложение 6.

*Светлова Галина Николаевна*⁴, кандидат экономических наук, доцент: глава 1, приложение 1.

*Шафранская Ирина Викторовна*³, кандидат экономических наук: главы 3, 7, приложение 7.

*Шафранский Иван Николаевич*³, кандидат экономических наук: главы 3, 7, приложение 7.

¹ ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Российская Федерация.

² ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ.

³ УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь.

⁴ ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Часть 1. НОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ	10
1. Границы возможностей аграрной политики.....	10
2. Управление ресурсосбережением в агропромышленном производстве	23
3. Экономико-математический инструментарий повышения конкурентоспособности мясной продукции.....	38
4. Совершенствование территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства в масштабе государства	51
5. Взаимосвязанные региональные рынки сельскохозяйственной продукции: RF+PE-модель	61
Часть 2. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НАИЛУЧШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В АГРОБИЗНЕСЕ.....	76
6. Экономико-математическое моделирование формирования и использования фонда оплаты труда	76
7. Формирование программы развития мясоперерабатывающего предприятия	84
8. Детерминанты рентабельности переработки мяса птицы.....	90
9. Наилучшее использование ресурсов агрофармацевтического кластера	97
10. Стохастические ЭР-модели на уровне сельскохозяйственной организации: теоретические основы и опыт применения	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	130
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	134
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	145

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ограниченности ресурсов любой технологический уклад экономики имеет пределы роста (Глазьев, 1993, с. 67). Решающим фактором преодоления этих пределов являются инновации. *Sachs & McArthur* (2002) пишут: «Мы живем в век выдающихся технологических перемен, и они сосредоточивают наши усердные раздумья на связях между технологией и экономическим развитием. Чем пристальней мы размышляем о них, тем лучше понимаем с почти полной уверенностью, что технологические инновации оказываются ключевым стимулом долгосрочного экономического роста»⁵. Возникновение и распространение инноваций подчинено определенным закономерностям (*Schumpeter*, 2012, р. 228–236). Существенно ускорить или замедлить его по желанию политиков или общества не представляется возможным. Объективные основания имеются у гипотезы об инновационной паузе в период подъема очередной волны большого цикла конъюнктуры (*Полтерович*, 2009), и эта гипотеза находит все больше подтверждений (*Дементьев*, 2014).

Этот тезис не отрицает государственную научно–техническую политику. *Речь идет о требовании принципиальной достижимости ее целей, подтвержденной научно.* Можно считать доказанным, что пассивная роль государства ухудшает конкурентные позиции национальной экономики: аргументы в пользу этого тезиса можно найти в работах *Stiglitz & Wallsten* (1999), *Глазьев* (2010); *Дементьев* (2009). Из них следует, что не только нормативно-правовое регулирование, но и прямое участие государства в производственной и инвестиционной деятельности на фазе зарождения нового технологического уклада может определить место, которое страна займет в международном разделении труда, когда новый технологический уклад вполне сформируется. К аргументам, известным из указанных публикаций, надо добавить, что государственные институты аккумулируют и обрабатывают большие объемы информации, которой другие агенты владеют фрагментарно или не владеют вовсе. Пользуясь ею, государство способно влиять на рынки в интересах налогоплательщиков. Однако активная позиция государства может вместо пользы принести вред, если она ориентирована на недостижимые цели.

Сельскохозяйственное производство поставляет человечеству жизненно необходимую продукцию. Поставки продовольствия должны быть четко сбалансированы с потребностями растущего населения планеты. Это естественное требование в последние десятилетия в масштабах планеты выполняется за счет опережа-

⁵ В оригинале: «We are living in an age of remarkable technological change that is forcing us to think very hard about the linkages between technology and economic development. The harder we think about it, the more we realize that technological innovation is almost certainly the key driver of long-term economic growth».

ющих темпов научно-технического прогресса в отрасли, но гарантий того, что так будет и впредь, нет. Чем больше население планеты, чем выше нагрузка на экосистемы со стороны глобального сельского хозяйства, тем выше риск того, что долгосрочные законы экономической конъюнктуры окажутся тем самым фактором, который нарушит относительную стабильность мировой продовольственной системы.

О полном исключении подобных рисков речь не идет. Задача аграрных экономистов заключается в том, чтобы найти возможности свести их к минимуму. В этом отношении возможности экономической науки представляются довольно ограниченными: ведь не экономисты выращивают хлеб, откармливают скот, добывают минеральное сырье для производства удобрений. Однако экономист может, во-первых, выявить накопление диспропорций в сельскохозяйственном производстве, его технологической и ресурсной базе, а во-вторых, облечь информацию о таких диспропорциях в форму проектных идей, представляющих интерес для бизнеса. Для этого должны быть выполнены два условия: доступность данных о материальных и финансовых потоках и владение современным инструментарием экономического анализа, основанным на применении математических методов, тонко подстроенных под специфику современного агробизнеса.

Доступ к информации, поиск нужных данных, их структуризация и последующее использование в математических моделях сегодня намного дешевле и проще, чем в прошлом веке или хотя бы десятилетие назад. Сохраняющиеся организационные преграды, связанные с устаревшим, негибким законодательством, ограничивающим доступ к данным даже для целей, содействующих повышению конкурентоспособности сельского хозяйства, под давлением бизнеса и политиков будут постепенно устраняться. Со своей стороны, аграрные экономисты должны быть готовы использовать открывающиеся возможности общественно полезной деятельности по использованию данных, становящихся достоянием общества, ему во благо. Для этого необходимы опережающие разработки инструментов экономико-математического моделирования, направленных на решение задач анализа аграрной политики, инвестиционных программ и проектов, технологических процессов и бизнес-процессов в сельском хозяйстве на уровне требований сегодняшнего дня.

В русскоязычном научном пространстве сохраняются важные конкурентные преимущества в области экономико-математического моделирования, основу которых заложили еще в первой половине XX в. новаторские достижения *Л.В. Канторовича* (1960). Если в областях численных методов оптимизации, математической теории функционирования рынков, эконометрики зарубежная наука оставила большинство отечественных научных школ далеко позади, то потенциал

структурных моделей, имеющих форму задач математического программирования, так и остался недооцененным за рубежом.

Этому способствовал, прежде всего, ряд укоренившихся в СССР ошибочных подходов к математическому представлению производственных процессов, таких, как стремление строить модели, описывающие «чистые» производственные процессы, каждый из которых выпускает единственный продукт; использование технологических карт, описывающих идеальное протекание технологического процесса, в качестве источника данных для моделирования; подгонка моделей оптимального планирования под бухгалтерские инструкции по исчислению себестоимости продукции; использование бухгалтерской балансовой прибыли в качестве целевой функции. Все это формировало и укрепляло мнение о том, что, за немногими исключениями, прикладные оптимизационные модели не имеют практической ценности.

За редкими исключениями (*Кардаш*, 1989; *Моисеев*, 1981, с. 19–22), не уделялось должного внимания неопределенности производственных процессов в сельском хозяйстве. Несмотря на наличие адекватной базовой методологии (*Багриновский*, 1977), многообещающие результаты научных поисков в области разработки систем моделей (*Крылатых*, 1979; *Пастернак*, 1985) не стали предметом массового внедрения. Выполненные разработки оказались слишком дорогостоящими и трудоемкими для практики. Они предъявляли несоразмерные требования к квалификации кадров, способных эксплуатировать такие системы. Проблемным было и организационное взаимодействие участников процесса системного моделирования.

Но даже в непростых условиях рубежа тысячелетий представители экономико-математической школы аграрной экономики, сформировавшейся в СССР, продолжали поиск и апробацию научных идей в русле парадигмы моделирования, основанной Л.В. Канторовичем. Постепенно стало ясно, что эти идеи способны вернуть прикладные оптимизационные модели в управленческую практику рыночной экономики. В числе причин такой перемены нужно выделить три основных достижения: непараметрический подход к представлению случайных исходов хозяйственных процессов (*Светлов, Сахарова, Кубышина*, 2013); применение непараметрического представления границ производственных возможностей в контексте решения задач о наилучшем использовании ресурсов (*Светлов*, 2011); разработка принципов математического описания задач анализа проектов средствами математического программирования (*Светлов*, 2001; *Кошелев*, 2006; *Бабкина и Светлов*, 2011). Вместе с тем библиотека прикладных задач оптимального планирования хозяйственных процессов в аграрной экономике пополнялась новыми математическими моделями – например, (*Леньков*, 1988), разработка которых отвечала акту-

альным потребностям хозяйствования в условиях масштабной трансформации хозяйственной системы, но которые были известны лишь узкому кругу специалистов, редко включались в рабочие программы учебных дисциплин экономических факультетов аграрных вузов.

Цель данной монографии заключается в том, чтобы привлечь внимание научного сообщества, преподавателей и студентов аграрных вузов к новым разработкам по классической проблематике наилучшего использования ресурсов, к новым приложениям методов математического программирования в сочетании с другими математическими методами и современными информационными технологиями. Эти методы – наше конкурентное преимущество. Их умелое использование позволит частично компенсировать отставание в экономической науке по ряду других позиций. Они в ряде случаев (но, разумеется, далеко не во всех!) позволяют извлекать конкурентные преимущества почти из воздуха, выявляя неучтенные или недооцененные резервы, которые другие аналитические приемы в лучшем случае не позволяют распознать, в худшем – искажают, приводя к управленческим ошибкам. Все это возможно при умелом встраивании этих методов в информационные технологии подготовки хозяйственных решений на разных уровнях управления, при сочетании их с методами эконометрики, компьютерного эксперимента, сценарного анализа и, разумеется, при надлежащем уровне владения экономической теорией.

Монография стала результатом плодотворного международного сотрудничества ученых Беларуси и России. В ней нашли отражение разработки, выполненные либо усовершенствованные преподавателями Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, учеными Центрального экономико-математического института РАН и Всероссийского института аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова – филиала ФНЦ ВНИИЭСХ. В монографии представлены научные результаты, полученные в рамках госзаданий Российской Федерации: главы 1 и 5 – по теме НИР «Формирование технологических и социальных предпосылок для обеспечения экономического роста России в условиях становления нового технологического уклада в мировой экономике» (ЦЭМИ РАН, 2019 г.), глава 4 – по теме НИР «Разработать теоретические основы и методы адаптации региональных агропродовольственных систем к долгосрочным климатическим изменениям» (ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиал ФНЦ ВНИИЭСХ, 2018 г.).

Книга предназначена прежде всего для преподавателей вузов, перед которыми стоят задачи обновления рабочих программ учебных дисциплин, посвящен-

ных сельскохозяйственным приложениям экономико-математического моделирования, написания учебников, учебных пособий и практикумов. Вторая группа читателей, которым книга будет полезна, это специалисты АПК, эксперты информационно-консультационной службы АПК, научные работники, аналитики органов государственного управления, финансовых организаций, имеющие квалификацию в области применения математических моделей в сельском хозяйстве, понимающие трудности и перспективы использования таких моделей и желающие повысить свою квалификацию. Наконец, отдельные главы книги могут оказаться полезными аспирантам и студентам магистратуры для подготовки кандидатских и магистерских диссертаций.

Список сокращений, используемых в монографии, приведен в приложении 10.

ЧАСТЬ 1.

НОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ

1. Границы возможностей аграрной политики

Успех применения экономико-математических методов в интересах развития сельскохозяйственного производства и повышения его конкурентоспособности решающим образом зависит от того, в какой мере вообще поддается управлению моделируемый процесс. Неверная, завышенная оценка управляемости многих хозяйственных процессов, попытка взять их под контроль путем «научной организации», «персональной ответственности», «глубокого анализа» и прочих подобных заклинаний чревата безрезультатными потерями времени, некупаемыми затратами материальных и финансовых ресурсов. В таких случаях не поможет делу и упование на экономико-математические методы.

Концепция экономического расчета наилучшего использования ресурсов при помощи математического программирования, выдвинутая Л.В. Канторовичем, призвана выявлять резервы повышения эффективности, а значит, конкурентоспособности предприятий, отраслей, национальных экономик. Но это достигается лишь в том случае, когда управляемые переменные модели действительно управляемы, а выявленные резервы можно задействовать в действительности. Существующая научная литература недооценивает это условие, не уделяет должного внимания способам прояснения вопроса о том, существуют ли управляющие воздействия, способные обеспечить изменения в хозяйственной системе в направлении, например, оптимального плана, вычисленного при помощи модели оптимального планирования.

Из практики государственного, муниципального и хозяйственного управления известно множество примеров, когда его неэффективность оказывается следствием забвения триады характеристик управления «управляемость, достижимость, устойчивость», попытки управлять неуправляемым. В этом отношении весьма поучительным примером служат меры аграрной политики, ставящие своей целью повлиять на темпы роста сельскохозяйственного производства в масштабах страны. Интересно сопоставить такие меры с большими циклами конъюнктуры, которые затрагивают все отрасли экономики, в том числе сельскохозяйственное производство, и оценить их результативность на фоне неуправляемых, естественных отклонений хозяйственных показателей от их вековых трендов под влиянием факторов,

которые не в полной мере изучены по сей день. Объяснения, которые дают этим факторам экономисты разных научных школ, остаются гипотезами. Эмпирическая база, существующая на сегодняшний день, не позволяет с уверенностью отклонить те из них, которые не имеют отношения к делу.

Ограничим наш пример зерновым хозяйством СССР и постсоветского пространства, по которому имеется многолетняя сопоставимая статистика валовых сборов зерна. Вначале выявим и опишем проявления больших циклов конъюнктуры в этой статистике, в точности следуя классической методике Н.Д. Кондратьева, а затем совместим графическое отображение этих циклов с периодизацией мер аграрной политики, направленных на стимулирование производства. Мы основываемся на исследованиях, основные результаты которых публиковались ранее: выявление больших циклов конъюнктуры в зерновом производстве на территории СССР (*Светлова, 2009*) и сопоставление с этими циклами поворотных этапов аграрной политики (*Светлов, 2015*).

Цикличность в экономике – это «возможность извлечения максимальных выгод и уменьшения отрицательных последствий от повторяющихся колебаний при ведении человеком хозяйственной деятельности» (*Рудый, 2004*). Для исследования динамического процесса развития производства зерна используем методику Н.Д. Кондратьева (1989). Исследование вопроса о больших циклах конъюнктуры предполагает наличие ряда динамики за очень продолжительный период. Так как продолжительность циклов Кондратьева составляет 48–60 лет, для их выявления нужен ряд как минимум за 70 лет. Воспользуемся данными (*Загайтов, Половинкин, 1984, с. 235–237*) по урожайности зерновых культур на территории Российской Империи и СССР до 1980 г., дополненными (*Светлова, 2009*) на основе данных статсборников «Народное хозяйство СССР» разных лет до 1990 г. и данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций (FAO) о валовом сборе зерна и занятых под зерновыми посевных площадях в странах постсоветского пространства до 2008 г.

Согласно методике Н.Д. Кондратьева, выявление больших циклов конъюнктуры требует вычисления отклонений от трендов обоих показателей – урожайности и валового сбора. В нашем исследовании используются линейные тренды. Затем в целях устранения из полученного ряда отклонений случайных колебаний и краткосрочных циклов различной природы этот ряд сглаживается по методу скользящей средней за 9 лет.

Н.Д. Кондратьев выявил следующие большие циклы конъюнктуры (*Кондратьев, 1989, с.197*):

«I. 1. Повышательная волна первого цикла – с конца 80-х – начала 90-х гг. XVIII в. до периода 1810–1817 гг.

2. Понижательная волна первого цикла – с периода 1810–1817 гг. до периода 1844–1851 гг.

II. 1. Повышательная волна второго цикла – с периода 1844–1855 гг. до периода 1870–1875 гг.

2. Понижательная волна второго цикла – с периода 1870–1875 гг. до периода 1890–1896 гг.

III. 1. Повышательная волна третьего цикла – с периода 1891–1896 гг. до периода 1914–1920 гг.

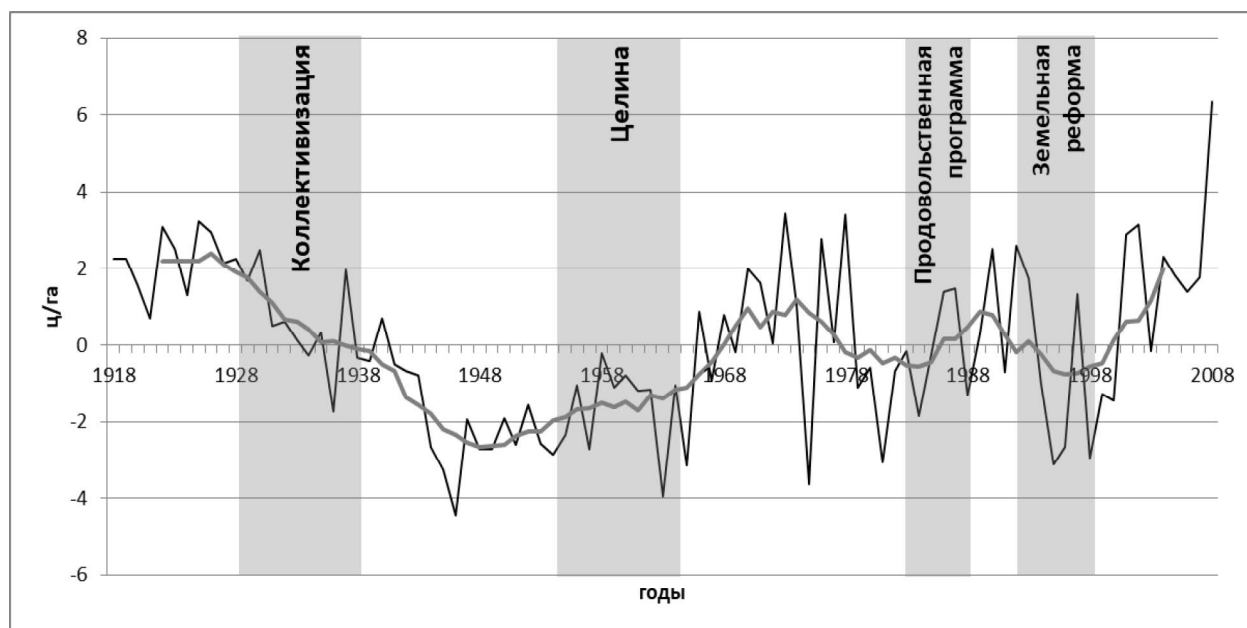
2. Вероятная понижательная волна третьего цикла – с периода 1914–1920 гг.».

Выявленные нашим исследованием периодические колебания урожайности по своей продолжительности соответствуют длительности циклов, обнаруженных Н.Д. Кондратьевым на основе анализа обширного перечня показателей конъюнктуры в разных странах мира. Сделать вывод о совпадении по фазе труднее: Н.Д. Кондратьев дает довольно широкие диапазоны для периодов смены повышательной тенденции понижательной. На построенном нами графике отклонений урожайности от тренда (рис. 1) максимум третьего цикла достигается в середине 1920-х гг., что позже датировки Н.Д. Кондратьева на 5–10 лет.

Отметим, что предшествующее исследование (*Светлова, 2009*) отрицало наличие признаков динамики, характерной для больших циклов конъюнктуры, в урожайности зерновых. Причина заключалась в том, что исследование ряда урожайности охватывало период продолжительностью 148 лет, а тренд урожайности предполагался линейным, тогда как для столь длительного периода наиболее обоснованной с теоретических позиций оказывается логистическая модель тренда⁶. В данной главе, ради сопоставимости с имеющимся в нашем распоряжении более коротким рядом валовых сборов зерна, используется ряд урожайностей зерновых, начинающийся с 1918 г. Для более короткого периода построение логистического тренда затрудняется присутствием в ряде полувековых колебаний, которые для менее чем столетних рядов динамики начинают существенно влиять на оценки параметров функции Ферхюльста, которой выражается логистический тренд. Зато ли-

⁶ Справедливости ради следует отметить, что при внимательном рассмотрении полувековая цикличность была заметна и в рядах отклонений урожайности от почти полуторавекового линейного тренда, но ее частично маскировали более длительные эффекты расхождения между двумя трендами – постулированным линейным и действительным логистическим.

нейный тренд уже не оказывается неприемлемым приближением тенденции, имевшей место на исследуемом отрезке времени, поэтому использован именно он.



Источники: (Загайтов, Половинкин, 1984, с. 235–237); ЦСУ СССР; FAO.

*Рис. 1. Урожайность зерновых на территории СССР:
фактические (тонкая линия) и сглаженные отклонения от тренда*

Какие же факторы способны обусловить длительную периодичность урожайности? Среди условий, влияющих на урожайность, выделяют метеорологические, фитопатологические, энтомологические и агротехнические факторы (Немчинов, 1965). Более поздние авторы предлагают объединить данные группы факторов в две агрегированные: управляемые и неуправляемые. К неуправляемым в этом случае относятся метеорологические, фитопатологические и энтомологические, а к управляемым — агротехнические (Пасов, 1986). В связи с этим следует отметить, что агротехнологические факторы, безусловно, управляемы на уровне отдельного сельхозтоваропроизводителя, но в масштабе страны они довольно слабо поддаются управлению со стороны какого-то одного отдельно взятого управляющего центра. В преобладающей степени, ввиду аргументов Й. Шумпетера (Schumpeter, 2012), их эволюция представляет собой объективный процесс, предпосылки и условия которого становятся итогом решений, независимо принимаемых многочисленными агентами в условиях ограничений, специфических для каждого из них, но в конечном счете определяемых суммарным объемом ресурсов и множеством технологических возможностей, доступных на данном историческом этапе. Далее, В.М. Обухов (1949), исследуя ряды динамики урожайности, выделяет два компонента: изменение уровня урожайности как результат эволюции агротехники, то есть созна-

тельного воздействия на условия производства, и колебания урожайности, обусловленные случайными, главным образом, метеорологическими факторами.

Урожайность зерновых культур в основных зернопроизводящих странах имеет тенденцию роста во времени, однако темпы роста в разных странах и на разных исторических этапах неодинаковы. В.М. Пасов (1986, с. 6) пишет: «Наличие тренда в динамике урожайности приводит к тому, что понятие “высокий урожай” (так же, как средний и низкий) становится понятием относительным, а его конкретная величина определяется тем, к какой стране и какому историческому периоду оно относится. На фоне общей тенденции роста урожайности происходят ее колебания во времени, то есть наряду с обычными средними годами имеют место годы с высокими и низкими урожаями».

В разряде неуправляемых факторов рассматривают такие, как свет и тепло, влияние атмосферной динамики, увлажнение и засуху, почвенное плодородие. Проводились работы по исследованию влияния цикличности солнечной активности на аграрное производство, пытались выделить так называемые «крупные волны». Было обнаружено, что в некоторых областях интервалы между экстремумами урожайности составляют 10–11 лет, что согласуется с циклом солнечной активности. Проведенные исследования показали, что для регионов с недостаточным уровнем развития производства, в том числе и зернового, существует множество факторов неуправляемого характера, сказывающихся на урожайности. Среди них в некоторых районах можно выделить и солнечную активность. В областях же с высокой культурой земледелия связь урожайности с солнечной активностью не наблюдается (Пугачев, 1985).

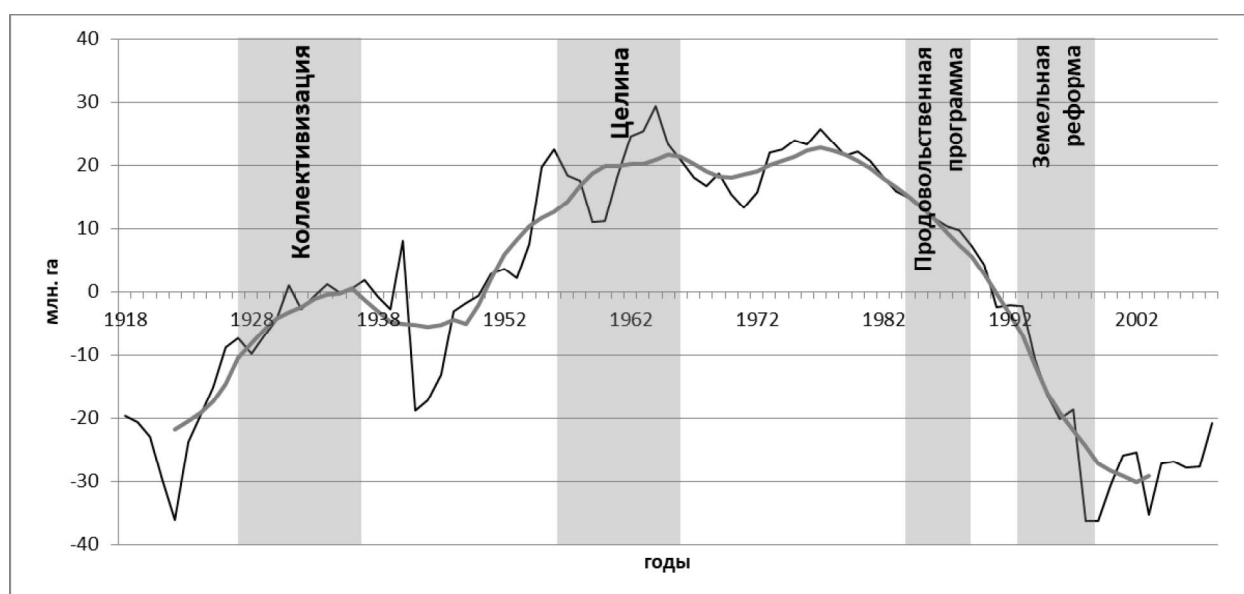
В целом, с учетом наблюдаемого характера долгосрочной динамики, освобожденной как от трендовой составляющей, так и от влияния случайных факторов, специфичных для каждого года, можно заключить, что периодический характер процесса распространения технологических новшеств, теоретически обоснованный Шумпетером и, по его мнению, проявляющийся в больших циклах конъюнктуры Кондратьева, может иметь отношение к чередованию примерно 20–30-летних периодов, различающихся темпами роста урожайности, образуя примерно полувековую цикличность.

Для иллюстрации того факта, что периодические изменения в характере динамики урожайности едва ли поддаются управлению, мы выделили на рис. 1 периоды наиболее радикальных перемен в аграрной политике. В строгом смысле слова это не доказательство неэффективности политики⁷ – в данном случае как сред-

⁷ На это обстоятельство Н.М. Светлову указал д.э.н. С.Я. Чернавский.

ства влияния на динамику урожайности – хотя бы потому, что лаг влияния политических мероприятий на урожайность (если оно имеется) неизвестен и не обязан быть одинаковым для разных мероприятий. Но, как минимум, имеющиеся факты не позволяют отклонить гипотезу о неэффективности политики и, следовательно, о весьма ограниченной управляемости такой экономической переменной, как урожайность зерновых. Это не означает полного отсутствия возможности управления: речь идет о практической недостижимости устойчивого, самоподдерживающегося результата. Так, Продовольственная программа, принятая в СССР в 1982 г., возможно, стала одной из причин хорошо заметного всплеска урожайности в конце 1980-х гг. Однако, во-первых, этот всплеск сопровождался сокращением посевных площадей под зерновыми (см. ниже рис. 2), а во-вторых, по завершении осуществления мероприятий, предусмотренных программой, тенденция отклонений урожайности от тренда вернулась к той, которая, по-видимому, была исторической нормой для периода, охватившего примерно 1973–1995 гг.

Отсюда можно сделать вывод, что изменения в урожайности объясняются двумя группами факторов, причем *влияние неуправляемых факторов оказывает колебательное воздействие, а возможности управляемых ограничены тем, чтобы какой-то мере уменьшить размах колебаний.*



Источник: расчеты авторов по данным (Загайтов, Половинкин, 1984, с. 235–237); ЦСУ СССР; FAO.

Рис. 2. Посевные площади под зерновыми на территории СССР: фактические (тонкая линия) и сглаженные отклонения от тренда

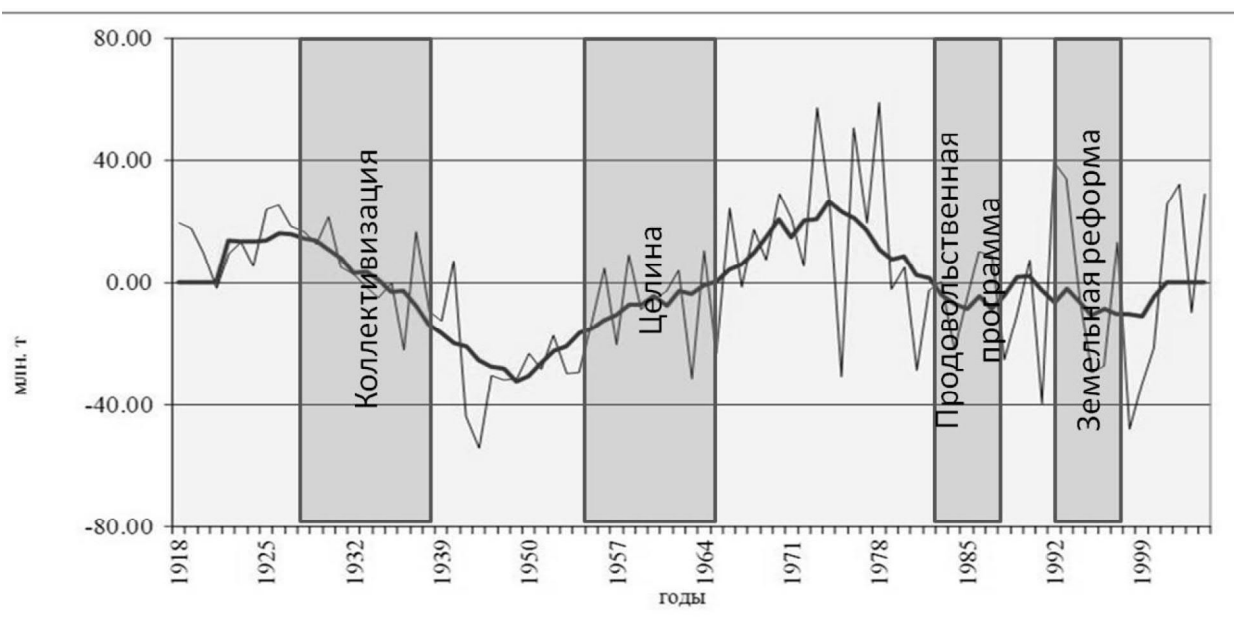
Перейдем к анализу изменения посевных площадей зерновых культур (рис. 2). Вычислив линейный тренд (который в данном случае практически отсут-

ствуем), рассчитав отклонения и сгладив их по девятилетиям, можем сказать, что существуют определенные периодические изменения в размерах посевных площадей, но они не столь отчетливы и скорее отражают экономические возможности по возделыванию зерна, а также и спрос на него, поскольку являются фактором его валового сбора. Важно, что в динамике посевных площадей не проявляют себя сколько-нибудь различимым образом колебания, софазные или противофазные волнам урожайности.

Смена характера динамики посевных площадей под зерном на территории СССР около 1977 г. ставит вопрос о правомерности использования линейного тренда для всего 91-летнего (за вычетом четырех военных лет) анализируемого периода. Однако здесь следует принять во внимание предполагаемое наличие в анализируемой динамике примерно полувековой периодичности: оно требует, чтобы в уравнении тренда присутствовало не более одной степени свободы в расчете на два таких периода. Поэтому длительность имеющегося ряда данных ограничивает нас применением однопараметрических функций для анализа трендов. Тем не менее, для иллюстративных целей мы построили график, аналогичный рис. 2, где предполагается наличие в анализируемом ряду двух различных линейных трендов: см. рис. 11 в приложении 1. Пользуясь этим графиком, необходимо учесть, что параметры этих двух трендов могут быть смещены периодическими тенденциями, если таковые имеются. Это может (хотя не обязано) замаскировать или исказить периодичность. На полученном графике мы тоже наблюдаем периодичность, но длительность периодов оказывается вдвое меньше «кондратьевской», приближающейся к характерной продолжительности циклов Кузнецова: полный цикл, включающий в себя подъем и спад, занимает около 25 лет. Такие циклы различимы и на рис. 2. Поскольку циклы Кузнецова имеют, предположительно, инвестиционную природу, связанную с жизненным циклом вложений в объекты капитального строительства – в том числе необходимые для освоения сельскохозяйственных угодий, – обнаружение таких циклов в динамике посевных площадей важнейшей сельскохозяйственной культуры анализируемой территории можно признать вполне согласующимся с теорией.

Обратимся теперь непосредственно к анализу валового сбора зерна за период 1918–1990 гг. по территории СССР. Рассчитав тренд, найдя отклонения и сгладив их, мы получили циклическую волну (рис. 3), охватывающую чуть более полтора больших циклов конъюнктуры. Н.Д. Кондратьев выделял в своих исследованиях два полных цикла и один незаконченный. На полученной диаграмме мы можем видеть окончание третьего цикла длинной волны. Пик третьей волны при-

ходится на 1926 г., а окончание волны датируется 1949 г. Длинноволновая динамика валовых сборов согласуется с аналогичной динамикой урожайности, софазна ей.



Источник: расчеты авторов по данным (Загайтов, Половинкин, 1984, с. 235–237); ЦСУ СССР; FAO.

*Рис. 3. Валовой сбор зерна на территории СССР:
фактические (тонкая линия) и сглаженные отклонения от тренда*

В экономической динамике существует несколько взглядов на периодизацию длинных волн. Они в значительной степени зависят от применяемых методов и точности измерения. Используя методику Н.Д. Кондратьева, мы получили периодизацию, близкую к той, которую дает Ван Дейн: см. (Глазьев и др., 1991, с. 19). В том же источнике высказана гипотеза о том, что Вторая мировая война нарушила нормальный ход длинной волны, в какой-то мере приостановив ее движение, поэтому отсутствие в нашем ряду данных за 1941–1944 гг. не оказало существенного влияния на датировку ее фаз. Далее начинается четвертая волна, ее начало приходится на 1949 г., верхняя точка отмечается в 1975 г. Примерно к 2000 г. (рис. 3) она завершила свое движение. Длительность спада третьей волны равнялась (по данным рис. 3) 23 годам, подъема четвертой – 26 годам.

Таким образом, на графике присутствуют две верхние точки соседних волн и две нижние. Используя методику Н.Д. Кондратьева, удалось получить дополнительные аргументы в пользу версии, согласно которой валовые сборы зерна следуют влиянию экономической конъюнктуры на зерновое хозяйство. Проведенные нами исследования подтверждают выводы Н.Д. Кондратьева о том, что большие циклы существуют и носят всеобщий характер, то есть их можно обнаружить в ди-

наاميке многих переменных хозяйственной системы. Соотнося найденные нами циклы с данными (Глазьев и др., 1991).

Довольно сложная динамика посевных площадей не вносит заметных помех в ритм полувековых циклов валового сбора: представляется даже вероятным, что она скорее искажает динамику урожайности, нежели валовых сборов. Более основательная проверка этого предположения требует исследования параллельных рядов долгосрочной динамики показателей валового производства и эффективности в других отраслях сельского хозяйства, а также в промышленности. Если оно верно, то источником волны являются процессы, происходящие на рынках, а не в производстве, и шумпетерианская динамика новшеств оказывается реакцией на формирование благоприятных рыночных условий для их распространения: формирования спроса, достаточного для окупаемого роста производительных сил на новой технологической основе. Н.Д. Кондратьев формулировал аналогичную гипотезу о причинах больших циклов конъюнктуры, когда писал о длительном, устойчивом нарушении рыночного равновесия как возможной причине волны (Кондратьев, 2002, с. 390–391).

Такая гипотеза вполне согласуется с представлениями о механизме формирования больших циклов конъюнктуры по аналогии с поведением систем управления по обратной связи с задержкой (Светлов, 2012). Более того, она объясняет отмеченное выше расхождение между датировкой больших циклов Н.Д. Кондратьевым и данными рис. 1 и 3: Кондратьев в своем анализе пользовался показателями рыночной конъюнктуры и инвестиций, мы же опираемся на данные о производстве и его эффективности, которые отражают влияние сделанных инвестиций с лагом, соответствующим длительности их полного освоения.

Вернемся теперь к главному вопросу данной главы: почему усилия государства по наращиванию производства зерна не дают заметных результатов на фоне больших циклов конъюнктуры? Теория долгосрочного экономического развития не дает однозначного ответа на этот вопрос. Остается невыясненным, почему полувековая цикличность зерновой отрасли проявляется наиболее отчетливо в объеме производства, почти не реагируя на усилия государства по расширению площадей посевов (в этом отношении иллюстративен период освоения целины) и не отзываясь на аналогичные усилия по росту урожайности устойчивым, сохраняющимся эффектом (пример – период выполнения Продовольственной программы).

Н.Д. Кондратьев рассматривает две гипотезы об причине БЦК, объясняя их распространением технологических новшеств (Кондратьев, 1989, с.200–202) и, как уже упоминалось выше, периодическим нарушением баланса спроса и предложения в течение жизненного цикла вложений в наиболее долгосрочные проекты

(Кондратьев, 2002, с. 390–391). В статье (Светлов, 2012) показано с использованием эконометрического моделирования, что вторая гипотеза хорошо согласуется с рис. 3. В развитие обеих предыдущих можно сформулировать третью гипотезу. Суть ее в том, что долгосрочная экономическая динамика представляет собой результат относительно независимого действия обеих причин.

Обычно, вопреки третьей гипотезе, одну из причин считают ведущей, а другую ведомой. Например, из первой гипотезы следует, что появление технологий нового уклада резко активизирует проектную деятельность. Это чревато перенасыщением рынка продукцией с некоторой задержкой, требующейся для ввода в строй производств, использующих эти технологии. Однако такой эффект не безусловен: смена технологических укладов, приводя к переходу на новый, ранее не достижимый уровень эффективности, может вызвать сокращение применения факторов производства. Эффект инвестиционного лага, напротив, должен проявлять себя прежде всего в объемах валового производства, отличаясь от последствий смены укладов более строгой периодичностью.

Вариант теории больших циклов конъюнктуры, получивший наибольшее признание к сегодняшнему дню, связан преимущественно с первой из трех гипотез. Он приводит к рекомендациям, направленным на структурирование экономической политики по фазам волны Кондратьева. Цель рекомендаций, сформулированных в работах (Акаев, 2009; Дементьев, 2012) – содействие распространению нового уклада. Их суть заключается в следующем:

- ♦ стимулировать перетекание капитала в производства нового уклада при его зарождении;
- ♦ компенсировать риски и субсидировать издержки освоения технологий нового уклада в начале фазы подъема;
- ♦ когда технологии новой волны начинают доминировать над предыдущей – ограничивать инвестиции в технологии растущего уклада, создавая стимулы к перенаправлению средств в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, формирующие зарождение технологического уклада следующей волны.

Аргументы в пользу одной из трех вышеназванных гипотез, когда таковые будут получены, могут эти рекомендации конкретизировать.

Вариант 1 для случая, если доминирующим фактором больших циклов конъюнктуры является периодичность распространения технологических новшеств (в части технологий широкого применения). Этот вариант открывает определенные, хотя и довольно ограниченные, возможности стимулирования экономического роста и формирования конкурентных технологий на основе опережающего освое-

ния технологий широкого применения, свойственных зарождающемуся технологическому укладу. Условие использования этих возможностей заключается в осуществлении стимулирующих мероприятий в определенной последовательности. Именно, в период зарождения нового уклада поддержка должна направляться в сферу научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, а также в создание либо обновление инфраструктуры распространения и внедрения инноваций. По мере распространения технологий широкого применения нарождающегося уклада, когда эти технологии уже доказали свою способность к коммерциализации, но ранее освоенные технологии предшествующей волны все еще сохраняют сильные конкурентные преимущества, поддержка должна постепенно перенаправляться в производственный сектор. Необходимым условием доступа к средствам поддержки должно быть внедрение либо применение технологий нового уклада. По мере приближения объемов валового производства к уровню долгосрочного тренда поддержку внедрения технологий новой волны в производство целесообразно сокращать. Спустя примерно пять–шесть лет после минимума волны валового производства новые технологии широкого применения уже приобретают прочные конкурентные позиции и становятся наиболее привлекательными для инвесторов. При таких условиях дальнейшее сохранение поддержки внедрения технологий привело бы к избыточному инвестированию и лишь увеличило бы масштабы финансовых пузырей.

Вариант 2 для случая, если доминирующим фактором больших циклов конъюнктуры является долгосрочный дисбаланс спроса и предложения, который не поддается немедленному устранению из-за длительности освоения наиболее масштабных капитальных вложений. Этот случай исключает управление объемами производства из числа достижимых целей экономической политики. Попытка действовать вопреки данному утверждению неизбежно вызовет неуправляемые компенсационные эффекты. Например, повышенная инвестиционная активность государства приведет к соответствующему сокращению частных инвестиций. Стимулирование частных инвестиций приведет к растущей доле рискованных проектов, завершающихся неудачей. Стимулирование вложений в «прорывные» технологии приведет к нехватке ресурсов для инвестиций в инфраструктуру и наоборот. Данный вариант направляет государственную экономическую политику главным образом на формирование благоприятных институциональных условий ведения бизнеса. Монетарная политика в периоды, когда выпуск поднимается выше тренда, а доходы низки, должна благоприятствовать долгосрочным и сверхдолгосрочным вложениям с высокими рисками, таким, как исследовательские проекты или формирование критической массы сетевых благ новых типов. Тем самым она должна сдер-

живать инвестиции с коротким сроком освоения, связанные с проектами, базирующимися на технологиях широкого применения, которые вскоре начнут устаревать. Государству в эти периоды следует принимать на себя часть рисков частного бизнеса. Напротив, когда выпуск опускается ниже тренда, условия для долгосрочных вложений должны быть более стесненными, а риски – возлагаться по преимуществу на частный сектор.

Вариант 3 для случая, когда факторы динамики распространения новшеств и дисбаланса спроса и предложения действуют на долгосрочную динамику рыночной конъюнктуры совместно и в общем случае асинхронно. В таком случае ключевая особенность экономической политики остается той же, что и при варианте 2: попытка управления объемами производства не приведет к устойчивому результату. Зато появляется общая черта с политикой, адекватной первой гипотезе: потребность в создании благоприятных условий для смены технологических укладов. Однако в этом случае фаза большого цикла конъюнктуры уже не сможет служить ориентиром для смены курса экономической политики. Так, если появление на рынке ожидаемых результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ задерживается, то в условиях, отвечающих третьей гипотезе, подъем может начаться за счет технологий уходящего уклада. Напротив, технологии растущего уклада, если уже вполне готовы к применению, могут получить заметное распространение еще на фазе спада объемов производства. Управлять распределением поддержки между научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами и производственными проектами в этом случае придется ситуативно, а результаты будут заметны скорее на отраслевом и региональном уровнях, чем по национальной экономике в целом.

К сожалению, наука все еще не дает достаточно ясных ориентиров для выбора между этими тремя вариантами. Правительствам приходится либо действовать на свой страх и риск, либо воздерживаться от попыток сыграть на больших циклах конъюнктуры с целью формирования конкурентных преимуществ на очередной полувековой цикл, направляя вместо этого средства на решение менее амбициозных задач, по которым имеется более ясное понимание причинно-следственных связей между мерами поддержки и ожидаемыми результатами.

История аграрных реформ в России и СССР, как мы видели выше, не позволяет отклонить точку зрения на практическую аграрную политику как на блуждание в потемках за счет казенных средств. Причины неудач попыток правительств России и СССР взять под контроль аграрное развитие подробно исследуются академиком А.А. Никоновым (Никонов, 1995). В каждом конкретном случае постфактум удастся отыскать множество конкретных и, несомненно, значимых причин, ко-

которые воспрепятствовали достижению намеченных результатов. Обобщая эти причины, выделим три ключевых обстоятельства. Первое: ограниченность ресурсов вкупе с естественными пределами эффективности их использования, в какой-то мере аналогичными тем, по которым стопроцентный коэффициент полезного действия не достигается ни в одном техническом устройстве. Второе: чем выше темп прироста ресурсной базы, тем ниже эффективность использования этого прироста. Общая причина этого феномена заключается в том, что ускоренный рост объемов ресурсов сопровождается накоплением дисбалансов в их распределении, мало заметных в масштабе страны, более различимых на региональном уровне и приобретающих угрожающие масштабы на уровне отдельных сельхозтоваропроизводителей. Третье, ограничения, накладываемые фундаментальным законом управления – законом необходимого разнообразия, известным также как закон Шеннона–Эшби. Сельское хозяйство – очень сложная система, включающая в себя миллионы высокоорганизованных и труднопредсказуемых элементов, таких, как крестьянин, наемный работник, сельскохозяйственное животное, биоценоз, погода, инфраструктура, и еще более сложные, изменчивые, недетерминированные связи между ними. В силу указанного закона попытка взять под контроль и направить в искусственное русло развитие такой системы, предпринимаемая системой несопоставимо более примитивной – управленческим аппаратом, вне зависимости от того, чью волю он транслирует – государственной власти или частного владельца, такая попытка может оказаться успешной только случайно, и вероятность такой удачи очень мала.

Вместе с тем управленческий аппарат может успешно и эффективно решать локальные проблемы: выявлять и устранять ресурсные дисбалансы, создавать условия для научного поиска, создания новшеств и распространения инноваций, бороться с последствиями стихийных бедствий, противостоять рискам, снижать неопределенность на рынках. Все это способствует устойчивости сельского хозяйства, укрепляет его конкурентоспособность, поддерживает стабильность долгосрочных трендов и циклов в динамике роста, обусловленных объективными причинами, изученными в настоящее время лишь отчасти.

С этих позиций, по нашему убеждению, следует подходить к формулировке целей и задач управления сельским хозяйством и АПК, а вслед за ними – к разработке математического инструментария, содействующего наилучшему использованию ресурсов, достижению максимальной конкурентоспособности сельского хозяйства в целом и отдельных товаропроизводителей. Любая точка множества допустимых решений задачи математического программирования, формализующей управленческую задачу, должна быть достижимой в действительности, а не в тео-

рии. В особенности, и в первую очередь, это касается тех ее точек, которые образуют окрестность искомого оптимума. Выполнить это требование иногда сложно даже психологически, особенно в нынешний период подъема новой волны большого цикла конъюнктуры, когда открывающиеся возможности кажутся подчас безграничными, а законы природы, экономики, общества представляются преодолимой, преходящей помехой.

Последующие главы данной книги, согласно замыслу авторского коллектива, отражают эволюцию математических моделей, применяемых в управлении сельским хозяйством на разных уровнях, направленность которой в большой мере обусловлена сформулированным выше требованием к множеству допустимых решений, продиктованным условием практической реализуемости результатов числового моделирования.

2. Управление ресурсосбережением в агропромышленном производстве

Необходимым условием решения комплекса задач, способствующих устойчивому социально-экономическому развитию экономик Республики Беларусь и Российской Федерации, является повышение эффективности использования ресурсов за счет установления обоснованного уровня их затрат в процессе производства и реализации продукции. Высокая ресурсоемкость продовольствия, особенно характерная для Беларуси, является одной из причин снижения его конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Приведенные обстоятельства отражают актуальность совершенствования методологических подходов к исследованию управления ресурсосбережением.

Устойчивое развитие агропромышленного производства обеспечивается как за счет наращивания ресурсной базы, так и за счет роста интенсивности использования ресурсов. Однако функционирование сельского хозяйства на нынешнем этапе требует новых подходов к управлению использованием экономических ресурсов, базирующихся в основном на концепции ресурсосбережения.

Вопросам управления ресурсосбережением посвящены работы ряда зарубежных и российских авторов. Ими активно занимались *М. Алле* (2003), *В. Леонтьев* (2006), *П. Друкер* (2009), *М. Портер* (2005), *К.А. Багриновский* (2003), *Р. Фатхутдинов* (2005) и др.

В. Леонтьев с помощью разработанного им метода межотраслевого баланса исследовал возможность экономии ресурсов за счет рационализации межотраслевых связей в национальной экономике. Он также обосновал использование имита-

ционных методов в управлении технологическим развитием, придавая ключевое значение инновациям в механизме эффективного управления ресурсосбережением. Концепция целевого управления П. Друкера, кроме всего прочего, затрагивает вопросы ресурсного обеспечения организации и эффективного использования ресурсов на базе их экономии при достижении долгосрочных и краткосрочных целей. М. Портер рассматривает возможности ресурсосбережения организации за счет ее конкурентных преимуществ, выделяя ресурсы, обеспечивающие таковые.

В последнее десятилетие опубликован ряд работ российских и белорусских ученых, которые рассматривают проблемы ресурсосбережения в условиях переходной экономики. Имеется множество публикаций, освещающих эти проблемы с разных сторон (управление затратами, управленческий учет, становление и развитие систем бюджетирования) в трудах таких ученых, как *Е.Ф. Авдокушин* (2010), *В.С. Катькало* (2002), *В.Ф. Байнев* (2015), *С.Н. Бобылев и В.М. Захаров* (2012), *А.А. Голуб и Е.Б. Струкова* (1998), *Г.М. Лыч* (2016), *В.С. Геворкян* (2003), *Л.Н. Давыденко* (2014), *О.С. Шимова, О.Н. Лопачук и В.М. Байчоров* (2010), *Н.А. Кушнирович* (1993) и др.

Проблемы ресурсосбережения занимают важное место в работах таких белорусских ученых, как *В.Г. Гусаков, Л.С. Герасимович и др.* (2011), *В.Ф. Медведев* (ред., 2011), *Л.Ф. Догиль и А.В. Мозоль* (2008), *С.И. Барановский, А.П. Крачковский и С.В. Шишло* (2012), *А.С. Скакун* (2003), *А.П. Шпак и др.* (2016), *А.С. Сайганов* (2012), *С.С. Полоник, Э.В. Хоробрых и А.А. Литвинчук* (2016), *А.М. Каган* (2006), *С.А. Константинов* (2003) и др. Характерно, что под руководством В.Г. Гусакова и Л. С. Герасимовича в Беларуси впервые разработано научно-методологическое обоснование Национальной программы развития местных и возобновляемых энергоисточников. В.Г. Гусаков заложил научно-методические основы эффективного использования экономических ресурсов в агропромышленном производстве в условиях белорусской модели аграрной экономики. В.Ф. Медведев, Н.И. Холод, М.Е. Желудкевич разработали методические подходы к моделированию использования ресурсов и направлений их сбережения в национальной экономике. А.М. Каган обосновал использование трансфертных цен на ресурсы в качестве инструмента управления ресурсосбережением в условиях внедрения коммерческого расчета в агропромышленном комплексе. С.А. Константинов предложил вариант развития теории эффективности использования ресурсов в агропромышленном производстве применительно к условиям переходной экономики.

Вместе с тем анализ разных источников по проблемам ресурсосбережения показывает, что многие вопросы до сих пор остаются не изученными или находятся на стадии разработки. Более того, с переходом к инновационному развитию

национальной экономики изменились подходы к управлению ресурсосбережением – от административных методов установления целевых показателей экономии ресурсов к экономическим методам снижения затрат ресурсов на базе инноваций.

Рациональность ресурсопотребления и ресурсосбережения стали главными условиями экономического роста экономики отрасли, региона и предприятия. Это обуславливает необходимость исследования следующих вопросов: механизм и критерии ресурсосбережения в условиях инновационного развития экономики, методология и методика измерения эффективности использования материальных ресурсов, механизм управления ресурсосбережением, вопросы прогнозирования ресурсоемкости продукции.

Научно-методическая база управления ресурсосбережением в агропромышленном производстве республики в настоящее время все еще недостаточна. Это подтверждает отсутствие новейших фундаментальных публикаций и методических материалов по данной проблеме. В результате в экономической литературе нет однозначного определения понятия «управление ресурсосбережением».

Перспективными критериями эффективности организационно-экономического механизма управления ресурсосбережением в современных условиях могут выступать: максимальный объем ресурсосбережения при повышении уровня социально-экономического развития экономического объекта, потенциал прибыльности, степень улучшения состояния окружающей среды.

Повышение эффективности использования ресурсов затрагивает следующие аспекты функционирования аграрной экономики:

1) в структуре издержек производства и реализации продукции агропромышленного производства наибольший удельный вес занимают материальные затраты. Следовательно, экономия материальных ресурсов – это важнейший источник оптимизации издержек;

2) фактор конкурентоспособности продукции агропромышленного производства, который в условиях современного спроса потребителей на продовольствие связан с проблемой безопасности пищевых продуктов для здоровья человека. Поэтому приоритетные вопросы управления конкурентоспособностью – это ресурсосбережение и охрана окружающей среды;

3) окупаемость материальных ресурсов выступает исходной основой увеличения объемов производимой продукции при тех же размерах затрат.

Стратегической целью социально-экономической политики в долгосрочной перспективе является новое качество экономического развития – как по составу ориентиров и факторов роста, так и по динамике его конечных результатов. Это требует конкретизации сути и смысла ресурсосбережения. Понятие «ресурсосбе-

режение» является симбиозом понятий экономии ресурсов, программы экономии, ресурсоэффективности. Актуальность данного направления исследований определяется объективной необходимостью решения в Республике Беларусь крупной народнохозяйственной проблемы – формирования механизма роста эффективности использования ресурсов в агропромышленном производстве на основе концептуального развития целостной теории и методологии управления ресурсосбережением. Существенная роль в решении этой проблемы принадлежит совершенствованию обеспечения материальными ресурсами, рациональному их использованию, дальнейшему усилению режима экономии во всех отраслях агропромышленного комплекса. Учитывая общепринятую классификацию стран по уровню экономического развития, В.И. Буць с целью исследования тенденций ресурсосбережения в агропромышленном и аграрном производстве выполнил аналитическую группировку для выявления взаимосвязи уровня валовой добавленной стоимости аграрного сектора, нагрузки земель на одного сельскохозяйственного работника, капитала на единицу площади посева (табл. 1).

Таблица 1

*Группировка стран по уровню валовой добавленной стоимости
в аграрном секторе (2016 г.)*

Категория стран	Число стран	Валовая добавленная стоимость, долл./чел.		Нагрузка земель на с.-х. работника, га/чел.	Обеспеченность капиталом, долл./га
		интервалы изменения	в среднем		
Развивающиеся	31	до 670	251,8	0,4	2604,4
Среднего уровня и с переходной экономикой	53	670–4659	1579,6	2,0	3848,4
Индустриально развитые	65	Свыше 4659	14125,7	8,7	14516,5
В среднем по совокупности	×	×	3610,6	2,7	5525,2
Республика Беларусь	×	×	2133,0	5,22	1024,6
Показатели развитых стран к развивающимся	×	×	56 раз	22 раза	6 раз

Источник: составил В.И. Буць по данным проекта Кноема (<https://knoema.ru/>).

Экономическая оценка эффективности управления ресурсосбережением с точки зрения достижения ожидаемого уровня экономических результатов на основании предложенной системы экономических показателей (см. табл. 1) решает проблему обоснования процесса оценки с точки зрения факторов влияния на процесс управления ресурсосбережением, но не с позиций выбора результативных показателей. В этом плане возникает необходимость анализа результатов управления ресурсосбережением в разных объектных областях этого процесса (экономическая, социальная, экологическая), а также на разных уровнях экономических исследова-

ний: международном, макроэкономическом, мезоэкономическом, микроэкономическом.

Из табл. 1 также следует, что в силу сложившейся организационной структуры аграрного производства в развивающихся странах, отличающихся наличием мелких крестьянских хозяйств, относительным избытком трудовых ресурсов в сельском хозяйстве и началом процессов индустриализации, наблюдается низкая относительно развитых стран землеемкость труда, которая сочетается с низкой обеспеченностью капиталом и ведет к низкому уровню валовой добавленной стоимости. Республика Беларусь за счет развития крупного товарного производства на фоне высокой землеемкости в сельском и лесном хозяйстве характеризуется получением валовой добавленной стоимости 2 тыс. долл./чел.

Переход в большинстве стран к интенсивному земледелию, проблема эрозии почв в ряде стран мира, уменьшение резервов расширения пахотных земель объясняют неодинаковый рост доходности при расширении пахотных земель в разрезе отдельных стран. В связи с этими тенденциями проведен регрессионный анализ окупаемости традиционных ресурсов аграрного сектора. При построении модели исходим из того, что такие ресурсы неозекономики, как информация и технология, находят отражение (в стоимостном выражении) в капитале на единицу используемой площади в аграрном секторе. В качестве исходных данных (150 наблюдений) выступили показатели обеспеченности ресурсами и их окупаемости для аграрной отрасли по странам мира (табл. 2).

Ключевым фактором роста валовой добавленной стоимости агропромышленного производства в экономически развитых странах выступает доза внесения удобрений как следствие интенсификации (Носов, 2013). Снижение доходности при достижении определенного уровня внесения удобрений объясняется природным законом взаимосвязи урожайности и количества удобрений. Доходность производства аграрной продукции традиционно определяется главными факторами – плодородием и площадью используемых сельскохозяйственных земель при активном воздействии человека на плодородие путем внесения удобрений. Долевое влияние факторов на результат отражает ресурсоемкость агропромышленного производства.

Таблица 2

*Состав переменных для регрессионного анализа ресурсоокупаемости
в агропромышленном производстве*

Категория показателей	Наименование показателя	Принятая методика расчета
Результатный	Валовая добавленная стоимость агропромышленного производства, тыс. долл. США	Валовой выпуск аграрного сектора за минусом промежуточного потребления
Факторные	Пахотные земли, тыс. га	По данным национальной статистики вся распаханная площадь сельскохозяйственных земель
	Внесение удобрений, ц	По данным национальной статистики количество удобрений в физическом весе, переведенных в действующее вещество
	Численность сельского населения, тыс. чел.	По данным национальной статистики, исходя из переписи населения
	Капитал в аграрной сфере, тыс. долл. США	Капитал в разрезе стран по данным международной статистики
Индикативные	Индекс потребительских цен	Индекс–дефлятор средних цен на потребительские товары
	Индекс роста стоимости экспорта и импорта	Индекс–дефлятор стоимости экспорта и импорта по ценам FOB

Источник: составлена по данным (Буць, 2010, с. 65).

На основании показателей, приведенных в табл. 2, проведен эконометрический анализ (табл. 3). Из нее следует, что, несмотря на низкую окупаемость капитала, этот фактор является решающим в формировании валовой добавленной стоимости продукции агропромышленного производства. Предельный доход (средняя величина) на 1 га используемых земельных ресурсов и одного работника в сельском хозяйстве количественно оценивают сравнительную стоимость этого ресурса.

В связи с этим в качестве примера эффективного управления производительностью ресурсов предлагается изучение японского опыта, особенностями которого является тесная связь процесса ресурсосбережения с управлением качеством (процессом обеспечения качества), планированием (процессом, определяющим, что должно быть сделано для повышения эффективности использования ресурсов), измерением трудозатрат и разработкой смет (процессом оценки экономической), бухгалтерским учетом и финансовым контролем (службами, ведающими оценкой прибыльности) и кадровой службой. Результаты сравнительной экономической оценки ресурсоемкости в агропромышленном производстве Японии и других странах Азии представлены в табл. 4.

Таблица 3

*Предельный доход и доля факторов в формировании
валовой добавленной стоимости агропромышленного сектора (2016 г.)*

Наименование показателя	Среднее значение предельного дохода на единицу ресурса, долл. США	Доля факторов в формировании результата, %
Факторные показатели экономических ресурсов		
Пахотные земли, га	1225,1	6,1
Внесение удобрений, ц. д. в.	3318,7	32,5
Численность сельского населения, чел.	162,2	18,7
Капитал в аграрной сфере, тыс. долл. США (без стоимости земли и удобрений)	185,6	48,8
Характеристики модели		
Коэффициент множественной корреляции	0,98	×
Коэффициент детерминации	0,96	×

Источник: составлена по данным (Буць, 2010, с. 65).

Из табл. 4 следует, что ресурсоемкость агропромышленного производства в странах азиатского региона с высокой плотностью населения, в том числе и сельского, отличается от Японии более низкой нагрузкой земель на одного работника, более высокой капиталоемкостью и меньшей среднерегиональной дозой внесения удобрений, которая колеблется от 67 до 300 кг в пересчете на 100% действующего вещества в зависимости от уровня индустриализации сельского хозяйства конкретной страны. Причина кроется в высоком уровне окупаемости ресурсов в агропромышленном производстве Японии, среди причин которой – применение концепции управления производительностью и отдачей от ресурсов.

Таблица 4

*Сравнительная экономическая оценка ресурсоемкости
в агропромышленном производстве Японии (2016)*

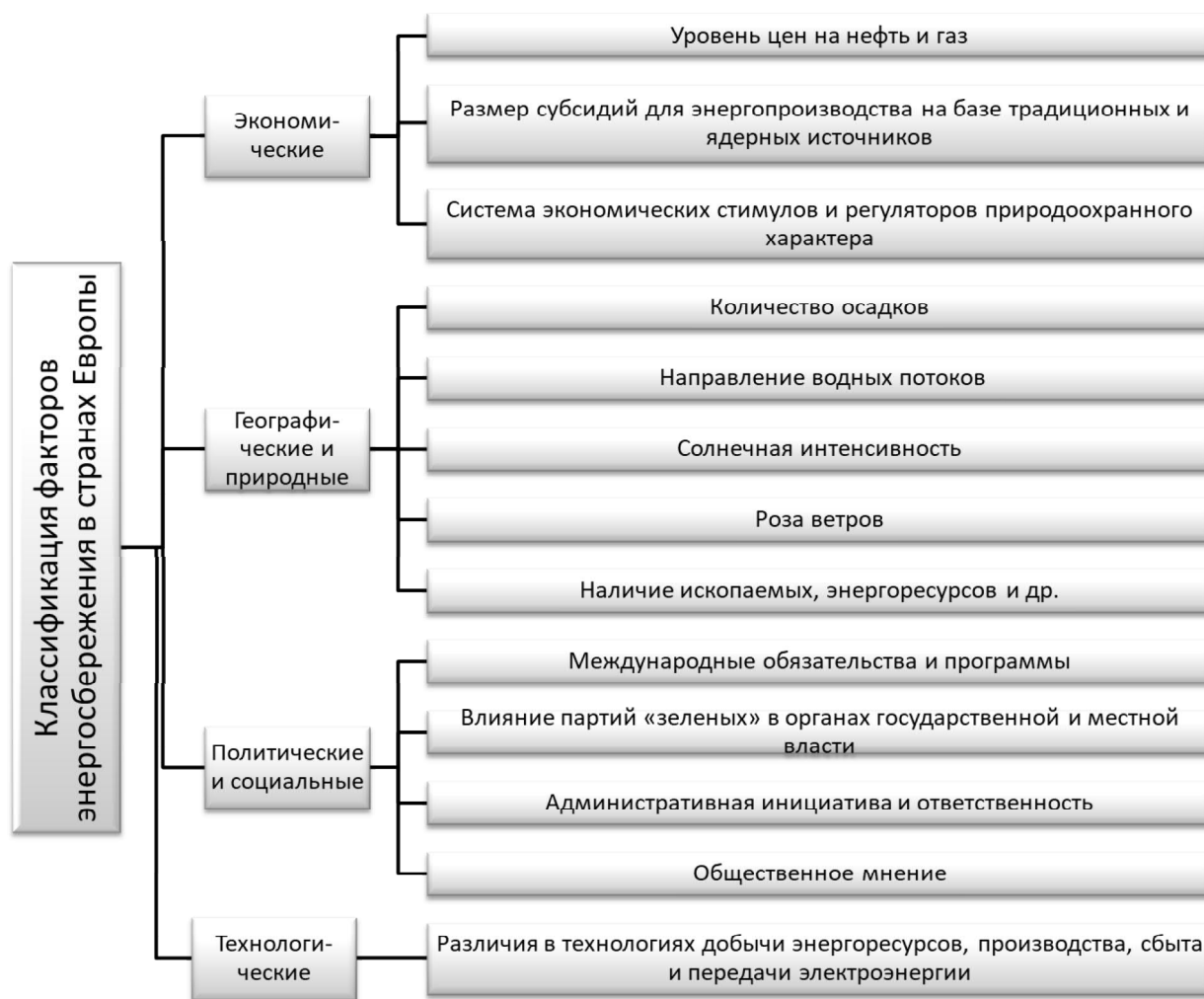
Наименование показателя	В среднем по странам Азии	Япония	Показатели Японии, ± к средним по региону
Нагрузка земель на одного сельскохозяйственного работника, га/чел.	0,84	1,25	+0,41
Капиталоемкость, тыс. долл./чел.	3,079	1,475	-1,604
Внесение удобрений, ц д.в./га	97,5	283,5	+186

Источник: составлена по данным (Буць, 2010, с. 65).

По сравнению с Японией и другими странами Азии основные подходы к управлению ресурсосбережением в аграрной сфере стран Европейского Союза (ЕС) отличаются в зависимости от используемых правительствами тех или иных рычагов аграрной политики. Например, в сельском хозяйстве Федеративной Республики Германии (ФРГ) усилилось действие интенсивных факторов (рост инве-

стиций в ресурсосберегающие технологии в растениеводстве и животноводстве), что отражает общую тенденцию перехода экономики к ресурсосберегающему направлению технического прогресса: сократилась закупка фермерами тракторов и зерноуборочных машин при одновременном увеличении их средней мощности; возросло применение универсальных агрегатов; все чаще сельскохозяйственные машины стали оборудоваться микропроцессорной техникой; высокими темпами растет применение удобрений, стимуляторов роста, химических средств защиты растений, позволяющих получать высокие урожаи независимо от погодных условий. Спрос на них поддерживается благодаря введению в фермерскую практику более эффективных средств защиты растений, позволяющих снизить дозы их внесения на 1 га пашни и, что очень ценится в ФРГ, наносящих меньший ущерб природе и человеку. Одновременно быстро развиваются биологические способы защиты растений, растет применение органических удобрений, используются достижения генной инженерии в растениеводстве и животноводстве. Тем не менее, уровень доходности крестьянского хозяйства в ФРГ все еще существенно ниже, чем в других странах–партнерах по ЕС, за исключением Греции, Испании, Португалии. Сельское хозяйство Франции высоко индустриализовано. По насыщенности техникой, использованию химических удобрений оно уступает только Нидерландам, ФРГ, Дании. Ведущей отраслью является животноводство, на долю которого приходится 2/3 стоимости аграрной продукции. В комплексе с оценкой загрязнения окружающей среды и энергосбережением проблемы ресурсосбережения рассматриваются российскими, белорусскими и европейскими учеными и экономистами в следующих трудах: *Добыши, Мучинский, Костаков (2008); Самойлов, Паневчик, Ковалев (2002); Яковчик, Ланотко (1999); Deters (2006); Scholz, Hellebrand, Grandmann (2006); Szarek (2006); Walla, Schmeberger (2006).*

Загрязнение окружающей среды наносит значительный ущерб экономике. В европейских странах в конце прошлого века он оценивался в 4–6% валового внутреннего продукта (*Grant, 1991*). Поэтому, наряду с обострением глобальной энергетической проблемы и стремлением к уменьшению рисков и потерь при импорте энергоносителей, значимость экологических проблем является в странах ЕС важным стимулом к государственному «вмешательству» в экономику, в частности к стимулированию развития нетрадиционной энергетики. Условия для развития нетрадиционной энергетики в странах–членах Евросоюза различны, что обусловлено предложенной классификации факторов (рис. 4).



Источник: составлено по материалам (Буць, 2010, с.36, 77).

Рис. 4. Классификация факторов энергосбережения в странах Европы

При ее посредстве установлено, что различное сочетание факторов энергосбережения обуславливает различия в направлениях и масштабах развития нетрадиционной энергетики отдельных стран. Нидерланды и Великобритания, имеющие на своей территории существенные запасы нефти и газа, меньше озабочены развитием нетрадиционной энергетики, чем большинство стран Европейского Союза. Для использования солнечной энергии страны Южной Европы, безусловно, имеют более благоприятные возможности, чем, скажем, Швеция. Опыт европейских стран показывает, что природный фактор является важной, но отнюдь не единственной предпосылкой успешного развития нетрадиционной энергетики. Наилучшими природными условиями для использования ветроэнергетических установок в Европе обладают Франция, Великобритания, Эстония и Ирландия.

Сокращение общего числа поставщиков. Выбор и установление стабильных связей с теми, кто способен осуществлять своевременные и качественные поставки с колес

Установление с поставщиками взаимоотношений, основанных на долго временных обязательствах и оказании взаимных услуг

Партнеры, осуществляющие снабженческие функции, объединяют свои усилия в сокращении запасов и издержек путем минимизации транспортных расходов

В своей деятельности менеджеры руководствуются необходимостью достижения поставленной цели

Обычная практика утверждения плана корпорации состоит в том, что предприятие "снизу" выходит с собственными цифрами и добивается их утверждения

Менеджер, осуществляя управленческую деятельность, широко использует современные технические средства: персональный компьютер, телетайп, телефакс и т.д.

В деятельности менеджера наиболее ценным считается умение предвидеть изменения и своевременно принимать меры

Границы между различными подразделениями все более уменьшаются благодаря сокращению времени прохождения изделия

Расширение участия персонала в управлении фирмой привело к уменьшению конфликтов между администрацией и работниками

Создание на предприятиях рабочих бригад-групп, на которые возлагается ответственность не только за объем выпуска продукции, но также за управленческие компетенции

Источник: составлено по материалам (Буць, 2010, с.79).

Рис. 5. Особенности североамериканского ресурсного менеджмента

Как отличающийся от европейского, рассмотрим североамериканский опыт управления ресурсосбережением, который определяется особенностями североамериканского менеджмента (рис. 5). Анализируя опыт внедрения ресурсного менеджмента на предприятиях США и Канады, особое внимание, в связи с возможностью использования данного опыта в хозяйственной практике Республики Беларусь, следует уделить созданию на промышленных предприятиях и в сельскохозяйственных организациях рабочих бригад (групп), на которые возлагается ответственность за объем выпуска продукции, контроль качества, соблюдение техники безопасности, снабжение, диспетчеризацию, рационализацию производственных процессов, ремонт оборудования, обучение, а иногда и подбор кадров, назначение бригадира; соблюдение дисциплины.

Создание таких бригад (групп) способствует сокращению накладных расходов и повышению производительности труда, в том числе и за счет применения новых методов оплаты труда и его стимулирования. Для эффективного использования ресурсов предприятий в американском менеджменте широко применяется создание выборных рабочих советов в целях вовлечения рядовых работников в

процесс планирования, что способствует усилению взаимосвязей между работниками и руководителями, развитию инициативы работников.

Детально анализируя опыт стран с развитой рыночной экономикой, государства–участники Содружества независимых государств (СНГ) объединяют усилия для создания инвестиционно-инновационной модели экономического развития в рамках Межгосударственной целевой программы инновационного сотрудничества СНГ до 2020 года. По оценке членов рабочей группы, программа позволит странам СНГ к 2020 году:

- ♦ поднять производительность труда в 2,5 раза;
- ♦ снизить на 70% энергоемкость единицы валового внутреннего продукта (ВВП);
- ♦ увеличить расходы на науку до 3% ВВП, на образование – до 6% ВВП.

Определены восемь приоритетных отраслей сотрудничества: энергетика, машиностроение, аэрокосмическая промышленность, транспорт, связь, сельское хозяйство, биотехнологии и медицина. Ставка делается на создание высокотехнологической продукции, ресурсобеспечение и ресурсосбережение.

Осознавая необходимость согласованных действий по сохранению природно-ресурсного потенциала и ответственность за экологическую безопасность планеты, гарантирующую соблюдение права человека на жизнь, Межпарламентская Ассамблея государств–участников СНГ приняла программу реализации мер по ресурсосбережению и охране окружающей среды, основные положения которой приведены на рис. 6.

Практический опыт убедительно показывает, что ресурсосберегающие технологии обеспечивают устойчивое развитие растениеводческой отрасли в экономической, экологической и социальной перспективе. Их применение улучшает плодородие почв, предотвращает водную и ветровую эрозию, деградацию водных и земельных ресурсов (НПЦ НАН Беларуси по земледелию, 2007).

Особенность управления ресурсосбережением в странах Содружества независимых государств заключается в экономии ресурсов национального агропромышленного производства за счет получаемого эффекта в межрегиональной торговле продовольствием в условиях процессов интеграции национальных экономик. С целью исследования различных сценариев использования инвестиционных ресурсов стран Содружества В.И. Буць разработал имитационную модель управления продовольственными ресурсами в рамках экономической интеграционной группировки стран Евразийского экономического союза.

Ускорение создания на основе сочетания социально-экономических и экологических приоритетов нормативно-правовых, организационных, экономических и научно-технических условий для снижения ресурсоемкости производства и повышения эффективности использования материально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов всех стран Содружества, что должно способствовать повышению конкурентоспособности продукции

Организация совместной работы по гармонизации законодательных актов в области ресурсосбережения для их приближения к соответствующим стандартам Европейского Союза и изменению приоритетов инвестиционной и налоговой политики в целях рационального природопользования

Разработка национальных программ по оптимальному ресурсосбережению, направленных на коллективное взаимовыгодное использование природных ресурсов, а также согласование экономических механизмов, стимулирующих ресурсосбережение, и в этом контексте планирование первоочередных мероприятий по созданию и внедрению ресурсосберегающих технологий, восстановлению и сохранению природно-ресурсного потенциала государств Содружества

Необходимость принятия странами – участницами СНГ действенных мер по практической реализации положений рамочной Конвенции ООН о сохранении климата (Рио-де-Жанейро, 1992) и Киотского протокола (1997) к ней

Источник: составлено по материалам (Буць, 2010, с.67).

*Рис. 6. Программно-целевые мероприятия в странах СНГ
по ресурсосбережению и охране окружающей среды*

Модель имеет ряд важных отличительных особенностей. Во-первых, она имеет форму задачи математического программирования, но применяется не в нормативном, а в позитивном контексте: ее целевая функция не отражает осознанную и обязательную к достижению цель моделируемого процесса, а представляет собой упрощенную модель результата переговорных процессов между самостоятельными государствами – участниками интеграционного объединения. Она не дает план, готовый к исполнению, а предназначена для проведения компьютерных экспериментов и последующего осмысления их результатов. Во-вторых, она отражает лишь наиболее существенные связи между переменными модели, дополненные экзогенными границами допустимых диапазонов их изменения. В частности, объемы производства аграрной продукции связываются с размерами соответству-

ющих отраслей, которые заключены в экзогенно заданные интервалы: это означает, что размеры отраслей изменяются независимо одна от другой и без издержек – следовательно, в пределах существующего ресурсного потенциала. Перераспределение ресурсного потенциала, кроме инвестиций, модель не описывает, что позволяет избежать отрицательного влияния на результаты моделирования со стороны недостоверной или неполной информации о параметрах, описывающих использование ресурсов в разных отраслях аграрной сферы разных стран. В-третьих, модель описывает влияние процессов в аграрной сфере, внешней торговле сельскохозяйственной и продовольственной продукцией на валовой внутренний продукт каждого государства–участника интеграционного объединения. Благодаря этому модель открыта для ее дополнения описанием других отраслей и сфер национальных экономик.

Математическая запись модели, отражающая существо заложенных в нее идей, приведена в приложении 2. Она в некоторых деталях отличается от варианта, который использован для сценарного анализа, представленного ниже. В частности, добавлена возможность гарантированного сохранения продовольственных запасов в заданном размере после завершения транзакций, описываемых моделью. Возможно обобщение модели на более широкий перечень ресурсов, в связи с чем она может иметь стимулирующее влияние на дальнейшие исследования по проблематике ресурсосбережения в межнациональных интеграционных объединениях.

На результаты моделирования (табл. 5) оказал влияние удельный вес валовой добавленной стоимости сельского хозяйства в ВВП. Три варианта модельных расчетов ВВП, представленные в табл. 5, различаются предположениями о глубине интеграции экономик государств–участников. Средний вариант рассчитан из прогноза устойчивости сложившихся трендов макроэкономических показателей рассматриваемых стран и среднего уровня расширения интеграционных экономических отношений. Так, при данном варианте прогноз прироста ВВП Беларуси установлен на уровне 5,5 процентных пункта (п.п.). В то же время, пессимистический вариант рассчитывался, исходя из условий ухудшения макроэкономической ситуации и свертывания интеграционных процессов, что приведет к сжатию емкости общего рынка. На примере Беларуси – это падение ВВП на 5,1 п. п. по отношению к уровню показателя 2017 года. Оптимистический вариант предусматривал такую степень расширения экономических связей внутри интеграционного объединения, которая имела место при существовании Советского Союза. В этом случае ожидаемый прирост ВВП республики мог бы составлять в 2018 году 22,2 п.п.

Таблица 5

*Сравнение фактического и возможного валового внутреннего продукта
по результатам моделирования, млрд долл. США*

Наименование	Варианты расчета ВВП (2018)			Факт 2018
	пессимистический	средний	оптимистический	
Россия	1269,04	1410,10	1581,05	1576,49
Казахстан	169,85	186,81	199,49	184,21
Беларусь	51,71	57,46	66,53	56,93
Армения	11,96	12,06	13,11	12,53
Кыргызстан	7,99	8,21	8,88	8,01

Источники: Международный валютный фонд; результаты моделирования.

Как следует из табл. 5, Беларусь может получить выгоду от экономической интеграции. Валовой внутренний продукт республики при углублении интеграции может возрасти на 15,7% за счет благоприятных цен на импортируемое минеральное сырье и высокой добавленной стоимости продукции обрабатывающих производств (оптимистический вариант).

Интеграция повлияет на показатель валового внутреннего продукта Кыргызстана, обеспечивая его прирост за счет положительной динамики уровня инвестиций и тесных связей с Казахстаном и Россией. Прирост ВВП Казахстана и России в благоприятном варианте составит не более 4%. Анализ прогнозного и фактического уровня инвестиций в разрезе вариантов приведен в табл. 6. Из неё следует, что, согласно среднему варианту развития событий на экономическом поле интеграции, для стабилизации и дальнейшего роста ВВП может быть предусмотрено наибольшее увеличение инвестиций для Казахстана, который среди стран Евразийского экономического союза отличается максимальным уровнем инвестиций на душу населения.

Применение модели в форме задачи линейного программирования как рабочего инструмента постановки компьютерного эксперимента позволяет по-новому подойти к выполнению требования гарантированной достижимости результата управляющего воздействия, подготовленного при помощи моделирования. Контроль за достижимостью осуществляется при таком подходе при помощи многовариантного решения модели и экспертной оценки всей совокупности полученных вариантов на предмет выявления факторов и обстоятельств, актуально или потенциально препятствующих достижению результатов, соответствующих тому или иному оптимальному решению.

*Сравнение фактических и возможных уровней инвестиций
по результатам моделирования, млрд долл. США*

Наименование	Варианты расчета уровня инвестиций (2018 г.)			Факт 2018
	пессимистический	средний	оптимистический	
Россия	215,74	282,02	395,26	331,06
Казахстан	32,27	50,44	59,85	51,58
Беларусь	10,34	14,94	19,96	15,37
Армения	2,27	2,41	3,28	2,76
Кыргызстан	1,60	2,22	2,66	2,21

Источники: Международный валютный фонд; результаты моделирования.

Так, проведенный эксперимент доказал, что результаты экспериментов для пессимистического и среднего вариантов лежат в зоне гарантированной достижимости, поскольку требуют инвестиций, обеспеченных существующими источниками. Однако эти результаты не приводят к улучшению ВВП некоторых стран в сравнении с фактом (во втором варианте потери в сравнении с фактом понесли бы Россия и Армения). Очевидно, такие варианты не получают поддержки правительств этих стран. Дальнейшие исследования должны быть направлены на отыскание варианта, который, сохраняя инвестиции в границах факта⁸, позволит увеличить ВВП в сравнении с фактом. Этот процесс может быть частично автоматизирован, если принять некоторые сценарные параметры модели за переменные величины, которые в процессе поиска оптимума могут изменяться в заданных границах, и дополнить задачу ограничением по максимальному суммарному размеру инвестиций. Варианты, отвечающие указанному требованию, если найдутся, потребуют более углубленного анализа путем выявления его отличий от факта и детальной оценки реализуемости каждого отличия.

Исследование, основные результаты которого представлены в данной главе, привело к следующим выводам:

1) результаты группировки стран по уровню валовой добавленной стоимости показывают, что в группе стран с развитым агропромышленным производством землеемкость труда (га/чел.) выше в 22 раза, а уровень вложений капитала в 6 раз по отношению к развивающимся странам. Эффективное использование ресурсов и эффект ресурсосбережения достигнуты за счет более высокой капиталоемкости, уровня инвестиций и инноваций аграрного сектора. Управление ресурсосбережением в индустриально развитых странах имеет трудосберегающий характер на основе тенденции замены труда капиталом. Выявленные тенденции имеют

⁸ Возможно, увеличенного на источники инвестиций, которые гарантированно могут быть привлечены способами, известными правительствам стран-партнеров.

практическое значение для агропромышленного производства Республики Беларусь в связи с тем же трудосберегающим характером управления ресурсосбережением, но при меньшей обеспеченности инвестициями (9–10% от уровня индустриально развитых стран). Все это требует совершенствования инвестиционной политики и форм государственной поддержки агропромышленного производства, механизм которой является достаточно хорошо разработан в развитых странах;

2) опыт Японии в эффективном управлении ресурсосбережением ориентирует на систему мероприятий, связанных с управлением качеством, диспетчеризацией, точным учетом затрат в разрезе технологических процессов, базирующихся на высоком уровне мотивации работников не только за результаты труда, но и за разработку и внедрение инноваций. Современное сельское хозяйство Федеративной Республики Германии, как и ряда других развитых стран Европейского Союза, отличается ростом инвестиций в ресурсо- и энергосберегающие технологии, что выражается в использовании более энергонасыщенной техники, оборудования для сельскохозяйственной техники и животноводческих ферм, микропроцессорной техники для устранения потерь материальных ресурсов, агротехники возделывания сельскохозяйственных культур в направлении получения достаточно высокого урожая при любых погодных условиях;

3) моделирование основных параметров развития аграрных рынков Евразийского экономического союза показывает, что эффективного управления ресурсосбережением можно достигнуть за счет эффекта интеграции, но его величина будет разной для стран-участниц. Республика Беларусь при тесной экономической интеграции в рамках Евразийского экономического союза может получить до 10% прироста валового внутреннего продукта.

3. Экономико-математический инструментарий повышения конкурентоспособности мясной продукции

В условиях рыночной экономики функционирование любых хозяйствующих субъектов происходит в конкурентной борьбе, заключающейся в росте конкурентоспособности выпускаемой ими продукции. Актуальность решения проблемы повышения конкурентоспособности белорусской мясной продукции возрастает в связи с реализацией Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы, в которой обозначены необходимость повышения конкурентоспособности продукции и предприятий АПК, обеспечения внутреннего рынка страны отечественной сельскохозяйственной продукцией и

продовольствием надлежащего качества в необходимых объемах на основе формирования рыночных механизмов хозяйствования и развития аграрного бизнеса.

За последние годы в мировой науке разработаны различные подходы, связанные с оценкой конкурентоспособности продукции, предприятий, отраслей, стран, анализом тенденций ее формирования. Эти подходы представляют собой отдельные аспекты комплексного механизма повышения конкурентоспособности продукции. Ряд вопросов, связанных с оценкой конкурентоспособности продукции, с формированием эффективного механизма повышения конкурентоспособности, нашли отражение в следующих трудах: *Быков и Комаров (2013), Головачев (2012), Гусаков (2013), Дурович (2008), Лифиц (2016), Немогай и Бонцевич (2013), Сайганов и Тригуб (2015), Сайганов и Шафранский (2018а, 2018б, 2018в), Фатхутдинов (2008), Царев, Кантарович, Черныш (2015).*

Вместе с тем, несмотря на значительный научный вклад и накопленный опыт, в имеющихся разработках недостаточно внимания уделяется обоснованию адекватной рыночным условиям методической базы формирования эффективного экономического механизма повышения конкурентоспособности продукции на перерабатывающих предприятиях АПК Республики Беларусь и Российской Федерации, учитывающей особенности нормативно-правовой базы обеих стран и генеральную линию проводимой ими политики на углубление экономической интеграции.

С целью выработки понятия и раскрытия экономической сущности конкурентоспособности продукции проведена систематизация и структуризация научных подходов и имеющихся определений конкурентоспособности продукции, по результатам которых разработана с позиции перерабатывающего предприятия новая классификация – «пирамида уровней конкурентоспособности продукции» (рис. 7).



Источник: исследования И.В. Шафранской и И.Н. Шафранского.

Рис. 7. Пирамида уровней конкурентоспособности продукции

Согласно рис. 7, первый уровень отражает удовлетворение потребностей в повышении конкурентоспособности продукции в плановой экономике, второй и тре-

тий уровни – в переходной и рыночной экономиках. В отличие от аналогов, разработанная структура не привязана к процессу производства. В рамках предлагаемой пирамиды И.В. Шафранской и И.Н. Шафранским разработана трактовка конкурентоспособности продукции как сложного многоаспектного понятия, отражающего соперничество с товарами конкурентов за достижение превосходства над аналогами в сочетании характеристик продукции, ее реализации и удовлетворении конкретных реальных или потенциальных потребностей всех субъектов рыночных отношений на целевом сегменте рынка в определенный момент времени. В отличие от существующих (Быков и Комаров, 2013; Гнатюк, Барановский и Наркевич, 2016; Головачев, 2012, с. 108; Еремеева и Калачев, 2006, с. 47–53; Лифиц, 2016, с. 25; Минько и Кричевский, 2004; Немогай и Бонцевич, 2013; Сайганов и Шафранский, 2018а, с. 24; Фатхутдинов, 2008, с. 121), данное определение позволяет точнее отразить сущность рассматриваемой категории и учитывает тесную связь конкурентоспособности продукции с ее свойствами. Это доказывает необходимость рассмотрения не только реальной конкурентоспособности продукции, но и потенциальной.

На основе ряда предшествующих исследований (Ворошилова, 2012; Гусakov, 2013, с. 10; Короткая, 2016, с. 74; Крутиков и Якунина, 2011; Кудрявцев, 2011; Любецкий, 2018; Родионова и Якушева, 2017, с. 93; Рожкова, 2007; Якунина, 2010) удалось выявить и структурировать особенности сырья, производства, готовой продукции, мясной отрасли, рынка мяса и мясопродуктов, удовлетворения потребностей производителей сельскохозяйственного сырья и перерабатывающих предприятий, влияющие на конкурентоспособность мясной продукции. Опираясь на работы З.М. Ильиной и Н.Н. Батовой (2010, с. 23), В.В. Квасниковой и О.Н. Жучкевича (2013, с. 45–49), И.М. Лифица (2016, с. 66), Т.Г. Философовой и В.А. Быкова (2008, с. 55), В.В. Царева и др. (2015, с. 92–93, 151–154), И.П. Чепурного (2005, с. 79–83), отобраны с позиции простоты расчета и полноты оценки критерии конкурентоспособности продукции. При этом установлено, что эти критерии, рассматриваемые по отдельности, не отвечают основным принципам оценки конкурентоспособности продукции (относительности, сопоставимости, комплексности, взаимообусловленности, противоположности, консенсуса и т.д.), что вызывает объективную необходимость формирования комплексного коэффициента конкурентоспособности продукции.

Совершенствование экономического механизма повышения конкурентоспособности мясной продукции предполагает оценку современного состояния мясоперерабатывающей отрасли. Сегодня в Беларуси переработкой мяса занимаются 22 крупных мясокомбината, подчиненных Министерству сельского хозяйства и продовольствия, и более 450 предприятий различных форм собственности. Данные

о производстве мяса и мясопродуктов в Республике Беларусь за период 2012–2017 гг. приведены в табл. 7. Ассортимент вырабатываемой в республике мясной продукции включает более 1200 наименований, в том числе 800 видов колбасных изделий, около 250 наименований полуфабрикатов, более 150 видов консервов.

Таблица 7

Производство мяса и мясопродуктов в республике

Показатели	Годы						Структура, 2017 г.	2017 г. в % к 2012 г.
	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Произведено, тыс. т:								
мяса и пищевых субпродуктов	906,8	998,5	947,4	1020,7	1059,4	1102,3	100	121,6
в т.ч.: говядина и телятина	224,7	246,9	228,7	256,8	262,5	256,9	23,3	114,3
свинина	272,0	296,1	248,5	247,7	267,4	286,8	26,0	105,4
мясо птицы	341,2	365,0	394,7	438,5	451,3	476,5	43,2	139,7
колбасных изделий	296,1	291,7	288,8	266,0	275,5	280,0	100	94,6
в т.ч.: вареных, сосисок, сарделек, хлеба колбасного	184,4	178,7	177,1	159,8	166,7	168,8	60,3	91,5
полукопченых	19,3	19,7	18,7	16,2	15,1	15,4	5,5	79,8
сыровяленых, сырокопченых, включая салями	15,6	17,0	16,1	15,0	17,2	19,2	6,9	123,1
полуфабрикаты мясные и мясо-содержащие	187,3	163,9	171,8	156,2	156,1	177,4	100	94,7
мясные консервы	16,2	18,1	15,9	11,2	12,0	11,6	100	71,6
в т.ч. консервы для детского питания мясные, мясо-содержащие	1,747	1,501	1,219	1,464	1,516	1,522	13,1	87,1
Потребление мяса и мясопродуктов в расчете на душу населения, кг в год	88	91	88	89	91	92	×	104,5

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Проведенный анализ показал, что за 2012–2017 гг. на мясоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь наблюдается ряд проблем, среди которых: недостаточная загрузка производственных мощностей, сверхнормативные остатки готовой продукции, сложное финансовое положение, связанное с размером задолженности мясокомбинатов по кредитам. Сложившаяся ситуация не позволяет отдельным мясокомбинатам, в частности ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат», увеличить производство продукции. Сравнение темпов изменения объемов сбыта колбасных изделий, мясных полуфабрикатов и консервов ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» с предприятиями системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь позволяет сделать вывод, что мясоконсервный комбинат проигрывает своим конкурентам, особенно по реализации основной продукции – мясных консервов. За 2012–2016 гг. деятельность ПУП

«Оршанский мясоконсервный комбинат» была убыточной. В 2017 г. комбинат получил чистую прибыль в размере 2102,0 тыс. руб. Республики Беларусь, в основном от сбыта мясных консервов. Предпосылкой усиления конкуренции на рынке мяса и мясной продукции является высокая степень концентрации в отрасли.

Рассмотрим тенденции конкурентоспособности продукции на мясоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь, и влияющие на нее факторы. Основными среди них являются увеличение плотности поголовья крупного рогатого скота, снижение плотности поголовья свиней, повышение качества поставляемого на убой скота, рост объемов реализации мяса и мясопродуктов, рост производства и потребления мяса и мясной продукции в расчете на душу населения, рост экспорта мяса и пищевых субпродуктов домашней птицы, свежей или охлажденной, замороженной говядины, снижение экспорта колбасных изделий, значительное снижение экспорта мяса и мясных продуктов из свинины (табл. 8).

Таблица 8.

Экспорт мяса и мясной продукции Республики Беларусь за 2012–2017 гг.

Показатели	Годы						2017 г. в % к 2012 г.
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Говядина свежая или охлажденная							
Экспорт – всего, тыс. т	74,7	99,0	95,2	102,7	104,0	98,2	131,5
В т. ч. в Российскую Федерацию	74,5	98,7	95,1	102,3	103,9	95,4	128,1
Доля экспорта в Российскую Федера- цию к экспорту всего, %	99,7	99,7	99,9	99,6	99,9	97,1	–2,6
Говядина замороженная							
Экспорт – всего, тыс. т	32,2	52,6	29,9	35,7	51,4	43,3	134,5
В т. ч. в Российскую Федерацию	26,1	43,5	26,2	31,9	49,7	36,9	141,4
Доля экспорта в Российскую Федера- цию к экспорту всего, %	81,1	82,7	87,6	89,4	96,7	85,2	4,1
Свинина							
Экспорт – всего, тыс. т	60,4	42,6	11,5	0,7	4,4	6,1	10,1
В т. ч. в Российскую Федерацию	60,1	41,7	11,5	0,7	4,4	6,0	10,0
Доля экспорта в Российскую Федера- цию к экспорту всего, %	99,5	97,9	100,0	100,0	100,0	98,4	–1,1
Мясо и пищевые субпродукты домашней птицы							
Экспорт – всего, тыс. т	105,6	106,1	114,3	136,3	145,9	150,4	142,4
В т. ч. в Российскую Федерацию	103,9	105,0	113,6	133,4	137,6	127,5	122,7
Доля экспорта в Российскую Федера- цию к экспорту всего, %	98,4	99,0	99,4	97,9	94,3	84,8	–13,6
Колбасы и аналогичные продукты из мяса							
Экспорт – всего, тыс. т	70,5	69,7	48,3	26,8	37,0	42,1	59,7
В т. ч. в Российскую Федерацию	69,0	68,2	47,2	24,9	33,8	37,9	54,9
Доля экспорта в Российскую Федера- цию к экспорту всего, %	97,9	97,8	97,7	92,9	91,4	90,0	–7,9

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Проведен анализ основных факторов конкурентоспособности продукции, в рамках которого предложена методика оценки эффективности использования основных ресурсов мясоперерабатывающих предприятий (Шафранский, 2018). Научная новизна данной методики заключается в усовершенствованном методическом подходе к расчету средней и предельной производительности ресурсов.

В рамках этой методики для количественного измерения влияния факторов производства на конечный результат мясоперерабатывающих предприятий республики проведен регрессионный анализ факторов добавленной стоимости мясной продукции в Республике Беларусь по совокупности крупных мясокомбинатов страны, предоставивших соответствующие данные (16 комбинатов в 2017 г., 17 в предшествующие три года). В результате получены следующие зависимости:

2017 г.

$$y_x = 0,023x_1^{0,071}x_2^{0,124}x_3^{1,203},$$

$$n = 16, R = 0,946, D = 89,4, F = 33,9,$$

$$t_{a0} = -2,199*, t_{a1} = 2,246*, t_{a2} = 2,893*, t_{a3} = 8,190*;$$

2016 г.

$$y_x = 0,192x_1^{0,405}x_2^{0,008}x_3^{0,872},$$

$$n = 17, R = 0,942, D = 88,8, F = 34,3,$$

$$t_{a0} = -1,978, t_{a1} = 1,972, t_{a2} = 2,014, t_{a3} = 7,038*;$$

2015 г.

$$y_x = 0,255x_1^{0,091}x_2^{0,078}x_3^{0,972},$$

$$n = 17, R = 0,911, D = 82,9, F = 21,0,$$

$$t_{a0} = -2,659*, t_{a1} = 1,967, t_{a2} = 1,976, t_{a3} = 5,678*;$$

2014 г.

$$y_x = 9,109x_1^{0,637}x_2^{0,087}x_3^{0,226},$$

$$n = 17, R = 0,844, D = 71,2, F = 10,7,$$

$$t_{a0} = 2,425*, t_{a1} = 1,998, t_{a2} = 1,973, t_{a3} = 2,074,$$

где y_x – добавленная стоимость, тыс. руб. РБ; x_1 – среднесписочная численность работающих, чел.; x_2 – стоимость совокупного капитала без учета закупленного скота, тыс. руб. РБ; x_3 – закуплено скота (живой вес), т. Звездочкой (*) отмечены значения t -статистик, отклоняющие нулевые гипотезы о значениях соответствующих параметров.

Стоимость совокупного капитала определялась как сумма основного и оборотного капитала без учета стоимости закупленного скота, умноженная на корректирующий коэффициент. Этот коэффициент отражает среднее значение предельной окупаемости материальных затрат ресурсов по добавленной стоимости. Его

предложено рассчитывать с помощью соотношения коэффициентов трендовых однофакторных регрессионных моделей взаимосвязи используемых показателей.

Полученная зависимость за 2017 г. позволяет определить удельный вклад рассматриваемых ресурсов в формирование добавленной стоимости, рассчитать среднюю и предельную производительность ресурсов в исследуемой совокупности мясокомбинатов (табл. 9). Например, для численности работающих в 2017 г. это соответственно

$$y_x/x_1 = (0,023x_1^{0,071}x_2^{0,124}x_3^{1,203})/x_1 = 0,023x_1^{-0,929}x_2^{0,124}x_3^{1,203},$$

$$\partial y_x/\partial x_1 = 0,023 \cdot 0,071 \cdot x_1^{0,071-1}x_2^{0,124}x_3^{1,203} = 0,016x_1^{-0,929}x_2^{0,124}x_3^{1,203}$$

при средних по совокупности значениях $x_1 \dots x_3$.

Величины предельной и средней производительности ресурсов аргументировано указывают направления распределения денежных средств с целью наилучшей их окупаемости.

Значения за 2014–2016 гг., приведенные в табл. 9, статистически недостоверны и приведены на случай, если эластичности добавленной стоимости по ресурсам на деле близки к полученным оценкам. Невозможность отклонить нулевые гипотезы о некоторых эластичностях за 2015 и 2016 гг. и даже обо всех за 2014 г., свидетельствует о том, что мясокомбинатов использовала ресурсы неэффективно, причем с различной степенью неэффективности. Неэффективность маскирует количественное влияние факторов на добавленную стоимость: она, по сути, означает, что некоторые факторы на деле не используются для производства добавленной стоимости. Эта же причина способна объяснить неустойчивость оценок эластичности во времени.

Таблица 9.

*Предельная и средняя производительность ресурсов
мясоперерабатывающих предприятий за 2014–2017 гг.*

Производительность ресурсов	Годы				2017 г. к 2014 г., ±
	2014	2015	2016	2017	
Производительность труда, тыс. руб. РБ*/чел.					
Средняя	1,405	1,424	1,437	1,463	0,058
Предельная	0,895	0,130	0,582	0,104	−0,791
Производительность капитала, тыс. руб. РБ*/тыс. руб. РБ*					
Средняя	0,917	0,906	0,875	0,916	−0,001
Предельная	0,080	0,071	0,007	0,114	0,034
Производительность сырья, тыс. руб. РБ*/т					
Средняя	0,977	0,986	1,000	1,017	0,040
Предельная	0,221	0,958	0,872	1,223	1,002

* 2014–2016 гг. – в пересчете на рубль Республики Беларусь после деноминации 1 июля 2016 г.

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской по результатам собственных исследований.

Для выявления степени неэффективности можно построить зависимость добавленной стоимости от факторов в форме стохастической границы производственных возможностей (stochastic frontier). Эта работа запланирована на перспективу.

Полученные оценки свидетельствуют об улучшении положения дел с эффективностью использования ресурсов: с течением времени оценок эластичностей, по которым нулевые гипотезы не отклоняются, становится все меньше, а к 2017 году удастся отклонить все нулевые гипотезы. Это еще не значит, что сохраняющаяся неэффективность не искажает получаемые оценки эластичностей, но масштабы таких искажений уже не так велики, как в предшествующие годы. Конкурентная борьба вынуждает производителей мясной продукции использовать ресурсы эффективнее, и мы видим положительные результаты этого процесса.

Установлено, что приращение добавленной стоимости мясоперерабатывающих предприятий в современных условиях наиболее эффективно происходит за счет роста объемов сырья, т. к. предельная производительность от данного ресурса максимальна, что согласуется с результатами предшествующих исследований (*Родионова, 2017*). Следовательно, механизм повышения конкурентоспособности продукции должен быть основан на использовании сырьевых ресурсов.

В целях дальнейшего роста уровня конкурентоспособности необходимо, опираясь на результаты, полученные ранее другими исследователями (*Ворошилова, 2012; Короткая, 2016; Крутиков и Якунина, 2011; Кудрявцев, 2011; Рожкова, 2007; Сайганов и Тригуб, 2015, с. 107–128*), провести объективную оценку конкурентоспособности продукции.

В качестве показателя сравнительной эффективности продукции может выступать коэффициент сравнительной рентабельности (убыточности) реализованной продукции товарной группы, определяемый по следующей формуле:

$$P_{ij} = (P_{ij} / C_{ij}) / \left(\sum_{j'=1}^n P_{ij'} / \sum_{j'=1}^n C_{ij'} \right),$$

где P_{ij} – коэффициент рентабельности (убыточности) реализованной продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j ; C_{ij} – себестоимость реализованной продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j , тыс. руб. РБ; P_{ij} – прибыль от реализации продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j , тыс. руб. РБ; n – количество мясоперерабатывающих предприятий.

Для оценки конкурентоспособности продукции с точки зрения рыночного потенциала можно использовать такой показатель, как сравнительная доля продаж,

которая с позиции производителя олицетворяет предложение на целевом рынке, с позиции потребителя – спрос и рассчитывается по формуле

$$D_{nij} = \frac{V_{ij}}{\sum_{i'=1}^m V_{i'j}} : \frac{\sum_{j'=1}^n V_{ij'}}{\sum_{i'=1}^m \sum_{j'=1}^n V_{i'j'}},$$

где D_{nij} – доля продаж продукции товарной группы вида i в общем объеме реализации продукции мясоперерабатывающего предприятия вида j ; V_{ij} – объем реализации продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j , тыс. руб.; n – количество мясоперерабатывающих предприятий; m – количество товарных групп продукции.

Преимущество этого показателя перед традиционным показателем «доля продаж» заключается в том, что он учитывает разнообразие товарного ассортимента. Так, доля продаж, составляющая 20% рынка, может оказаться наименьшей среди всей продуктовой линейки, если она включает в себя два или три продукта, или, наоборот, доминирующей, если она включает в себя десятки продуктов. В связи с этим предложенный показатель обладает преимуществом перед традиционным при использовании в качестве меры доминирования продукта на рынке.

Общеизвестно, что продукция, востребованная на внешнем рынке, считается конкурентоспособной, поэтому для целей анализа конкурентоспособности продукции можно применять такой показатель, как сравнительная доля экспорта продукции, определяемый по приведенной ниже формуле:

$$D_{\varepsilon ij} = \frac{V_{\varepsilon ij}}{\sum_{i'=1}^m V_{\varepsilon i'j}} : \frac{\sum_{j'=1}^n V_{\varepsilon ij'}}{\sum_{i'=1}^m \sum_{j'=1}^n V_{\varepsilon i'j'}},$$

где $D_{\varepsilon ij}$ – доля экспорта продукции товарной группы вида i в общем объеме экспорта продукции мясоперерабатывающего предприятия вида j ; $V_{\varepsilon ij}$ – объем экспорта продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j , тыс. руб. РБ.

По результатам проведенных исследований предлагается следующий расчет комплексного коэффициента конкурентоспособности продукции:

$$K_{ij} = a_1 D_{nij} + a_2 P_{ij} + a_3 D_{\varepsilon ij}$$

где K_{ij} – коэффициент конкурентоспособности продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j ; D_{nij} – сравнительная доля продаж

продукции товарной группы вида i в общем объеме реализации продукции мясоперерабатывающего предприятия вида j ; P_{ij} – сравнительный уровень рентабельности (убыточности) продукции товарной группы вида i мясоперерабатывающего предприятия вида j ; D_{ij} – сравнительная доля экспорта продукции товарной группы вида i в общем объеме экспорта продукции мясоперерабатывающего предприятия вида j ; a_1, a_2, a_3 – коэффициенты весомости соответствующих критериев.

Используя результаты анкетного опроса 1000 постоянных клиентов Оршанского мясоконсервного комбината, проведенного в социальных сетях, установлены и предложены следующие значения коэффициентов весомости $a_1 = 0,2$, $a_2 = 0,7$, $a_3 = 0,1$.

Предлагаемая методика апробирована на фактической информации функционирования мясокомбинатов Республики Беларусь (*Сайганов и Шафранский, 2018б*). Установлено, что в целом продукция ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» является неконкурентоспособной. Основными конкурентами по данной товарной группе являются ОАО «Слущкий мясокомбинат» и ОАО «Калинковичский мясокомбинат». Результаты оценки свидетельствуют о необходимости повышения конкурентоспособности продукции и согласуются со сделанным выше выводом о том, что некоторые мясокомбинаты республики функционируют неэффективно.

В целях повышения эффективности функционирования мясоперерабатывающих предприятий АПК на примере ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» разработана оптимизационная модель программы развития мясоперерабатывающего предприятия на основе роста конкурентоспособности его продукции с использованием различных сценариев, включающая методику формирования цены, обеспечивающую при заданном уровне качества конкурентоспособность продукции.

Новизна методики формирования цены, обеспечивающей при заданном уровне качества конкурентоспособность продукции, состоит в том, что она базируется на количественной оценке изменения цены реализации продукции в расчете на единицу ее качества, оцениваемого потребителями экспертным методом, подобным применяемому в ряде предшествующих работ (*Германович и Оскирко, 2016; Любецкий, 2018, с.142; Расторгуев, 2014; Рушицкая, Куликова и Семенюк, 2017; Сайганов и Шафранский, 2018в*).

Применение методики позволит перерабатывающим предприятиям: а) оценивать степень удовлетворенности потребителей качеством продукции; б) своевременно корректировать ассортиментную политику затем, чтобы максимизировать уровень конкурентоспособности продукции на основании оптимального сочетания цены и качества; в) реагировать на изменения запросов потребителей с целью наиболее полного удовлетворения их потребностей. Данные, полученные в ре-

зультате применения методики, можно использовать при обосновании перспективной программы развития перерабатывающего предприятия. Методика апробирована на базе фактических квартальных данных деятельности ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» за 2014–2017 гг. в рамках продукции товарных групп, имеющих наибольший удельный вес в структуре производства: колбасные изделия (15,5–17,9%), мясные консервы (50,6–64,1%). С целью определения качества продукции за анализируемый период проведен анкетный опрос, в качестве респондентов выступили постоянные клиенты мясоконсервного комбината, занимающие максимальный удельный вес в отгрузке исследуемых видов продукции: ЧТУП «Боятик» и филиал ООО «Евроторг» (г. Витебск); ОАО «Орша-сервис», ЗАО «Мерком», ЧТУП «Микомторг-Орша», филиал «Орша» ЗАО «Доброном», ТУП «Оршанский продторг» (г. Орша); ЧУП «Ля-Фам» (г. Ореховск). Для установления степени согласованности мнений потребителей использовался коэффициент корреляции. По результатам анализа анкетных данных определены максимальный и минимальный уровень качества продукции конкретного вида. За анализируемый период рассчитана средняя цена реализации продукции по видам.

Для количественной оценки влияния качества продукции на формирование цены реализации продукции анализируемых товарных групп И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской построены регрессионные зависимости следующих видов: $y_x = a_1x + a_0$, $y_x = a_0e^{a_1x}$, $y_x = a_0x^{a_1}$, $y_x = a_1\ln x + a_0$, $y_x = a_2x^2 + a_1x + a_0$, где y_x – цена реализации продукции товарной группы, тыс. руб. РБ/т (тыс. руб. РБ/туб⁹); x – уровень качества продукции товарной группы, баллов.

Критерием отбора регрессионной зависимости, адекватно описывающей формирование цены реализации продукции в зависимости от уровня ее качества, является расчетное значение коэффициента детерминации, отражающее тесноту связи факторного и результативного показателя. Используя отобранные функциональные формы, определена максимальная и минимальная цена реализации продукции при заданном уровне качества.

Следующим этапом предлагаемой методики является расчет коэффициента ценности продукции. Предлагаемый коэффициент отражает изменение цены реализации продукции вида i на единицу ее качества и необходим для определения планируемой цены реализации продукции заданного уровня качества. Расчет коэффициента ценности продукции предлагается производить по следующей формуле:

⁹ 1 туб = тысяча условных банок (400 кг).

$$\alpha_i = \frac{U_{i\max} - U_{i\min}}{K_{i\max} - K_{i\min}},$$

где α_i – коэффициент ценности продукции, $U_{i\max}$, $U_{i\min}$ – соответственно максимальная и минимальная цена реализации продукции вида i , $K_{i\max}$, $K_{i\min}$ – соответственно максимальный и минимальный уровень качества продукции вида i .

В качестве иллюстрации предлагаемой методики произведен расчет планируемой цены реализации продукции при уровне качества в 5 баллов. Определение планируемой цены реализации продукции в соответствии с заданным уровнем качества предлагается производить по формуле $U_{i\text{план}} = U_{i\min} + \alpha_i (K_{i\text{план}} - K_{i\min})$, где $U_{i\text{план}}$ – планируемая цена реализации продукции вида i для заданного уровня качества продукции $K_{i\text{план}}$. Результаты расчета приведены в табл. 10.

Предлагаемая нами методика позволяет, используя научно обоснованные методы, выявить рациональное сочетание цены и качества. Опираясь на предлагаемую методику, обоснована исходная информация для 3-го и 4-го сценария расчета по оптимизационной модели программы развития мясоперерабатывающего предприятия, изложенной ниже в главе 7.

Выполненные исследования позволили получить новые научные и практические результаты, суть которых изложена ниже.

1. С учетом специфики формирования конкурентоспособности продукции на мясоперерабатывающих предприятиях АПК обоснованы принципы и систематизированы критерии оценки конкурентоспособности продукции.

2. Выполнен анализ современного состояния мясоперерабатывающих предприятий Республики Беларусь. Выявлены тенденции изменения конкурентоспособности производителей мясной продукции.

3. Предложена методика оценки эффективности использования ресурсов мясоперерабатывающих предприятий. Установлено, что размеры добавленной стоимости, создаваемой на мясоперерабатывающих предприятиях Беларуси, связаны преимущественно с количеством и качеством поступающего сырья, что имеет существенное значение при формировании концепций государственной аграрной политики, определения направлений и способов стимулирования развития мясоперерабатывающей промышленности Республики Беларусь.

4. Разработана методика оценки конкурентоспособности продукции мясоперерабатывающих предприятий, применение которой позволит перерабатывающим предприятиям проводить мониторинг конкурентоспособности и своевременно корректировать ассортимент продукции с целью более успешного продвижения продукции на рынки и получения более высоких результатов хозяйственной дея-

тельности. Методика также рекомендуется к применению в целях разработки дифференцированного подхода к стимулированию развития мясоперерабатывающей промышленности Республики Беларусь и мероприятий по продвижению ее продукции на зарубежные рынки.

Таблица 10

Расчет планируемой цены реализации от уровня качества продукции

Продукция	Выбранная функциональная форма для определения цены y_x в зависимости от балла качества x	Цена реализации продукции, тыс. руб./т (тыс. руб./туб*)		Уровень качества продукции, баллов		α_i – коэффициент ценности продукции, показывающий изменение цены реализации продукции вида i на единицу ее качества	Планируемое значение цены реализации продукции при уровне качества 5 баллов, тыс. руб./т (тыс. руб./тыс. усл. банок)
		максимальная	минимальная	максимальный	минимальный		
Вареные колбасные изделия	$1,135e^{0,317 \cdot x}$	3,442	2,588	3,5	2,6	0,949	4,865
Сосиски, сардельки	$-2,298x^2 + 15,891x - 22,292$	4,730	3,861	3,9	2,7	0,724	5,527
Варено-копченые колбасные изделия	$3,958e^{0,137x}$	6,753	5,730	3,9	2,7	0,853	7,691
Сырокопченые и сыровяленные, вяленые колбасные изделия (включая «салями»)	$1,782x^{1,347}$	13,111	8,538	4,4	3,2	3,811	15,398
Копчености	$2,529e^{0,271x}$	8,333	5,702	4,4	3,0	1,879	9,461
Мясные консервы	$0,273x^{1,585}$	3,280	1,988	4,8	3,5	0,994	3,479
Детское питание «Baby hit»	$0,232x^{1,869}$	4,352	2,952	4,8	3,9	1,556	4,663
Детское питание «ОМКК»	$0,126x^{2,263}$	4,810	2,903	5,0	4,0	1,907	4,810

* 1 туб = тысяча условных банок (400 кг).

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской на основании собственных исследований.

5. Предложена методика формирования цены продукции мясоперерабатывающих предприятий, обеспечивающая при заданном уровне качества ее конкурентоспособность, новизна которой заключается в учете оценки удовлетворенности потребителей качеством, определенной путем анкетирования экспертов. Ее применение позволяет перерабатывающему предприятию своевременно корректировать ассортиментную политику, реагировать на изменения запросов потребите-

лей с целью повышения конкурентоспособности продукции. Данная методика может использоваться Министерством сельского хозяйства Республики Беларусь, Минсельхозом России и Евразийской экономической комиссией в целях определения трансфертов от потребителя к производителю, связанных с неполнотой имеющейся у потребителя информации о качестве продукции. Исследование этих трансфертов, в свою очередь, закладывает основы совершенствования политики, направленной на преодоление отрицательных последствий информационной асимметрии.

4. Совершенствование территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства в масштабе государства

В наше время прогресс экономико-математического моделирования настолько стремителен, что результаты, полученные в 2017 году и, по существу, закрывшие проблему, стоявшую перед советской и российской экономической наукой более полувека, сегодня уже устарели. Математическая модель, которая изложена в данной главе, не успев родиться, уступила место разработке 2019 года, которая описана ниже в главе 5. Новая модель полностью охватывает функциональные возможности данной разработки и фактически содержит ее в качестве субмодели.

Мы полагаем, что данная модель заслуживает быть изложенной в отдельной главе, по трем причинам.

Во-первых, проблема совершенствования территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства в масштабах СССР или России сохраняет актуальность в течение многих десятилетий (Алтухов, 2013; Липницкий, 2014; Долгушкин, 2015). Причины, по которым она вызывает интерес экономистов-аграрников, за этот период кардинально изменились (Алтухов, 2010; Гордеев и др., 2012), центры принятия решений переместились из министерских кабинетов в офисы корпораций и банков, но по-прежнему ощущается острый дефицит информации о том, какие резервы совершенствования размещения сельскохозяйственного производства не использованы до сих пор или появились вновь. Сегодня субъект информационной потребности (Землянский, 1998), которую должны удовлетворять аналитические данные о вариантах совершенствования территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства, это инвестор. Ему нужен ответ на вопрос, сколько продукции можно произвести и затем реализовать как внутри региона, так и за его пределами при уровне доходности, адекватном риску. Потребность сельского хозяйства России в инвестициях хорошо обоснована (Зинченко, 2017; Голубев, Голубева и Смоленинова, 2018), но

из-за отсутствия адекватного информационного обеспечения риски крупных инвестиций в сельское хозяйство, и без того высокие, оказываются чрезмерными. Особенно актуальным становится ответ на этот вопрос в ситуации, когда природные условия хозяйствования в том или ином регионе России уже нельзя считать неизменными. Изменения, происходящие в биосфере и климате в связи с техногенным воздействием, обесценивают ранее сделанные инвестиции и открывают новые инвестиционные возможности, из-за чего сегодняшние ценовые сигналы, формируемые рынком, становятся все менее информативными для инвестора.

Модель территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства страны концентрирует внимание читателя именно на этой проблематике, тогда как новейшая модель частичного равновесия на рынках сельскохозяйственной продукции субъектов Российской Федерации, способная решать те же проблемы с лучшей достоверностью, требует внимания прежде всего к математическим, вычислительным аспектам ее реализации, а также к широкому кругу вопросов анализа аграрной политики, в решение которых она вносит вклад.

Во-вторых, создание модели, которой посвящена данная глава, имеет определенное значение для истории науки. Оно стало вехой, ознаменовавшей смену статуса давней и трудной научной проблемы с «не поддающейся решению» на «решенную». Полагаем, что новому поколению исследователей полезно разобраться в причинах, которые мешали решить ее раньше и которые позволили достичь ее решения, когда пришло время.

В-третьих, уравнения и неравенства этой модели полностью вошли в модель следующего поколения и, так или иначе, в книге должно найтись место для их рассмотрения. Выделение модели, так быстро ушедшей в прошлое, в качестве отдельного предмета рассмотрения уместно потому, что позволяет более детально осветить методические вопросы, специфичные именно для проблематики территориально-отраслевой структуры. При моделировании совокупности взаимосвязанных региональных рынков, когда в центре внимания находится влияние сценарных условий на цены, эти вопросы тоже нельзя обойти.

Основа разработки, представленной в данной главе, заложена рядом предшествующих исследований, в числе которых *Можин (1972), Филатов, Ахметов и Николаев (2009), Назаренко (2011)*. Наследием этих работ стал выбор способа представления различий в природных условиях ведения сельского хозяйства через дифференциацию сельскохозяйственных угодий как по видам (пашня и непахотные угодья), так и по природно-сельскохозяйственным зонам с использованием данных, приводимых в (*Каштанов, ред. и др., 1983*). Кроме того, в основном сохранена структурная композиция математической модели, разработанная предше-

ствующими авторами (Романенко, 2014; Евдокимова, 2015), но удалось отказаться от использования для реализации модели принципов согласования плановых решений (Багриновский, 1977) и системного моделирования (Крылатых, 1979; Пастернак, 1985), на которые опирались разработки И.А. Романенко и Н.Е. Евдокимовой. Применение этих принципов приводило к совокупности взаимосвязанных задач линейного программирования, практическое применение которых для удовлетворения информационной потребности инвестора требует трудоемких поддерживающих информационных технологий и ведет к субоптимальным решениям. Из-за трудоемкости и сложностей организационного характера применение этих принципов так и не привело к созданию системы *числовых* моделей, которая бы охватывала всю территорию страны: удавалось получить лишь согласованные решения для отдельных групп регионов.

Избежать обращения к системному моделированию удалось по ряду причин.

Во-первых, сегодняшние возможности компьютеров и программного обеспечения уже не накладывают тех ограничений на возможности решения задач математического программирования большой размерности, которые были характерны для 16- и 32-разрядных систем.

Во-вторых, удалось радикально снизить структурную сложность модели и, соответственно, избежать необходимости работы отдельной группы исследователей над каждым региональным блоком модели. В прошлом сборка целостной задачи линейного программирования сразу из всех региональных блоков оказывалась задачей чрезвычайно сложной в организационном плане, что и было решающей причиной вынужденного обращения к парадигме системного моделирования в предшествующих разработках. Снижение структурной сложности достигнуто благодаря непараметрическому представлению границы производственных возможностей способом, введенным в работе *Charnes, Cooper & Rhodes* (1978) на основе принципа, предложенного в статье *Farrell* (1957). Этот принцип долгое время не был известен экономистам СССР и стран, образовавшихся после его распада¹⁰. Обзор работ, в которых он применяется, можно найти в статье *Н.М. Светлова* (2019).

В-третьих, этот же принцип дал решение противоречия между необходимостью представить в модели наиболее эффективные технологии использования ресурсов, чтобы выявлять резервы улучшения территориально-отраслевой структуры, и требованием достижимости оптимального решения, принимая во внимание, что условия для применения наиболее эффективных технологических процессов в общем случае не могут быть созданы в масштабах целого региона.

¹⁰ Результаты, аналогичные *Farrell* (1957), независимо получены в ЦЭМИ АН СССР тремя десятилетиями позже (Сухотин, Дементьев, Петров, 1986).

В-четвертых, снижение структурной сложности модели сделало практически реализуемой автоматизацию цепочки операций по формированию задачи линейного программирования большой размерности от базы исходных данных до машинного представления задачи линейного программирования большой размерности. Удовлетворительного уровня автоматизации удалось достичь и при обработке результатов решения, хотя в этом отношении работа еще далека от завершения.

Непараметрическое представление границы производственных возможностей – не единственная методологическая новация, использованная при моделировании территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства России. Следует отметить еще два важных новшества: непараметрическое представление неопределенности сельскохозяйственного производства на основе методологии ЭР-моделей (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013) и новый (для моделей данного типа) подход к определению целевого показателя функционирования сельского хозяйства страны, заключающийся в отказе от использования бухгалтерских показателей себестоимости продукции в пользу альтернативной стоимости производства. Последняя в общем случае определяется при помощи специальной калибровочной задачи линейного программирования, как это сделано, например, в статье Н.М. Светлова (2017). В частном случае ее расчет можно свести к простой формуле

$$w_{rs} = \frac{1-\delta}{\#Y} \cdot \sum_{y \in Y, p \in P} b_{psy} \tilde{v}_{spy}, \quad r \in R, s \in S$$

(используемые обозначения см. в приложении 3). Эта формула выводится, при ряде упрощающих допущений, из предположения о том, что фактическое состояние моделируемого объекта, если принять во внимание ненаблюдаемую часть альтернативных издержек и экстерналий, близко к динамическому равновесию.

Применение данной модели рассмотрим на примере задачи определения направленности изменений в размещении отраслей сельского хозяйства, обеспечивающих приращение их совокупного маржинального дохода при *существующем* экономическом потенциале регионов (Светлов, Сиптиц, Романенко, 2018). При этом издержки для определения маржинального дохода будем измерять в соответствии с вышеприведенной формулой.

Источником приращения маржинального дохода в рассматриваемом примере служит диффузия лучших региональных технологических и управленческих практик в те регионы, где эти практики потенциально применимы.

С математической точки зрения используемая модель является задачей линейного программирования, содержащей 101 165 переменных и 14 546 ограничений.

Модель имеет блочную структуру. Блок, соответствующий региону k и исходу случайных условий s , в целом аналогичен математической модели, использованной в статье *Н.М. Светлова* (2017). Технологии в каждом блоке заданы в виде непараметрической границы производственных возможностей, определяемой по следующему правилу (*Farrell*, 1957): если один регион фактически произвел товарную продукцию, выражаемую вектором $\mathbf{x}_1$, затрачивая ресурсы в объемах, выражаемых вектором $\mathbf{y}_1$, а другой регион, находящийся в таких же или худших природно-сельскохозяйственных условиях, произвел $\mathbf{x}_2$ при затратах $\mathbf{y}_2$, то первый регион способен произвести товарную продукцию в количестве $\alpha_1 \mathbf{x}_1 + \alpha_2 \mathbf{x}_2$, если выполняются условия $\alpha_1 \mathbf{y}_1 + \alpha_2 \mathbf{y}_2 \leq \mathbf{y}_1$. Дополнительно вводится требование $\alpha_1 \in [1 - \delta; 1 + \delta]$, $\alpha_2 \in [0; \delta]$ (*Thompson et al.*, 1990), где δ – параметр, определяющий область доверия непараметрической границы производственных возможностей, зависящий от выбранной длительности планового горизонта. Указанное правило обобщается на произвольное число регионов.

Принято предположение, что в границах, определяемых параметром δ , эффект масштаба пренебрежимо мал. Область доверия должна быть выбрана таким образом, чтобы это предположение выполнялось с достаточной точностью.

В каждый блок введены условия удовлетворения потребности населения регионов в продукции сельского хозяйства. Блоки пограничных регионов содержат переменные «импорт» и «экспорт» для каждого вида продукции, учтенного в модели. Предусмотрена возможность отражения, при необходимости, внешнеторговых квот и пошлин.

Блоки с одним и тем же индексом s , то есть соответствующие одному и тому же исходу случайных условий, объединены между собой переменными, означающими объемы перевозок транспортабельных видов продукции. Сформированный таким образом блок второго порядка описывает план для исхода случайных условий s .

Технологический процесс, реализуемый в каждом регионе, не зависит от условий s : он выбирается до того, как эти условия станут известны. Поэтому блоки второго порядка связываются в целостную модель так же, как в (*Кардаш*, 1977): во-первых, переменными, определяющими оптимальные технологические процессы каждого региона и не зависящими от s , во-вторых, целевой функцией.

Модель решается на максимум математического ожидания маржинального дохода. В нее включены четыре вида продукции: зерно, молоко, скот и птица, прочая продукция. Первые три из них считаются транспортабельными. Ресурсы, дифференцированные по природно-сельскохозяйственным группам регионов (см. при-

ложение 4): сельхозугодья, пашня. Другие ресурсы: основные средства; оборотные средства; численность работников, занятых в сельском хозяйстве; поголовье (в условных головах); кормовое зерно (зернофураж). Ресурсы, исключая сельхозугодья и пашню, аппроксимированы данными сельхозорганизаций по причине недоступности данных по сельхозпроизводителям других типов. При этом предполагается, что расход ресурсов сельхозпроизводителями других типов пропорционален их расходу сельхозорганизациями, а в баланс зернофуража введен корректирующий коэффициент, основанный на сопоставлении данных общероссийского баланса зерна и расхода зернофуража сельхозорганизациями.

Предусматривается пять случайных исходов, соответствующих условиям, наблюдавшимся в каждом году периода 2011–2015 г. Таким образом, получаемый план будет допустимым при условиях каждого из этих лет или при любой выпуклой линейной комбинации этих условий, а оптимальным – в предположении, что любая комбинация этих условий равновероятна.

Математическая формулировка модели представлена в приложении 3.

Источником данных для построения числовой модели служит база данных региональных агропродовольственных систем (*Сиптиц, рук.*, 2015), формируемая в ВИАПИ имени А.А. Никонова – филиале ФНЦ ВНИИЭСХ на основе данных Росстата, ЕМИСС и Минсельхоза России. Транспортные затраты рассчитаны исходя из среднероссийского железнодорожного тарифа по данным РЖД и расстояния перевозки между областными (краевыми, республиканскими) центрами по железной дороге, а при ее отсутствии – по водным путям сообщения. Они соответствуют 2017 г.: данные предшествующих лет по тарифам на момент разработки модели были недоступны. Внешнеторговые цены рассчитаны по данным FAO. Потребность в продукции определена исходя из численности населения регионов и норм среднедушевого потребления, за исключением Москвы и Санкт-Петербурга, по которым в базе данных ЕМИСС доступна статистика потребления продовольствия. Имеющиеся пропуски в данных заполнены экспертными оценками по методам регионов-аналогов, годов-аналогов или интерполяции. Все стоимостные показатели приведены к 2015 г. с использованием соответствующих индексов цен.

Компьютерный эксперимент, результаты которого представлены ниже, поставлен при следующих условиях. Объемы ресурсов и потребности в продукции соответствуют факту 2015 г. Возможно привлечение кредитов на пополнение оборотных средств сроком на один год под 20%. Ресурсы зернофуража могут пополняться за счет производства и ввоза зерна. Внешнеторговые квоты и пошлины не предусмотрены. Предполагается сохранение условий господдержки, действовавших в каждом регионе в период 2011–2015 г. Ограничения пропускной способно-

сти транспортной инфраструктуры не заданы – следовательно, полученные результаты достижимы после приведения инфраструктуры в соответствие транспортным потокам, возникающим в связи с оптимальным планом. Внешняя торговля зерном осуществляется только через регионы, где имеются морские порты. Внешняя торговля молоком, скотом и птицей¹¹ осуществляется как через регионы с морскими портами, так и через пограничные регионы, располагающие железнодорожным сообщением с сопредельными странами. Значение δ принято равным 0,05, что соответствует горизонту планирования продолжительностью 2–3 года.

При указанных условиях математическое ожидание маржинального дохода сельского хозяйства России составило 690,4 млрд руб. РФ. Среднегодовой объем продаж достиг 5024,5 млрд руб. РФ (прибавка к факту 0,09%) при рентабельности продаж по маржинальному доходу 13,7%. Из этой суммы 14,3% приходится на зерно, 21,6% на молоко, 12,5% на мясо, 51,6% на остальную продукцию сельского хозяйства. Выручка от продажи мяса возрастет на 1,27%. Сократятся продажи зерна на 0,54%, молока на 0,53%, остальной продукции на 0,07%.

В табл. 11 представлены регионы, в которых выявлена наибольшая по модулю разность в среднегодовых объемах производства между фактом и сценарными расчетами по модели. В Оренбургской области прирост производства зерна составляет 1,5% к факту, в Тверской 26,0%; в Липецкой снижается на 3,6%, в Воронежской на 2,6%.

В Тверской области природные условия достаточно благоприятны для производства кормового зерна по технологиям, используемым в сопоставимых условиях в Новгородской области и Республике Марий Эл, а относительная близость к прибалтийским портам благоприятствует его вывозу. Для вывоза всего произведенного зерна может потребоваться реконструкция существующих путей сообщения: как уже отмечалось, модель не содержит в себе ограничений по пропускной способности транспортной сети. Это сделано по умыслу: цель предпринятого компьютерного эксперимента заключалась в том, чтобы приспособить будущее развитие транспортных сетей к экономическим возможностям регионов по производству продукции сельского хозяйства, а не наоборот – приспособить развитие сельского хозяйства к тем возможностям транспортировки, которые существуют сегодня. Условие использования возможностей, отраженных данными табл. 11 о Тверской области, возвращение в оборот неиспользуемых сельхозугодий, особенно на участках, имеющих уклоны к югу, и внедрение сортов ячменя и овса, устойчивых к кислым и переувлажненным почвам.

¹¹ Все балансы сельскохозяйственной продукции в модели включают в себя продукцию ее переработки в пересчете на исходную сельхозпродукцию соответствующих видов.

Таблица 11

*Приросты производства основных видов товарной сельскохозяйственной
продукции: модель в сравнении с фактом*

Ранг	Зерно		Молоко	
	Субъект федерации	Прирост, тыс.т	Субъект федерации	Прирост, тыс.т
1	Оренбургская область	34,34	Челябинская область	9,00
2	Тверская область	26,02	Волгоградская область	8,57
3	Чеченская Республика	25,38	Липецкая область	4,48
76	Орловская область	–74,38	Воронежская область	–15,18
77	Липецкая область	–80,93	Башкортостан	–15,46
78	Воронежская область	–95,15	Республика Татарстан	–35,41
Ранг	Скот и птица (в живой массе)		Прочая продукция	
	Субъект федерации	Прирост, тыс.т	Субъект федерации	Прирост, млн руб. РФ
1	Республика Татарстан	19,04	Пензенская область	1005,0
2	Воронежская область	10,57	Башкортостан	1003,0
3	Новосибирская область	8,54	Оренбургская область	880,9
76	Башкортостан	–0,08	Ростовская область	–1091,9
77	Волгоградская область	–0,16	Республика Татарстан	–1887,7
78	Челябинская область	–1,37	Воронежская область	–1896,8

Источник: *Светлов, Сиптиц, Романенко (2018).*

В Липецкой и Воронежской областях, напротив, условия для зернового хозяйства весьма благоприятны, но вследствие сравнительно высоких фактических затрат на производство зерна модель частично замещает используемые там технологии (в пределах, допустимых в рамках избранного горизонта планирования) более экономными технологиями, характерными для Белгородской и Тамбовской областей, а также Республики Марий Эл. Малую часть ресурсов Липецкой области можно задействовать в технологиях, характерных для Ленинградской области, за счет чего возрастет производство молока.

Татарстану, согласно полученному решению, целесообразно частично перепрофилировать отрасли животноводства с производства молока на выращивание мясного скота: это улучшит соответствие аграрной структуры региона его потребностям, снизит транспортные и производственные издержки. Изменения связаны с использованием сравнительно более экономичных технологий, характерных для Удмуртии, Курганской и Томской областей. Использование в Челябинской области технологических возможностей, аналогичных используемым в Марий Эл, Курганской и Томской областях, приведет к изменениям противоположной направленности в сравнении с Татарстаном: здесь сравнительные преимущества получает производство молока.

Таблица 12

*Чистый вывоз основных видов сельскохозяйственной продукции
по результатам моделирования*

Ранг	Чистый вывоз зерна (модель)		Чистый вывоз молока (модель)	
	Субъект федерации	тыс.т	Субъект федерации	тыс.т
1	Краснодарский край	10532	Алтайский край	607
2	Ставропольский край	6861	Республика Татарстан	458
3	Ростовская область	6649	Башкортостан	333
76	Архангельская область	–108	Челябинская область	–675
77	Хабаровский край	–112	Свердловская область	–853
78	Московская область	–446	Московская область	–1798
Ранг	Чистый вывоз скота и птицы (в живой массе, модель)		Чистый вывоз зерна (прирост)	
	Субъект федерации	тыс.т	Субъект федерации	тыс.т
1	Белгородская область	1315	Московская область	1809
2	Курская область	199	Краснодарский край	1336
3	Липецкая область	174	Свердловская область	1082
76	Нижегородская область	–107	Еврейская а.о.	42
77	Тверская область	–167	Магаданская область	37
78	Московская область	–265	Чукотский автономный округ	13
Ранг	Чистый вывоз молока (прирост)		Чистый вывоз скота и птицы (в живой массе, прирост)	
	Субъект федерации	тыс.т	Субъект федерации	тыс.т
1	Чукотский а.о.	–14	Чукотский автономный округ	–4
2	Магаданская область	–42	Магаданская область	–11
3	Еврейская а.о.	–45	Еврейская а.о.	–13
76	Свердловская область	–1147	Ленинградская область	–377
77	Краснодарский край	–1448	Краснодарский край	–406
78	Московская область	–1922	Московская область	–536

Источник: *Светлов, Сиптиц, Романенко (2018).*

В табл. 12 представлены тройки регионов, возглавляющие или замыкающие ранжированные ряды по чистому вывозу продукции и по его абсолютному приросту. Показатель чистого вывоза молока, скота и птицы подразумевает вывоз продукции переработки в пересчете на соответствующий вид сырья. Размеры чистого вывоза из регионов согласуются с характерным для них балансом между агропотенциалом и потребностями. Интереснее сопоставить эти размеры с фактом. Так, Московской области предлагается сократить ввоз зерна на 1,8 млн т и одновременно увеличить ввоз продукции животноводства: альтернативная стоимость ее производства здесь выше, чем в других регионах.

Моделирование показало, что в сценарных условиях Россия способна стать нетто-экспортером мяса. Однако достижение такого положения требует некоторого роста импорта молочной продукции, большей частью через границу с Белоруссией. В табл. 13 приведены данные о чистом экспорте и его оптимальном распределении по регионам России, рассчитанные без учета ограничений пропускной способности

портов и железнодорожных станций. Главным каналом вывоза зерна за рубеж, согласно оптимальному плану, должны стать порты Ленинградской области, для чего здесь может потребоваться реконструкция инфраструктуры. Участие государства в развитии инфраструктуры окажет сельскому хозяйству поддержку в форме, не ограничиваемой обязательствами России перед ВТО.

Таблица 13

Территориальное распределение чистого экспорта (модель)

Субъект федерации	Зерно	Молоко	Скот и птица в живой массе
Брянская область	0	–3667	769
Смоленская область	0	–5309	0
Калининградская область	755	–178	–3
Ленинградская область	38344	–4098	–40
Мурманская область	–69	–236	–8
Псковская область	0	–16	0
Краснодарский край	10552	–602	70
Ростовская область	19386	–383	13
Приморский край	–72	–540	–18
Хабаровский край	501	–1537	–29
Всего	69395	–16565	753

Источник: *Светлов, Сиптиц, Романенко (2018).*

Немаловажный результат проведенных расчетов заключается в том, что они показывают, насколько далеко (или близко) сельское хозяйство России находится от состояния равновесия, соответствующего сценарным условиям. Оценкой этого расстояния служат две цифры: 0,09%, или 22,4 млрд руб. РФ – настолько меньше сельское хозяйство страны получает (в стоимостном выражении) продукции в сравнении с ситуацией, достижимой при наиболее выгодном использовании сравнительных преимуществ регионов и при полной адекватности транспортной инфраструктуры потребностям сельского хозяйства; и 690,4 млрд руб. РФ – это примерная оценка дополнительного маржинального дохода сельхозтоваропроизводителей в сравнении с фактом. В преобладающей степени рост дохода связан с распространением опыта регионов, научившихся производить сельхозпродукцию дешевле, чем другие регионы с аналогичными природно-сельскохозяйственными условиями. Если судить по объемам производства, то мы недалеко от равновесия; но если судить по финансовым результатам – налицо резервы, которыми не следует пренебрегать и которые способны заинтересовать даже самых консервативных инвесторов.

Сегодня эти резервы не используются преимущественно по двум причинам. Во-первых, как уже отмечалось выше, в отсутствие надлежащей информационно-технологической поддержки инвесторы не всегда способны обнаружить возможно-

сти выгодных вложений. Для этого нужно было бы принять во внимание все разнообразие возможностей и потребностей в огромной стране. Во-вторых, найденное нами решение, скорее всего, не может быть реализовано без существенной реконструкции транспортной инфраструктуры. Оценка потребности в реконструкции требует дополнительных исследований, для которых потребуются данные о фактической пропускной способности каждого маршрута межрегиональных перевозок.

Наряду с задачей выявления резервов улучшения территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства России, на данной модели исследовался один из сценариев изменения климата с целью определить его вероятные последствия для сельского хозяйства России (Светлов и др., 2019). Модель позволила установить, что в плане продовольственной безопасности, продовольственного баланса, структуры внешней торговли российская экономика весьма устойчива к изменениям климата вследствие разнообразия природных условий в регионах страны. Вместе с тем для отдельных регионов необходимость адаптации к последствиям климатических изменений и поиска своего места в новой структуре межрегионального разделения труда в сельском хозяйстве может привести к экономическим потерям.

5. Взаимосвязанные региональные рынки сельскохозяйственной продукции: PF+PE-модель

Введение в проблему

Вычислимые модели общего или частичного равновесия – практически безальтернативный инструмент исследования влияния политических решений на рынки. В монографии В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина и С.С. Сулакишина (2007) изложены методологические основы применения таких моделей в государственном управлении. Для анализа аграрной политики в странах ОЭСР используется модель частичного равновесия Aglink/Cosimo (см. Прокопьев, 2015). Для формирования переговорных позиций при вступлении России в ВТО использовались расчеты, проводившиеся при помощи вычислимой модели общего равновесия на российских рынках товаров и услуг (Киселев и Ромашкин, 2006) и модели частичного равновесия EPACIS (Киселев и Ромашкин, 2003). Н.М. Светлов (2016) использовал модифицированный вариант модели EPACIS для исследования последствий либерализации торговли Беларусью, Казахстаном и Россией.

Существующие ныне вычислимые модели общего равновесия по необходимости имеют очень низкую степень детализации. Причина заключается в том,

что они, за немногими исключениями, строятся на базе матриц социальных счетов (social accounting matrix, SAM), публикуемых национальными статистическими агентствами, и могут представлять только те товарные группы, которые нашли отражение в этих данных. Обычно сельское хозяйство бывает представлено в SAM одной строкой, без выделения отдельных видов продукции. Поэтому в анализе влияния политики на сельскохозяйственные рынки на первый план выходят модели не общего, а частичного равновесия.

Это происходит, вопреки серьезным недостаткам существующих моделей данного класса, по причине отсутствия лучшей альтернативы. Остановимся на самых существенных недостатках.

Первая проблема заключается в трудностях параметрической идентификации многомерной функции предложения. Определить функцию предложения с помощью регрессионного анализа фактических данных о ценах и объемах продаж невозможно. При равновесном ценообразовании изменение фактических цен связано со *смещением* кривых спроса и предложения, поэтому нет возможности допустить, что ряд наблюдаемых цен и объемов сделок принадлежит одной и той же кривой предложения. На практике приходится использовать косвенные методы в сочетании с калибровочными процедурами (Прокопьев, 2016). Как следствие, результаты моделирования часто оказываются либо тривиальными, либо не вполне достоверными. Проблемы, связанные с измерением ценовых эластичностей – основание осторожного отношения к моделям этого класса: см. D. Abler (2007). Отказ от параметрической функции предложения не решает аналогичную проблему, связанную с многомерной функцией спроса¹², но результаты моделирования становятся намного более робастными.

По крайней мере, для земельного рынка разработано простое решение этой проблемы – непараметрическое представление самих функций спроса и предложения (Светлов, 1995, п.2.1.4). Оно, однако, применимо лишь тогда, когда имеется возможность определить предельные издержки и предельную эффективность товара для каждого поставщика и каждого покупателя, присутствующего на рынке.

Вторая проблема: при параметрическом представлении производственной функции (для последующего вывода из нее функции предложения) почти всегда предполагается – явно или неявно, что все ресурсы используются без остатка. Это предположение особенно уязвимо в сельском хозяйстве, где погодные условия конкретного года могут предопределять недоиспользование тех или иных ресурсов.

¹² Подходы к параметрической идентификации такой функции и связанные с ними трудности описываются в монографии А.А. Бондарева (2008), в которой отражено исследование, выполненное в интересах разработки российского блока модели Aglink/Cosimo.

Третья проблема: параметрическое представление вмешательства государства в производство – например, предпочтений отдельным технологиям – требовало бы данных о достаточно продолжительной ретроспективе таких вмешательств или, в крайнем случае, наличия хорошо себя зарекомендовавшей имитационной модели, позволяющей сгенерировать выборку для параметризации. Такие требования практически равносильны неприменимости формализма частичного равновесия для описания подобных интервенций.

Цель исследования, представленного в данной главе, преодолеть эти три недостатка, заменив в модели частичного равновесия параметрическую многомерную функцию предложения на экстремальную задачу о производственной программе. Эту цель удалось достичь с использованием теории двойственности в линейном программировании для случая, когда указанная экстремальная задача линейна. Для полученного таким путем нового класса моделей введем наименование «PF+PE-модель» (**production frontier plus partial equilibrium model** – англ.).

Основная трудность, связанная с таким подходом, заключается вот в чем: если заместить функцию предложения в модели частичного равновесия экстремальной задачей, то, поскольку цены являются *переменными* модели частичного равновесия, производственная программа оптимизируется не только по объемам, но и по ценам. Другими словами, решается задача монополиста. Для полностью монополизированных рынков ничего другого и не требуется, однако проблема заключается в том, что наиболее характерные объекты применения моделей частичного равновесия – это рынки с достаточно высоким уровнем конкуренции, где монопольное ценообразование невозможно. Для таких рынков требуется алгоритм нахождения оптимума производственной программы только по объемам при том, что цены остаются переменными в уравнении баланса спроса и предложения. Однако до последнего времени алгоритмов такого рода, обеспечивающих сходимость и эффективность вычислительного процесса, предложено не было.

Далее в главе последовательно рассмотрим, следуя статье (Светлов, 2019а) следующие вопросы: покажем в общем виде, как можно переформулировать задачу частичного равновесия с блоком оптимизации производственной программы таким образом, чтобы ее решение отвечало ситуации на конкурентном рынке, при которой товаропроизводители являются ценополучателями; опишем прикладную модель такого типа, в которой в качестве субмодели оптимальной производственной программы выступает модель территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства России; обсудим одно из возможных приложений получившейся модели и результаты компьютерного эксперимента, поставленного на ней в рамках данного приложения.

Преобразование PF+PE-модели в систему неравенств с использованием теории двойственности

Перечисленные выше проблемы, присущие стандартным моделям частичного равновесия, можно преодолеть, переформулировав условие частичного равновесия¹³ $\mathbf{s}(\mathbf{p}) = \mathbf{d}(\mathbf{p})$, где $\mathbf{s}(\mathbf{p})$ и $\mathbf{d}(\mathbf{p})$ – вектор-функции спроса и предложения от вектора цен $\mathbf{p} > \mathbf{0}$, в задачу

$$\arg \max_{\mathbf{s}} (\mathbf{p}\mathbf{s} - c(\mathbf{s}) \mid \mathbf{s} \in S) = \mathbf{d}(\mathbf{p}), \quad (1)$$

решаемую относительно векторов $\mathbf{s}$ и $\mathbf{p}$, и составив числовую модель в такой форме. Здесь $\mathbf{s}$ – вектор объемов предложения, S – множество технологически достижимых объемов выпуска, $c(\mathbf{s})$ – функция издержек. Такая формулировка подразумевает, что многочисленные независимые поставщики выбирают планы, максимизирующие их прибыль в краткосрочном периоде (без учета инвестиционной деятельности). У поставщиков есть возможность обмениваться ресурсами на началах взаимной выгоды, но они не способны устанавливать цены на продукцию. При указанных условиях и заданных ценах $\mathbf{p}$ совокупный производственный процесс обеспечивает такой выпуск $\mathbf{s}$, который соответствует максимуму (из S) суммарной по всем поставщикам прибыли в краткосрочном периоде.

Определение. PF+PE-моделями (от англ. production frontier + partial equilibrium)

назовем класс таких задач, которые можно свести к форме (1).

PF+PE-модель, записанная в форме (1), не относится к числу задач математического программирования. Здесь цены являются константами в оптимизационной задаче, но должны быть переменными в условии равновесия. Для численного решения такой задачи потребовалась бы следующая процедура:

- 1) решается оптимизационная задача о размере предложения при заданных (фиксированных) ценах;
- 2) вычисляется дисбаланс между спросом, соответствующим заданным ценам, и оптимальным предложением при этих же ценах;
- 3) если ни по одному из продуктов дисбаланс не превысил по абсолютной величине допустимую погрешность, задача решена;

¹³ Для большинства практических расчетных задач такая форма записи условия равновесия достаточна, поэтому более общее условие, допускающее превышение предложения над спросом при нулевой цене, мы здесь не рассматриваем.

4) в противном случае каждая цена корректируется на поправку, которая представляет собой монотонно возрастающую функцию дисбаланса, имеющую нуль при нулевом дисбалансе;

5) переход к п.1.

В практических приложениях добиться сходимости такой процедуры не легко: ведь многомерная функция предложения от цен, задаваемая оптимизационной задачей, вовсе не обязана быть непрерывной. Ввиду этой сложности и узости потенциального рынка разработка инструментальных средств, реализующих такую процедуру, не выглядит привлекательным проектом. Поэтому числовые модели в форме (1), как правило, не составляются.

Встает вопрос: можно ли переформулировать задачу так, чтобы ее можно было эффективно решать, используя существующие инструментальные средства. Положительный ответ на этот вопрос можно дать применительно к специальному случаю, когда подзадача оптимизации $\max_s (\mathbf{p}\mathbf{s} - \mathbf{c}(\mathbf{s}) | \mathbf{s} \in S)$, входящая в состав задачи (1), линейна.

Например, введем следующую спецификацию этой подзадачи:

$$\mathbf{A}\boldsymbol{\lambda} \leq \mathbf{a}_0; \mathbf{B}\boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{s}; \boldsymbol{\lambda} \geq \mathbf{0}; \mathbf{s} \geq \mathbf{0}; \quad (2)$$

$$\mathbf{p}\mathbf{s} - \mathbf{c}\boldsymbol{\lambda} \rightarrow \max. \quad (3)$$

В выражениях (2) и (3) переменными являются $\boldsymbol{\lambda}$ – вектор интенсивности производственных процессов и $\mathbf{s}$ – вектор объемов производства. Параметры: $\mathbf{a}_0$ – вектор объемов ресурсов; $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$ – матрицы расхода ресурсов и выпуска продукции при единичной интенсивности каждого производственного процесса; $\mathbf{p}$ – вектор цен продукции каждого вида; $\mathbf{c}$ – вектор издержек каждого производственного процесса (в денежном выражении) при его единичной интенсивности. Условия (2) задают границу производственных возможностей (*Charnes, Cooper & Rhodes, 1978*).

З а м е ч а н и е . Вообще говоря, вместо задачи (2), (3) можно использовать любые подходящие задачи об оптимальной производственной программе, лишь бы они имели форму задачи линейного программирования. В частности, они могут содержать другие встречающиеся в литературе непараметрические спецификации границы производственных возможностей, отвечающие условию линейности – например, *Banker, Charnes & Cooper (1984)*.

Теперь рассмотрим вектор $\mathbf{p}$ как переменную, вменив ей условие $\mathbf{p} > \mathbf{0}$. Определим функцию спроса $\mathbf{s}(\mathbf{p})$, значение которой равно вектору $\mathbf{s}^*$, полученному в результате решения задачи (2), (3) при ценах $\mathbf{p}$ и неизменных значениях остальных параметров. Затем дополним задачу (2), (3) условием равновесия

$$\mathbf{s}(\mathbf{p}) = \mathbf{d}(\mathbf{p}), \quad (4)$$

где функция спроса $\mathbf{d}(\mathbf{p})$ непрерывна, монотонно убывает по каждому компоненту вектора $\mathbf{p}$, а ее матрица Якоби определена при любом $\mathbf{p} > \mathbf{0}$.

Если подсистема (2), (3) решается относительно λ и $\mathbf{s}$ при фиксированном векторе $\mathbf{p}$, тогда как уравнение (4) решается относительно $\mathbf{p}$, то получившаяся задача (2)–(4) является спецификацией задачи (1), то есть PF+PE-моделью.

Решение этой задачи ничуть не проще решения PF+PE-модели, записанной в общей форме (1), однако мы можем воспользоваться первой теоремой двойственности в линейном программировании (*Dantzig & Orden*, 1953, p.1) для того, чтобы заменить экстремальную подзадачу (2), (3) системой линейных уравнений и неравенств, множество решений которой совпадет с множеством оптимальных решений подзадачи (2), (3). В результате задача (2)–(4) также будет сведена к системе уравнений и неравенств – правда, некоторые из них окажутся нелинейными.

Согласно первой теореме двойственности, если существует непустое множество оптимальных решений задачи линейного программирования, то оно совпадает с множеством оптимальных решений соответствующей двойственной задачи линейного программирования. Таким образом, это множество можно задать системой неравенств и уравнений, включающих в себя уравнения и неравенства прямой и двойственной задач, а также условие равенства целевых функций прямой и двойственной задач. Переформулируем задачу (2)–(4), воспользовавшись таким представлением множества оптимальных решений подзадачи (2), (3). Получим систему уравнений и неравенств, которая, наряду с выражением (2), содержит следующие выражения:

$$\delta \mathbf{A} - \eta \mathbf{B} \geq -\mathbf{c}; \quad \eta \geq \mathbf{p}; \quad \delta \geq \mathbf{0}; \quad \mathbf{p} > \mathbf{0}; \quad (5)$$

$$\mathbf{p}\mathbf{s} - \mathbf{c}\lambda = \delta \mathbf{a}_0 \quad (6)$$

$$\mathbf{s} = \mathbf{d}(\mathbf{p}) \quad (7)$$

В системе (2),(5)...(7) переменными являются, помимо λ и $\mathbf{s}$, цены $\mathbf{p}$, объективно обусловленные оценки ресурсов δ и продукции η . Остальные обозначения прежние. Выражение (5) – это система неравенств, двойственная по отношению к (2). Уравнение (6) представляет собой условие равенства целевых функций прямой и двойственной задач. Наконец, уравнение (7) выражает условие равновесия. Все уравнения и неравенства системы линейны, за исключением (6) и (7).

В силу первой теоремы двойственности в линейном программировании решение задачи (2), (5)–(7) существует, если существует оптимальное решение задачи (2), (3), а множество значений функции $\mathbf{d}(\mathbf{p})$ есть неотрицательный ортант про-

странства продуктов¹⁴. Если выполнены указанные условия, то между некоторым решением задачи (2), (5)–(7), которое обозначим $(\lambda^*, s^*, \delta^*, \eta^*, p^*)$, и некоторым частичным равновесием между спросом $d(p)$ и предложением, заданным задачей (2), (3), имеется соответствие в том смысле, что проекция вектора $(\lambda^*, s^*, \delta^*, \eta^*, p^*)$ на пространство переменных задачи (2), (3) совпадает с оптимальным решением (λ^*, s^*) задачи (2), (3) при ценах p^* .

Таким образом, для отыскания равновесия в изучаемой спецификации PF+PE-модели не требуется решать задачу (2), (3) методами линейного программирования, итеративно согласовывая решение с функцией спроса. Достаточно решить систему неравенств и уравнений, в которой некоторые уравнения нелинейны.

Применение PF+PE-модели для исследования последствий межрегиональной диффузии технологий

В приложении, рассмотренном ниже, многомерная функция предложения выводится из числовой математической модели территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства России, описанной выше в главе 4. В своем первоначальном виде та модель пренебрегает зависимостью цен от объемов продаж. Это ограничивает ее возможности, допуская моделирование лишь таких сценариев, при которых отличие объемов продаж от факта не слишком велико, и препятствуя изучению влияния анализируемых политических инструментов на цены.

Включив ее в состав PF+PE-модели в качестве субмодели, описывающей предложение сельскохозяйственной продукции с детализацией по субъектам федерации, учитывающей транспортные связи между ними, получаем модель частичного равновесия на рынках субъектов Российской Федерации, аналитические возможности которой существенно шире, чем, во-первых, у исходной модели, а во-вторых, у модели частичного равновесия, имеющей традиционную архитектуру. Ни одна традиционная модель частичного равновесия не в состоянии достичь столь детального представления факторов предложения, какое возможно при использовании предложенной формы.

Наряду с субмоделью предложения, PF+PE-модель содержит нелинейные многомерные функции спроса на рынках каждого субъекта федерации, а также линейные многомерные функции, связывающие цены экспорта или импорта с соответствующими объемами. В данной версии модели эти функции одинаковы на всем протяжении российской границы, что, конечно же, является вынужденным упро-

¹⁴ В прикладных задачах существование решения возможно и при менее обременяющих условиях.

щением, как и предположение одинаковости эластичностей и кросс-эластичностей спроса по ценам во всех субъектах федерации.

Полученная таким путем PF+PE-модель содержит (в представлении, подготовленном препроцессором к процедуре поиска оптимума) 123 426 переменных и 67 992 ограничения, из числа которых 12 808 нелинейные. Ее полная математическая запись, раскрывающая архитектуру и использованные приемы моделирования, приведена в приложении 5.

Сценарий, решение для которого представлено ниже, отражает равновесие, которое сложилось бы на рынках, представленных в модели, в результате межрегиональной диффузии технологий в течение примерно пятилетнего периода, при тех же сценарных условиях, которые были введены в предыдущей главе, за исключением следующих отличий:

- ♦ средний импортный тариф на молоко, скот и птицу (равно как и на продукцию их переработки) составляет 15% независимо от объема поставок;
- ♦ значение параметра δ принято равным 0,1, что примерно соответствует пятилетней длительности процесса диффузии технологий;
- ♦ сценарные значения эластичностей и кросс-эластичностей спроса по цене, а также параметры зависимостей внешнеторговых цен от объемов получены путем калибровки с использованием программного обеспечения модели EPACIS, предназначенного для этих целей¹⁵, и актуальных исходных данных.

Как и в модели, описанной в предшествующей главе, сценарные условия не предполагают наращивания ресурсной базы, за исключением зернофуража, который может пополняться за счет производства и ввоза зерна, и оборотных средств, которые могут пополняться за счет краткосрочного кредита.

Сценарные изменения в торговле сельхозпродукцией в масштабе России

При сценарных условиях межрегиональная диффузия технологий способна обеспечить приращение математического ожидания стоимости произведенной в России товарной продукции до 5,036 трлн руб. РФ, что превысит аналогичный фактический среднегодовой показатель за период 2011–2015 гг. на 0,31%. Коэффициент вариации этого показателя составит 5,05% против 5,12% по фактическим данным: товаропроизводители смогут лучше адаптироваться к неопределенности, присущей сельскому хозяйству. И те, и другие изменения невелики, но для нашего анализа имеет первостепенное значение направленность тенденции.

¹⁵ Подробнее см. *Прокопьев* (2016).

Сценарное состояние внутрироссийского рынка продовольствия представлено данными табл. 14. Объемы продаж в натуральном выражении, представленные в этой таблице в столбцах под общим заглавием «Исходы случайных условий», рассчитаны по формуле $\sum_{r \in R} q_{rpy}$ (см. обозначения в приложении 3), где индекс y соответствует исходу случайных условий (столбцу таблицы), а p – виду продукции (группе строк). Значения выручки определены по формуле $\sum_{r \in R} v_{rpy} q_{rpy}$. Цены рассчитаны как отношения выручки к объемам продаж. Коэффициенты вариации и средние значения каждого из вышеназванных показателей рассчитаны по пяти значениям, приведенным в клетках группы «Исходы случайных условий» соответствующей строки. Расчет показателей для всей продукции сельского хозяйства проводится аналогично, но вместо натуральных объемов используется стоимостной агрегат, в состав которого, наряду с тремя видами продукции, представленными в таблице, включена остальная продукция сельского хозяйства.

Базой для расчета прироста продаж при составлении таблицы приняты не фактические продажи, а нормативные, отражающие пороговый уровень продовольственной безопасности. Причина такого подхода заключается в том, что статистика учитывает оптовые продажи сельхозпродукции по месту производства. По месту потребления учитываются только продовольственные товары, которые из нее изготовлены. В модели же считается, что вся условно-транспортбельная продукция продается по месту потребления. Этот прием дает удобную возможность моделировать адаптацию размещения производства к потребностям регионов, транспортным затратам и внешней торговле. Однако, следуя ему, определить базу для сравнения со сценарными продажами можно только оценочно.

В масштабах страны в сценарных условиях продукции производится и продается больше, чем нужно по нормативу. Это ведет к некоторому снижению товарных цен на внутреннем рынке в сравнении с фактом как в целом по ассортименту сельхозпродукции, так и по двум отдельным видам – зерну и скоту (с птицей). Молоко в сценарных условиях подорожает.

Вариация продаж и цен на региональных рынках, обусловленная различиями между исходами случайных условий, низкая. Главная причина такого положения дел – предположение о гарантированном продовольственном обеспечении населения. В условиях свободного рынка потребление продовольствия было бы ниже нормативного уровня, и поддержание этого уровня за счет «ручного управления» приводит к «экспорту» шоков, обусловленных различиями в погодных и хозяйственных условиях разных лет, на внешние рынки.

Таблица 14

*Продажи продукции сельского хозяйства на внутренних рынках России**

Показатели	Исходы случайных условий, подобные годам					Коэф. вариации, %	Среднее	Факт**	При- рост, %
	2011	2012	2013	2014	2015				
Всего сельскохозяйственной продукции***									
Продажи в фактиче- ских ценах, млрд руб. РФ	5180	4879	4807	4316	4577	6,85	4752	4734	0,37
Индекс цен	0,997	0,997	0,997	0,998	0,998	0,08	0,997	1	-0,27
Продажи в равнове- сных ценах, млрд руб. РФ	5163	4863	4791	4307	4569	6,78	4739	4734	0,10
Зерно									
Продажи, млн т	12,78	12,76	12,77	12,77	13,01	0,83	12,82	12,76	0,449
Цена, тыс. руб. РФ/т	8,57	8,56	8,56	7,35	8,50	6,45	8,31	8,31	-0,003
Выручка, млрд руб.	109,5	109,2	109,4	93,9	110,5	6,64	106,5	106,0	0,446
Молоко									
Продажи, млн т	47,44	47,44	47,42	47,42	48,88	1,35	47,72	47,42	0,638
Цена, тыс. руб. РФ/т	20,96	20,96	20,95	22,25	21,62	2,72	21,35	21,33	0,109
Выручка, млрд руб.	994	994	994	1055	1057	3,34	1019	1011	0,748
Скот и птица (в живой массе)									
Продажи, млн т	11,56	11,56	11,56	11,56	11,58	0,09	11,57	11,56	0,072
Цена, тыс.руб. РФ/т	85,45	85,41	85,45	90,25	95,15	4,91	88,34	88,35	-0,009
Выручка, млрд руб.	988	987	988	1043	1102	4,98	1022	1021	0,062

* Все стоимостные показатели приведены к ценам 2015 г.

** В качестве аппроксиматора фактического уровня продаж принята нормативная потребность населения России в соответствующей продукции по состоянию на 2015 г., цен – среднегодовые цены 2011–2015 гг.

*** Часть условно-нетранспортабельной продукции, учтенной в этом разделе таблицы, потребляется за рубежом.

Источник: *Светлов (2019а).*

При условиях, заданных сценарием, включая условие поддержания как минимум нормативного уровня потребления продовольствия, российские сельхозтоваропроизводители с избытком удовлетворяют потребность всего населения страны в зерне и мясных продуктах с выгодой для себя: математическое ожидание их маржинального дохода составляет 593,6 млрд руб.¹⁶. В отсутствие государственных гарантий продовольственной безопасности продажи сельхозпродукции за рубеж были бы значительно больше, чем по сценарному решению – это привело бы к недоеданию и росту цен в регионах России. Существующие внутренние цены на сельскохозяйственную продукцию, которые значительно ниже мировых, не дают таких гарантий без вмешательства в действие рыночного механизма. «Ручное

¹⁶ В эту сумму включены также доходы торговых посредников, в том числе участвующих в международной торговле сельхозпродукцией и продуктами ее переработки (без учета добавленной стоимости, созданной в процессе переработки).

управление» продовольственной безопасностью оказывается довольно дорогим удовольствием для экономики: среднегодовой трансферт потребителям продуктов переработки зерна (кроме фуражного) составляет 2,4 млрд руб. РФ, молока 47,6 млрд руб. РФ, скота и птицы 61,9 млрд руб.¹⁷. Из этих цифр на долю населения Москвы и Санкт-Петербурга приходится, соответственно, 58,4, 21,4 и 50,9%. Установить источник трансферта модель не позволяет: им могут быть как средства налогоплательщиков (то есть консолидированный бюджет), так и снижение доходов поставщиков и торговых посредников в сравнении с уровнем, который был бы возможен в отсутствие «ручного управления».

Таблица 15

*Экспорт продукции сельского хозяйства России**

Показатели	Исходы случайных условий, подобные годам					Коэф. вариации,%	Сред- нее**	Факт**	При- рост, %
	2011	2012	2013	2014	2015				
Зерно									
Экспорт, млн т	50,06	22,72	42,51	60,39	58,77	32,6	46,89	44,02	6,52
Цена, тыс. руб. РФ/т	14,97	16,88	15,59	15,04	11,41	14,1	14,39	14,40	−0,07
Выручка, млрд руб. РФ	749,6	383,5	662,6	908,1	670,8	28,2	674,9	634,0	6,45
Скот и птица (в живой массе)									
Экспорт, млн т	–	263,0	1043,8	1557,2	2018,0	87,0	976,4	721,78	35,28
Цена, тыс. руб. РФ/т	160,58	173,34	169,76	204,21	133,17	15,4	165,82	163,28	1,55
Выручка, млрд руб. РФ	–	45,59	177,19	317,99	268,73	85,0	161,90	117,86	37,37

* Все стоимостные показатели приведены к ценам 2015 г.

** Среднегодовое значение за 2011...2015 г.

Источник: Светлов (2019а).

Данные группы столбцов «Исходы случайных условий» табл. 15 рассчитаны на основе решения модели следующим образом: $\sum_{r \in R_{0p}} x_{rpy}$ – экспорт продукции r при исходе случайных условий y (остальные обозначения приведены в приложении); $\sum_{r \in R_{0p}} \tilde{v}_{py} x_{rpy}$ – экспортная выручка; частное от деления второго из этих значений на первое – цена. Данные той же группы столбцов табл. 16 получены аналогичным образом: $\sum_{r \in R_{0p}} m_{rpy}$ – импорт, $\sum_{r \in R_{0p}} \hat{v}_{py} m_{rpy}$ – затраты на импорт. Данные столбцов «среднее» и «коэффициент вариации» определены аналогично табл. 14.

¹⁷ Эти показатели получены как сумма произведений двойственных оценок ограничений по минимальным (нормативным) объемам продаж продукции каждого вида и объемов их продаж на каждом региональном рынке.

В табл. 15 и 16 мы видим еще одно свидетельство того, что неопределенность, связанная с переменчивыми условиями сельскохозяйственного производства, переносится на сферу внешнеторговой деятельности: коэффициенты вариации объемов и цен как экспорта, так и импорта намного выше, чем на внутренних рынках.

Молоко – единственный вид условно-транспортельной продукции, который, согласно сценарию, из России не экспортируется. По зерну и скоту (включая птицу) имеют место как импортные, так и экспортные товарные потоки (табл. 15 и 16). Зерно экспортируется через порты Ленинградской области, Кубани и Ростовской области (в порядке уменьшения объемов), скот и птица (возможно, в переработанном виде) – преимущественно железнодорожным маршрутом через границу Брянской области.

Таблица 16

*Импорт продукции сельского хозяйства России**

Показатели	Исходы случайных условий, подобные годам					Коэф. вариации, %	Среднее	Факт**	Прирост, %
	2011	2012	2013	2014	2015				
Зерно									
Импорт, млн т	7,05	0,67	0,53	3,62	4,95	83,4	3,37	0,54	523,78
Цена, тыс. руб. РФ/т	14,97	17,26	15,75	15,04	11,41	15,3	14,06	15,09	–6,87
Затраты, млрд руб. РФ	105,6	11,6	8,4	54,5	56,5	84,1	47,3	8,1	480,95
Молоко									
Импорт, млн т	16,09	15,94	17,07	17,14	18,65	6,4	16,98	16,70	1,67
Цена, тыс. руб. РФ/т	28,60	29,79	37,72	34,59	19,91	22,7	29,96	29,92	0,12
Затраты, млрд руб. РФ	460,0	474,9	643,9	593,0	371,2	21,5	508,6	499,65	1,79
Скот и птица (в живой массе)									
Импорт, млн т	444,86	22,6	169,8	147,9	–	112,9	157,0	127,0	23,61
Цена, тыс. руб. РФ/т	157,66	168,34	157,19	189,09	141,51	10,7	163,78	161,49	1,42
Затраты, млрд руб. РФ	70,14	3,81	26,69	27,96	–	108,6	25,72	20,52	25,36

* Все стоимостные показатели приведены к ценам 2015 г.

** Среднегодовое значение за 2011–2015 г.

Источник: Светлов (2019а).

Рассчитанная по модели среднегодовая цена импортируемого зерна ниже фактической по причине сдвига объемов импорта в равновесии, соответствующем сценарным условиям, в пользу года с низкой ценой, а также, в меньшей степени, из-за учтенного моделью влияния роста экспорта скота и птицы из России на мировой рынок зерна. Сокращение зарубежного поголовья сельскохозяйственных животных мясных пород, которое, согласно сценарию, ожидается из-за роста россий-

ского экспорта, повлечет за собой падение зарубежного спроса на кормовое зерно и соответствующее изменение его цены.

Сценарные изменения в торговле сельхозпродукцией в субъектах федерации

В табл. 17 приведены сценарные данные о производстве и продажах сельскохозяйственной продукции в пяти избранных субъектах федерации. Краснодарский край включен в эту таблицу как крупнейший в России производитель сельхозпродукции в целом и зерна, Белгородская область – как крупнейший производитель скота и птицы, Татарстан – молока. Москва и Санкт-Петербург – крупнейшие потребители продовольствия.

Данные об объеме производства вида продукции p в регионе r , представленные в табл. 17, рассчитаны на основе решения PF+PE-модели по формуле

$$\frac{1}{\#Y} \sum_{y \in Y} \sum_{s \in S} b_{psy} k_{rs}$$

(см. обозначения в приложении 3). Объемы продаж внутри региона вычислены по формуле $\frac{1}{\#Y} \sum_{y \in Y} q_{rpy}$, выручка по формуле $\frac{1}{\#Y} \sum_{y \in Y} v_{rpy} q_{rpy}$, цены путем деления выручки на объем продаж.

В отличие от ситуации по России в целом, в главных аграрных регионах страны и главных регионах–потребителях сценарные цены либо сохраняются на среднегодовом уровне 2011–2015 гг. (Белгородская область, Москва и Санкт-Петербург), либо растут. Напротив, объемы производства либо остаются неизменными (Белгородская область), либо сокращаются (Краснодарский край, Татарстан). Диффузия передовых технологий из этих регионов в другие снижает их конкурентные преимущества, приводит к территориальным сдвигам в размещении сельскохозяйственного производства.

В Белгородской области сценарные объемы производства и цен не отличаются от факта, а продаж – от норматива. Множители Лагранжа по условиям $k_{rs} \geq 0$ (см. приложение 3), где индекс r соответствует Белгородской области, при $s \neq r$ отрицательны, то есть какие-либо изменения в производственных процессах в этом регионе невыгодны. Объем продаж продукции всех видов тоже остается здесь на уровне нормативов: избыток продукции выгоднее поставлять в другие регионы из-за разницы в ценах, превосходящей транспортные затраты. Аналогичная ситуация складывается еще в 18 субъектах федерации. Когда в регионе объемы продаж всех четырех продуктов равны нормативным, равновесные цены, естественно, тоже остаются на фактическом уровне.

Таблица 17

*Производство, продажи и цены продукции сельского хозяйства
в отдельных субъектах федерации**

Показатели	Красно- дарский край	Белгород- ская область	Республика Татарстан	Москва	Санкт- Петербург
Всего сельскохозяйственной продукции					
Производство в фактических ценах, млрд руб. РФ	348,8 : -0,08	198,1 : 0,00	224,9 : -1,00	×	×
Продажи в фактических ценах, млрд руб. РФ**	253,8 : 0,30	60,1 : 0,00	173,1 : -2,23	199,8 : 0,64	81,4 : 0,94
Индекс цен	1,001	1,000	1,045	1,000	1,000
Продажи в равновесных ценах, млрд руб. РФ**	254,0 : 0,30	60,1 : 0,00	181,0 : -2,23	199,8 : 0,64	81,4 : 0,94
Зерно					
Производство, млн т	11,77 : -0,09	2,85 : 0,00	3,34 : -2,97	×	×
Продажи, млн т	0,491 : 0,00	0,139 : 0,00	0,347 : 0,00	1,023 : 0,00	0,347 : 0,00
Цена, тыс. руб. РФ/т	8,82 : 0,01	7,02 : 0,00	7,92 : 0,68	8,65 : 0,00	10,08 : 0,00
Выручка, млрд руб. РФ	4,33 : 0,01	0,98 : 0,00	2,75 : 0,68	8,84 : 0,00	3,50 : 0,00
Молоко					
Производство, млн т	1,340 : -0,09	0,543 : 0,00	1,746 : -3,21	×	×
Продажи, млн т	1,891 : 2,00	0,526 : 0,00	1,311 : 0,00	2,799 : 2,00	1,668 : 2,00
Цена, тыс. руб. РФ/т	23,00 : 0,00	21,33 : 0,00	18,88 : 0,17	23,19 : 0,00	23,17 : 0,00
Выручка, млрд руб. РФ	43,50 : 2,00	11,22 : 0,00	24,74 : 0,17	64,91 : 2,00	38,65 : 2,00
Скот и птица (в живой массе)					
Производство, млн т	0,515 : 0,00	1,431 : 0,00	0,493 : 7,61	×	×
Продажи, млн т	0,409 : 0,00	0,116 : 0,00	0,289 : 0,00	1,519 : 0,00	0,545 : 0,00
Цена, тыс. руб. РФ/т	75,89 : 0,01	88,86 : 0,00	101,07 : 0,47	83,03 : 0,00	72,02 : 0,00
Выручка, млрд руб. РФ	31,04 : 0,01	10,32 : 0,00	29,22 : 0,47	126,09 : 0,00	39,26 : 0,00

* Приведены математические ожидания указанных значений. Значения после двоеточия означают прирост (%) к факту (производство, цены), к нормативному потреблению (продажи) или к стоимости нормативного потребления в равновесных ценах (выручка). Все стоимостные показатели приведены к ценам 2015 г.

** Включая продажи условно-нетранспортабельной сельхозпродукции для потребления в других субъектах федерации и для экспорта.

Источник: Светлов (2019а).

Проведенная апробация позволяет заключить, что PF+PE-модели целесообразно использовать при разработке инструментальных средств анализа экономической политики и отдельных ее направлений – научно-технической, аграрной, промышленной политики – с позиций влияния политических инструментов на товарные рынки, как внутренние, так и международные. Это позволит заранее предвидеть многие косвенные эффекты принимаемых политических решений, использовать политические инструменты с большей уверенностью в результатах, свести к минимуму политические риски.

В числе приложений, в которых уже нашла применение описанная выше модель частичного равновесия на аграрных рынках субъектов Российской Федера-

ции – анализ последствий различных вариантов сдерживания дальнейшего роста экспорта зерна (в интересах отраслей сельского хозяйства с более высокой добавленной стоимостью), не обнаруживший достаточных оснований для такого сдерживания (Светлов, 2019в), оценка влияния изменений климата на внутренние рынки (Светлов, Шишкина, 2019) и внешнюю торговлю (Светлов, 2019б) России, анализ влияния различных факторов на инвестиционную привлекательность сельского хозяйства России в региональном разрезе, оцениваемого на основании величин объективно обусловленных оценок региональных балансов основных средств сельскохозяйственного производства.

ЧАСТЬ 2.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НАИЛУЧШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ В АГРОБИЗНЕСЕ

6. Экономико-математическое моделирование формирования и использования фонда оплаты труда

Проблема формирования и использования фонда оплаты труда имеет значение не только для роста производительности труда, содействуя вознаграждению ее повышения, но и для роста благосостояния населения – приоритета социальной политики как в Беларуси, так и в России. Эта проблема входит как составная часть в более широкую проблему планирования производства и продажи различных видов сельскохозяйственной продукции. Планирование осуществляется на основе общественного разделения труда с учетом народнохозяйственных потребностей в соответствующих видах продукции и конкретных природно-экономических условий ее производства (почва, климат, рельеф, биологические особенности растений и животных, размер и структура сельскохозяйственных угодий, трудовые ресурсы, финансы, производственные основные фонды, транспортные условия и т.д.) с последующим выделением части необходимого и прибавочного продукта на нужды воспроизводства и развития рабочей силы с учетом роста производительности труда.

Важнейшие предпосылки планирования сельскохозяйственного производства в масштабах национальной экономики – изучение и комплексная оценка природных условий, учет сложившегося размещения уровня и структуры сельскохозяйственного производства, определение ареалов размещения и сравнительной эффективности производства продуктов растениеводства и животноводства; экономическое обоснование и учет взаимосвязи с промышленностью, прежде всего по переработке сельскохозяйственной продукции, определение перспективных зон специализации и др.

В отраслевой задаче оптимизации структуры фонда оплаты труда эффект, повышающий как результаты работы предприятия, так и непосредственно размер фонда оплаты труда, получают за счет вариантности развития отраслей.

На уровне отдельного сельскохозяйственного предприятия экономико-математическую задачу формирования и использования фонда оплаты труда можно сформулировать следующим образом: определить оптимальный размер фонда оплаты труда и его распределение в хозяйстве, при котором будет обеспечено наиболее рациональное использование производственных ресурсов, выполнены

государственные заказы по продаже продукции и оптимальный производственный результат в соответствии с принятым критерием оптимальности, который состоит в получении максимума прибыли. При этом следует так же учитывать, что хозяйство преследует выполнение множества целей: увеличение объема производства продукции, снижение издержек, повышение производительности труда и другие, которые выражаются через ограничения.

Поставленную задачу возможно решить при помощи соответствующей модификации модели оптимальной производственно–отраслевой структуры сельскохозяйственной организации (*Гатаулин и др.*, 1990, глава 9). Математическая формулировка предлагаемой модифицированной модели приведена в приложении 6. Предлагаемый подход применен для оптимизации формирования и использования фонда оплаты труда в РУП «Учхоз БГСХА». Принимая во внимание нестабильность экономической ситуации в Республике Беларусь, расчеты выполнены на два года вперед.

Определим перечень видов продукции, для производства которых на предприятии имеются или до начала планового периода могут быть созданы агрономические и технические условия. В нашем случае это следующие культуры:

1. Озимые: продовольственные; фуражные; а производство комбикорма.
2. Яровые: продовольственные; фуражные; а производство комбикорма.
3. Зернобобовые: продовольственные; на корм.
4. Кукуруза: на зеленую массу; на силос; на зерно.
5. Однолетние травы на зеленый корм.
6. Многолетние травы: на сено; на сенаж; на зеленый корм; на семена.
7. Травы естественных пастбищ: на сенаж; на зеленый корм.
8. Травы естественных сенокосов: на сено; на сенаж.
9. Рапс.
10. Сахарная свекла.

Урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность сельскохозяйственных животных на перспективу оценена по методике *Старовыборной, Леньковой и Гончаровой* (2017).

Отрасли животноводства представлены скотоводством: молочным и мясным (откорм молодняка крупного рогатого скота). Затраты труда на 1 га по сельскохозяйственным культурам, выращиваемых в хозяйстве, предлагается рассчитать на основе их линейной (предположительно) зависимости от валовых трудозатрат по хозяйству, отражающих комплекс факторов, влияющих на трудоемкость производства в условиях конкретного хозяйства, и урожайности конкретной культуры в плановом периоде:

$$y_{xi} = a_{0i} + a_{1i}x_1 + a_{2i}x_{2i},$$

где x_1 – фактические средние затраты труда по хозяйству в расчете на единицу площади сельскохозяйственных угодий, чел.-ч./га; x_2 – перспективная урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га; a_{0i}, a_{1i}, a_{2i} – нормативные коэффициенты, i – индекс сельскохозяйственной культуры. Вопрос определения нормативных коэффициентов требует дополнительных исследований. Для целей последующего изложения они определены путем решения системы нормальных уравнений $(\mathbf{X}_i^T \mathbf{X}_i) \mathbf{a}_i = \mathbf{X}_i^T \mathbf{y}_i$, где $\mathbf{a}_i = (a_{0i}; a_{1i}; a_{2i})^T$, $\mathbf{y}_i$ – вектор среднегодовых затрат труда на расчете на 1 га культуры i в трехлетней ретроспективе, $\mathbf{X}_i$ – 3×2 -матрица, столбцы которой трехлетнюю отражают ретроспективу, соответственно, трудозатрат в целом по хозяйству, отнесенных к площади селхозугодий, и урожайности культуры i . Такой расчет имеет иллюстративный характер, а его результаты могут применяться лишь в тех случаях, когда они согласуются с оценками, полученными другими способами – по крайней мере, экспертным.

Годовые затраты труда по отдельным культурам составили:

- ♦ озимые зерновые: $y_{x1} = 26,6 + 0,712 \cdot 9,6 - 0,416 \cdot 60,0 = 8,5$ чел.-ч./га;
- ♦ яровые зерновые: $y_{x2} = 27,3 + 0,712 \cdot 14 - 0,416 \cdot 57,4 = 13,4$ чел.-ч./га;
- ♦ зернобобовые: $y_{x3} = 14,3 + 0,712 \cdot 9,0 - 0,416 \cdot 29,3 = 8,5$ чел.-ч./га;
- ♦ кукуруза на силос: $y_{x4} = 14,6 + 0,55 \cdot 6,7 - 0,031 \cdot 278 = 9,7$ чел.-ч./га;
- ♦ однолетние травы на зеленую массу: $y_{x5} = 23,3 + 0,45 \cdot 2,7 - 0,12 \cdot 184,2 = 2,4$

чел.-ч./га;

- ♦ многолетние травы на сено: $y_{x6} = 16,3 + 0,75 \cdot 7,3 - 0,23 \cdot 66,8 = 6,4$ чел.-ч./га.

Затраты труда для других направлений использования многолетних трав находятся по соотношению с многолетними травами на сено с коэффициентами: на семена 1,36, на зеленую массу 0,3, на сенаж 0,9. Эти и аналогичные нижеследующие коэффициенты определены на основании многолетних данных о трудоемкости посевов многолетних трав для соответствующих целей:

- ♦ многолетние травы на семена: $y_{x7} = 6,4 \cdot 1,36 = 8,7$ чел.-ч./га;
- ♦ многолетние травы на зеленую массу: $y_{x8} = 6,4 \cdot 0,3 = 1,9$ чел.-ч./га;
- ♦ многолетние травы на сенаж: $y_{x9} = 6,4 \cdot 0,9 = 5,8$ чел.-ч./га.

Затраты труда для озимой ржи на зеленый корм составляют 37% от затрат на озимые зерновые: $y_{x,10} = 8,5 \cdot 0,37 = 3,1$ чел.-ч./га.

Затраты труда для пожнивных составляют 88% от затрат по однолетним травам: $y_{x,11} = 2,4 \cdot 0,88 = 2,1$ чел.-ч./га.

Затраты труда по рапсу и сахарной свекле планируем на уровне средних фактических, поскольку вышеописанный прием приводит к значениям, выходящим за границы диапазона экспертных оценок:

- ♦ сахарная свекла: $y_{x,12} = 17,8$ чел.-ч./га;
- ♦ рапс: $y_{x,13} = 13$ чел.-ч./га.

Затраты труда по продукции сенокосов и пастбищ планируем на фактическом уровне.

Затраты труда в напряженный период определяются по доле этих затрат в общих за год по следующей формуле:

$$3T_{nn} = 3T_z \cdot (3T_{nnn} / 3T_{zod}),$$

где $3T_z$ – расчетные годовые затраты труда, чел.-ч./га; $3T_{nnn}$ – нормативные затраты труда в напряженный период, чел.-ч./га; $3T_{zod}$ – нормативные затраты труда за год, чел.-ч./га.

Перспективную оплату 1 чел.-ч. в растениеводстве рассчитаем по следующей формуле:

$$y_x = 0,0009x^2 - 0,072x + 2,89,$$

где x – перспективная урожайность зерновых культур, ц/га. Коэффициенты в этой формуле определены при помощи системы нормальных уравнений подобно тому, как выше вычислены коэффициенты для формул затрат труда на 1 га. Таким образом, оплата 1 чел.-ч. на перспективу в хозяйстве будет равна $0,0009 \cdot 58,1^2 - 0,072 \cdot 58,1 + 2,89 = 4,9$ руб. РБ.

Себестоимость по отраслям взята фактическая за 2016 г. На корм по зерновым продовольственным культурам используется до 10% от валового сбора. По фуражным зерновым культурам на корм отдается разность между перспективной урожайностью и расходом на семена.

Решение составленной экономико-математической модели¹⁸ позволило найти внутривладельческие резервы для решения важной социальной задачи: фонд оплаты труда увеличился на 7,7% без ущерба финансовым результатам предприятия. Данные о приращении фонда оплаты труда по категориям работников приведены в табл. 18.

¹⁸ При решении модели неравенство, отражающее формирование фондов оплаты труда (п.9 приложения 6), заменено близким по смыслу уравнением $\sum_{j \in J_0} l_{ij} X_j = \tilde{X}_i$, $i \in I5$. В данном случае такой подход дал приемлемые результаты, но в некоторых ситуациях он способен привести к снижению расчетного валового дохода в сравнении с фактически достигнутым уровнем.

Таблица 18

Размеры фонда оплаты труда

Показатели	Фактическое значение, тыс. руб. РБ	Расчетное значение, тыс. руб. РБ	Расчетное в % к фактическому
Фонд оплаты труда, всего	2033	2188,7	107,7
В т.ч. работников растениеводства	576	644,3	111,9
работников животноводства	1070	1114,5	104,2
работников аппарата управления	387	429,9	111,1

Источник: расчеты Д.В. Редько.

Таблица 19 – Объем и структура стоимости товарной продукции

Вид продукции	Фактическое значение				Расчетное значение				Расчетное в % к фактическому
	Кол-во, тыс. ц	Цена, руб. РБ/ц	Сумма, тыс. руб. РБ	% к итогу	Кол-во, тыс. ц	Цена, руб. РБ/ц	Сумма, тыс. руб. РБ	% к итогу	
Зерно	92,5	25	2291,6	17,6	120,4	24,8	2981,3	20,1	130,1
Рапс	13,7	68	929,2	7,1	17,9	67,7	1210,9	8,2	130,3
Сах. свекла	46,7	6	298,0	2,3	50,4	6,4	321,8	2,2	108,0
Итог по растениеводству	×	×	3518,8	27,1	×	×	4514,0	30,5	128,3
Молоко	132,6	53	7058,1	54,3	145,7	53,2	7758,4	52,4	109,9
Говядина	15,2	160	2429,9	18,7	15,9	160,0	2546,1	17,2	104,8
Итог по животноводству	×	×	9488,0	72,9	×	×	10304,5	69,5	108,6
Итого	×	×	13006,8	100	×	×	14818,5	100	113,9

Источник: расчеты Д.В. Редько.

Стоимость товарной продукции растениеводства и животноводства увеличилась на 28,3 и на 8,6% соответственно (подробнее см. табл. 19). В целом по предприятию рост стоимости товарной продукции составил 13,9%. Наибольший удельный вес в расчетной структуре товарной продукции занимает молоко – 52,4%, что на 1,9 п.п. меньше, чем фактически в 2016 г. В расчетной структуре товарной продукции растениеводства наибольший удельный вес занимает зерно – 20,1%, что на 2,5 п.п. выше факта. В целом увеличение удельного веса продукции растениеводства в структуре товарной продукции составило 3,4 п.п.

В табл. 20 представлен краткий анализ эффективности сельскохозяйственного производства по оптимальному плану в сравнении с фактическими данными. Он позволяет сделать следующий вывод: уровень эффективности использования сельхозугодий можно повысить по всем видам продукции, представленным в таблице, а общий рост выхода товарной продукции с 1 га сельхозугодий может составить 113,9% к фактическому уровню производства. Это во многом обусловлено

выявленными значительными резервами роста производства продукции животноводства.

Таблица 20

Эффективность сельскохозяйственного производства

Показатели	Фактическое значение	Расчетное значение	Расчетное % к фактическому
Произведено на 100 га сельхозугодий:			
молока, ц	1303,9	1480,6	113,5
прироста крупного рогатого скота, ц	136,9	149,0	108,8
товарной продукции, млн руб. РБ	120,4	137,2	113,9
Произведено на 100 га пашни:			
зерна, ц	2323,0	2591,3	111,5
рапса, ц	157,2	233,3	148,4
Товарной продукции на 1 чел.-ч., руб. РБ	22,9	27,7	120,8

Источник: расчеты Д.В. Редько.

Финансовые показатели деятельности предприятия дают основание считать целесообразным использование данной модели в формировании фонда оплаты труда, так как это будет способствовать росту эффективности сельскохозяйственного производства. Ее Анализ данных табл. 21 показал состоятельность рекомендуемых мероприятий. В результате их осуществления РУП «Учхоз БГСХА» получит прибыль в размере 820,5 тыс. руб. РБ, что на 341,5 тыс. руб. РБ больше, чем фактическое значение в 2016 г. Рентабельность по проекту составит 6,0%, что выше фактического значения на 2,2 п.п., а зарплатоемкость продукции снизится на 3,5%.

Таблица 21

Финансовые результаты РУП «Учхоз БГСХА»

Показатели	Факт (2016 г.)	Расчет	Расчет к факту
Выручка, тыс. руб. РБ	13083	14592,1	111,5%
Затраты на производство, тыс. руб. РБ	12604	13771,6	109,3%
Прибыль (убыток), тыс. руб. РБ	479	820,5	+341,5 тыс.руб. РБ
Уровень рентабельности, %	3,8	6,0	+2,2 п.п.
Зарплатоемкость, руб. РБ/руб. РБ	0,155	0,150	96,5%

Источник: расчеты Д.В. Редько.

В целях усиления взаимосвязи оплаты труда работников сельскохозяйственных предприятий с конечными результатами труда и производства предлагается корректировать рассчитанный фонд оплаты труда работников предприятия в зависимости от размеров денежной выручки от реализации сельскохозяйственной продукции в расчете на 1 баллогектар сельскохозяйственных угодий и уровня рентабельности работы предприятия с использованием коэффициентов, представленных в табл. 22.

Таблица 22

*Корректирующие коэффициенты к размерам фонда заработной платы
сельскохозяйственных предприятий*

Группы по выручке в расчете на 1 балло-гектар сельскохозяйственных угодий, руб. РБ	Рентабельность реализации, %						
	менее –2,0	–2 – 0	0,0 – 2,0	2,1 – 5,0	5,1 – 10,0	10,1 – 15,0	более 15
до 10	0,90*	0,93*	0,95*	0,97*	1,00	1,02	1,05
10,1 – 15	0,93*	0,95*	0,98*	1,00	1,02	1,05	1,07
15,1 – 20,0	0,95*	0,98*	1,00	1,03	1,05	1,08	1,10
20,1 – 25,0	0,97*	1,00	1,03	1,05	1,08	1,10	1,13
25,1 – 30,0	1,00	1,02	1,05	1,08	1,10	1,13	1,16
30,1 – 35,0	1,02	1,05	1,08	1,10	1,13	1,16	1,18
более 35	1,05	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,21

* при значении корректирующего коэффициента менее 1,00 фонд заработной платы не корректируется в сторону уменьшения.

Источник: (Редько, 2018).

Достижение параметров прогнозного развития предприятия позволит сформировать скорректированный фонд заработной платы в размере 2538,9 тыс. руб. РБ (коэффициент корректировки – 1,16), что на 350,2 тыс. руб. РБ больше расчетного. Для сравнения: скорректированный фонд оплаты труда за 2016 год составил бы 2297,3 тыс. руб. РБ (коэффициент корректировки – 1,13), что на 264,3 тыс. руб. РБ больше фактического. Указанная сумма может быть распределена между работниками предприятия пропорционально трудовому вкладу.

Формирование фонда оплаты труда исходя из решения предложенной экономико-математической модели и последующего применения корректирующих коэффициентов позволит, по мнению авторов, существенно повысить заинтересованность работников в повышении выхода продукции на единицу площади сельхозугодий, усилить воздействие человеческого фактора на эффективность сельскохозяйственного производства. Его преимуществом является то, что размер составляющих частей фонда оплаты труда предприятия становится результатом применения детерминированного алгоритма к проверяемым исходным данным. Вместе с тем необходимо накопление опыта применения разработанного подхода, чтобы выявить его влияние на результаты хозяйственной деятельности сельхозтоваропроизводителей в реальных условиях.

В перспективе предложенная математическая модель должна совершенствоваться. Хотя в сравнении с прототипом (Гатаулин и др., 1990, глава 9) здесь существенно упрощена и приближена к реальности субмодель формирования годового плана кормления животных, к этой субмодели остаются вопросы с позиций достижимости получаемого оптимального плана. Дело в том, что значительная доля выявленных резервов связана с изменением плана кормления скота в сравнении

с фактом, однако план кормления, полученный по результатам моделирования, не в полной мере отвечает современным требованиям технологичности приготовления, раздачи кормов и контроля их поедания скотом, не учитывает возможности упрощения рациона кормления, достижимые с применением сбалансированных комбикормов, белково-витаминных концентратов и премиксов. Модель в ее нынешнем виде не способна учесть нелинейные и дискретные эффекты, связанные с обеспечением технологичности кормления.

Эти проблемы ранее предлагалось решить, формируя годовой плана кормления путем выбора в процессе решения числовой модели оптимальной комбинации ранее апробированных и доказавших свою эффективность рационов кормления (Светлов, 2008). Но и такой подход не гарантирует технологичности получаемого плана кормления, хотя при его применении проблемы такого рода возникают реже. В частности, полученный план кормления может включать в себя слишком много различных кормов, что порождает не учтенные в модели издержки, связанные с усложнением технологических процессов хранения кормов и собственно кормления. Решение данной проблемы видится на пути включения в модель ограничений по числу используемых кормов и (или) по их допустимым сочетаниям. Такие ограничения потребуют введения в модель бинарных (логических) переменных, принимающих значение, равное единице, в случае использования данного корма в плане кормления, или нулю в противном случае. Соответственно, для решения получившейся модели придется использовать программное обеспечение, поддерживающее метод ветвей и границ.

Еще один предмет обсуждения в связи с предложенной моделью то, что она решается на максимум валового дохода. Таким образом, она не показывает руководству хозяйства способы сокращения трудоемкости производимой продукции (в ассортименте) и соответствующего повышения ее конкурентоспособности. Применение модели такого рода не будет вызывать вопросов на предприятии, лидирующем по производительности труда при производстве каждого продукта, учтенного в модели. В противном случае могут потребоваться дополнительные меры: проверка достижения целевого уровня рентабельности продаж продукции предприятия (в целом и по видам) в случае выполнения оптимального плана и формирования фонда оплаты труда по предложенному алгоритму; включение в модель ограничений по целевому уровню рентабельности; пересмотр нормативных коэффициентов формирования составляющих частей фонда оплаты труда (значений параметров l_{ij} в приложении 6). Последний вариант является крайней мерой, так как противоречит цели предсказуемости формирования фонда оплаты труда для работников и укрепления на этой основе доверия между работниками и руководством.

7. Формирование программы развития мясоперерабатывающего предприятия

Оптимизационная модель программы развития мясоперерабатывающего предприятия, разработанная в БГСХА И.В. Шафранской и И.Н. Шафранским, позволяет выбрать оптимальный сценарий развития предприятия на основе повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Актуальность решения этой задачи отмечалась в ряде предшествующих публикаций (Шафранская, 2013, с. 53–57; Колеснев и Шафранская, 2014, с. 160–169; Сайганов и Шафранский, 2018в, с. 51–57).

Особенностями предлагаемой экономико-математической модели являются:

а) моделирование повышения качества продукции, обуславливающего рост ее конкурентоспособности (см. методику формирования цены, обеспечивающую при заданном уровне качества конкурентоспособность продукции, изложенную выше в главе 3);

б) требование формирования добавленной стоимости, полученной при производстве продукции, не ниже фактически достигнутого уровня;

в) учет необходимости удовлетворения запросов потребителей с точки зрения максимизации отношения энергетической ценности произведенной продукции к затратам на ее приобретение.

Модель апробирована на информации ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат», решена в четырех сценариях: обоснование внутренних резервов на базе фактической информации (1-й сценарий), обоснование программы развития на базе плановых данных с учетом роста поставок сырья (2-й сценарий), обоснование внутренних резервов на базе фактических данных с учетом роста качества сырья и роста качества и конкурентоспособности продукции (3-й сценарий), обоснование программы развития на базе плановых данных с учетом роста качества сырья и роста качества и конкурентоспособности продукции (4-й сценарий) (табл. 23).

Математическая запись предложенной модели представлена в приложении 7. Главное отличие ее от аналогов – совмещение двух подходов к обеспечению конкурентоспособного качества продукции: во-первых, традиционного стоимостного, учитывающего дифференциацию цен сырья разного качества и продукции, произведенной из сырья разного качества; во-вторых, энергетического, который дает покупателю гарантии того, что его расходы в расчете на единицу энергетической ценности производимой продукции в целом по ассортименту не будут расти. Второй подход обеспечивается включением в модель неравенства, названного со-

ставителями модели условием удовлетворения потребностей потребителей (см. п. 13 приложения 7).

Таблица 23

Основные показатели функционирования ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат»: фактические данные и результаты моделирования

Показатели	Факт 2017 г.	Расчет			
		1-й сценарий	2-й сценарий	3-й сценарий	4-й сценарий
Добавленная стоимость, тыс. руб. РБ	15 587,0	17 295,6	26 442,9	29 154,9	46 809,0
Производительность труда по добавленной стоимости, тыс. руб. РБ/чел.	20,2	22,5	34,3	37,9	60,8
Поступило скота (живой вес), т	13 933,0	13 933,0	17 481,0	13 933,0	17 481,0
В т.ч.: крупного рогатого скота, т	7779,0	7779,0	10346,0	7779,0	10 346,0
свиней, т	6085,0	6085,0	7025,0	6085,0	7025,0
Выход товарной продукции с 1 т сырья, тыс. руб. РБ	4,499	4,604	4,345	5,758	6,036
Выручка от реализации продукции, млн руб. РБ	62,7	64,1	76,0	80,2	105,5
Доля экспорта в выручке от реализации продукции, %	9,7	13,8	13,8	16,5	16,3
Себестоимость реализованной продукции, млн руб. РБ	56,4	56,7	59,7	61,6	70,6
Прибыль (убыток) от реализации продукции, млн руб. РБ	6,3	7,4	16,3	18,6	34,9
Рентабельность продаж, %	10,0	11,6	21,4	23,2	33,1
Рентабельность продукции, %	11,1	13,1	27,2	30,2	49,4
Коэффициент конкурентоспособности продукции мясокомбината	0,202	0,220	0,315	0,368	0,518
В т.ч.: мяса и субпродуктов	0,148	0,168	0,274	0,149	0,228
колбасных изделий	-0,044	-0,037	0,046	0,109	0,232
мясных полуфабрикатов	-0,099	-0,087	-0,011	-0,081	0,100
жиров пищевых	0,322	0,337	0,345	0,338	0,345
мясных консервов	0,331	0,339	0,440	0,549	0,675
сухих животных кормов	0,618	0,618	0,618	0,618	0,618
Общая энергетическая ценность произведенной продукции в расчете на цены реализации, ккал/руб. РБ	106,8	109,7	113,1	113,0	149,1

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской на основании собственных исследований.

Проведенные расчеты подтвердили, что только за счет роста качества продукции и перераспределения имеющихся сырьевых ресурсов от неконкурентоспособной продукции в пользу конкурентоспособной можно увеличить прибыль от реализации продукции ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» в 3,0 раза при росте коэффициента конкурентоспособности продукции с 0,202 до 0,368. Коэффициент конкурентоспособности продукции мясоперерабатывающего предприятия в целом определялся как среднее значение из произведения коэффициентов конку-

рентоспособности выпускаемой продукции товарных групп на долю выручки от реализации соответствующей продукции товарной группы.

Предложенная модель программы развития мясоперерабатывающего предприятия на основе роста конкурентоспособности его продукции может считаться типовой и применяться на других перерабатывающих предприятиях АПК с учетом специфических особенностей формирования конкурентоспособности продукции.

Данные, полученные в результате моделирования, согласуются с положением о том, что результаты финансовой деятельности мясокомбината зависят главным образом от количества и качества поступающего сырья. Это положение обосновано в ряде предшествующих работ (*Ворошилова, 2012; Гусаков, 2013; Кендюх, 2011; Короткая, 2016; Крутиков и Якунина, 2011; Кудрявцев, 2011; Любецкий, 2018, с. 142; Шпак и др., 2015; Расторгуев, 2014; Родионова, 2017; Рожкова, 2007; Чайников, 2018*).

Следовательно, существует необходимость совершенствования экономических взаимоотношений с сельскохозяйственными товаропроизводителями, на что также указывают *Шпак и др. (2015, с.95)* и *Мелещенья и др. (2012)*. В связи с этим разработаны методики оценки выбора поставщиков сырья и премирования за поставку скота для производства детского питания; определения размера премии за 1 т сырья в зависимости от его качества.

Методика оценки выбора поставщиков сырья для производства детского питания учитывает не только качество сырья, поставляемого на переработку, но и потенциальные возможности сельскохозяйственных товаропроизводителей. Это позволяет гарантировать перерабатывающему предприятию будущие поставки сырья надлежащего качества. Оценку предлагается проводить на основании следующих показателей: среднегодовое поголовье и среднесуточный прирост живой массы животных (данные показатели позволяют оценить потенциальные возможности поставщиков), себестоимость 1 т прироста живой массы, расстояние от поставщика до перерабатывающего предприятия, общий коэффициент качества сырья. Последний предлагается рассчитывать как среднее значение из произведения коэффициентов качества отдельных половозрастных групп животных на их долю в объемах закупок, а их качество определять с учетом соотношения цен сырья конкретного качества и высшей категории. Новизна методики заключается в следующем: а) ориентирует сельскохозяйственные организации на производство высококачественного и экологически чистого сырья; б) стимулирует сельскохозяйственные организации увеличивать среднегодовое поголовье и среднесуточные приросты живой массы животных, а также снижать себестоимость 1 т животноводческой продукции; в) способствует росту результатов хозяйствования сельскохозяйствен-

ных товаропроизводителей; г) позволяет сформировать перерабатывающему предприятию стабильную сырьевую базу для производства детского питания. На основании предлагаемой методики составлен рейтинг поставщиков сырья крупного рогатого скота ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат». Установлено, что наибольшим конкурентным потенциалом обладают ОАО «Маяк Высокое» Оршанского района, КУСП «Приднепровский» Дубровенского района, СХФ «Браздетчино» – филиал ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат».

Произведено распределение поставок сырья, в частности крупного рогатого скота, для производства детского питания в соответствии с конкурентным потенциалом поставщиков, что не только позволит повысить качество поступающего на переработку сырья, но и обеспечит снижение убыточности продаж скота сельскохозяйственными товаропроизводителями на 26,8–40,0 п.п. При этом предлагается для стимулирования поставок высококачественного сырья для производства детского питания предусмотреть премию к договорной закупочной цене в размере 30%. Методика обоснования размера премии за 1 т сырья в зависимости от его качества базируется на еще одной новой экономико-математической модели оптимизации выплаты премий сельскохозяйственным организациям – поставщикам сырья. Новизна модели состоит в учете поставок животных для убоя по видам и категориям скота, что позволяет обосновать оптимальную договорную закупочную цену, размер премии, стимулирующие качество поставляемого сырья, с целью максимизации уровня рентабельности сельскохозяйственных организаций.

Применение методики способствует улучшению финансово-экономического состояния не только мясоперерабатывающих предприятий, но и сельскохозяйственных организаций – поставщиков сырья (табл. 24).

Реализация методик позволит увеличить выручку сельскохозяйственных организаций от поставок скота на мясоконсервный комбинат от 11,1 (1-й вариант расчета) до 109,5 % (4-й вариант). Размер премирования составит от 10,4 до 36,8% от выручки сельскохозяйственных организаций. В свою очередь, повышение качества и количества сырьевых ресурсов позволит улучшить результаты хозяйственной деятельности мясоконсервного комбината на базе роста конкурентоспособности продукции и обеспечит снижение уровня убыточности сельскохозяйственного производства соответственно на 29,1 и 52,5 п. п. в третьем и четвертом вариантах расчета.

Таблица 24

Основные показатели сельскохозяйственных предприятий–поставщиков сырья для производства детского питания на ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат»

Показатели	Факт за 2017 г.	Сценарии			
		1	2	3	4
Затраты на производство и реализацию КРС (убойный вес), тыс. руб. РБ	8228,2	7995,3	6885,7	7361,8	10678,4
Выручка от реализации КРС с учетом премии за их поставки для детского питания, тыс. руб. РБ	4955,7	6954,0	6897,0	7044,2	9863,2
В т.ч. премия за поставки КРС для детского питания, тыс. руб. РБ	68,4	1604,8	1591,6	1625,6	2276,1
Убыток поставщиков, тыс. руб. РБ	–3272,5	–1041,3	11,3	–317,6	–815,2
Рентабельность (убыточность) КРС, %	–39,8	–13,0	0,2	–4,3	–7,6
Рентабельность (убыточность) продаж КРС, %	–67,0	–15,0	0,2	–4,5	–8,3
Объем поставок свиней (убойный вес), т	1432,8	1567,2	1151,7	1072,1	2280,6
Затраты на производство и реализацию свиней (убойный вес), тыс. руб. РБ	7936,3	8680,7	6379,3	5344,6	11369,0
Выручка от реализации свиней с учетом премии за их поставки для детского питания, тыс. руб. РБ	5395,9	7566,8	5560,6	5176,3	11011,2
В т.ч. премия за поставки свиней для детского питания, тыс. руб. РБ	74,5	1746,2	1283,2	1194,5	2541,0
Убыток поставщиков, тыс. руб. РБ	–2540,4	–1114,0	–168,3	–357,8	–1621,1
Рентабельность (убыточность) свиней, %	–32,0	–12,8	–12,8	–3,1	–3,1
Рентабельность (убыточность) продаж свиней, %	–47,1	–14,7	–14,7	–3,3	–3,3
Выручка от реализации сырья с учетом премии за их поставки для детского питания, тыс. руб. РБ	10351,6	14520,7	12457,7	12220,5	20874,4
Затраты на производство и реализацию сырья, тыс. руб. РБ	16164,5	16676,0	13265,0	12706,4	22047,4
Рентабельность (убыточность) сырья, %	–36,0	–12,9	–6,1	–3,8	–5,3
Рентабельность (убыточность) продаж сырья, %	–56,2	–14,8	–6,5	–4,0	–5,6

Источник: составлена И.Н. Шафранским и И.В. Шафранской на основании собственных исследований.

Достижимость результатов моделирования обусловлена экономическими взаимоотношениями с поставщиками сырья – сельскохозяйственными товаропроизводителями, выращивающими крупный рогатый скот и свиней. На практике невозможно добиться результатов, представленных в табл. 24, без совершенствования этих взаимоотношений. В частности, требуется разработка прозрачных процедур контроля качества скота, поставляемого на убой и последующую переработку, и поддержание высокого уровня доверия между поставщиком и покупателем на этой основе. В противном случае внедрение оптимальной программы развития пе-

перерабатывающего предприятия может привести некоторых или всех торговых партнеров к потерям.

Укажем два перспективных направления дальнейшего развития модели. Во-первых, ее вариант, представленный в приложении 7, в упрощенной форме описывает формирование выручки от продаж одной и той же продукции, произведенной разными способами: в модели используется средняя выручка от продажи единицы продукции данного вида по каждому каналу реализации за предшествующий плановый период. Выручку можно рассчитать более точно, введя в модель переменные $x_{i'nk}$, показывающие объем продажи каждого вида продукции по каждому каналу с учетом того способа (связанного с качеством использованного сырья), которым этот вид продукции произведен. Такой подход потребует применения инструментальных средств, позволяющих автоматизировать формирование матрицы задачи линейного программирования данной модели: в противном случае увеличившаяся численность переменных может привести к неоправданному росту трудоемкости ее эксплуатации и повышению риска возникновения ошибок в модели из-за человеческого фактора.

Во-вторых, представляет интерес разработка и использование аналога данной модели, основанного на непараметрическом представлении границ производственных возможностей предприятия. Такой подход точнее, так как отражает действие ненаблюдаемых факторов, вследствие которых выход продукции при заданных затратах ресурсов может отличаться от нормативного. Он позволит полностью или частично отказаться от ограничений, регламентирующих ассортимент производимой продукции (см. п. 5 приложения 7) и вносящих в модель элемент субъективизма. Однако его можно реализовать лишь после того, как накоплен достаточно большой опыт функционирования предприятия в условиях действия экономического механизма, ориентированного на качество производимой продукции, чтобы ряды динамики фактических затрат и выпусков продукции за ряд плановых периодов можно было применить для построения границы производственных возможностей. Число наблюдений в таких рядах должно существенно превосходить суммарное число видов сырья, ресурсов и видов продукции, что возможно только при наличии ежедневной или, в крайнем случае, еженедельной статистики затрат и выпусков. Большой размер матрицы задачи линейного программирования и в этом случае потребует обращения к инструментальным средствам, автоматизирующим ее формирование.

Выполненные исследования позволили получить новые важные научные и практические результаты, суть которых изложена ниже.

1. Усовершенствована оптимизационная модель программы развития мясоперерабатывающего предприятия на основе роста конкурентоспособности его продукции с использованием различных сценариев. В отличие от аналогов, модель учитывает условия повышения качества продукции без ущерба размеру создаваемой добавленной стоимости и запросам потребителей, отражает связь повышения качества продукции с ростом ее конкурентоспособности.

Применение данной модели позволяет обосновать рациональное использование сырьевых ресурсов, провести оптимизацию объемов производства и реализации продукции на внешнем и внутреннем рынках на основе роста ее качества и конкурентоспособности. Модель апробирована на информации ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат». Реализация разработанной программы развития мясоконсервного комбината предполагает рост коэффициента конкурентоспособности продукции с 0,202 до 0,518, увеличение рентабельности продаж на 23,1 п.п.

2. Разработаны практические рекомендации по совершенствованию экономических взаимоотношений перерабатывающих предприятий с сельскохозяйственными организациями. В соответствии с ними рекомендуется к договорной закупочной цене сырья для производства детского питания предусмотреть премию в размере 30%.

3. Предложена методика обоснования размера премии за 1 т сырья в зависимости от его качества с учетом поставок животных для убоя по видам и категориям скота. Данная методика реализуется с помощью разработанной экономикоматематической модели оптимизации выплаты премий сельскохозяйственным организациям – поставщикам сырья.

Разработки, о которых идет речь в данной главе, являются составной частью предложений ее авторов по формированию экономического механизма повышения конкурентоспособности продукции на мясоперерабатывающих предприятиях АПК. Наряду с данными разработками, этот механизм должен включать в качестве своих элементов также методики оценки эффективности использования ресурсов мясоперерабатывающих предприятий, оценки конкурентоспособности продукции и формирования цены на продукцию в зависимости от ее качества, описанные выше в главе 3.

8. Детерминанты рентабельности переработки мяса птицы

Улучшение качества производимой продукции, расширение географии сбыта, дальнейшая технологическая модернизация отрасли, использование племенной отечественной птицы и улучшение биологической защиты – приоритетное

направление в птицеводстве Беларуси к 2020 году. Планы по развитию птицеводческой отрасли вошли в Государственную программу развития аграрного бизнеса в Беларуси на 2016–2020 годы. Необходимо довести к 2020 году производство мяса птицы до 605 тыс. т и яиц до 2,9 млрд штук в сельскохозяйственных организациях (*Совет Министров РБ*, 2016).

Однако в настоящее время в птицеводстве существует несколько проблем:

1) низкая конкурентоспособность отечественной племенной продукции – это связано с неудовлетворительной материально-технической базой и мощностью племенных предприятий. Племенные заводы при малом поголовье не могут обеспечить поставки крупных партий племенного материала для современных холдингов;

2) ограниченность кормовых ресурсов (белковое сырье), удорожание энергоносителей, повышение требований к безопасности и качеству пищевых продуктов;

3) невысокий уровень экологической чистоты – основными факторами, которые снижают этот показатель у птицеводческой продукции, являются наличие в яйце и мясе остатков ветпрепаратов (гормонов, антибиотиков) и ухудшение микробиологических показателей, а также накопление пестицидов, диоксинов, микотоксинов, солей тяжелых металлов, радионуклидов и некоторых других вредных веществ (*Михаленок*, 2015, с.157).

Одним из детерминантов затратности производства в птицеводстве является степень концентрации отрасли. А показателем концентрации может выступать поголовье птицы. Поголовье птицы в Республике Беларусь сосредоточено в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах и личных (подсобных) хозяйствах граждан. Динамика поголовья птицы в Республике Беларусь представлена данными табл. 25.

Из анализа динамики поголовья птицы в разрезе категорий хозяйств можно выделить две основные тенденции: роста и снижения. Первая тенденция характерна для сельскохозяйственных организаций, специализирующихся на данной отрасли, где наблюдается рост поголовья птицы на 46,9% за 2011–2018 гг. Тенденция снижения поголовья птицы за исследуемый период на 22,2% относится к личным подсобным хозяйствам. Можно предположить, что издержки производства птицы в личных подсобных хозяйствах выше, чем в сельскохозяйственных организациях. Это связано с разрывом кооперационных связей между организациями крупного товарного производства и личными подсобными хозяйствами, которые имели место в период сельскохозяйственного производства в БССР (*Смирнова*, 2008, с. 85).

Таблица 25

Динамика поголовья птицы по категориям хозяйств, млн гол.

Наименование	Годы								2018 к 2011 г., %
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
<i>Поголовье птицы, всего</i>									
Сельскохозяйственные орга- низации	31,1	33,6	36,3	40,0	42,7	43,1	44,3	45,7	146,9
Ежегодный темп роста, % к предыдущему году	100,0	108,0	108,0	110,1	106,8	100,9	102,7	103,1	×
Крестьянские (фермерские) хозяйства	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	200,0
Личные подсобные хозяйства	6,3	6,1	6,0	5,6	5,4	5,2	5,1	4,9	77,8
Ежегодный темп снижения, % к предыдущему году	100,0	96,8	98,4	93,3	96,4	96,3	98,1	96,1	×

Источник: составлена Р.К. Ленковой по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Анализ ежегодных темпов роста поголовья птицы в сельскохозяйственных организациях позволил выявить специфичную для них тенденцию изменения поголовья. За 2011–2014 гг. наблюдаются ежегодные темпы прироста 8–10%, за 2014–2016 гг. – наблюдается снижение темпов прироста поголовья, а за 2017–2018 гг. ежегодные темпы прироста поголовья птицы в сельскохозяйственных организациях составили 2,7–3,1%. Очевидно, если администрация сельскохозяйственных организаций руководствовалась в своей деятельности критерием роста эффективности производства продукции птицеводства, то вторым детерминантом формирования себестоимости продукции птицеводства является конъюнктура рынка. Этим можно объяснить волнообразный характер изменения поголовья птицы в сельскохозяйственных организациях. Реализация интеграционных программ в рамках ЕАЭС позволяет рассматривать этот рынок в разрезе крупных поставщиков.

Из табл. 26 следует, что перспектива значительного роста реализации продукции птицеводства Беларуси на российском рынке является неоднозначной. В Российской Федерации прогнозируется к 2020 г. 17,5% прироста производства и сокращение импорта мяса птицы на 35,4% или 170 тыс. тонн. В то же время в Республике Беларусь планируется увеличить экспортный потенциал на 35 тыс. тонн и производство на 10%. Реализация экспортного потенциала республики возможна на других рынках, например, Казахстана.

*Объемы производства, потребления, потенциала взаимных поставок и поставок
в третьи страны государств–членов ЕАЭС по мясу птицы
с прогнозом к 2020 году, тыс. тонн*

Показатели	Государства–члены ЕАЭС					
	Беларусь		Казахстан		Российская Федерация	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Производство	500	550	150	200	4000	4700
Импорт	9,3	8,8	150	190	480	310
Экспортный потенциал	215	250	–150	–200	200	500
Потребление	285	300	300	400	3800	4200

Источник: составлена Р.К. Леньковой по данным Евразийской экономической комиссии.

Снижение себестоимости продукции птицеводства в этом случае выступает одним из факторов роста конкурентоспособности на внешних рынках. Структура себестоимости на производство мяса птицы в промышленном птицеводстве государств–членов ЕАЭС формируется под влиянием природно-климатических условий функционирования предприятий, материально-технического оснащения, а также наличия кормовой базы. Исходя из анализа балансово-экономических показателей птицеводческих предприятий, складывается следующая усредненная номенклатура статей себестоимости производства: стоимость кормов – 65%, электроэнергия, отопление, вода – 10%, расходы на оплату труда – 7%, амортизация помещений, износ инвентаря – 5%, ветеринарные медикаменты – 5%, потери от падежа птицы – до 5%, автотранспорт – 2%, накладные расходы – 1%. Анализ внутрихозяйственных затрат показывает, что в структуре себестоимости наибольший удельный вес (более 60%) занимают корма, электроэнергия, отопление, вода (до 10%) и заработанная плата персонала (до 7%). Поскольку основу комбикормов для птиц составляют пшеница (преимущественно 3 и 4 классов) и кукуруза (от 50 до 70%), отрасль периодически сталкивается с проблемой роста цен на зерновые. Это ставит перед производителями задачу разработки новых рецептов, с увеличением доли незерновых компонентов, что особенно актуально в условиях усиления конкуренции со странами–членами ВТО и перспективой доступа мяса птицы на рынок Евросоюза и азиатского региона.

Немаловажным детерминантом снижения себестоимости производства продукции птицеводства является рост продуктивности птицы. На птицефабриках яйценоскость промышленных кур-несушек в среднем по республике составила 296 штук яиц в 2015 году. Привесы достигали 60–64 г в сутки. Эти результаты были достигнуты за счет интенсивного использования имеющихся мощностей, строительства и реконструкции, технического переоснащения производств, использования высокопродуктивных кроссов.

Факторы, влияющие на рентабельность производства мяса птицы, исследуем на примере предприятий Республиканского объединения «Белптицепром» с помощью группировки (табл. 27). Обращают на себя внимание два главных фактора: концентрация производства и среднесуточный прирост. Чем они выше, тем рентабельней птицеводческий бизнес. Концентрация позволяет резко сократить трудоемкость продукции за счет высокой степени автоматизации технологических процессов, снизить себестоимость кормов.

Таблица 27

Группировка предприятий Республиканского объединения «Белптицепром» по рентабельности переработки мяса птицы

Показатели	Группы хозяйств по рентабельности мяса птицы, %			Итого в среднем	Группа 3 к группе 1, %, ±п.п.	РУСПП «1-я Минская ПФ»
	группа 1 до –30,00	группа 2 –29,9 – 4,00	группа 3 свыше 4,10			
Число хозяйств в группе	11	13	8	×	×	×
Рентабельность, %	–45,83	–6,62	12,75	–15,19	+58,4	–30,24
Себестоимость мяса птицы, тыс. руб. РБ/ц	2473,87	1568,19	968,10	1729,00	39,1	2145,80
Среднесуточный прирост, г	14,82	36,08	53,00	33,00	357,7	16,00
Поголовье, тыс. гол.	261,45	322,22	1339,13	555,56	512,2	1282,00
Расход корма, ц к. ед./ц	5,22	3,02	1,87	3,49	35,8	3,71
Удельный вес затрат на корма, %	71,83	71,08	67,97	70,20	–3,9	67,35
Себестоимость кормов, тыс. руб. РБ/ ц корм. ед.	378,90	380,83	342,30	367,10	90,3	389,63
Затраты труда, чел.-ч./ц	5,40	3,46	1,27	3,58	23,5	2,11
Оплата 1 чел.-ч., тыс. руб. РБ	34,46	39,42	35,17	35,97	108,3	51,25

Источник: результаты исследований Р.К. Ленковой.

Для более подробного анализа сложившиеся ситуации исследовано влияние факторов на себестоимость 1 ц мяса птицы с помощью регрессионного анализа. Для параметрической идентификации регрессионной модели использованы данные 32 птицеводческих организаций за 2013–2015 годы. В результате расчетов, после отсева несущественно влияющих факторов, регрессионная модель получила следующий вид:

$$y_x = 1565,6 - 9,9x_1 + 38,7x_2 + 5,4x_3 + 355,4x_4;$$

$$R = 0,98; D = 95,2\%; F=133,8; p=0,05,$$

где y_x – себестоимость переработки мяса птицы, тыс. руб. РБ/ц; x_1 – среднесуточный прирост, г; x_2 – удельный вес затрат на корма, %; x_3 – себестоимость кормов, тыс. руб. РБ /ц, корм.ед.; x_4 – расход корма, ц корм.ед/ц.

Анализируя коэффициенты регрессии, видим, что только при увеличении среднесуточного прироста птицы (x_1) на 1 г себестоимости мяса птицы снижается на 9,9 тыс. руб. РБ/ц. Увеличение x_2, x_3, x_4 приводит к росту себестоимости.

Поскольку факторные показатели выполнены в различных единицах измерения, чтобы сравнивать их между собой, были рассчитаны β -коэффициенты по формуле:

$$\beta_j = a_j \frac{\delta_j}{\delta_y}$$

где a_j – коэффициенты регрессии при j -м факторном признаке; δ_j – стандартное отклонение j -го факторного признака; δ_y – стандартное отклонение результатного признака.

В нашем случае они равны: $\beta_1 = -25$, $\beta_2 = 0,30$, $\beta_3 = 0,48$, $\beta_4 = 0,94$.

В наибольшей степени на увеличение себестоимости 1 ц мяса птицы оказывает рост расхода корма ($\beta_4 = 0,94$) и себестоимости кормов ($\beta_3 = 0,48$). Значит, для снижения себестоимости мяса птицы в первую очередь необходимо стремиться к рациональному использованию кормовых ресурсов. С этой целью для уменьшения затрат кормов на единицу продукции, при росте продуктивности птицы, на базе модели оптимизации рецептов кормления птицы оптимизированы рецепты всех видов кормосмесей для четырех различных половозрастных групп молодняка кур.

Оптимизация рецептов кормосмесей проведена в рамках системы мероприятий по снижению себестоимости продукции птицеводства, разработанных для РУСПП «Первая Минская птицефабрика». Среди них следует отметить:

- ♦ повышение материальной заинтересованности работников за счет эффективной системы премирования за экономию материальных и энергетических ресурсов;
- ♦ экономию электрической и тепловой энергии за счет замены имеющегося оборудования на энергосберегающее и оптимизации энергопотребления в различные сезоны;
- ♦ подбор поставщиков относительно дешевого и качественного комбикорма для птицы;
- ♦ использование высокопродуктивного племенного материала птицы.

Оптимизация состава кормосмеси с помощью соответствующей задачи линейного программирования позволяет в достаточной мере учесть особенности развития птицы, ее кормление и формирование продуктивности. Несмотря на то, что математическое программирование нашло применение в оптимизации кормления птицы еще в середине прошлого века, проблема заключается в том, что существующие рецепты кормосмесей не всегда своевременно обновляются в ответ на изменение себестоимости или цен их компонентов. Как следствие, резервы экономии на совершенствовании рецептов кормосмесей оказываются недоиспользованными.

Для примера приведены расчеты стоимости оптимальных рецептов для двух половозрастных групп (табл. 28, 29). Как видим, в современных условиях целесообразно увеличить долю тритикале и подсолнечного шрота в составе кормосмеси и привести содержание минеральных добавок и премиксов в соответствие с этим изменением. Фактором перемен становится укрепление сравнительных ценовых преимуществ тритикале по мере распространения и совершенствования технологий возделывания этой культуры, а также рост выработки подсолнечного масла в Беларуси в 2018 г. до 290,8 тыс. т (на 40% в сравнении с 2017 г.)¹⁹, сопровождающийся формированием сравнительных ценовых преимуществ подсолнечного шрота.

Таблица 28

*Расчет стоимости рецепта кормосмеси № КДП-2-1 П-49
для кормления молодняка кур 0-5 недель*

Компонент	Стоимость 1 кг компонента, тыс. руб. РБ	Фактический рецепт		Расчетный рецепт	
		содержание, кг	стоимость, тыс. руб. РБ	содержание, кг	стоимость, тыс. руб. РБ
Пшеница	2,35	0,416	0,978	0,427	1,004
Кукуруза	1,90	0,200	0,380	0,17	0,323
Тритикале	2,00	0,050	0,100	0,063	0,126
Шрот соевый СП 46%	6,16	0,189	1,164	0,176	1,084
Шрот подсолнечный СП 34%	3,25	0,100	0,325	0,125	0,406
Соль поваренная	1,00	0,002	0,002	0,002	0,002
Трикальцийфосфат	5,40	0,025	0,135	0,021	0,113
Сульфат натрия природный	2,80	0,002	0,006	0,002	0,006
Премикс П1-2, 1,5%	15,00	0,016	0,240	0,014	0,210
Итого	×	1	3,330	1	3,274

Источник: результаты исследований Р.К. Ленковой.

¹⁹ Данные АПК-Информ (2019).

*Расчет стоимости рецепта кормосмеси № КДП–1–14 Р–49
для кормления молодняка кур 17–10 недель*

Компонент	Стоимость 1 кг компонен- та, тыс. руб. РБ	Фактический рецепт		Расчетный рецепт	
		содержа- ние, кг	стоимость, тыс. руб. РБ	содержа- ние, кг	стоимость, тыс. руб. РБ
Пшеница	2,35	0,25	0,588	0,220	0,517
Кукуруза	1,90	0,22	0,418	0,187	0,355
Тритикале	2,00	0,16	0,320	0,200	0,400
Шрот соевый СП 46%	6,16	0,14	0,862	0,130	0,806
Шрот подсолнечный СП 34%	3,25	0,12	0,390	0,150	0,487
Соль поваренная	1,00	0,003	0,003	0,003	0,003
Трикальцийфосфат	5,40	0,02	0,108	0,017	0,091
Известковая мука	0,41	0,07	0,029	0,078	0,032
Сульфат натрия природный	2,80	0,001	0,003	0,001	0,003
Премикс П1–2, 1,5%	15,00	0,016	0,240	0,014	0,210
Итого	×	1	2,961	1	2,904

Источник: результаты исследований Р.К. Ленковой.

Полученные расчеты показывают, что рецепты комбикормов по стоимости дешевле, чем фактические, соответственно на 1,7% и 1,9%.

9. Наилучшее использование ресурсов агрофармацевтического кластера

В статье (Карачевская, 2016) отмечается возрастающий интерес фармацевтической промышленности Беларуси к выпуску препаратов на основе лекарственного растительного сырья. Основными причинами постоянно растущего спроса на лекарственные растительные средства являются широко распространенное среди потребителей мнение об их относительной безопасности; о меньшем количестве побочных эффектов в сравнении с синтетическими препаратами; возможность рационального сочетания лекарственных растений между собой и с синтетическими средствами; ценовая доступность.

В республике зарегистрировано свыше 300 наименований лекарственных растений, однако, несмотря на рост их производства, ситуация на рынке лекарственного растительного сырья (далее ЛРС) характеризуется сильной зависимостью от импорта.

Направления использования ЛРС разнообразны. В фармацевтике проводятся разработки с целью расширения ассортимента препаратов на основе ЛРС. В медицинской практике расширяется использование таких препаратов для лечения

хронических заболеваний, профилактики болезней. В биохимической промышленности ЛРС исследуется с целью поиска новых биологически активных веществ. В связи с этим предметом внимания экономистов становятся вопросы изыскания резервов и путей снижения себестоимости продукции, сокращения материальных, энергетических и трудовых затрат на выпуск фитопрепаратов, повышения эффективности выращивания лекарственных трав и производства препаратов на основе ЛРС (Гончаров, Хило, 2013).

В Беларуси налажено практическое ресурсоведение, которое базируется на теоретических разработках ученых республики и заключается, прежде всего, в рациональной организации заготовок, в частности, в уточнении их правового статуса (определение прав и ответственности землепользователей, сборщиков, заготовительных организаций); в создании научных принципов защиты государственными органами естественных ресурсов – земель с ценными видами растений от распашки, затопления и других вмешательств в биоценозы, нарушающих естественные режимы произрастания; в регулировании общественных отношений в области охраны и рационального использования дикорастущих растений с помощью законодательных актов.

Рассматривая рынок лекарственного растительного сырья как составную часть мирового рынка, необходимо отметить, что он начал формироваться во второй половине XIX в. В XIX–XX вв. в связи с расширением международной торговли в России увеличивается ассортимент импортного ЛРС. Мировая война 1914–1918 гг. остановила импорт, стал ощущаться «лекарственный голод» из-за слабого развития химико-фармацевтической промышленности в стране и нехватки сырья. Лекарственный кризис 1915 г. заставил царское правительство организовать промышленное возделывание лекарственных растений. Бурное развитие лекарственного растениеводства и широкая исследовательская работа по поиску новых видов ЛРС начались после Октябрьской революции. В 1921 г. был издан декрет «О сборе и культуре лекарственных растений» (Гончаров, Хило, 2013), а в мае 1925 г. прошло первое Всесоюзное совещание по лекарственным растениям, положившее начало планомерному изучению ЛРС (Мухин, ред., 2014, с.13). С 1930 г. в Москве начал функционировать Всесоюзный научно-исследовательский химико-фармацевтический институт (ВНИХФИ). В 1931 г. основан Всесоюзный научно-исследовательский химико-фармацевтический институт лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР, в настоящее время – ВИЛР). Он занимается проблемами лекарственного растениеводства, сырьевых ресурсов лекарственных растений и поиском новых источников сырья (Гончаров, Хило, 2013). Как самостоятельная отрасль сельского хозяйства лекарственное растениеводство получило интенсивное

развитие после Великой Отечественной войны. Размещение производства ЛРС в советскую эпоху определялось в основном ареалами естественного произрастания лекарственных растений. Беларусь после распада СССР располагала производством ЛРС в промышленных масштабах: например, в совхозе «Можейково» производились валериана лекарственная, ромашка аптечная, пустырник. Важным каналом поступления ЛРС на предприятия фармацевтической промышленности и в аптечную сеть оставалась закупка ЛРС у граждан, которой занимались заготовительные организации и аптеки.

Исследование развития рынка ЛРС в настоящее время показало, что, как правило, предприятия, работающие в данной отрасли в Республике Беларусь, это единичные производства по выращиванию, переработке и сбыту продукции лекарственного растениеводства. Сегодня выращиванием лекарственных растений в республике занимаются 25 хозяйств, в том числе 11 крестьянско-фермерских, 10 производственных кооперативов и унитарных предприятий, частное унитарное предприятие, сортоиспытательная станция, общество с ограниченной ответственностью и филиал (данные 2018 г.). В 2005–2009 гг. семеноводством ЛРС занималось РО «Белсемена». В 2009 г. в результате его реорганизации производство семенного материала было передано хозяйствам, которые прежде были покупателями его продукции. Оригинальным семеноводством лекарственных растений в настоящее время в основном занимается ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси».

В промышленном масштабе переработку лекарственных трав в Республике Беларусь осуществляют ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов», УП «Диалек», РУП «Белмедпрепараты», РУП «Экзон», РУП «Завод Изотрон», ООО «Экстракт». Большой вклад при производстве готовых лекарственных средств из лекарственного растительного сырья принадлежит также ООО «Падис'С», НПК «Биотест», ООО «Калина», ЗАО «БелАсептика», РУСП «Совхоз «Большое Можейково».

Изучая потребность населения и медицины в лекарствах, произведенных на основе ЛРС, следует отметить, что номенклатура, объемы и качество отечественной фармацевтической продукции не удовлетворяют растущий спрос. Одна из причин создавшейся ситуации – недостаточный уровень развития собственной сырьевой базы. Отметим, что ЛРС используется не только в фармацевтической, но и в пищевой промышленности. Его приобретают организации Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром», предприятия хлебопекарной, рыбоперерабатывающей и мясной отраслей.

Рассматривая в целом рынок ЛРС Беларуси, необходимо отметить его динамичное развитие вплоть до 1997 г. Затем в результате финансового кризиса его объем сократился до уровня 1996 г., однако начиная с 2000 г. прослеживается положительная тенденция. Начавшийся в 2009 г. кризис, сопровождавшийся ослаблением курса национальной валюты и снижением темпов роста производства, оказал отрицательное влияние на развитие этого рынка. Экономика Республики Беларусь испытала сильнейший спад, сравнимый лишь со спадом, который наблюдался в 1990-е гг. С 2009 г. по настоящее время имеет место рост рынка лекарственного растительного сырья в денежном выражении, в основном вследствие инфляции.

Основными субъектами хозяйствования на рынке лекарственного растительного сырья являются:

- ♦ заготовители – предприятия потребительской кооперации, население, занимающееся сбором лекарственных трав;
- ♦ субъекты аграрной сферы – сельскохозяйственные кооперативы и унитарные предприятия, фермерские хозяйства акционерные общества, общества с ограниченной ответственности, которые занимаются выращиванием культивируемого лекарственного растительного сырья;
- ♦ предприятия по первичной и глубокой переработке лекарственного сырья;
- ♦ предприятия, занимающиеся продажей лекарственного растительного сырья и продукцией его переработки – оптовый сектор (*Карачевская, 2016*).

Названные субъекты хозяйствования относятся к разным ведомствам, что значительно усложняет анализ рынка лекарственного растительного сырья в целом.

Объемы заготовки дикорастущего сырья в Республике Беларусь незначительны: от 1 до 2% общего объема биологического запаса экономически полезных растений, составляющего более 1 млн тонн. Одной из причин низкого уровня уборки урожая является отсутствие укупающих организаций полных данных о географическом распределении и запасах экономически полезных растений (*Снопков, 2018*).

В рамках государственного кадастра зарегистрирован 81 вид лекарственных растений, произрастающих в республике. Максимальное количество видов лекарственных растений отмечено в Брестской области, минимальное в Витебской и Гомельской областях. На основании заключения Государственной фармакопеи Республики Беларусь разрешено заготавливать 73 вида дикорастущих лекарственных растений (*ОИП Президента РБ, 2018*). Данные об объемах заготовки некоторых из них приведены в табл. 30.

*Объемы заготовки и производства лекарственного растительного сырья
в разрезе областей Республики Беларусь, т*

Ассортимент ЛРС	2016 год			
	Брестская	Витебская	Гродненская	Минская
Брусника (листья)	—	1,1	—	—
Девясил	0,6	—	—	0,01
Душица	0,2	2,2	1	1,28
Зверобой	—	0,7	—	0,1
Зубровик	0,2	—	—	—
Иссоп	—	—	1	0,09
Календула	0,1	1,2	11	0,15
Кора дуба	—	3,1	0,04	—
Корень валерианы	—	—	143	1,5
Котовник	0,32	—	0,31	0,09
Крапива (листья)	—	1,6	—	—
Мать-и-мачеха	—	0,5	0,02	—
Мята	0,2	0,3	1	1,05
Пижма (цветки)	—	0,9	0,01	—
Подорожник (листья)	—	1,1	0,03	—
Пустырник	0,1	1,8	52	1,05
Расторопша	0,3	7,5	1	7,7
Ромашка аптечная	—	1,1	132	—
Тысячелистник	—	1,9	—	—
Чистотел	—	1,2	—	—
Шалфей	0,1	0,2	—	0,05
Эхинацея	—	—	—	2,37
Всего	2,88	46	343,31	24,08

Источник: составлена по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Анализ ассортимента культивируемого лекарственного растительного сырья свидетельствует о его узости. По имеющимся у нас данным, отечественные производители выращивают на специализированных участках 26 видов лекарственных культур (площади посева наиболее распространенных представлены в табл. 31), но в промышленное производство поставляется не более 20. При этом по данным многолетних исследований ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», почвенно-климатические условия республики позволяют культивировать в открытом грунте около 100 видов лекарственных растений мировой флоры.

В 2010–2016 гг. фармацевтическими организациями для производства лекарственных средств приобретено 1491,9 т лекарственного растительного сырья на сумму 6,799 млн долл. США, в том числе закупки по импорту составили 51,4%. Было выпущено 102,5 млн упаковок лекарств на сумму 6,91 млн руб. РБ. На экспорт было поставлено 57,4 млн упаковок (56,3 % объема выпуска) на сумму 3,66 млн руб. РБ. Видовое разнообразие выпускаемых концерном «Белбиофарм» лекарственных средств на основе ЛРС достигает 56 наименований.

Таблица 31

*Площади посева основных лекарственных растений,
выращиваемых в Республике Беларусь, га*

Лекарственное растительное сырье	Год							2016 к 2010 г., %
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Валериана	277	288	325	315	48	121,3	78,2	28,2
Душица	5,4	6,5	8,3	9,4	7,3	9,4	10,1	186,3
Женьшень	1,5	2	3	4	—	—	—	—
Зверобой	5,5	9	11	12	0,6	5,6	4,9	89,1
Календула	15	17	19	20	41,1	39,0	44,5	296,7
Мелисса	1,5	1,5	2	3	0,6	1,6	1,6	106,7
Мята	8	9,5	12	13	2,9	7,1	6,4	80,0
Пустырник	28	29	32	34	49,7	49,1	53,9	192,5
Ромашка	241	246	251	217	300,1	277,8	286,7	119,0
Шалфей лекар- ственный	1	2	3	4	10,2	10,2	12,2	1220,0
Эхинацея	5	8	15	16	1,5	9,4	9,5	190,0
Прочие	42,8	107,5	213,7	156	393	62,8	122,5	286,3
Итого	632	728	899	803,4	903	635,1	674,5	106,7

Источник: составлена по данным статистического исследования Е.В. Карачевской, проведенного в организациях Республики Беларусь, выращивающих ЛРС.

В табл. 32 представлены данные об объемах поставок лекарственных препаратов двумя предприятиями фармацевтической промышленности Беларуси. Для обеспечения фармацевтического рынка лекарственным сырьем следует решить основную проблему участников рынка, то есть согласование интересов. В данной ситуации одним из вариантов развития отрасли является создание агрофармацевтического кластера.

Реализация проектов на рынке лекарственного растительного сырья позволит повысить вклад отечественной фармацевтической продукции в ВВП Республики Беларусь. Согласно проведенным расчетам, сочетание государственных и частных инвестиций с сокращением сроков реализации проектов даст возможность получить, во-первых, наибольший мультипликативный эффект, во-вторых, увеличить долю добавленной стоимости производства лекарственного растительного сырья. Это внесет вклад в структурные изменения экономики Республики Беларусь, необходимые для повышения ее международной конкурентоспособности. Конкурентные преимущества страны в сферах налогообложения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, информационных технологий вкупе с повышением эффективности государственных расходов, направляемых на развитие изучаемого рынка, могут стать фактором устойчивого экономического роста агрофармацевтического сектора в долгосрочном периоде.

Таблица 32

*Объемы продаж препаратов на основе лекарственного растительного сырья,
тыс. уп.*

Лекарственные средства	Поставлено				2016 г. в % к 2015 г. по внутренне- му рынку	2016 г. в % к 2015 г. по экспорту
	2015 г.		2016 г.			
	на внут- ренний рынок	на экспорт	на внут- ренний рынок	на экспорт		
РУП «Белмедпрепараты»						
Аллохол, таблетки, покрытые оболочкой, № 10	2127,5	3299,7	2041,3	6151	95,9	186,4
Валериана, таблетки, покрытые оболочкой, № 10	4042,6	371,5	7078,36	264	175,1	71,1
Тримунал, таблетки, № 20	110,9	–	126	–	113,6	–
Фитонсол, таблетки, № 20	45,5	–	23,2	–	51,0	–
Эхингин, таблетки, № 20	86,2	–	57,8	–	67,1	–
Трикардин, капсулы, № 20	84,7	–	165,5	–	195,4	–
ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов»						
Экстракта валерианы, таблетки, 0,02 г, № 50	2035	34643,5	2479,1	30 771,2	121,8	88,8
Эстифан, таблетки, 0,2 г, № 30	38,97	5,5	59,7	–	153,2	–
Адонис бром, таблетки, № 25	66,5	582,5	71,4	550,3	107,4	94,5
Мазь «Календула», 25 г	334,5	68,2	308,5	78,1	92,2	114,5
Настойка боярышника, 100 мл	2261,9	32	2274,9	–	100,6	–
Настойка валерианы, 30 мл	2817,1	1090,3	2805,4	1206,8	99,6	110,7
Настойка пусырника, 25 мл	1690	212,8	631,1	260	37,3	122,2
Настойка женьшеня, 30 мл	63,5	1,61	121,4	6,4	191,2	397,5

Источник: составлена по данным статистического исследования Е.В. Карачевской.

Привлечение частного капитала к финансированию инвестиций будет способствовать ускорению реализации проектов и получению мультипликативного эффекта. Следовательно, развитие инноваций в рамках рынка лекарственного растительного сырья будет способствовать росту инновационной активности в экономике Республики Беларусь.

Кластерный подход стал признанной стратегией повышения конкурентоспособности. Его растущая популярность связана с объективными успехами, которых достигали на мировом рынке группы соседствующих компаний, работающих в одной сфере.

Ключевую роль в кластере играет поток технологий и информации между людьми, предприятиями и учреждениями. Технологическое развитие является результатом взаимосвязи между участниками системы – предприятиями, университетами и академическими учреждениями. Существует несколько типов таких потоков: взаимодействие предприятий, в первую очередь совместная исследовательская деятельность и другое техническое сотрудничество; распространение технологий;

мобильность рабочей силы, характеризующая поток «новых знаний» (Гусаков, 2011).

Кластер на рынке лекарственного сырья растительного происхождения должен представлять собой комплекс открытого типа, сочетающий в себе цели взаимовыгодного сотрудничества между компаниями, занимающимися выращиванием сырья, осуществляющими первичную и углубленную переработку лекарственного сырья, предприятиями оптовой и розничной торговли, кредитными и финансовыми организациями, научно-исследовательскими институтами, государственными органами, обслуживающими предприятиями.

На начальном этапе создания кластера необходима активная кластерная политика органов государственной власти, которая позволит развить взаимовыгодное сотрудничество между властью, производством, учебными заведениями, научными организациями и общественностью. Государство способно стать генератором агрофармацевтического кластера, осуществляющим регулирование и координацию формирования недостающих звеньев как в сфере финансирования науки и инноваций, так и в сфере законодательства.

Одним из важнейших направлений деятельности органов власти области по стимулированию развития агропромышленного кластера должно стать вовлечение в его структуру финансовых и образовательных учреждений, предоставление гарантий по снижению их рисков, что поможет стимулировать инвестиции.

Политическая и экономическая нестабильность, несовершенство и неопределенность налогового законодательства, недостаточные, по мнению инвесторов, гарантии возврата инвестиций и недостаточность получения выгоды различного уровня препятствуют более широкому привлечению иностранных и внутренних инвестиций. Для инвестора политическая ситуация имеет особое значение как фактор, определяющий стабильность. Подробное информирование инвестора о специфике национальной политики и о ее основаниях необходимо, даже если оно может оцениваться инвестором как неблагоприятное. Отсутствие у инвесторов надежной информации, позволяющей выработать стратегию инвестиций, балансирующую актуальные риски и адаптированную к национальным институциям, оказывается серьезным препятствием на пути инвестиций. Большая часть проблем, связанных с осуществлением инвестиционной деятельности, должна решаться на региональном уровне с использованием предпосылок, созданных республиканскими властями. Это относится к инструментам, принадлежащим областным и районным органам власти: налоговому законодательству на областном и республиканском уровнях, которое позволяет устанавливать льготы по подоходному налогу, зачисляемому в областной бюджет, налогу на имущество и земельному налогу. Кроме того, мест-

ное законодательство может устанавливать гарантии для инвесторов, принимать наиболее благоприятный для них режим, предоставлять ряд других преимуществ (Снопков, 2018).

Работа государства на подготовительном этапе должна состоять в активной агитации потенциальных участников будущего агрофармацевтического кластера путем создания пробных проектов для повышения уровня взаимного доверия между потенциальными участниками. С момента установления доверия начинается постепенный переход к более рискованным проектам. На данном этапе представитель местной администрации проводит публичные масштабные встречи всех заинтересованных лиц, на которых представляются преимущества создания агрофармацевтического кластера. По итогам данных акций предприниматели могут изъявить желание объединиться вокруг этой идеи, осознавая ее актуальность.

Существует опасность формирования ложного кластера в случае чрезмерной поддержки со стороны органов государственной власти, создания для него неоправданных преференций. Это ведет к нерациональному распределению ресурсов, росту производственных и институциональных издержек и, как следствие, снижению конкурентоспособности на национальном уровне.

Для анализа эффективности функционирования агрофармацевтического кластера используем в качестве критерия оптимальности суммарную чистую прибыль всех входящих в его состав предприятий. При объединении участников кластера возникает синергетический эффект, который также требует учета. Поэтому предлагается принимать результативность совместной деятельности как целое, определяемое отношением суммы индивидуальных эффектов всех партнеров, скорректированных с учетом возникающих синергетических эффектов, к затратам, обусловившим их получение. Если каждый из участников не будет уверен в собственной выгоде и справедливости распределения общего синергетического эффекта, образование кластера не состоится, а если и произойдет, то сотрудничество будет недолгим из-за неудовлетворенности участников, приводящей к общей неустойчивости. Отсюда вытекает необходимость разработки методики справедливого разделения прибыли (Ленькова, Карачевская, 2013). Для достижения указанной цели обратимся к имитационному моделированию, используя линейную математическую модель оптимального планирования в качестве имитационного стенда.

Разработанная экономико-математическая модель формализует критерии эффективности, допущения и ограничения хозяйственной деятельности агропромышленного кластера, создаваемого с целью развития отрасли лекарственного растениеводства и повышения ее международной конкурентоспособности. Указанная цель достигается не только путем решения вопросов координации деятельности

участников агропромышленного кластера, чему содействует предложенная математическая модель, но и путем развития научной поддержки, создания институциональных условий для развития национальной экономики, повышения эффективности работы фармацевтических предприятий, сельскохозяйственных и закупочных организаций, на что указывается в статье *М.В. Винокуровой* (2006).

В предлагаемой модели планируемый интервал деятельности предприятий представляется как дискретный $[t_0; t_0 + M - 1] \cap \mathbb{Z}$, где $\mathbb{Z}$ – множество целых чисел. Этот интервал состоит из M шагов (например, по годам). Пусть t – параметр, характеризующий номер каждого шага. Положим, что $t_0 = 1$ и, следовательно, в последнем году на указанном интервале имеет место $t = M$. На каждом шаге модельного времени решается оптимизационная математическая модель, математическая формулировка которой представлена в приложении 8. Модель объединяет предприятия, занимающиеся выращиванием лекарственного растительного сырья, и предприятия по его переработке. При этом данные о наличии земельных площадей для следующего года рассчитываются с учетом вовлечения земель на предшествующем шаге компьютерной имитации.

В модели проводятся расчеты оптимального объема производства лекарственного растительного сырья и оптимального его распределения по направлениям переработки. Вычисляются производственно-экономические показатели предприятий по переработке ЛРС и реализации готовой продукции. Для оптимального производства необходимо добиться максимального маржинального дохода. При этом учитываются связи между предприятиями, занимающимися культивированием ЛРС и его переработкой. Характеризуется сбытовая деятельность предприятий, занимающихся реализацией готовой продукции. На основе полученных решений числовой модели для каждого шага определяются суммарные гарантированные доходы каждого из предприятий кластера за планируемый период. Конечные результаты по оценке максимальных гарантированных доходов получают только по окончании всех расчетов, так как параметры всех уровней кластера являются взаимосвязанными и взаимозависимыми.

Если полученные результаты по каким-либо причинам не устраивают участников кластера, то возможно изменение значений параметров модели и проведение новых циклов вычислений.

Модель позволяет повысить эффективность распределения инвестиций между участниками кластера, что выражается в получении синергетического эффекта. Разработанные методы распределения ресурсов агрофармацевтического кластера позволяют увеличить объем прибыли в результате деятельности его участников.

В результате проведения предварительных расчетов, составления экономико-математической модели и ее дальнейшей апробации на конкретных предприятиях участниках рынка лекарственного растительного сырья получены прогнозные значения прибыли от реализации некоторых участников агрофармацевтического кластера (табл. 33). При проведении имитационного эксперимента значения переменных $\alpha_{ii'n}$, $\alpha_{i'k}$ и α_{ink} , выражающих целесообразность или нецелесообразность использования соответствующего способа переработки продукции или канала реализации, приняты равными единице, чтобы можно было на каждом шаге эксперимента решать экономико-математическую модель при помощи программного обеспечения, поддерживающего симплексный метод. В общем виде ее решение требует использования метода ветвей и границ.

Таблица 33

Показатели прибыли от реализации готовой продукции на основе лекарственного растительного сырья за шесть лет реализации проекта, тыс. руб. РБ (фрагмент)

Предприятие	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ЗАО «БелАсептика»	10,79	12,50	13,57	14,70	19,68	22,47
КСУП «Минская овощная фабрика»	-19,6	-10,4	5,4	6,3	13,7	15,9
ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов»	129,0	130,0	152,0	164,0	201,0	212,0

Источник: составлена на основе расчетов Е.В. Карачевской.

Согласно проведенным расчетам, рост объемов производства продукции исследуемых предприятий сопровождается повышением эффективности их деятельности. Расчет синергетического эффекта, полученного в результате создания агрофармацевтического кластера, приведен в табл. 34.

Таблица 34

Расчет синергетического эффекта в результате образования агрофармацевтического кластера, тыс. руб. РБ

Показатели чистой прибыли на 6 лет вперед (проект)	Годы					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Чистая прибыль	114,1	129	171,4	189	238	255,9
Синергетический эффект от совместной деятельности	38,37	47,14	10,6	0,8	15,34	26,14
Общий эффект	152,5	176,1	182	189,8	253,3	282,0

Источник: составлена на основе расчетов Е.В. Карачевской.

Промышленные, научные предприятия, а также торговые сети – участники агропромышленного кластера образуют единую цепочку создания прибыли. Каждый из них, обладая разным уровнем компетенции, выполняет функции, возложен-

ные на него в рамках общей производственной цепочки. В рамках объединенной цепи происходит приращение экономических показателей, в результате чего возникают дополнительные выгоды как следствие ряда факторов: эффекта масштаба; выхода на новые рынки; усиления рыночной власти; объединения усилий для параллельного продвижения продуктов; преимуществ при работе с поставщиками и кредиторами за счет увеличения объема спроса на ресурсы; повышения эффективности бизнеса за счет заимствования бизнес-технологий более эффективного предприятия; перераспределения производства с целью оптимизации загрузки мощностей; улучшение позиций в борьбе за крупные контракты (Винокурова, 2006).

В условиях рынка, когда спрос и конкуренция оказывают преимущественное влияние на принятие решений по ценам и, следовательно, на организацию того или иного производства, необходимо усилить перерабатывающую промышленность и укрепить ее сырьевую базу. Поэтому развитие интеграционных процессов на рынке ЛРС создаст условия для технического, технологического, организационно-управленческого и экономического единства всех участников и последующего повышения эффективности производства. Однако результативная деятельность интегрированных формирований требует научного обоснования таких значений параметров разработанной экономико-математической модели, которые обеспечивают экономически выгодное сотрудничество участников этих объединений и, как следствие, расширяют диапазон условий, в которых их создание и функционирование экономически целесообразно. В настоящее время данная проблема не решается должным образом. Требуется разработка методики, определяющей основу и базу для работы интегрированного объединения и увязывающей всех участников интеграционного процесса в единое целое, гибко реагирующее на происходящие изменения в рыночных условиях. Подобные методики дадут возможность проводить количественный анализ взаимодействия участников интеграционных формирований с большей надежностью и достоверностью, указать аргументированные критерии их взаимовыгодного партнерства.

10. Стохастические ЭР-модели на уровне сельскохозяйственной организации: теоретические основы и опыт применения

Преимущества ЭР-моделей в приложении к производственному планированию на уровне сельхозорганизации

Стохастические ЭР-модели – это числовые экономико-математические модели оптимального планирования, в которой информация о случайных параметрах

представлена в форме многомерного эмпирического распределения вероятностей. Идея этого метода впервые представлена в статье *Н.М. Светлова* (2005), а первый практический опыт его применения получил отражение в монографии *Н.М. Светлова, В.Н. Сахаровой и Н.А. Кубышиной* (2013). В той же монографии введен сам термин «ЭР-модель».

К данному классу моделей относится рассмотренная выше (глава 4) числовая модель территориально–отраслевой структуры сельского хозяйства страны (в приложении к России). Однако область применения ЭР-моделей не ограничивается моделями национального уровня. Более того, изначально они были разработаны и предложены в расчете на приложения, относящиеся к уровню отдельного сельхозтоваропроизводителя или их интеграционного объединения. В данной главе мы имеем возможность более подробно раскрыть преимущества ЭР-моделей перед другими приемами стохастического программирования, описать в общем виде один из вариантов ЭР-модели производственной структуры сельскохозяйственного предприятия и поделиться опытом применения данного подхода.

Упрощая, можно сказать, что главной особенностью ЭР-модели (в аграрных приложениях) является то, что она строится на основе фактических данных ряда предшествующих лет, а условия каждого года предыстории рассматриваются как один из возможных исходов случайных условий. Таким образом, в модель, как правило, вводится столько исходов случайных условий, сколько имеется наблюдений (лет) в рядах динамики показателей, используемых для расчета параметров модели.

На основе статьи общий вид стохастической двухэтапной модели планирования деятельности сельскохозяйственного предприятия или его подсистемы (без учета переходящих запасов) может быть представлен следующим образом:

$$z = \max_{x,y,z} (f(x,y,z) \mid Ax \leq b, y \leq Bx, z \leq Cy),$$

где x – вектор интенсивностей технологических процессов, которые не могут быть изменены при поступлении информации о фактическом исходе случайных условий (априорное управленческое решение); y – стохастический вектор выпусков промежуточной продукции; z – стохастический вектор переменных состояния, зависящих от случайных условий (совокупность апостериорных решений); A – детерминированная матрица затрат; B – стохастическая матрица чистых выпусков промежуточной продукции; C – линейный оператор, отображающий y на z в соответствии с имеющимися технологическими возможностями; b – детерминированный вектор ресурсов; f – некоторая скалярная функция предпочтения.

Технологии, описываемые парой матриц **A** и **B**, обычно относятся к отраслям растениеводства, в то время как представленные матрицей **C** – к отраслям животноводства и переработки.

При большем числе этапов принятия решения в модель включается более одного стохастического вектора **y** и более одной стохастической матрицы **B** – по числу этапов принятия решения, исключая завершающий. Например, при трех этапах принятия решения решается задача

$$z = \max_{\mathbf{x}, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{z}} (f(\mathbf{x}, \mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{z}) | \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}, \mathbf{y}_1 \leq \mathbf{B}_1 \mathbf{x}, \mathbf{y}_2 \leq \mathbf{B}_2 \mathbf{y}_1, \mathbf{z} \leq \mathbf{Cy}_2).$$

Каждый стохастический вектор **y** интерпретируется как промежуточная продукция соответствующего этапа технологического процесса: например, **y**₁ – продукция процесса заготовки кормов, **y**₂ – продукция процесса их хранения.

В.А. Кардаш (1977) предложил следующую спецификацию стохастической двухэтапной модели, которая в дальнейшем получила научное признание и нашла применение в последующих прикладных исследованиях:

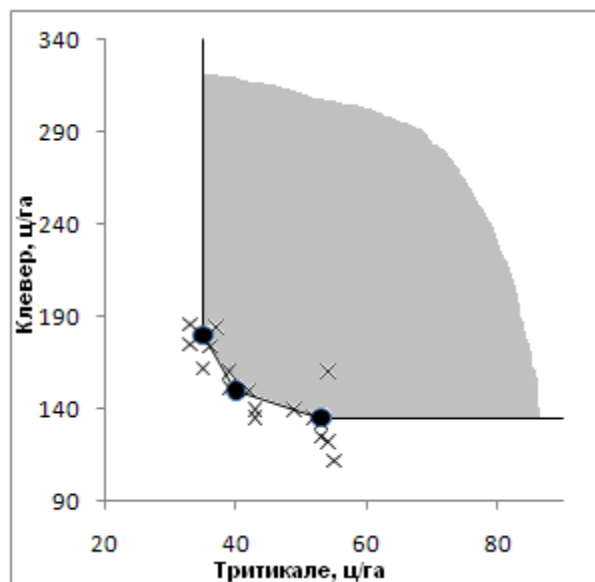
$$z = \max_{\mathbf{x}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z}} \left(\sum_{i=1}^n p_i f(\mathbf{x}, \mathbf{z}_i) | \mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}, \mathbf{y}_i \leq \mathbf{B}_i \mathbf{x}, \mathbf{z}_i \leq \mathbf{Cy}_i \right),$$

где p_i – несмещенная оценка вероятности исхода случайных условий i (*Светлов*, 1995а); **B**_{*i*} – детерминированная матрица чистых выпусков промежуточной продукции при исходе случайных условий i ; **y**_{*i*} – детерминированный вектор выпуска промежуточной продукции при исходе i ; **z**_{*i*} – детерминированный выпуск конечной продукции при исходе i ; **Y** = (**y**_{*i*}) и **Z** = (**z**_{*i*}) – матрицы, составленные из всех векторов **y**_{*i*} и **z**_{*i*}, соответственно; остальные обозначения прежние.

Широко известный недостаток этой спецификации – трудности с определением матриц **B**_{*i*}. Компоненты матриц **B**_{*i*} представляют собой выборочные оценки математических ожиданий технико-экономических коэффициентов. Для их определения требуются длительные однородные временные ряды, которые на практике обычно недоступны из-за периодически происходящих существенных изменений в технологии и организации сельскохозяйственного производства. Эти сложности стали причиной появления многочисленных научных работ, направленных на приспособление имеющейся информационной базы к построению стохастических двухэтапных моделей в такой форме в каждом частном случае их применения.

Второй недостаток, который в течение длительного времени не привлекал к себе внимания на фоне еще больших недостатков детерминистических моделей оптимального планирования в приложении к сельскому хозяйству, это неполное со-

ответствие пространства валидности данной спецификации наблюдениям, использованным для расчета матриц $\mathbf{B}_i$. Под пространством валидности понимается область пространства параметров моделируемой системы, в которой гарантируется выполнимость оптимального плана.



Источник: (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013).

Рис. 8. Пространство валидности стохастической многоэтапной модели, построенной по методу (Кардаш, 1977)

На рис. 8 выделено заливкой пространство валидности для данной спецификации в предположении, что модель составлена в предположении трех исходов случайных условий (то есть в вышеприведенной формуле $i \in \{1;2;3\}$). Здесь рассмотрена упрощенная ситуация, когда случайными параметрами являются урожайности двух культур – например, клевера и тритикале. Крестообразные маркеры соответствуют эмпирическим данным об урожайности, жирные точки – ее средним значениям при каждом из трех исходов. На рисунке хорошо видно, что многие эмпирические (то есть фактически наблюдавшиеся) сочетания урожайности двух культур оказываются за пределами пространства валидности. При таких сочетаниях урожайностей априорное решение, полученное при помощи рассматриваемой спецификации, приведет к невыполнению некоторых ограничений модели.

Заметим, что на рис. 8 подразумевается отрицательная корреляция между урожайностями двух культур. Если бы она была положительной, то доля наблюдений, оказавшихся за пределами пространства валидности, была бы намного меньше, чем в случае, отображенном на рисунке, но такие наблюдения все равно нашлись бы.

В целях преодоления указанных недостатков введем альтернативную спецификацию стохастической двухэтапной модели. Пусть имеются статистические данные за n лет, на основе которых можно рассчитать матрицы чистых выпусков $\mathbf{B}_t$, соответствующие технологическим возможностям, случайно реализовавшимся в год t , где $t = 1 \dots n$. Тогда стохастическую двухэтапную экономико-математическую модель можно сформулировать следующим образом:

$$z = \max_{\mathbf{x}, \mathbf{Y}, \mathbf{Z}} \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n f(\mathbf{x}, \mathbf{z}_t) \mid \mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{y}_t \leq \mathbf{B}_t \mathbf{x}, \mathbf{z}_t \leq \mathbf{C}\mathbf{y}_t \right),$$

где $\mathbf{y}_t$ и $\mathbf{z}_t$ – оптимальные векторы выпусков промежуточной и конечной продукции для условий, отраженных данными года t ; $\mathbf{Y} = (\mathbf{y}_t)$; $\mathbf{Z} = (\mathbf{z}_t)$.

Далее эту спецификацию, равно как и спецификации, отличающиеся от нее только числом этапов принятия решения, будем называть стохастической ЭР-моделью.

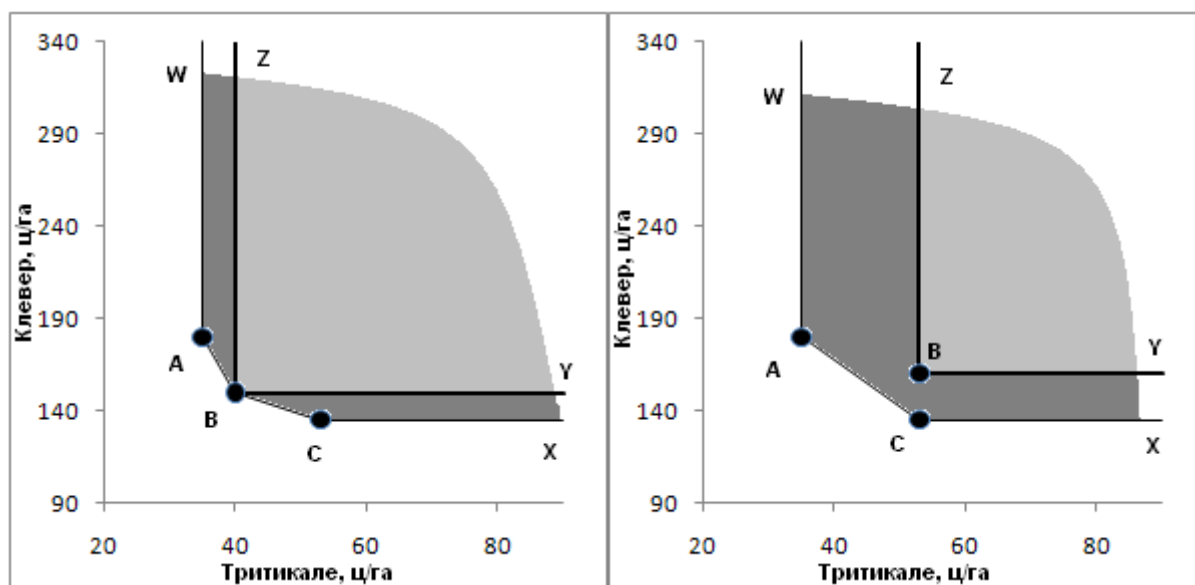
Сформулированная задача отличается от спецификации, предложенной В.А. Кардашем, тем свойством, что для любого фактически наблюдавшегося исхода реализации случайных условий ее априорное решение останется допустимым. Рис. 9 иллюстрирует пространство валидности данной спецификации при $t = 3$. Буквами A , B и C обозначены точки, соответствующие фактическим наблюдениям. Две диаграммы на рисунке различаются лишь взаимным расположением имеющих наблюдений в пространстве параметров модели, определяя различные формы пространства валидности. На левом рисунке пространством валидности будет открытое множество, ограниченное линией $WABXCX$, на правом – ограниченное линией $WACX$. Все фактические наблюдения оказываются либо на границе, либо внутри этой области. Для сравнения на каждом рисунке выделена область валидности детерминистической модели, построенной по данным единственного исхода B . Она всегда целиком содержится в пространстве валидности ЭР-модели.

За пределами пространства валидности ЭР-модели могут оказаться лишь те исходы случайных условий, которые «хуже» для моделируемого объекта²⁰, чем любые из представленных матрицами $\mathbf{B}_t$ – то есть такие, которые пока еще не наблюдались на моделируемом объекте. Чем больше наблюдений использовано для построения модели, тем менее вероятно возникновение такой ситуации.

Значение целевой функции ЭР-модели является точечной оценкой математического ожидания функции предпочтения, если статистические данные, исполь-

²⁰ Например, характеризуются меньшими урожайностями некоторых или всех культур, чем ранее наблюдавшиеся исходы.

зованные для расчета матриц $\mathbf{B}_t$, являются представительной выборкой из генеральной совокупности случайных технологических параметров моделируемого объекта.



Источник: (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013).

Рис. 9. Пространство валидности стохастической многоэтапной ЭР-модели

Рассмотренная выше спецификация ЭР-модели предполагает, что число исходов случайных условий в ней равно длительности (в годах, если речь идет об аграрных приложениях) периода предыстории, используемого в качестве базового. Но в двух специальных случаях число исходов случайных условий в ЭР-модели больше, чем число лет ряда динамики исходных данных. Во-первых, если в целях повышения защищенности плана от рисков, связанных с неблагоприятными исходами случайных условий, в модель, наряду с исходами, основанными на фактических наблюдениях, вводятся исходы, которые в границах выбранного горизонта времени фактически не наблюдались, но признаны экспертами возможными. Так следует поступать, если устойчивость к неблагоприятным исходам, не зафиксированным имеющейся релевантной статистикой, но все же возможным, является необходимым требованием к плану финансово-хозяйственной деятельности (бизнес-плану), составляемому при помощи модели. Во-вторых, в тех случаях, когда данные одних и тех же лет используются в качестве источника информации о классах случайных условий, влияющих на разные производственные или хозяйственные процессы. В этом случае, имея данные за n лет о случайных условиях, группируемых в k классов, и предполагая независимые друг от друга распределения вероятностей случайных параметров в каждом классе, получаем n^k исходов случайных условий, которые требуется отразить в стохастической ЭР-модели.

ЭР-модели содержат больше переменных и ограничений в сравнении со стохастическими двухэтапными моделями традиционной формы, построенными с использованием того же самого временного ряда. Но при этом трудоемкость их составления и решения оказывается меньшей, поскольку формирование числовой ЭР-модели намного легче автоматизируется. Кроме прочего, это сокращает трудозатраты на поиск и устранение ошибок, обусловленных человеческим фактором.

Возможности расширенного контроля рисков при помощи ЭР-моделей

Выше уже отмечалось, что оптимальный план ЭР-моделей может оказаться невыполнимым в случае, если в будущем наступит такой исход случайных условий, который «хуже» любого из наблюдавшихся в течение базового периода предыстории, данные по которому использованы для построения модели. Вероятность подобного положения дел тем меньше, чем больше наблюдений использовано для построения ЭР-модели; однако накопленный опыт моделирования свидетельствует о том, что ЭР-модели находят применение, как правило, именно в тех случаях, когда используемый для их разработки базовый период предыстории не продолжителен (в пределах пяти лет). В таких случаях вероятностью того, что будущие исходы случайных условий окажется невозможно согласовать с принятым априорным решением, не следует пренебрегать, хотя эта вероятность, конечно, ниже, чем при использовании спецификации В.А. Кардаша.

Рассмотрим в связи с этим два приема, позволяющих снизить вероятность принятия невыполнимого априорного решения при помощи ЭР-модели. Суть обоих приемов заключается в том, что параметры моделей – все или некоторые – отклоняются от имеющихся эмпирических данных базового периода по определенным правилам.

Теоретические основания для применения приема *моделирования наихудшего исхода* в стохастических двухэтапных моделях и правила расчета соответствующих значений параметров модели изложены в статье *Н.М. Светлова* (1999). Суть приема заключается в том, что в модель вводится, наряду с наблюдавшимися, фактически не наблюдавшийся исход, «собранный» из самых неблагоприятных значений всех параметров, фактически наблюдавшихся в течение периода предыстории. В целях получения плана, еще более защищенного от рисков, параметры такого искусственного исхода могут быть разделены (если риски возрастают с уменьшением параметра) или умножены (в противном случае) на коэффициент, превосходящий единицу, выражающий степень неприятия риска аналитиком, поль-

зующимся ЭР-моделью. В вышеуказанной статье данный подход предлагался для использования совместно со спецификацией В.А. Кардаша, но он с равным успехом применим к ЭР-модели.

Недостаток этого приема заключается в том, что при отрицательной корреляции случайных параметров (например, урожайностей двух культур) наихудший исход оказывается крайне маловероятным, а степень пессимизма, закладываемая в модель, – чрезмерной. Планирование с помощью такой модели приведет к формированию слишком больших запасов, снижению оборачиваемости оборотных средств и, как следствие, к утрате конкурентоспособности. Еще один недостаток – то, что при его применении математическое ожидание случайных параметров модели смещается в сторону неблагоприятных значений, то есть утрачивается соответствие модели объекту в данном отношении. Для одних аналитических задач это обстоятельство может не иметь существенного значения, но для других им нельзя пренебрегать. Например, оценка чистого денежного потока организации при помощи такой модели оказывается смещена в сторону меньших значений, формируя искаженное представление о привлекательности инвестиций в ее бизнес.

От обоих недостатков свободен метод *масштабирования разброса*, впервые предложенный в монографии (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013) под неудачным названием «метод пессимистической оболочки данных». Он сводится к корректировке эмпирических значений случайных параметров (например, значений урожайности некоторой культуры), относящихся ко всем исходам случайных условий, отражаемых ЭР-моделью. Корректировка сохраняет неизменными математические значения случайных параметров модели, но увеличивает их дисперсию по сравнению с имеющейся эмпирической базой. Метод может применяться в том случае, если случайные параметры модели, варьирующие от исхода к исходу, принимают только положительные значения.

В соответствии с данным методом значения случайных параметров, относящиеся к каждому исходу, корректируются по одной из двух нижеследующих формул.

Если параметр таков, что риски возрастают со снижением его значения (например, так обстоит дело с урожайностью культур), то применяется формула

$$\tilde{a}_i = (a_i - \bar{a}) \cdot \frac{\frac{a_{\min} - \bar{a}}{a_{\min} - \bar{a}} - k}{\frac{a_{\min} - \bar{a}}{a_{\min} - \bar{a}}} + \bar{a},$$

где $\tilde{a}$ – откорректированное значение параметра, образующее пессимистическую оболочку данных; $\bar{a}$ – выборочная арифметическая средняя параметра; a_i – значе-

ние параметра, фактически наблюдавшееся в момент t ; $a_{\min}$ – наименьшее значение параметра из числа фактически наблюдавшихся; $k > 1$ – субъективно выбранный коэффициент, отражающий степень неприятия риска.

Если же риски возрастают с ростом значения параметра (например, так происходит с расходом кормов на 1 голову скота), то применяется формула

$$\tilde{a}_t = (a_t - \bar{a}) \cdot \frac{k \cdot a_{\max} - \bar{a}}{a_{\max} - \bar{a}} + \bar{a}.$$

В монографии (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013) приведена только первая из этих двух формул.

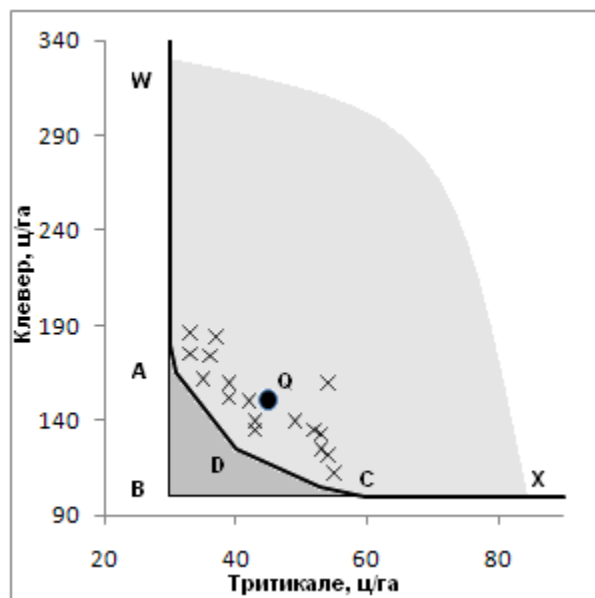
На рис. 10 приводится сравнение пространств валидности ЭР-модели при использовании метода наихудшего исхода (область WBX) и метода масштабирования разброса (область $WADCX$) при одинаковом значении коэффициента неприятия риска. Крестообразные маркеры отображают данные наблюдений, точка Q соответствует средней урожайности всех наблюдавшихся исходов. В обоих случаях все наблюдения принадлежат внутренности пространства валидности. Однако включение в пространство валидности многоугольника $ABCD$ ничем не мотивировано. При следовании методу наихудшего исхода это приводит к резервированию явно избыточных средств для предупреждения рисков.

Как правило, ко всем случайным параметрам одной и той же модели целесообразно применять одно и то же значение коэффициента неприятия риска.

Пример на рис. 10 соответствует ситуации, когда корреляция между случайными параметрами модели отрицательна, как это в действительности случается в Нечерноземье со значениями урожайности зерновых, с одной стороны, многолетних трав или корнеплодов, с другой. При достаточно сильной положительной корреляции между случайными параметрами (в нашем примере – значениями урожайности) существенных различий между обоими рассматриваемыми способами не возникает.

При разработке ЭР-модели может возникнуть иллюзия, что ее требования к репрезентативности статистической совокупности используемых наблюдений ниже, чем при традиционных приемах. На деле это не так. Требования ЭР-модели к репрезентативности если даже ниже, чем у спецификации В.А. Кардаша, то незначительно. Особенность ЭР-моделей заключается в том, что их можно применять для решения таких аналитических задач, которые не нуждаются в репрезентативности. Например, если исследователю не требуется, чтобы значение целевой функции модели было точечной оценкой функции полезности (например, чистого дисконтированного денежного потока), то, скорее всего, для решаемой им задачи не-

существенно, репрезентативны ли данные, задающие многомерное эмпирическое распределение случайных параметров модели. Что касается спецификации В.А. Кардаша, она утрачивает смысл, если исходные данные нерепрезентативны, поскольку параметры исходов, согласно методике ее применения, должны быть выборочными оценками групповых средних.



Источник: (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013).

Рис. 10. Сравнение пространств валидности при моделировании наихудшего исхода и пессимистической оболочки данных

Составление по данному методу моделей на основе данных нескольких наблюдений, вплоть до двух, допустимо, если увеличение числа доступных наблюдений невозможно в принципе либо обойдется чрезмерно дорого. Но тогда не следует ожидать, что модель адекватно отразит риски, присущие моделируемому объекту, и возможности их преодоления. Дать сколько-нибудь надежное заключение о вероятности успешного выполнения плана, основанного на такой модели, невозможно. Тем не менее, следует признать, что планирование на основе детерминистической модели приведет к еще более рискованному плану, а полный отказ от применения методов исследования операций – тем более.

Согласование инвестиционной и операционной деятельности сельскохозяйственной организации при помощи стохастической трехэтапной ЭР-модели

Новизна экономико-математической модели, рассматриваемой в данной главе, состоит не только в применении методологии ЭР-моделей при ее разработке.

Во-первых, в модели выделено три этапа принятия решения в условиях неопределенности, а не два, как в ставших классикой стохастического программирования двухэтапных моделях, предложенных *В.А. Кардашем* (1977).

Во-вторых, если в предшествующей практике стохастического программирования рассматривались случайные исходы, охватывавшие неопределенность, возникающую либо в отраслях растениеводства (такой подход был наиболее распространен), либо во всей хозяйственной среде в целом, то в описанной здесь модели отражены два различных класса случайных условий, один из которых влияет на производственные процессы в отраслях растениеводства, другой – в отраслях животноводства.

В-третьих, случайными условиями в животноводстве признаются прежде всего условия, влияющие на темп расходования запасов кормов – другими словами, на их фактическое среднегодовое потребление.

В-четвертых, в этой модели впервые апробирован упомянутый выше подход, при котором источником данных об исходах для обоих классов исходов случайных условий служат данные, относящиеся к одному и тому же периоду времени, вследствие чего общее число сочетаний исходов случайных условий обоих классов, отражаемое моделью, равно квадрату числа лет предыстории, данные о которой использованы для построения модели.

Наличие двух классов случайных исходов само по себе не предопределяет три этапа принятия решений: если каждому сочетанию исходов из обоих классов соответствует одно апостериорное решение, то число этапов принятия решений остается равным двум. Априорное решение принимается до поступления информации об исходах случайных условий из обоих классов, апостериорное – после. В предложенной модели, однако, информация об исходах поступает последовательно. Вначале становятся известны случайные условия в растениеводстве, и они определяют выбор оптимальной среднегодовой продуктивности сельскохозяйственных животных, под которую можно составлять план кормления и заключать годовые контракты или дополнительные соглашения к долгосрочным контрактам об объемах поставки продукции.

Пересматривать это решение в дальнейшем невыгодно не только по причинам, связанным с контрактацией, но и по технологическим основаниям: любое изменение характера кормления (график, рационы, объем), не согласующееся с естественной потребностью организма животного в питательных веществах при достигнутом уровне продуктивности, приводит к стрессу, который на некоторое время снижает продуктивность и (что особенно важно для дойных коров) отрицатель-

но влияет на здоровье животного, закладывая основу последующих экономических потерь.

Вместе с тем расход кормов представляет собой случайный процесс. Во-первых, случайной величиной являются потери кормов при хранении (в том числе по причинам, связанным с человеческим фактором). Во-вторых, случайной величиной является сохранность питательных веществ в кормах при хранении, что может потребовать оперативного изменения структуры рациона для соблюдения требований к обеспеченности организма животного питательными веществами. В-третьих, потери при раздаче и потреблении корма животными тоже случайны, и эту случайность также приходится компенсировать нормой расхода кормов. Наконец, на фактический темп расходования запасов кормов влияют случайные факторы, связанные со здоровьем животных и, как частный случай, с внеплановой выбраковкой.

Поэтому в тех случаях, когда фактический расход заготовленных кормов по тем или иным причинам, специфическим для животноводства, отличается от планового (что, собственно, и обуславливает неопределенность случайных условий производства в отраслях животноводства), необходимо корректировать план продаж продукции растениеводства и покупки комбикормов, имея в виду требование устойчивости процесса кормления животных.

Следует обратить особое внимание на то, что резервы повышения эффективности отраслей животноводства, связанные с недооценкой фактора случайности в технологических процессах этих отраслей, намного выше, чем резервы (большей частью мифические), связанные с наилучшим согласованием рационов кормления животных со специфическими условиями, складывающимися в отраслях растениеводства конкретного хозяйства. В современном животноводстве, когда рационы кормления животных максимально просты по составу, а их сбалансированность достигается при помощи кормовых добавок и премиксов, возможности «подстройки» рациона под изменение структуры посевов, продиктованное ожидаемой ценовой конъюнктурой (к тому же такие ожидания имеют не слишком много шансов сбыться), сводятся практически к нулю. Отсюда естественные изменения в структуре математических моделей в части описания производственных процессов в отраслях животноводства: если в моделях, описанных в учебнике *А.М. Гатаулина* и др. (1990), центральное место занимает оптимизация рационов кормления, то современные модели должны опираться на фактические исторические данные о расходе кормов при использовании рационов, оптимизированных для достижения плановой продуктивности животного, сохранения его здоровья и технологичности процесса кормления. Именно такой подход избран в рассмотренной модели.

Математическая формулировка, приведенная в приложении 9, отвечает следующей постановке задачи. *Даны* показатели хозяйственной деятельности организации, отраженные в основных и отраслевых формах статистической отчетности за ряд лет предыстории (далее – базовый период). Требуется *найти* значения переменных, описывающих хозяйственную деятельность исследуемого предприятия (площади посевов сельскохозяйственных культур; поголовье животных, содержащихся в условиях, обеспечивающих базовую и повышенную продуктивность; расход кормов; продажу продукции; привлечение заемных финансовых ресурсов), обеспечивающие максимум математического ожидания чистого приведенного годового денежного потока организации, при условиях:

- ♦ достаточности производственных ресурсов – пашни, скотомест, поголовья животных, трудовых ресурсов, оборотных средств;
- ♦ технологической осуществимости производственных процессов растениеводства на запланированных площадях;
- ♦ обеспеченности животных кормами в соответствии с годовым расходом кормов на одну голову скота каждого вида, фактически наблюдавшимся в каждом году базисного периода, при случайных условиях ведения производства в отраслях растениеводства, также соответствующих каждому году базисного периода;
- ♦ вложения инвестиций в увеличение количества скотомест для содержания сельскохозяйственных животных.

Данная постановка приводит к задаче целочисленного программирования с блочной структурой матрицы технико-экономических коэффициентов.

Задачу, представленную в приложении 9, несложно дополнить:

- ♦ балансом других видов сельскохозяйственных угодий, если таковые используются в организации в дополнение к пашне;
- ♦ условиями, отражающими требования севооборотов, если полученный план посевов невозможно разместить по полям существующих севооборотов;
- ♦ явным отражением денежных потоков, связанных с исполнением налоговых обязательств организации, для более точного отражения исходящего денежного потока;
- ♦ явным отражением субсидий и других форм господдержки для более точного отражения входящего денежного потока;
- ♦ дифференциацией скота не только по видам, но и по половозрастным группам, с включением в модель ограничений по их взаимному соответствию;
- ♦ разнообразных вариантов инвестиционной деятельности в дополнение к вложениям в увеличение количества скотомест.

Практический пример

Числовая модель, рассмотренная ниже, предназначена для согласования инвестиционной и операционной деятельности многоотраслевой сельхозорганизации в условиях неопределенности. Эта модель экспериментальная. Базовый период предыстории, использованный для ее построения, составляет всего три года (с 2007 по 2009). Это ограничивает (хотя и не принципиально) ее практическую ценность. Принимая во внимание возможности современных компьютеров и программного обеспечения по автоматизации построения неравенств модели на основе заданных исходных данных и по последующему решению получившейся задачи большой размерности, нет технических препятствий к построению аналогичной модели по данным 15–20 лет.

Опираясь лишь на трехлетнюю информационную базу, заведомо не отвечающую требованиям статистической репрезентативности, невозможно допустить, что полученное на ее основе эмпирическое многомерное распределение вероятностей параметров модели являются приближением к действительному распределению. Соответственно, оптимальные значения переменных модели и значения целевой функции не могут быть признаны статистическими оценками показателей оптимального плана. Однако для практического хозяйствования отсутствие у переменных модели свойств статистических оценок по причине нерепрезентативных исходных данных не имеет не только принципиального, но даже сколько-нибудь существенного значения, а вот риск невыполнения плана из-за неучтенного влияния случайных факторов был бы весьма весомым.

Такой план, однако, может служить лишь отправной точкой для планирования: необходимость его защиты от рисков, не отраженных данными слишком короткого базисного периода, очевидна. Но даже возможность получить план, гарантированно сбалансированный хотя бы для ранее наблюдавшихся условий трех лет, это существенный прогресс в сравнении с детерминистическими моделями оптимального планирования, планы которых в реальных условиях оказываются невыполнимыми из-за случайных причин с вероятностью, зачастую превышающей 50%. Лишь в том случае, когда в нормы расхода ресурсов заложен значительный запас «на черный день», эта вероятность при использовании детерминистических моделей может быть снижена до приемлемых уровней; но такой подход сводит к нулю ожидаемую пользу от оптимизации.

В сравнении с формулировкой, приведенной в приложении 9, в рассмотренной ниже модели допущен ряд упрощений и дополнений:

- ♦ модель составлена в форме задачи линейного программирования: вспомогательные логические переменные, означающие включение в план посевов той

или иной культуры, не используются, условия целочисленности переменных, обозначающих поголовье скота, опущены;

- ♦ баланс оборотных средств составлен без учета их связывания в операциях по продаже продукции;

- ♦ предусмотрено ограничение по обеспечению гарантированной сохранности начального поголовья коров основного стада, объяснением которому служит высокая племенная ценность стада;

- ♦ инвестиции в расширение скотомест предполагают реконструкцию существующих, но не использовавшихся на момент решения модели животноводческих помещений.

Модель описывает только один вид сельскохозяйственных животных – молочных коров основного стада. Производственные издержки и затраты ресурсов в расчете на одну корову основного стада включают в себя затраты на содержание скота всех половозрастных групп с учетом структуры стада, фактически сложившейся в условиях технологии его воспроизводства и эксплуатации, сложившейся в организации, по данным которой построена модель. Аналогичным образом рассчитан выход продукции в расчете на одну корову.

Предполагается возделывание следующих полевых культур: зерновые (с сохранением фактически сложившейся структуры их посевов); многолетние травы; однолетние травы; кукуруза на силос; картофель; овощи открытого грунта.

Числовая модель составлена Н.М. Светловым (руководство проектом, постановка задачи, спецификация модели, отладка, анализ оптимального плана) совместно с магистрантом Московского государственного лингвистического университета В.Н. Сахаровой (расчет технико-экономических коэффициентов, составление числовой модели, анализ оптимального плана) и магистрантом Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева Н.А. Кубышиной (подготовка и проверка исходных данных). Результаты ее решения опубликованы в монографии (*Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013*). Ниже приведен (частично) анализ результатов полученного решения в той его части, которая наиболее полно раскрывает особенности ЭР-моделей и трехэтапного процесса принятия решений в условиях неопределенности. Приведенные данные относятся к сценарию, при котором цены реализации молока и скота на убой на 27% выше, чем фактически наблюдавшиеся в базовом периоде (этот уровень цен чуть выше порогового значения, при котором решение об инвестициях в дополнительные скотоместа становится положительным), а площадь под картофелем и овощами ограничена 180 и 160 га соответственно: без дополнительных инвестиций в инфраструктуру растениеводства хозяйство не в состоянии убрать, сохранить и продать

урожаем этих двух культур с больших площадей. Такие инвестиции данный сценарий не предусматривает: они расцениваются как чрезмерно рискованные из-за угрозы перепроизводства овощей и резкого падения цен на них.

При указанных сценарных условиях оказывается целесообразным реконструировать не все неиспользуемые животноводческие помещения, имеющиеся в организации, а только треть: 149 скотомест для коров основного стада вместе с соответствующим количеством скотомест для молодняка и животных на откорме. Это позволит содержать в основном стаде 1649 коров. Согласно результатам экспериментов на модели, реконструкция всех помещений оправдала бы себя при росте цен продукции животноводства не менее чем на 82%.

Реконструкция в намеченном объеме возможна за счет собственных резервов организации. Привлечение долгосрочного кредита оптимальный план не предусматривает.

При исходе случайных условий в растениеводстве, подобном наблюдавшемуся в 2007 г., всех коров в течение всего года целесообразно содержать на рационах, обеспечивающих базовый уровень продуктивности. При остальных двух исходах кормление дойных коров следует улучшить до максимального уровня в целях увеличения надоев.

Решение о посевных площадях является априорным: оно принимается до того, когда станут известны исходы случайных условий как в растениеводстве, так и в животноводстве. В табл. 35 приведены данные о посевных площадях согласно оптимальному плану в сравнении с фактом 2013 г. Согласно решению, существуют возможности задействовать всю имеющуюся в хозяйстве пашню (4562 га) с выгодой для его бизнеса. На деле же в 2010 г., когда решалась модель, доля пашни, задействованной под посевы, сократилась до 65% (в 2009 г. было 70%). Руководство организации стремилось сэкономить затраты, поскольку у него не было уверенности в возможности профинансировать их в полном объеме. Решение модели показывает, что оборотных средств, имеющихся у хозяйства, и краткосрочного кредита, обеспеченного ожидаемой продукцией незавершенного производства, достаточно для финансирования производства на всей площади пашни, по крайней мере, при исходах случайных условий, наблюдавшихся в течение трех лет базового периода предыстории. Краткосрочный кредит требуется при исходе случайных условий в растениеводстве, соответствующем 2008 г., в размере 170,66 млн руб. РФ, при исходе, подобном 2009 г., 75,77 млн руб. РФ. В условиях, подобных 2007 г., собственных оборотных средств предприятия оказывается достаточно и краткосрочный кредит не требуется.

Площади посевов полевых культур, га

Полевые культуры	Оптимальный план	Факт 2009 г.	План, % к факту
Зерновые	1998	1111	179,8
Многолетние травы	1726	1309	131,9
Однолетние травы	–	100	–
Кукуруза на силос	498	400	124,5
Овощи	160	132	121,2
Картофель	180	150	120,0
Итого	4562	3202	142,5

Источник: расчеты по данным монографии (Светлов, Сахарова, Кубышина, 2013).

Характеристика кормовой базы хозяйства в соответствии с оптимальным планом представлена в табл. 36. Избыток зеленой массы, предусмотренный оптимальным планом, может служить резервом на случай, если фактический уровень расходования кормов (с учетом их потерь) превысит максимальный из наблюдавшихся в течение трех лет предыстории функционирования хозяйства, использованной для составления модели. Его среднегодовой размер составляет 22,91 тыс.ц.

Существует возможность включения в модель переменных, формализующих использование переходящих запасов сена и силоса в периоды с неблагоприятным сочетанием случайных условий. В данном случае, однако, размер возникающего избытка, составляющий около 10% от среднегодового расходования кормов, производимых из зеленой массы, находится в пределах норматива формирования страхового запаса кормов. С учетом этого обстоятельства было принято решение не усложнять модель.

Наибольший удельный вес в структуре сбыта предприятия занимают овощи (от 31 до 40%, в зависимости от исхода) и молоко (от 31 до 37%). Наибольшая доля затрат приходится на производство и реализацию молока. Она составляет от 44 до 53% к итогу.

В целом рентабельность реализации продукции при условиях данного сценария варьирует, в зависимости от исхода, в интервале от 55,4 до 108,3%. Как и по факту, наибольшая рентабельность реализации продукции характерна для овощей, на втором месте картофель. Максимально допустимые площади возделывания обеих культур в модели ограничены.

Расход кормов по оптимальному плану в сравнении с фактом, тыс. ц

Вид корма	Исход случайных условий в растениеводстве, подобный:		
	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Зерно на корм: и.с.у.ж.* 2009 г.	0,29	0,33	0,33
и.с.у.ж.* 2008 г.	0,15	0,17	0,17
и.с.у.ж.* 2007 г.	0,20	0,23	0,23
факт 2009 г.	0,18	0,10	0,13
Комбикорм: и.с.у.ж.* 2009 г.	21,51	24,90	24,90
и.с.у.ж.* 2008 г.	19,68	22,78	22,78
и.с.у.ж.* 2007 г.	19,99	23,15	23,15
факт 2009 г.	13,73	12,56	12,78
Многолетние травы: и.с.у.ж.* 2009 г.	147,31	151,42	170,31
и.с.у.ж.* 2008 г.	124,29	127,76	143,71
и.с.у.ж.* 2007 г.	132,05	135,74	152,67
факт 2009 г.	68,65	98,92	77,23
Однолетние травы на корм: факт 2009 г.	5,24	24,05	5,04
Кукуруза на силос: и.с.у.ж.* 2009 г.	114,05	109,94	55,41
и.с.у.ж.* 2008 г.	96,24	92,77	46,75
и.с.у.ж.* 2007 г.	102,24	98,55	49,67
факт 2009 г.	20,98	60,37	27,87
Общий итог по зеленой массе: и.с.у.ж.* 2009 г.	261,36	261,36	225,72
и.с.у.ж.* 2008 г.	220,53	220,53	190,46
и.с.у.ж.* 2007 г.	234,29	234,29	202,34
факт 2009 г.	94,88	183,33	110,14
Избыток зеленой массы по решению: и.с.у.ж.* 2009 г.	–	3,93	–
и.с.у.ж.* 2008 г.	40,83	44,76	35,26
и.с.у.ж.* 2007 г.	27,07	30,99	23,38

* И.с.у.ж. – исход случайных условий в животноводстве.

Источник: *Светлов, Сахарова, Кубышина (2013).*

В табл. 37 приведены данные о продажах сельскохозяйственной продукции по оптимальному плану в сравнении с фактом 2009 г. В оптимальном плане реализация всех видов продукции всегда рентабельна, за исключением зерна при случайных условиях, соответствующих 2009 г. Этот результат следует приписывать не успешным инвестициям, а заложенному в моделируемый сценарий предположению о росте цен на продукцию животноводства. При прежних ценах выручка от продажи молока и мяса сократилась бы на 27%, вследствие чего животноводство оставалось бы рентабельным только при случайных условиях, соответствующих 2007 г., а в среднем давало бы более 8% убытка. Таким образом, плановая выручка от продаж продукции животноводства не сопоставима с фактом. Как следствие, несопоставимыми оказываются показатели прибыли и рентабельности.

Таблица 37

*Экономическая эффективность реализации основных видов
сельскохозяйственной продукции согласно решению модели*

Виды продукции и исходы случайных условий в растениеводстве	Количество проданной продукции, ц	Полная себестоимость, тыс. руб. РФ	Выручено, тыс. руб. РФ	Прибыль, тыс. руб. РФ	Рентабельность реализации, %
Зерно					
Факт 2009 г.	13003	5585	6368	783	14,0
Исход, подобный 2009 г.	49541	22598	39796	17198	76,1
Исход, подобный 2008 г.	65990	25833	32189	6355	24,6
Исход, подобный 2007 г.	81261	25707	24962	-745	-2,9
Картофель					
Факт 2009 г.	40594	13134	32887	19753	150,4
Исход, подобный 2009 г.	54066	15701	43532	27831	177,3
Исход, подобный 2008 г.	52186	17054	42825	25771	151,1
Исход, подобный 2007 г.	53734	18743	33650	14907	79,5
Овощи открытого грунта					
Факт 2009 г.	93793	17652	64616	46964	266,1
Исход, подобный 2009 г.	120000	21934	82779	60845	277,4
Исход, подобный 2008 г.	120000	23824	91049	67224	282,2
Исход, подобный 2007 г.	120000	26184	86329	60145	229,7
Молоко					
Факт 2009 г.	45590	54675	57456	2781	5,1
Исход, подобный 2009 г.	47104	56003	82045	26042	46,5
Исход, подобный 2008 г.	53168	78913	99470	20557	26,1
Исход, подобный 2007 г.	51260	64088	66654	2566	4,0
Скот в живой массе					
Факт 2009 г.	1211	15650	12608	-3042	-19,4
Исход, подобный 2009 г.	903	11141	16322	5181	46,5
Исход, подобный 2008 г.	774	3432	4326	894	26,1
Исход, подобный 2007 г.	1227	5538	5760	222	4,0
Итог по видам продукции, отраженным в модели					
Факт 2009 г.	×	106696	173935	67239	63,0
Исход, подобный 2009 г.	×	126996	264473	137478	108,3
Исход, подобный 2008 г.	×	148676	269859	121183	81,5
Исход, подобный 2007 г.	×	139880	217355	77475	55,4

Источник: Светлов, Сахарова, Кубышина (2013).

Рассмотрим влияние изменений, предусмотренных оптимальным планом, на финансовое состояние и платежеспособность организации. Для этого построим прогнозный бухгалтерский баланс, основываясь на данных бухгалтерского баланса на 31 декабря 2009 г. Предположим, что в балансе произойдут только те изменения, которые связаны с движением материальных и денежных средств, явно отраженным в модели (прибыль, инвестиции, оборотные средства, изменение стоимости основного стада вследствие изменения поголовья). Будем считать, что все изменения в балансе будут происходить за счет прироста либо сокращения свобод-

ных денежных средств, а при их недостатке – за счет ликвидации наиболее ликвидных активов в объемах, не препятствующих достижению запланированных размеров производства. Дифференцируем результаты расчетов по исходам случайных условий в растениеводстве, каждый раз предполагая среднее значение компонентов годовых денежных потоков по трем исходам случайных условий в животноводстве. По данным фактического и прогнозного баланса составлена табл. 38.

Таблица 38

*Прогнозная оценка показателей ликвидности активов
в сравнении с их фактическими значениями на 31 декабря 2009 г.*

Коэффициенты:	Факт 31.12.2009	Прогноз	Прирост
Исход случайных условий в растениеводстве, подобный 2009 г.			
текущей ликвидности	2,17	2,61	+0,44
срочной ликвидности	0,52	1	+0,48
абсолютной ликвидности	0,15	0,64	+0,49
обеспеченности собственными оборотными средствами	0,61	0,66	+0,05
Исход случайных условий в растениеводстве, подобный 2008 г.			
текущей ликвидности	2,17	3,03	+0,86
срочной ликвидности	0,52	1,48	+0,96
абсолютной ликвидности	0,15	1,11	+0,96
обеспеченности собственными оборотными средствами	0,61	0,71	+0,10
Исход случайных условий в растениеводстве, подобный 2007 г.			
текущей ликвидности	2,17	1,88	–0,29
срочной ликвидности	0,52	0,36	–0,16
абсолютной ликвидности	0,15	0,002	–0,15
обеспеченности собственными оборотными средствами	0,61	0,56	–0,05

Источник: Светлов, Сахарова, Кубышина (2013).

Существенным фактором изменения статей баланса, помимо роста прибыли в сравнении с фактом, становятся затраты, связанные с реконструкцией коровника, переводящие существенную часть средств хозяйства в менее ликвидную форму, а также привлечение краткосрочного кредита. Как уже отмечалось, привлечение долгосрочного кредита в сценарных условиях оказывается невыгодным, и реконструкцию в намеченных объемах возможно осуществить за счет денежных средств, имеющихся в распоряжении организации на конец 2009 г.

После частичной реконструкции малого коровника при случайных условиях, неблагоприятных для бизнеса организации (табл. 38, исход–аналог 2007 г.), прогнозируется снижение ее платежеспособности в сравнении с фактом. Особо отметим, что этот эффект возникает на фоне ожидаемого роста выручки от продажи скота на убой и молока в условиях возросших цен. Коэффициент текущей ликвид-

ности при указанном исходе случайных условий в растениеводстве снижается на 0,29 пунктов относительно базового года и составляет 1,88. Его значение опускается ниже норматива, равного двум.

Коэффициент восстановления платежеспособности в данном исходе равен 0,9, что также меньше норматива.

Эти показатели могли бы вызвать серьезную озабоченность, если оставить в стороне обстоятельства снижения показателей ликвидности активов, а именно:

- ♦ это снижение может произойти лишь с вероятностью $\frac{1}{3}$;
- ♦ при многолетнем выполнении оптимального плана, в отсутствие других факторов изменения баланса, ликвидность активов в долгосрочной перспективе будет расти;
- ♦ согласно плану, 19 млн руб. РФ выделено на реконструкцию скотомест, и результатом этого вложения станет окупающее их приращение ежегодного чистого денежного потока организации.

Принимая эти обстоятельства во внимание, можно заключить, что хозяйство может иметь кратковременные трудности со срочным удовлетворением требований кредиторов и рискует понести штрафные санкции, особенно в случае неоднократного повторения исхода случайных условий в растениеводстве, подобного 2007 г., в течение первых лет после завершения реконструкции животноводческих помещений. Однако достаточная прибыль от продажи продукции и соблюдение условия достаточности оборотных средств, гарантируемое оптимальным планом, позволяют своевременно пополнять резервы денежных средств, восстанавливать платежеспособность и возмещать возможные убытки от штрафных санкций. Вместе с тем при особенно неблагоприятном стечении обстоятельств имеется риск ухудшения деловой репутации, в связи с чем поставщики агрофирмы и ее кредиторы могут предложить ей менее выгодные условия сотрудничества, чтобы компенсировать возможные риски. В крайнем случае хозяйство имеет возможность срочно ликвидировать часть молодняка, чтобы предотвратить возникновение просроченной задолженности и сохранить деловую репутацию. В результате сократится торговый оборот агрофирмы в текущем и, вероятно, в следующем годах, но вместе с тем сократятся и производственные издержки, которые по мясу в исходе случайных условий в растениеводстве, соответствующем 2007 г., по нашим расчетам, почти равны выручке.

Таким образом, применение стохастической трехэтапной ЭР-модели с дифференциацией исходов случайных условий по группам отраслей (растениеводство и животноводство) позволяет обеспечить высокие хозяйственные результаты, полностью задействовав с выгодой для себя имеющуюся пашню, проведя рекон-

струкцию животноводческих помещений и нарастив численность основного стада, обладающего высокой племенной ценностью. Главным резервом для достижения таких результатов стала оптимальная адаптация кормовой базы животноводства к неопределенности условий ее использования, что нашло отражение в данных табл. 36: вариация расхода кормов по исходам случайных условий в животноводстве выше, чем по исходам случайных условий в растениеводстве.

Методология ЭР-моделей позволила получить результаты, обладающие практической ценностью в отношении указания на ключевой резерв повышения эффективности производства и более полного использования ресурсов. Эти результаты получены на крайне ограниченной информационной базе трехлетнего базового периода предыстории. Хотя при такой информационной базе нельзя быть уверенным в выполнимости полученного плана, потому что она не позволяет получить адекватного приближения эмпирическим распределением вероятностей действительного многомерного распределения вероятностей случайных параметров модели, его анализ помог обнаружить «узкое место» в хозяйственной деятельности и принять управленческие решения, направленные на его устранение. Улучшение согласованности плана при условии обеспечения максимальной его защищенности от производственных и коммерческих рисков может быть достигнуто путем решения аналогичной модели на основе данных о более длительной предыстории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В монографии представлена совокупность научных достижений в методиках прикладного оптимизационного моделирования, ставших результатом исследований экономистов–аграрников Беларуси и России в течение последнего десятилетия.

Общность и взаимосвязь этих достижений определяются главными мотивами творческого поиска в данной научной области, характерными для нынешнего исторического периода. Это, во-первых, требование соответствия решений прикладных оптимизационных моделей трем принципам управления: управляемость, достижимость, устойчивость. Экономико-математические модели, применявшиеся в советские времена, не в полной мере соответствовали этим принципам, в особенности двум последним. Зачастую показатели планов, составленных при помощи таких моделей, были недостижимыми. В научном плане причина заключалась в отсутствии адекватных методологических подходов, которые позволяли бы адекватно учесть препятствия улучшению плана, существующие объективно, но не поддающиеся непосредственному наблюдению. Во-вторых, ухудшение качества ценовых сигналов, свойственное фазе зарождения и подъема нового технологического уклада, когда технологии, в которые вложены крупные инвестиции, устаревают еще на фазе капитального строительства, а устойчивость денежных потоков участников рынка зависит скорее от институциональных детерминантов, чем от технологических. Отсюда потребность если не в альтернативных, то, по крайней мере, в дополнительных источниках информации об инвестиционных возможностях и рисках, повышающая интерес к моделированию. В-третьих, накопление больших объемов информационных ресурсов в удобной для обработке форме, позволяющее обеспечивать исходными данными математические модели таких типов и масштабов, о которых еще десять лет назад можно было только мечтать.

Участники авторского коллектива по-разному подходят к решению проблем достижимости и устойчивости характеристик объекта управления при использовании прикладных оптимизационных моделей. Школе И.И. Ленкова, развивающейся в БГСХА, свойственно опираться на компьютерный эксперимент и многовариантные решения, для чего на переменные модели или на некоторые зависящие от них функции накладываются ограничения, выражающие влияние ненаблюдаемых факторов. Далее модели калибруются экспериментально путем подбора параметров таких ограничений. Российские авторы идут по другому пути, плодотворно используя для этой же цели идеи моделирования непараметрической границы производственных возможностей, родившиеся за рубежом, и непараметрические многомерные эмпирические распределения вероятностей случайных парамет-

ров по методу, разработанному в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева.

На проблему ухудшения качества ценовых сигналов авторы монографии реагируют исходя из предыстории развития научных школ и запросов практики. Так, лейтмотивом модели программы развития мясоперерабатывающего предприятия стало наилучшее распределение ограниченных ресурсов с учетом качества продукции. Постановка задачи, решаемой этой моделью, напрямую вытекает из того широко известного факта, что на современном рынке продукции пищевой и перерабатывающей промышленности – прежде всего розничном, но, как следствие, и оптовом – размывается зависимость между качеством продукции и ее ценой. В модель заложен принципиальный подход к производственному и ценовому планированию в таких условиях, дальнейшее развитие которого, надеемся, поможет сохранить высокие конкурентные позиции предприятиям, вкладывающим капитал в репутацию. Модель частичного равновесия на региональных аграрных рынках страны позволяет в границах заданных сценариев прогнозировать изменения цен продукции, связанные с территориально-структурными изменениями в сельском хозяйстве, а главное, информирует инвестора, сколько можно заработать на вложениях в развитие ресурсной базы сельскохозяйственного производства того или иного региона, а сколько – на улучшение транспортно-логистических каналов движения продукции от производителя к потребителю. Она позволяет сразу отбросить региональные проекты, связанные с вложением в ресурсы с низкой альтернативной стоимостью, или, по крайней мере, указать на необходимость перепроверки показателей проектных денежных потоков, если они выглядят благоприятными вопреки сигналам, подаваемым моделью рынков.

Особо следует отметить тот факт, что все представленные в монографии модели обеспечены регламентированной информационной базой. Эта база изначально формируется в структурированной цифровой форме в ходе соответствующих вспомогательных бизнес-процессов на предприятиях или в результате установленной законом деятельности государственных органов. Благодаря этому предлагаемые модели не содержат параметров, для обоснования которых требуются специальные научные исследования, успех которых не гарантирован. Формирование числовых моделей представленных в монографии типов допускает полную автоматизацию. Исключением в этом отношении оказывается модель частичного равновесия на региональных аграрных рынках страны, содержащая параметрические функции спроса. Определение параметров функций спроса, если только эти параметры не принимаются в качестве сценарных условий, требуют проведения чрезвычайно сложных исследований, привлечения нерегламентированных данных

и творческого подхода к их обработке. Однако уже сегодня ведутся исследования, направленные на изучение возможности представления в моделях частичного равновесия не только предложения, но и спроса в непараметрической форме.

Модели, представленные в первой части монографии, решают задачи анализа агропродовольственной политики, выявляют пределы возможностей политики по формированию конкурентных преимуществ национального АПК или продуктового подкомплекса (на примере мясного). Рассмотренные здесь модели охватывают три основные группы проблем: ресурсосбережение; конкурентоспособность; резервы улучшения территориально-отраслевой структуры. Во второй части собраны разработки, ориентированные непосредственно на нужды отдельных товаропроизводителей или их объединений. Сюда вошли модель формирования и использования фонда оплаты труда многоотраслевой сельскохозяйственной организации; модели, направленные на повышение эффективности и конкурентоспособности специализированных предприятий АПК: мясоперерабатывающих и производящих лекарственное растительное сырье; модель согласования инвестиционной и операционной деятельности многоотраслевой сельхозорганизации в условиях неопределенности.

Результаты, представленные в монографии, формируют задел для дальнейших исследований. Так, модели, адресованные специализированным предприятиям, представлены в детерминистической формулировке. Отсюда ясно, что, хотя эти модели лучше аналогов по критериям достижимости и устойчивости управления, осуществляемого при их поддержке, благодаря обстоятельной проработке технологических деталей, от будущих моделей требуется большее внимание к факторам неопределенности. Поскольку методология ЭР-моделей позволяет отражать неопределенность производства, опираясь на регламентированные данные и используя их в автоматическом режиме, принципиальных трудностей в создании таких моделей не предвидится. Модели управления ресурсосбережением могут получить дальнейшее развитие с использованием непараметрических границ производственных возможностей. Модель частичного равновесия на региональных аграрных рынках страны может получить дальнейшее развитие не только в связи с избавлением ее от последнего оставшегося в ней параметрического компонента – функций спроса, о чем уже было сказано, но и в связи с отражением различий в качестве продукции.

Представленные в книге модели во многих отношениях являются концептуальными. Разработчикам прикладных числовых моделей на основе математических формулировок, представленных в приложениях, рекомендуется творчески относиться к этим формулировкам. В них раскрываются главные идеи моделей, за-

ложенные авторами, без претензий на универсальность. Специфика конкретного объекта моделирования может потребовать не только видоизменения уравнений или неравенств модели, введения новых переменных и ограничений, но и обращения к альтернативным приемам отражения отдельных моделируемых процессов, более подходящим к имеющейся информационной базе, характеру рисков и неопределенностей, структурным особенностям объекта. При необходимости организации, в которых работают авторы монографии, готовы предоставить консультационную помощь разработчикам прикладных числовых моделей, оказать услуги по подготовке или повышению квалификации кадров, привлекаемых к подготовке управленческих решений с использованием прикладного моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Авдокушин Е.Ф.* (2010). Новая экономика // Современные наукоемкие технологии. № 10. С. 223–225.
2. *Акаев А.А.* (2009) Современный финансово-экономический кризис в свете теории инновационно-технологического развития экономики и управления инновационным процессом // Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Под ред. Д.А. Халтуриной, А.В. Коротаева. М.: УРСС. С. 141–162.
3. *Алле М.* (2003) Глобализация: разрушение условий занятости и экономического роста. Эмпирическая очевидность. М.: ТЕИС, 2003. 314 с.
4. *Алтухов А.И.* (2010) Территориально-отраслевое разделение труда в агропромышленном производстве России: методологические и методические аспекты // Экономика сельского хозяйства России. №11. С.51–64.
5. *Алтухов А.И.* (2013) Методология исследования территориально-отраслевого разделения труда в агропромышленном производстве России // Экономика сельского хозяйства России. №12. С.44–54.
6. *АПК–Информ* (2019) В 2018 году Беларусь увеличила производство растительных масел на 40% [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apk-inform.com/ru/news/1106388>. Дата доступа: 15.04.2019.
7. *Бабкина А.В., Светлов Н.М.* (2011) Согласование инвестиционного плана организации с отраслевой антикризисной программой // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. №12. С.31–34.
8. *Багриновский К.А.* (2003) Проблемы управления развитием наукоемкого производства // Менеджмент в России и за рубежом. №2. С. 65–76.
9. *Багриновский К.А.* (1977) Основы согласования плановых решений. М.: Наука. 303 с.
10. *Байнев В.Ф.* (2015) Инновационное развитие промышленного комплекса Евразийского экономического союза // Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом: Сб. докладов IV (IX) междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 25–27 ноября 2015 г. Ч. 1. Ставрополь: Издательско-информационный центр «Фабула». С. 9–13.
11. *Барановский С.И., Крачковский А.П., Шишло С.В.* (2012) Формирование корпоративных структур в лесном комплексе на основе маркетинго-логистических систем // Труды БГТУ: научный журнал. № 7(154). С. 114–117.
12. *Бобылев С.Н., Захаров В.М.* (2012) «Зеленая» экономика и модернизация. Эколого-экономические основы устойчивого развития // На пути к устойчивому развитию России: Бюл. Ин-та устойчивого развития Общественной палаты РФ. № 60. 90 с.
13. *Бондарев А.А.* (2008) Оценивание функций спроса для групп продовольственных товаров в российской экономике за 1999–2004 гг. М.: ИЭПП. 166 с.

14. Буць В.И. (2010) Экономический механизм управления ресурсосбережением регионального агропромышленного комплекса. Горки, Беларусь: БГСХА. 172 с.
15. Быков В.А., Комаров Е.И. (2013) Управление конкурентоспособностью: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М. 274 с.
16. Винокурова М.В. (2006) Конкурентоспособность и потенциал кластеризации отраслей экономики Иркутской области // ЭКО. № 12. С. 73–92.
17. Ворошилова И.В. (2012) Повышение конкурентоспособности производства мяса и мясной продукции: теория, методология, практика: автореф. дис. д.э.н. 08.00.05 / ВНИИЭСХ. Москва. 46 с.
18. Гатаулин А.М. и др. (1990) Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат. 432 с.
19. Геворкян В.С. (2003) Управление ресурсосбережением как фактор повышения конкурентоспособности предприятия: Автореф. дисс. к.э.н. 08.00.05. Москва. 24 с.
20. Германович Г.В., Оскирко А.С. (2016) Управление ценообразованием в мясной промышленности как фактор снижения себестоимости ее продукции // Экон. бюл. Науч.-исслед. экон. ин-та М-ва экономики Респ. Беларусь. №7. С.13–17.
21. Глазьев С.Ю. (1993) Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВлаДар. 310 с.
22. Глазьев С.Ю. (2010). Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса. М.: Экономика. 255 с.
23. Глазьев С.Ю., Микерин Г.И., Тесля П.Н. и др. (1991) Длинные волны: научно-технический прогресс и социально-экономическое развитие. Новосибирск, 1991. 224 с.
24. Гнатюк С.Н., Барановский А.Г., Наркевич Л.В. (2016) Конкурентоспособность предприятия: теория, методология, практика. Смоленск: Маджента. 179 с.
25. Головачев А.С. (2012) Конкурентоспособность организации: Учеб. пособие. Минск: Выш. шк. 318 с.
26. Голуб А.А., Струкова Е.Б. (1998) Экономика природных ресурсов. М.: Аспект Пресс. 319 с.
27. Голубев А.В., Голубева А.А., Смоленинова Н.А. (2018) Вызовы и перспективы развития агропродовольственного комплекса России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 8. С. 12–15.
28. Гончаров В.В., Хило Я.П. (2013) Направления интенсификации инновационного развития Республики Беларусь в условиях становления инновационной экономики / В.В. Гончаров, Я.П. Хило // Вестн. Гомельск. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. № 3. С. 117–123.
29. Гордеев А.В. и др. (2012) Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. Москва. 202 с.
30. Гусаков В.Г. (2013) Как обеспечить устойчивость и конкурентность национального АПК // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. № 1. С. 9–22.

31. *Гусаков В.Г., Герасимович Л.С. и др.* (2011) Энергоэффективность аграрного производства. Минск: Беларуская навука. 775 с.
32. *Гусаков Е.В.* (2011) Кооперативно-интеграционные объединения в АПК: оценки и перспективы // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. №1. С. 12–21.
33. *Давыденко Л.Н.* (2014) Институционализация рынка природных ресурсов. Минск: ИВЦ Минфина. 256 с.
34. *Дементьев В.Е.* (2009). Догоняющее развитие через призму теории «длинноволновой» технологической динамики: аспект «окон возможностей» в кризисных условиях // Российский экономический журнал. № 1–2. С. 34–48.
35. *Дементьев В.Е.* (2012) Длинные волны в экономике: инвестиционный аспект / Препринт ЦЭМИ РАН WP/2012/297. М.: ЦЭМИ РАН.
36. *Дементьев В.Е.* (2014) Циклы Кондратьева и постиндустриальная экономика // Экономическая наука современной России. № 4. С. 7–19.
37. *Добыш Г.Ф., Мучинский А.В., Костаков А.Н.* (2008) Резервы экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе. 3-е изд. Минск: БГАТУ. 176 с.
38. *Догиль Л.Ф., Мозоль А.В.* (2008) Эффективное использование потенциала аграрного производства: монография. Минск: БГАТУ. 208 с.
39. *Долгушкин Н.К.* (2015) Оптимизация размещения агропромышленного производства как один из путей решения проблемы импортозамещения // Аграрная политика России в условиях международной и региональной интеграции. Часть II. М.: ФГБНУ ВНИИЭСХ. С. 74–82.
40. *Друкер П.* (2009) Бизнес и инновации / Пер. с англ. М.: Вильямс. 432 с.
41. *Дурович А.П.* (2008) Практика маркетинговых исследований: В 2 кн. Кн. 2: Среда. Рынок. Товары. Конкуренты. Потребители. Коммуникации. Минск: Изд-во Гревцова. 396 с.
42. *Евдокимова Н.Е.* (2015) Управление устойчивым развитием региональных АПС // Аграрная политика России в условиях международной и региональной интеграции. М.: ФГБНУ ВНИИЭСХ. Ч. II. С. 82–87.
43. *Еремеева Н.В., Калачев С.Л.* (2006) Конкурентоспособность товаров и услуг: учеб. пособие. М.: КолосС. 190 с.
44. *Загайтов И., Половинкин П.* (1984) Экономические проблемы повышения устойчивости сельскохозяйственного производства. М.: Экономика, 1984. 239 с.
45. *Землянский А.А.* (1998) Агропромышленный комплекс: вложения, информатизация. М.: Изд-во МСХА. 251 с.
46. *Зинченко А.П.* (2017) Проблемы воспроизводства в сельском хозяйстве России // Проблемы прогнозирования. №2. С. 27–35.
47. *Ильина З.М., Батова Н.Н.* (2010) Конкурентоспособность продукции и продовольственная безопасность. Теоретические и практические аспекты. Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. 119 с.

48. *Каган А.М.* (2006) Построение внутрихозяйственного механизма в реорганизованных сельскохозяйственных предприятиях // Задачи и перспективы АПК в контексте программы возрождения и развития села / Ин-т экономики НАН Беларуси. Минск. С. 34–39.
49. *Канторович Л.В.* (1960) Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. М.: Изд-во АН СССР. 348 с.
50. *Карачевская Е.В.* (2016) Оценка экономической эффективности формирования агроформацевтического кластера Республики Беларусь // Проблемы экономики: сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси. № 2. С.99–111.
51. *Кардаш В.А.* (1977) Об одном подходе к постановкам стохастических задач оптимизации производства // Экономика и математические методы. №6. С. 1312–1316.
52. *Кардаш В.А.* (1989) Экономика оптимального погодного риска в АПК. М.: Агропромиздат. 167 с.
53. *Катькало В.С.* (2002) Ресурсная концепция стратегического управления: генезис основных идей и понятий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 8. Вып. 4 (№ 32). С. 20–40.
54. *Каиштанов А.Н., ред., и др.* (1983) Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР. М.: Колос. 335 с.
55. *Квасникова В.В., Жучкевич О.Н.* (2013) Конкурентоспособность товаров и организаций: практикум. Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М. 184 с.
56. *Кендюх Е.И.* (2011) Система управления конкурентоспособностью продукции // Сиб. вестн. с.-х. науки. № 11/12. С. 112–116.
57. *Киселев С.В., Ромашкин Р.А.* (2003). Сельскохозяйственная политика и вступление России в ВТО // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 10. С.10–15.
58. *Киселев С.В., Ромашкин Р.А.* (2006). ВТО и сельское хозяйство России // Вестник Московского университета. Серия «Экономика». №4. С. 75–93.
59. *Колеснев В.И., Шафранская И.В.* (2014) Компьютерное моделирование для анализа и планирования в АПК. Горки, Беларусь: Белорус. гос. с.-х. акад. 292 с.
60. *Кондратьев Н.Д.* (1989) Проблемы экономической динамики. М.: Экономика. 526 с.
61. *Кондратьев Н.Д.* (2002) Большие циклы экономической конъюнктуры / Большие циклы экономической конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды. М.: Экономика. 765 с.
62. *Константинов С.А.* (2003) Потери и резервы в АПК: теория и методология измерения // Вестник Белорусской государственной с.-х. академии. № 4. С. 68–71.
63. *Короткая М.В.* (2016) Оценка конкурентоспособности и проблемы развития мясоперерабатывающей промышленности Калининградской области // Балт. экон. журн. № 1. С. 73–80.

64. *Кошелев В.М.* (2006) Организационно-консультационное обеспечение принятия управленческих решений в АПК: дисс. д.э.н. 08.00.05. Москва. 333 с.
65. *Крутиков В.К., Якунина М.В.* (2011) Региональный рынок мяса: конкурентоспособность предприятий и продукции. М.: Ноосфера. 160 с.
66. *Крылатых Э.Н.* (1979) Система моделей в планировании сельского хозяйства. М.: Экономика. 200 с.
67. *Кудрявцев В.В.* (2011) Конкурентоспособность мяса и мясопродуктов: теория, методология и практика: автореф. дис. д.э.н. 08.00.05 / ВНИИЭСХ. Москва. 44 с.
68. *Кушнирович Н.А.* (1993) Управление ресурсосбережением на промышленных предприятиях: Автореф. дисс. к.э.н. 08.00.05. Донецк. 19 с.
69. *Леньков И.И.* (1988) Моделирование сбалансированной программы развития районного АПК: дисс. д.э.н. 08.00.13. Горки, Беларусь. 401 с.
70. *Ленькова Р.К., Карачевская Е.В.* (2013) Кластерная политика как направление повышения конкурентоспособности агропромышленного производства Республики Беларусь // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. №1. С.5–10.
71. *Леонтьев В.В.* (2006) Избранные произведения: В 3 т. Т.2: Специальные исследования на основе методологии «затраты – выпуск» / Под ред. А.Г. Гранберга. М.: Экономика. Т. 2. 544 с.
72. *Липницкий Т.В.* (2014) Структурные и территориальные изменения в размещении сельскохозяйственного производства в России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. №8. С. 28–33.
73. *Лифиц И.М.* (2016) Конкурентоспособность товаров и услуг: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт. 437 с.
74. *Лыч Г.М.* (2016) Аграрная экономика: проблемы и пути их решения. Минск: Право и экономика. 217 с.
75. *Любецкий П.Б.* (2018) Механизм формирования и реализации маркетинговой стратегии мясоперерабатывающих предприятий. Горки, Беларусь: Белорус. гос. с.-х. акад. 288 с.
76. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакишин С.С.* (2007). Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт. 304 с.
77. *Медведев В.Ф., ред.* (2011) Аутсорсинг в международной торговле. Минск: Право и экономика. 156 с.
78. *Мелещенья А.В. и др.* (2012) Предложения по совершенствованию государственной поддержки производителей продуктов для детского питания на молочной и мясной основе. Минск: Ин-т мясо-молоч. пром-ти. 125 с.
79. *Минько Э.В., Кричевский М.Л.* (2004) Качество и конкурентоспособность. СПб.: Питер принт. 267 с.
80. *Михаленок Е.В.* (2015) Проблемы и перспективы развития птицеводства в Республике Беларусь // Беларусь в современном мире: Материалы VIII Междунар. науч. конф.

студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 5 мая 2015 г. Гомель, Беларусь: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. С.155–158.

81. *Можин В.П.* (1972) Проблемы оптимизации перспективного развития сельского хозяйства. Новосибирск: Наука. 246 с.
82. *Моисеев Н.Н.* (1981) Математические задачи системного анализа. М.: Наука. 488 с.
83. *Мухин В.А., ред.* (2014) Дикорастущие лекарственные растения Урала: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Уральского унив. 204 с.
84. *Назаренко В.И.* (2011) Некоторые теоретические аспекты размещения сельскохозяйственного производства // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 9. С. 6–9.
85. *Немогай Н.В., Бонцевич Н.В.* (2013) Конкурентоспособность предприятия: учеб. пособие. Минск: ИВЦ Минфина. 464 с.
86. *Немчинов В.С.* (1965) Экономико-математические методы и модели: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Мысль. 478 с.
87. *Никонов А.А.* (1995) Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII–XX в.). М.: Энциклопедия российских деревень. 574 с.
88. *Носов В.В.* (2013) Применение калийных удобрений в развитых странах Европы и Америки // Агрохимия. № 2. С. 37–41.
89. *НПЦ НАН Беларуси по земледелию* (2007). Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов. Минск: ИВЦ Минфина. 448 с.
90. *Обухов В.М.* (1949) Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат. 318 с.
91. *ОИП Президента РБ* (2018) Беларусь должна существенно снизить зависимость от импорта в сфере фармацевтики // Официальный Интернет-портал Президента Республики Беларусь. URL: <http://www.president.gov.by/press89161.html> (дата доступа: 20.10.2018).
92. *Пасов В.М.* (1986) Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Ленинград: Гидрометеиздат. 152 с.
93. *Пастернак П.П.* (1985) Системное моделирование экономических процессов в АПК. М.: Агропромиздат. 176 с.
94. *Полоник С.С., Хоробрых Э.В., Литвинчук А.А.* (2016) О развитии экспортного потенциала Республики Беларусь // Весці НАН Беларусі (Сер. аграрных. наук). №1. С. 13–23.
95. *Полтерович В.М.* (2009) Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации // Вопросы экономики. №6. С. 4–23.
96. *Портер М.* (2005) Конкуренция / Пер. с англ. М.: Вильямс. 608 с.
97. *Прокопьев М.Г.* (2015). Классификация и математические аспекты разработки моделей частичного равновесия // Региональные проблемы преобразования экономики. № 6. С. 88–95; № 7. С. 83–91.

98. *Прокопьев М.Г.* (2016). Калибровка эластичностей: теоретические предпосылки и практическая реализация // Региональные проблемы преобразования экономики. № 9. С. 153–164.
99. *Пугачев М.И.* (1985) Исследование моделей аграрного производства. М.: Изд-во Московского университета. 134 с.
100. *Расторгуев П.В.* (2014) Концептуальные основы формирования экономического механизма мотивации качества сельскохозяйственной продукции // Вестник Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. № 4. С. 24–30.
101. *Редько Д.В.* (2018) Эконометрический анализ основных факторов повышения эффективности использования трудовых ресурсов // Современная аграрная экономика: наука и практика: материалы международной научно-практической конференции 16–17 марта 2018 г. / Белорусская гос. с.-х. акад.; ред. И. В. Шафранская и др. Горки, Беларусь, 2018. С. 221–224.
102. *Родионова И.А., Якушева В.В.* (2017) Влияние сырьевого обеспечения на устойчивость производственной деятельности региональных предприятий мясной промышленности // Науч. обозрение: теория и практика. № 5. С. 92–101.
103. *Рожкова И.Н.* (2007) Управление конкурентоспособностью продукции и методы ее оценки на предприятиях мясоперерабатывающей промышленности: автореф. дис. к.э.н. 08.00.05 / Орловский гос. техн. ун-т Орел. 20 с.
104. *Романенко И.А.* (2014) Проектирование эффективного сельского хозяйства с учетом агропотенциала // Экономика сельского хозяйства России. № 1. С. 59–65.
105. *Рудый К.В.* (2004) Циклы в современной экономике. М.: Новое знание. 109 с.
106. *Рущицкая О.А., Куликова Е.С., Семенюк К.С.* (2017) Повышение конкурентоспособности продукции за счет улучшения ее качества // Аграр. образование и наука. № 1. URL: http://aon.urgau.ru/uploads/article/pdf_attachment/608/78_Рущицкая_О.А._Куликова_Е.С._Семенюк_К.С.pdf (Дата доступа: 09.11.2018).
107. *Сайганов А.С.* (2012) Повышение эффективности функционирования системы производственно-технического обслуживания сельского хозяйства / Ред. В. Г. Гусаков. Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси. 312 с.
108. *Сайганов А.С., Тригуб Н.А.* (2015) Повышение конкурентоспособности молочной продукции на перерабатывающих предприятиях АПК Витебской области. Горки, Беларусь: Белорус. гос. с.-х. акад. 273 с.
109. *Сайганов А., Шафранский И.* (2018а) Методика обоснования цены реализации мясной продукции в зависимости от ее качества // Аграр. экономика. № 9. С. 23–31.
110. *Сайганов А., Шафранский И.* (2018б) Методика оценки конкурентоспособности мясной продукции на перерабатывающих предприятиях АПК // Аграр. экономика. № 6. С. 21–29.
111. *Сайганов А.С., Шафранский И.Н.* (2018в) Моделирование программы развития ПУП «Оршанский мясоконсервный комбинат» на базе роста конкурентоспособности продукции // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. № 3. С. 51–57.

112. *Самойлов М.Р., Паневчик В.В., Ковалев А.Н.* (2002) Основы энергосбережения. Минск: БГЭУ. 198 с.
113. *Светлов Н.М.* (1995). Экономическое обоснование системы цен на землю: дисс. к.э.н. М.: МСХА имени К.А. Тимирязева. 172 с.
114. *Светлов Н.М.* (1995а) Обоснование весовых коэффициентов исходов в стохастических моделях сельскохозяйственного производства // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. Вып. 266. М.: Изд-во МСХА. С. 190–195.
115. *Светлов Н.М.* (1999) Альтернативный подход к разработке стохастических двухэтапных моделей аграрных систем // Доклады ТСХА: Вып. 270. М.: Изд-во МСХА. С. 397–403.
116. *Светлов Н.М.* (2001) Оптимизация системы целей инвестиционных программ для АПК // Устойчивое развитие сельской местности: концепции и механизмы. М.: Энциклопедия российских деревень. С. 105–107.
117. *Светлов Н.М.* (2005) Принцип полного использования информации в приложении к стохастическим двухэтапным моделям // Материалы международной научной конференции (декабрь 2004 г.): Сб. науч. трудов; вып. 13 / Рос. гос. аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Эконом. ф-т Москва. С.156–160.
118. *Светлов Н.М.* (2008) Альбом наглядных пособий по экономико-математическому моделированию: Учеб. пособие для студ. бакалавриата по направлению «Менеджмент». М.: Изд-во РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева. 227 с.
119. *Светлов Н.М.* (2011) Модель границы производственных возможностей сельского хозяйства России // Экономические проблемы модернизации и инновационного развития агропромышленного комплекса: Сборник докладов IV Всероссийского конгресса экономистов-аграрников 27–28 октября 2011 г. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Т. 2. С. 329–333.
120. *Светлов Н.М.* (2012) Большие циклы валовых сборов зерна: в чем причина? // Экономика сельского хозяйства России. № 2. С. 52–57.
121. *Светлов Н.М.* (2015) Волна Кондратьева в советском и постсоветском сельском хозяйстве: уроки для аграрной политики // Второй международный политэкономический конгресс «Возвращение политэкономии»: Сб. материалов / Под ред. Бузгалина А.В. и Воейкова М.И. М.: Культурная революция. Т. 2. С. 674–683.
122. *Светлов Н.М.* (2016). Методология моделирования агропродовольственной политики в условиях евразийской интеграции // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 3. С. 106–126.
123. *Светлов Н.М.* (2017) Перспективы использования сельхозугодий, выведенных из оборота // АПК: экономика, управление. № 10. С. 45–53.
124. *Светлов Н.М.* (2019) Модели непараметрических границ производственных возможностей: опыт применения в сельском хозяйстве // Вестник ЦЭМИ. № 1. 14 с. URL: <https://cemi.jes.su/S265838870004477-7-1>

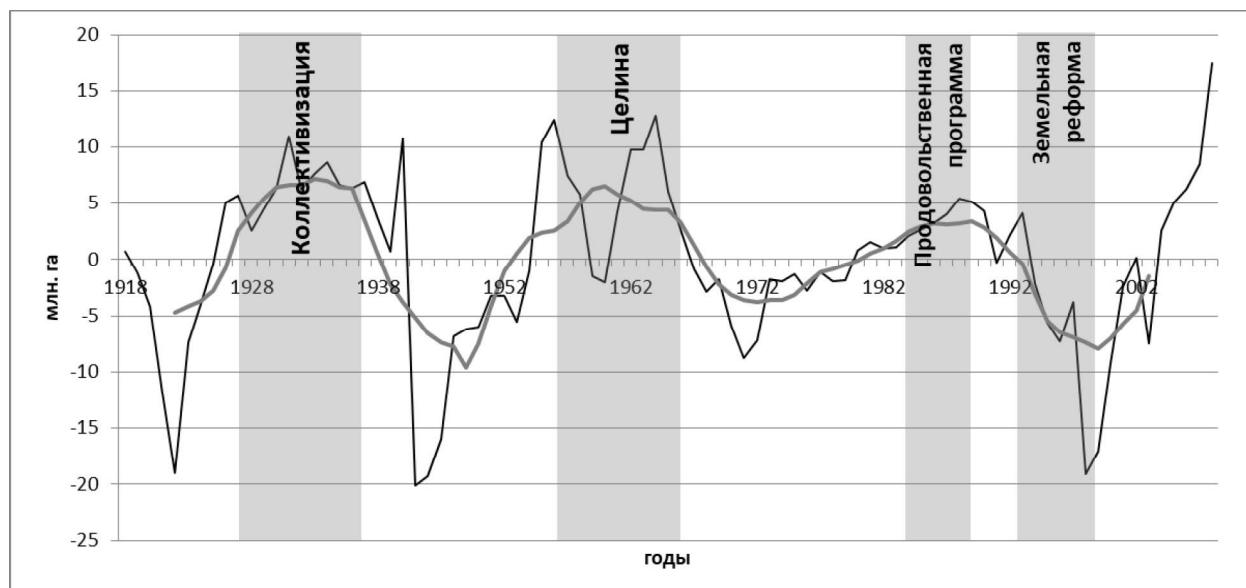
125. *Светлов Н.М.* (2019а) Непараметрическое представление границы производственных возможностей в модели частичного равновесия // Экономика и математические методы. № 4. С. 104–116.
126. *Светлов Н.М.* (2019б) Влияние изменения климата на сельскохозяйственную торговлю России // Обзор торговой политики в странах Европы и Центральной Азии / FAO. № 49. С. 7–10. URL: <http://www.fao.org/3/ca5068ru/ca5068ru.pdf>
127. *Светлов Н.М.* (2019в) Ретроспективный анализ эффекта введения экспортных пошлин на зерно // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 6. С. 81–99.
128. *Светлов Н.М., Сахарова В.Н., Кубышина Н.А.* (2013) Моделирование многоэтапного процесса принятия решений в сельскохозяйственной организации. М.: ИНФРА-М. 142 с.
129. *Светлов Н.М., Сиптиц С.О., Романенко И.А.* (2018) Как улучшить размещение отраслей сельского хозяйства России // АПК: экономика, управление. № 3. С. 13–19.
130. *Светлов Н.М., Сиптиц С.О., Романенко И.А., Евдокимова Н.Е.* (2019). Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России // Проблемы прогнозирования. № 4. С. 59–74.
131. *Светлов Н.М., Шишкина Е.А.* (2019) Инновационная модель частичного равновесия в приложении к анализу эффектов изменения климата // Международный сельскохозяйственный журнал. № 5. С. 58–63.
132. *Светлова Г.Н.* (2009) Учение профессора Н.Д. Кондратьева в современных экономических условиях // 115 лет со дня рождения Н.Д. Кондратьева: материалы международной научно-практической конференции / Под ред. В.М. Баутина. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. С. 73–79.
133. *Сиптиц С.О., рук.* (2015). Отчет о НИР по теме «Разработать базы данных региональных агропродовольственных систем, содержащие инструментарий для оценки их эффективности и устойчивости» / ВИАПИ. Москва. 71 с.
134. *Скакун А.С.* (2003) Социально-экономические преобразования в АПК Республики Беларусь (вопросы теории и практики). Минск: Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси. 228 с.
135. *Смирнова Р.А.* (2008) Проблема эффективности сельского хозяйства Беларуси: варианты решения // Социология. № 4. С. 77–87.
136. *Снопков Н.Г.* (2018) Доклад Министра экономики Республики Беларусь Н.Г. Снопкова // Социально-экономическое развитие Республики Беларусь в контексте интеграционных процессов на постсоветском пространстве. URL: http://www.economy.gov.by/dadvfiles/001957_774829-_Doklad.pdf (дата доступа: 20.01.2019).
137. *Совет Министров РБ* (2016) Постановление Совета Министров Республики Беларусь 11 марта 2016 г. № 196 “О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы” и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. №585.

138. *Старовыборная С.П., Ленькова Р.К., Гончарова Е.В.* (2017) Моделирование и оптимизация в агропромышленном комплексе: методические указания. Горки: БГСХА. 108 с.
139. *Сухотин Ю.В., Дементьев В.Е., Петров А.И.* (1986) О категории эффективности общественного производства // Экономика и математические методы. № 1. С. 125–136.
140. *Фатхутдинов Р.А.* (2005) Конкурентоспособность: Россия и мир. 1992–2015. М.: Экономика. 606 с.
141. *Фатхутдинов Р.А.* (2008) Управление конкурентоспособностью организации: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Маркет ДС. 425 с.
142. *Филатов А., Ахметов Р., Николаев С.* (2009) Оптимизация размещения сельскохозяйственного производства в регионе на основе биоресурсного потенциала // Международный сельскохозяйственный журнал. № 1. С. 30–32.
143. *Философова Т.Г., Быков В.А.* (2008) Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 295 с.
144. *Царев В.В., Кантарович А.А., Черныш В.В.* (2015) Оценка конкурентоспособности предприятий (организаций). Теория и методология: учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 799 с.
145. *Чайников В.Н.* (2018) Обеспечение прогнозного уровня конкурентоспособности продукции // Состояние и перспективы развития инновационных технологий в России и за рубежом: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., Чебоксары, 25–26 янв. 2018 г. / Чуваш. гос. ун-т Чебоксары. С. 300–309.
146. *Чепурной И.П.* (2005) Конкурентоспособность продовольственных товаров: учеб. пособие. 2-е изд. М.: Дашков и К°. 118 с.
147. *Шафранская И.В.* (2013) Моделирование в маркетинговых исследованиях: практикум. Горки, Беларусь: БГСХА. 159 с.
148. *Шафранский И.Н.* (2018) Анализ использования ресурсов перерабатывающих предприятий с целью повышения конкурентоспособности продукции // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. № 1. С. 13–17.
149. *Шимова О.С., Лопачук О.Н., Байчоров В.М.* (2010) Экономическая эффективность мероприятий по сохранению биологического разнообразия / Под общ. ред. О.С. Шимовой. Минск: Беларус. навука. 123 с.
150. *Шпак А.П. и др.* (2015) Предложения по повышению конкурентоспособности предприятий перерабатывающей промышленности // Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. Минск. С. 94–105.
151. *Шпак А.П. и др.* (2016) АПК Беларуси: основные проблемы и пути их решения // Аграрная экономика. № 2. С. 2–20.
152. *Яковчик Н.С., Лапотко А.Н.* (1999) Энергоресурсосбережение в сельском хозяйстве. Барановичи, Беларусь. 380 с.

153. Якунина М.В. (2010) Оценка конкурентоспособности продукции мясоперерабатывающего подкомплекса АПК: автореф. дис. к.э.н. 08.00.05 / Ин-т упр., бизнеса и технологий. Москва. 22 с.
154. Abler D. (2007). Approaches to Measuring the Effects of Trade Agreements // Journal of International Agricultural Trade and Development. № 3. P. 155–171.
155. Banker R.D., Charnes A., Cooper W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis // Management Science. Vol. 30. P. 1078–1092.
156. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units // European Journal of Operational Research. № 2. P. 429–444.
157. Dantzig G., Orden A. (1953). Duality theorems / U.S. Air Force. Project RAND. Research memorandum. Notes on Linear Programming: Part II. ASTIA Document № AD 114135. Santa Monica, CA, US. 4 p.
158. Deters Y. (2006) Finanzierungsalternative für Biogasanlagen // Neue Landwirtschaft. № 3. P. 76.
159. Farrell M.J. (1957) The measurement of productive efficiency // Journal of Royal Statistical Society: Series A (General). № 3. P. 253–290.
160. Grant R.M. (1991) The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation // California management review. Vol. 33. P. 27–36.
161. Sachs J.D., McArthur J.W. (2002) Technological advancement and long-term economic growth in Asia // Technology and the new economy. Cambridge, MA, USA: MIT Press. P. 157–185.
162. Scholz V., Hellebrand H.J., Grandmann P. (2006) Ein Hektar heist vier Häuser. Weiche Energiepflanzenarten sind energetisch, ökologisch und ekonomisch am besten? // Neue Landwirtschaft. № 1. P. 54–58.
163. Schumpeter J.A. (2012) The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle / Transl. from the German by R. Opie. N. Brunswick, USA; London, UK: Transaction Publ. 255 p.
164. Stiglitz J.E., Wallsten S.J. (1999). Public-private technology partnerships: Promises and pitfalls // American Behavioral Scientist. № 1. P. 52–73.
165. Szarek S. (2006) Możliwości wynikające z zastosowania efektu hormetycznego do wyjasnienia prawa malejącej wydajności w rolnictwie // Zdaln. Ekon. Roln. № 3. P. 29–46.
166. Thompson R.G., Langemeier L.N., Lee C., Lee E., Thrall R.M. (1990). The Role of Multiplier Bounds in Efficiency Analysis with Application to Kansas Farming // Journal of Econometrics. № 46. P. 93–108.
167. Walla C., Schmeberger W. (2006) Energiepflanzenproduktion in viehlosen Biobetrieben // Ber. Landwirtsch. Vol. 84. № 3. P. 425–437.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Отклонения посевных площадей зерновых на территории СССР от тренда в предположении его смены в 1977–1978 гг.



Источник: Расчеты Г.Н. Светловой.

Рис. 11. Посевные площади под зерновыми на территории СССР: фактические (тонкая линия) и сглаженные отклонения от линейного тренда в предположении его смены в 1977–1978 гг.

Приложение 2. Экономико-математическая модель модели развития аграрных рынков стран–участниц интеграционного сообщества (союза)

Индексы и множества

j, j' – номер для страны–участницы интеграционного объединения;

J – множество стран–участниц интеграционного объединения;

i – номер вида инвестиций;

I – множество видов инвестиций для обеспечения прироста валового внутреннего продукта стран–участниц интеграционного объединения;

I_1 – множество видов инвестиций в стимулирование спроса в странах–участницах интеграционного объединения;

m – номер отдельной аграрной отрасли;

M – множество аграрных отраслей;

e – номер вида экспорта страны–участницы интеграционного объединения;

E – множество видов экспорта;

E_m – множество видов экспорта, поставляемых аграрной отраслью $m \in M$.

u – номер для вида импорта страны–участницы интеграционного объединения;

U – множество видов импорта;

U_m – множество видов импорта, замещающих продукцию аграрной отрасли $m \in M$.

q – номер сферы приложения инвестиций;

Q – множество сфер приложения инвестиций;

Q_0 – множество (синглетон), включающее в себя аграрную сферу приложения инвестиций ($Q_0 \subset Q$).

Переменные

x_j – валовый внутренний продукт страны–участницы интеграционного объединения;

x_{ij} – инвестиции вида i для обеспечения прироста валового внутреннего продукта страны j – участницы интеграционного объединения;

x'_{ij} – приращение численности внутренних потребителей аграрной продукции, полученное за счет инвестиций i в стране j (эффект стимулирования спроса);

$x_{ujj'}$ – экспорт вида u страны–участницы интеграционного объединения j , поддерживающей внешнеэкономические связи со страной j' ;

x_{ej} – экспорт вида e страны j ;

x_{emj} – экспорт (в натуральном выражении) вида e аграрной отрасли m страны j в страны–участницы интеграционного объединения;

x_{mj} – размер (в натуральном выражении) аграрной отрасли m страны j ;

x'_{mj} – размер (в натуральном выражении) той части аграрной отрасли m в стране j , продукция которой используется для производственного потребления;

$\tilde{x}_{mj}$ – размер (в натуральном выражении) экспорта продукции отрасли m страной j ;

$\hat{x}_{mj}$ – размер (в натуральном выражении) импорта продукции отрасли m страной j ;

$x_{mijj'}$, $x_{mij'j}$ – размер (в натуральном выражении) экспорта продукции отрасли m из страны j в страну j' (из страны j' в страну j).

Известные величины

$B_j, \tilde{B}_j$ – пределы (минимум и максимум) вероятного колебания валового внутреннего продукта на момент прогноза;

$F_{1\min}$ – минимальная сумма валовых внутренних продуктов интеграционного объединения, обеспечивающая международную конкурентоспособность входящих в него стран;

I_{iq}^{-1} – индекс инвестиций вида i в сферу приложения q , как обратный индексу потребления финансовых средств этой сферы, по отношению к валовому внутреннему продукту;

F_2 – сумма инвестиций стран–участниц интеграционного объединения, обеспечивающая им макроэкономическую стабильность;

$B_{j0}, \tilde{B}_{j0}$ – пределы колебаний валовой добавленной стоимости аграрного сектора внутри прогнозного валового продукта страны–участницы j ;

d_{j0} – доля валовой добавленной стоимости в валовом внутреннем продукте страны–участницы j ;

F_3 – минимальная сумма валовой добавленной стоимости аграрного сектора стран–участниц интеграционного объединения, обеспечивающая макроэкономическую стабильность;

$E_{ej}, \tilde{E}_{ej}$ – пределы колебаний экспорта вида e страны j – участницы интеграционного объединения в другие страны–участницы;

q_{ej} – доля экспорта вида e в валовом внутреннем продукте страны j ;

F_{e4} – минимальная величина суммарного экспорта вида e стран экономического сообщества (интеграционного объединения), обеспечивающая макроэкономическую стабильность;

$U_{ij}, \tilde{U}_{ij}$ – пределы колебаний импорта вида e страны j – участницы интеграционного объединения;

q_{ij} – доля импорта вида u в валовом внутреннем продукте;

F_{u5} – предельная минимальная величина суммарного импорта вида u стран экономического сообщества (интеграционного объединения), обеспечивающая макроэкономическую стабильность;

d_{iq} – нормативная доля инвестиций вида i , направленных на q , к валовому внутреннему продукту страны;

F_{i6} – предельная минимальная величина суммы инвестиций по направлению i для обеспечения макроэкономической стабильности в аграрном секторе;

F_7 – суммарный экспорт стран экономического сообщества (интеграционного объединения), который обеспечивает макроэкономическую стабильность;

$E_{ej}, \tilde{E}_{ej}$ – минимальная и максимальная границы экспорта вида t страны j внутри экономического сообщества;

$U_{uj}, \tilde{U}_{uj}$ – минимальная и максимальная границы импорта вида t страны j внутри экономического сообщества;

$S_{mj}, \tilde{S}_{mj}$ – минимальная и максимальная границы размеров аграрной отрасли t страны j ;

O_{mj} – начальные запасы продукции аграрной отрасли t страны j ;

$\tilde{O}_{mj}$ – минимальные конечные запасы продукции аграрной отрасли t страны j ;

d_{mj} – выход продукции с единицы размера аграрной отрасли t страны j ;

n_{mj} – норма рыночного потребления (или медицинская норма потребления) продукции аграрной отрасли t в стране j в расчете на одного чел.;

N_j – численность населения в стране j , обеспеченного продовольствием по медицинским нормам;

$W_{mj}, \tilde{W}_{mj}$ – границы производственного потребления продукции t в стране j ;

$E_{mj}, \tilde{E}_{mj}$ – минимальная и максимальная границы экспорта продукции аграрной отрасли t страны j во все страны мира;

$E_{emj}, \tilde{E}_{emj}$ – минимальная и максимальная границы экспорта вида e продукции аграрной отрасли t страны j в страны сообщества;

$U_{mjj'}, \tilde{U}_{mjj'}$ – минимальная и максимальная границы импорта продукции аграрной отрасли t страны j в страну j' , входящую в сообщество;

$W_{mij}, \tilde{W}_{mij}$ – минимальная и максимальная границы емкости внутреннего продовольственного рынка t страны j для потребителей, стимулируемых инвестициями вида i ;

P_{emj} – планируемое (сценарное) сальдо внешней торговли по экспорту вида e аграрной отрасли t страны j ;

F_8 – минимальная величина суммарного экспорта стран–участниц экономического сообщества (союза) в другие страны–участницы, которая обеспечивает макроэкономическую стабильность;

затраты (в приведенном годовом исчислении) в государстве–участнике j :

c_{ij} – в связи с инвестициями вида i стимулирование спроса;

c_{mj} – в связи с производственным потреблением продукции отрасли m ;

$\tilde{c}_{mj}$, $\hat{c}_{mj}$ – соответственно в связи с экспортом и импортом продукции отрасли m ;

коэффициенты добавленной стоимости (имеющие значение не менее 1) в государстве–участнике j :

p_{ij} – в связи с инвестициями вида i стимулирование спроса;

p_{mj} – в связи с производственным потреблением продукции отрасли m ;

$\tilde{p}_{mj}$, $\hat{p}_{mj}$ – соответственно в связи с экспортом и импортом продукции отрасли m .

Связующий блок модели развития аграрных рынков стран–участниц интеграционного сообщества

1. По величине валового внутреннего продукта стран–участниц интеграционного сообщества: $B_j \leq x_j \leq \tilde{B}_j$, $j \in J_0$.

2. По суммарному валовому внутреннему продукту стран экономического сообщества не менее прогнозного уровня: $\sum_{j \in J_0} x_j \geq F_{1\min}$.

3. По уровню инвестиций (бюджетных и внебюджетных):

$$x_{ij} = \sum_{q \in Q} I_{iq}^{-1} \cdot x_j, \quad i \in I, j \in J.$$

4. По суммарным инвестициям стран–участниц не меньше предельной величины, обеспечивающей макроэкономическую стабильность:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \geq F_2, \quad i \in I.$$

5. По валовой добавленной стоимости (ВДС) агропромышленного производства: $B_{j0} \leq d_j x_j \leq \tilde{B}_{j0}$, $j \in J$.

6. По суммарной валовой добавленной стоимости агропромышленного производства стран экономического сообщества не меньше предельной величины: $\sum_{j \in J} d_j x_j \geq F_3$.

7. По экспорту стран экономического сообщества:

$$E_{ej} \leq q_{ej} x_j \leq \tilde{E}_{ej}, \quad e \in E, j \in J.$$

8. По суммарному экспорту стран экономического сообщества не меньше предельной величины: $\sum_{j \in J} q_{ej} x_j \geq F_{e4}, j \in J, e \in E$.

9. По импорту стран экономического сообщества:

$$U_{uj} \leq q_{uj} x_j \leq \tilde{U}_{uj}, u \in U, j \in J.$$

10. По суммарному импорту стран экономического сообщества не меньше предельной величины: $\sum_{j \in J} q_{uj} x_j \geq F_{u5}, j \in J, u \in U$.

11. По уровню инвестиций в аграрную сферу (бюджетных и внебюджетных):

$$d_{iq} B_j \leq \sum_{i \in I} I_{iq}^{-1} x_j \leq d_{iq} \tilde{B}_j, q \in Q_0.$$

12. По суммарным инвестициям стран-участниц в аграрный сектор не меньше предельной величины, обеспечивающей макроэкономическую стабильность:

$$\sum_{j \in J} I_{iq}^{-1} x_j \geq F_{i3}, i \in I, q \in Q_0.$$

13. По положительному сальдо внешней торговли стран экономического сообщества: $\sum_{j \in J} q_{ej} x_j - \sum_{j \in J} q_{uj} x_j \geq 0, e \in E, u \in U, e = u$.

14. По уровню экспортно-импортных операций внутри интеграционного объединения:

а) по экспорту отдельной страны экономического сообщества, отражающего суммарный импорт остальных стран-участниц по внешнеэкономическим связям с данной страной: $q_{ej} x_j - \sum_{j \in J, j' \in J} x_{ujj'} \geq 0, e \in E, u \in U, e = u$.

б) по сальдо внешней торговли страны-участницы с остальными странами экономического сообщества: $x_{ej} - \sum_{j \in J, j' \in J} x_{ujj'} \geq 0, e \in E, u \in U, e = u$.

в) по суммарному экспорту внутри экономического сообщества:

$$\sum_{j \in J, e \in E} x_{ej} \geq F_7.$$

г) по минимальной и максимальной границам экспорта внутри экономического сообщества: $E_{ej} \leq x_{ej} \leq \tilde{E}_{ej}, e \in E, j \in J$.

д) по минимальной и максимальной границам импорта внутри экономического сообщества: $U_{uj} \leq \sum_{j' \in J \setminus j} u_{ujj'} \leq \tilde{U}_{uj}, u \in U, j \in J$.

Блоки подзадач задачи развития аграрных рынков каждой страны–участницы интеграционного сообщества:

1. По размерам отдельной аграрной отрасли агропромышленного комплекса страны–участницы: $S_{mj} \leq x_{mj} \leq \tilde{S}_{mj}, m \in M, j \in J$.

2. По балансу аграрной продукции (соотношению производства и потребления аграрной продукции):

$$d_{mj}x_{mj} + \hat{x}_{mj} + O_{mj} \geq n_{mj} \left(N_j + \sum_{i \in I_1} x'_{ij} \right) + x'_{mj} + \tilde{x}_{mj} + \tilde{O}_{mj}, m \in M, j \in J.$$

3. По границам производственного потребления аграрной продукции:

$$W_{mj} \leq x'_{mj} \leq \tilde{W}_{mj}, m \in M, j \in J.$$

4. По объемам общего экспорта и импорта отдельной аграрной продукции в натуральном выражении (во все страны мира):

$$E_{mj} \leq \tilde{x}_{mj} \leq \tilde{E}_{mj}, m \in M, j \in J; U_{mj} \leq \hat{x}_{mj} \leq \tilde{U}_{mj}, m \in M, j \in J.$$

5. По емкости внутренних рынков отдельных видов аграрной продукции, формируемых благодаря инвестициям определенных видов:

$$W_{mij} \leq n_{mj}x'_{ij} \leq \tilde{W}_{mij}, m \in M, i \in I_1, j \in J.$$

6. По уровню экспортно-импортных операций (по видам аграрной продукции) внутри интеграционного объединения:

а) по затратам государства-участника на производство аграрной продукции, предназначенной для импорта в другие страны экономического сообщества:

$$d_{j0}x_j \geq \sum_{m \in M, u \in U_m, j' \in J \setminus j} \hat{c}_{mj}x_{mujj'}, j \in J;$$

б) по сальдо внешней торговли страны–участницы с остальными странами экономического сообщества:

$$x_{emj} - \sum_{u \in U_m, u=e, j' \in J \setminus j} x_{mujj'} \geq P_{emj}, m \in M, e \in E_m, j \in J;$$

в) по суммарному экспорту аграрной продукции внутри экономического сообщества:

$$\sum_{j \in J, m \in M, e \in E_m} c_{emj}x_{emj} \geq F_8;$$

г) по минимальной и максимальной границам экспорта аграрной продукции (по видам) внутри экономического сообщества:

$$E_{emj} \leq x_{emj} \leq \tilde{E}_{emj}, j \in J, m \in M, e \in E_m;$$

д) по минимальной и максимальной границам импорта аграрной продукцией внутри экономического сообщества:

$$U_{mj'j} \leq \sum_{u \in U_m} x_{muj'j} \leq \tilde{U}_{mj'j}, \quad m \in M, j \in J, j' \in J \setminus j;$$

е) вспомогательные уравнения:

$$\sum_{u \in U_m, j' \in J \setminus j} x_{muj'j} \leq \hat{x}_{mj}, \quad \sum_{u \in U_m, j' \in J \setminus j} x_{muj'j} \leq \check{x}_{mj}, \quad m \in M, j \in J;$$

$$\sum_{u \in U_m, j' \in J \setminus j} x_{muj'j} = \sum_{e \in E_m} x_{emj}, \quad m \in M, j \in J;$$

$$x_{ej} = \sum_{u \in U_m, u=e, j' \in J \setminus j} c_{emj} x_{muj'j}, \quad m \in M, e \in E_m, j \in J;$$

$$x_{ujj'} = c_{umjj'} x_{mujj'}, \quad m \in M, u \in U_m, j \in J, j' \in J \setminus j.$$

Целевая функция

Максимум добавленной стоимости аграрного сектора, включая стоимость продаж от реализации аграрной продукции на внутреннем и внешнем рынках

$$\sum_{i \in I_1, j \in J, m \in M} p_{ij} c_{ij} n_{mj} x'_{ij} + \sum_{j \in J, m \in M} (p_{mj} c_{mj} x'_{mj} + \check{p}_{mj} \check{c}_{mj} \check{x}_{mj} - \bar{p}_{mj} \bar{c}_{mj} \bar{x}_{mj}) \rightarrow \max$$

Приложение 3. Экономико-математическая модель территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства России

Множества

I – ресурсов;

$I_3 \subset I$ – ресурсов, дифференцированных по природно-сельскохозяйственным зонам;

$I_{0p} \subset I \setminus I_3$ – ресурсов, пополняемых продукцией p (синглетон или пустое множество);

$I_1 \subset I \setminus I_3$ – ресурсов, допускающих пополнение в форме займов;

$I_2 \subset I \setminus I_3$ – воспроизводимых ресурсов $(I_2 = \bigcup_{p \in P} I_{0p})$;

P – видов продукции;

$P_1 \subset P$ – видов условно-транспортабельной продукции²¹;

R – регионов;

²¹ Предполагается, что условно–транспортабельная продукция реализуется в регионах потребления, в связи с чем модель формирует план перевозки такой продукции. Остальная продукция реализуется в регионах производства, в том числе перекупщикам для поставки в другие регионы или на экспорт. Планы ее перевозки не составляются, обеспеченность регионов ею в модели не контролируется.

$R_{0p} \subset R$ – регионов, через которые возможен экспорт или импорт условно–транспортальной продукции p ;

$R_1 \subset R$ – регионов, производящих сельхозпродукцию;

$R_{2r} \subset R$ – регионов, не имеющих транспортной связи с регионом r ;

S – производственных процессов;

$S_{0r} \subset S$ – производственных процессов, *фактически* реализуемых в регионе r (синглетон);

Z – природно-сельскохозяйственных зон;

Y – исходных случайных условий.

$\#$ – оператор «число элементов множества».

Переменные

k_{rs} – интенсивность производственных процессов (в долях к фактической интенсивности);

q_{rpy} – продажи продукции в тыс. т или млн руб.;

x_{rpy} и m_{rpy} – экспорт и импорт продукции в тыс. т;

l_{iry} – размеры займов, млн руб.;

u_{iry} – объем пополнения воспроизводимых ресурсов, тыс. т;

$e_{pr\tilde{r}y}$ – объемы ввоза в регион r из региона $\tilde{r}$, тыс. т;

v_{rpy} – цена продукции, тыс. руб./т, руб./руб.;

$\hat{v}_{py}, \tilde{v}_{py}$ – пограничные цены импорта и экспорта, тыс. руб./т;

w_1 – маржинальный доход, млн руб.

Известные величины

a_{izsy}, a_{isy} – затраты ресурса i согласно фактическим данным региона s при исходе случайных условий y , тыс. т, млн руб., тыс. га, тыс. голов;

c_{izry}, c_{iry} – наличие ресурса, тыс. т, млн руб., тыс. га;

b_{psy} – выпуск продукции согласно фактическим данным региона s при исходе случайных условий y , тыс. т, млн руб.;

d_{pr} – потребность в продукции, тыс. т;

w_{rs} – альтернативные издержки производства, млн руб.;

$f_{r\tilde{r}}$ – расстояние между регионами, км;

g_{ry} – цена перевозки, тыс. руб./т/км;

δ – безразмерный параметр, определяющий область доверия (*Thompson et al.*, 1990);

l_{iy} – процент по кредитам, руб./руб.

Система ограничений

1. Баланс ресурсов, тыс. т, тыс. га, млн руб., тыс. голов:

$$\begin{aligned}\sum_{s \in S} a_{izsy} k_{rs} &\leq c_{izry} \quad i \in I_3, z \in Z, r \in R_1, y \in Y; \\ \sum_{s \in S} a_{isy} k_{rs} &\leq c_{iry} + l_{iry} + u_{iry}, \quad i \in I \setminus I_3, r \in R_1, y \in Y; \\ l_{iry} &= 0, i \in I \setminus I_1; \quad u_{iry} = 0, i \in I \setminus I_2.\end{aligned}$$

2. Баланс продукции, тыс. т, млн руб.:

$$\begin{aligned}\sum_{s \in S} b_{psy} k_{rs} - \sum_{i \in I_{0p}} (u_{iry} + \sum_{s \in S} a_{isy} k_{rs}) - \sum_{\tilde{r} \in R} e_{p\tilde{r}ry} + \sum_{\tilde{r} \in R_1} e_{p\tilde{r}ry} - x_{rpy} + m_{rpy} &= q_{rpy}, \\ r \in R, p \in P_1, y \in Y;\end{aligned}$$

$$e_{p\tilde{r}ry} = 0, p \in P_1, r \in R, \tilde{r} \in R_{2r}, y \in Y; \quad x_{rpy} = m_{rpy} = 0, p \in P_1, r \in R \setminus R_{0p}, y \in Y;$$

$$\sum_{s \in S} b_{psy} k_{rs} = q_{rpy}, \quad r \in R, p \in P \setminus P_1, y \in Y.$$

3. Удовлетворение потребности, тыс. т:

$$q_{rpy} \geq d_{pr}, r \in R, p \in P_1, y \in Y.$$

4. Насыщение рынка, тыс. т:

$$q_{rpy} \leq (1 + \delta) d_{pr}, r \in R, p \in P_1, y \in Y.$$

5. Маржинальный доход сельского хозяйства России, включая доходы торговых посредников, млн руб.:

$$\begin{aligned}\frac{1}{\#Y} \sum_{y \in Y} \left(\left(\sum_{p \in P, r \in R} v_{rpy} q_{rpy} \right) - \left(\sum_{p \in P_1, r \in R, \tilde{r} \in R_1} g_{ry} f_{\tilde{r}} e_{p\tilde{r}ry} \right) - \left(\sum_{i \in I_1, r \in R_1} l_{iy} l_{iry} \right) \right) + \\ + \frac{1}{\#Y} \sum_{y \in Y, p \in P_1, r \in R_{0p}} (\tilde{v}_{py} x_{rpy} - \hat{v}_{py} m_{rpy}) - \sum_{r \in R, s \in S} w_{rs} k_{rs} = w_1.\end{aligned}$$

6. Ограничение, определяющее область доверия (*Thompson et al.*, 1990):

$$k_{rs} \geq 1 - \delta, r \in R_1, s \in S_{0r}; \quad 0 \leq k_{rs} \leq \delta, r \in R_1, s \in S \setminus S_{0r}.$$

7. Условия неотрицательности переменных:

$$\begin{aligned}
l_{iry} &\geq 0, \quad u_{iry} \geq 0, \quad i \in I_1, r \in R_1, y \in Y; \\
e_{pr\tilde{r}y} &\geq 0, \quad p \in P_1, r \in R, \tilde{r} \in R \setminus R_{2r}, y \in Y; \\
x_{rpy} &\geq 0, m_{rpy} \geq 0, p \in P_1, r \in R_{0p}, y \in Y.
\end{aligned}$$

Целевая функция

Максимум маржинального дохода сельского хозяйства России, включая доходы торговых посредников, млн руб.: $w_1 \rightarrow \max$.

Приложение 4. Распределение сельхозугодий и пашни регионов Российской Федерации по природно-сельскохозяйственным зонам

z_1 (полярно-тундровая):	Магаданская обл.
z_2 (северотаежная):	Мурманская обл., Камчатский край
z_3 (среднетаежная):	Карелия, Коми, Якутия; Архангельская, Вологодская, Ленинградская, Кировская, Свердловская, Тюменская, Томская, Иркутская обл.; Пермский, Красноярский край
z_4 (лесная):	Марий Эл, Удмуртия; Брянская, Владимирская, Ивановская, Калужская, Костромская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тверская, Ярославская, Калининградская, Новгородская, Псковская, Нижегородская, Омская, Амурская, Сахалинская обл.; Приморский, Хабаровский край
z_5 (лесостепная):	Башкортостан, Мордовия, Татарстан, Чувашия; Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тамбовская, Тульская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Курганская, Челябинская, Кемеровская, Новосибирская обл.
z_6 (степная):	Краснодарский край
z_7 (сухостепная):	Ингушетия; Ростовская, Оренбургская обл.; Алтайский край
z_8 (полупустынная):	Дагестан; Волгоградская, Саратовская обл.; Ставропольский край
z_9 (пустынная):	Калмыкия, Астраханская обл.
y_1 (горно-тундровая):	Ханты-Мансийский а.о.

y_5 (горно-лугово-степная):	Респ. Алтай, Бурятия, Тыва, Хакасия, Забайкальский край, Еврейская авт. обл.
y_6 (предгорная степная и субтропическая):	Адыгея, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия, Северная Осетия, Чечня

Приложение 5. Экономико-математическая модель частичного равновесия на рынках сельскохозяйственной продукции субъектов Российской Федерации

Система ограничений модели территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства

См. приложение 3, пп. 1...7.

Система ограничений задачи, двойственной к модели территориально-отраслевой структуры сельского хозяйства

Переменные:

$\lambda_{izry}, \lambda_{iry}$ – теневые цены ресурсов, млн руб. на единицу ресурса;

μ_{pry} – теневые цены продукции, млн руб. на единицу продукции;

$\check{\mu}_{pry}, \hat{\mu}_{pry}$ – теневые цены условий удовлетворения потребности и насыщения рынка, тыс. руб./т;

ξ_{rs} – теневые цены ограничений, определяющих область доверия, млн руб.;

w_2 – альтернативная стоимость ресурсов, млн руб.

Остальные используемые обозначения введены в приложении 3.

Ограничения:

Условие оптимальности для производственных процессов, млн руб.:

$$\sum_{y \in Y} \left(\sum_{i \in I_3, z \in Z} a_{izsy} \lambda_{izry} + \sum_{i \in I \setminus I_3} a_{isy} \lambda_{iry} + \sum_{p \in P} b_{psy} \mu_{pry} - \sum_{p \in P, i \in I_{0p}} a_{isy} \mu_{pry} \right) + \xi_{rs} \geq -w_{rs},$$

$$r \in R_1, s \in S.$$

1. Условие оптимальности для объемов продаж, тыс. руб./т или руб./руб.:

$$-\mu_{pry} + \check{\mu}_{pry} + \hat{\mu}_{pry} \geq v_{rpy} / \#Y, \quad p \in P, r \in R, y \in Y;$$

$$\check{\mu}_{pry} = \hat{\mu}_{pry} = 0, \quad p \in P \setminus P_1, r \in R, y \in Y.$$

2. Условие оптимальности для объемов экспорта, тыс. руб./т:

$$-\mu_{py} \geq \tilde{v}_{py} / \#Y, \quad p \in P_1, r \in R_{0p}, y \in Y.$$

3. Условие оптимальности для объемов импорта, тыс. руб./т:

$$\mu_{py} \geq -\hat{v}_{py} / \#Y, \quad p \in P_1, r \in R_{0p}, y \in Y.$$

4. Условие оптимальности для объемов перевозок продукции, тыс. руб./т:

$$-\mu_{py} + \mu_{p\tilde{r}y} \geq g_{ry} f_{r\tilde{r}} / \#Y, \quad p \in P_1, r \in R_1, \tilde{r} \in R, y \in Y.$$

5. Условие оптимальности для объемов займов, руб./руб.:

$$\lambda_{iry} \leq \iota_{iy} / \#Y, \quad i \in I_1, r \in R_1, y \in Y.$$

6. Условие оптимальности для пополнения воспроизводимых ресурсов, тыс. руб./т:

$$\sum_{i \in I_{0p}} \lambda_{iry} + \mu_{py} \leq 0, \quad p \in P_1, r \in R_1, y \in Y.$$

7. Альтернативная стоимость ресурсов, млн руб.:

$$\begin{aligned} \sum_{y \in Y, r \in R_1} \left(\sum_{i \in I_3, z \in Z} c_{izry} \lambda_{izry} + \sum_{i \in I \setminus I_3} c_{iry} \lambda_{iry} \right) + \sum_{i \in P_1, r \in R} \left(d_{pr} \tilde{\mu}_{py} + (1 + \delta) d_{pr} \hat{\mu}_{py} \right) \\ + \delta \cdot \sum_{s \in S \setminus S_{0r}} \xi_{rs} + (1 - \delta) \cdot \sum_{s \in S_{0r}} \xi_{rs} = w_2. \end{aligned}$$

8. Домены переменных двойственной задачи:

$$\begin{aligned} \lambda_{izry} \geq 0, i \in I_3, z \in Z, r \in R_1, y \in Y; \quad \lambda_{iry} \geq 0, i \in I \setminus I_3, r \in R_1, y \in Y; \\ \tilde{\mu}_{py} \leq 0, p \in P, r \in R, y \in Y; \quad \hat{\mu}_{py} \geq 0, p \in P, r \in R, y \in Y; \\ \xi_{rs} \geq 0, r \in R_1, s \in S \setminus S_{0r}; \quad \xi_{rs} \leq 0, r \in R_1, s \in S_{0r}; \end{aligned}$$

Определение равновесных цен через функции спроса и условия равновесия

Известные величины:

$\tilde{q}_{rpy}$ – объем продаж продукции на региональном рынке (тыс. т, млн руб.), при котором цены равны $\tilde{v}_{rpy}$;

$\omega_{p\tilde{r}}$ – эластичность или кросс-эластичность спроса по цене;

$\tilde{x}_{rpy}$ – объем экспорта (тыс. т), при котором экспортная цена равна $\tilde{v}_{py}$;

$\tilde{m}_{rpy}$ – объем импорта (тыс. т), при котором цена импорта равна $\tilde{v}_{py}$;

$\bar{\omega}_{p\tilde{r}}$ и $\hat{\omega}_{p\tilde{r}}$ – эластичности (кросс-эластичности) цен экспорта и импорта по соответствующим объемам в окрестности объемов $\tilde{x}_{rpy}$ и $\tilde{m}_{rpy}$;

ε – малое значение, предупреждающее вычислительную ошибку при $q_{rpy} \rightarrow 0$.

Ограничения:

9. Условия равновесия на региональных рынках при спросе, задаваемом степенной функцией, $\ln(\text{тыс. т})$:

$$\ln(q_{rpy} + \varepsilon) - \ln(\tilde{q}_{rpy} + \varepsilon) = \sum_{\tilde{p} \in P} \omega_{p\tilde{p}} \cdot (\ln(v_{rpy} + \varepsilon) - \ln(\tilde{v}_{rpy} + \varepsilon)), \quad r \in R, p \in P, y \in Y.$$

10. Расчет равновесной цены экспорта, тыс. руб./т:²²

$$\tilde{v}_{py} = \tilde{\tilde{v}}_{py} \left(1 - \sum_{\tilde{p} \in P_1} \left(\tilde{\omega}_{p\tilde{p}} - \frac{\tilde{\omega}_{p\tilde{p}}}{\tilde{x}_{r\tilde{p}y}} \cdot \sum_{r \in R_{0p}} x_{r\tilde{p}y} \right) \right), \quad p \in P_1, y \in Y.$$

11. Расчет равновесной цены импорта, тыс. руб./т:

$$\hat{v}_{py} = \tilde{\tilde{v}}_{py} \left(1 - \sum_{\tilde{p} \in P_1} \left(\hat{\omega}_{p\tilde{p}} - \frac{\hat{\omega}_{p\tilde{p}}}{\tilde{m}_{r\tilde{p}y}} \cdot \sum_{r \in R_{0p}} m_{r\tilde{p}y} \right) \right), \quad p \in P_1, y \in Y.$$

Целевая функция

Минимум разности целевых функций прямой и двойственной задач модели территориально–отраслевой структуры сельского хозяйства:

$$w_2 - w_1 \rightarrow \min.$$

Приложение 6. Модификация экономико-математической модели оптимальной производственно-отраслевой структуры сельскохозяйственного предприятия для планирования фонда оплаты труда

Индексы и множества

j – индекс сельскохозяйственных культур и отраслей;

J_0 – множество сельскохозяйственных культур и отраслей;

J_1 – множество отраслей растениеводства, $J_1 \in J_0$;

J_2 – множество отраслей животноводства, $J_2 \in J_0$;

²² Как и в большинстве вычислимых моделей частичного равновесия, здесь предполагается, что пограничный рынок несовершенен и на нем возможны встречные товарные потоки.

i – индекс видов земельных угодий, труда, питательных веществ, видов продукции;

I_1 – множество видов земельных угодий;

I_2 – множество видов труда;

I_3 – множество видов питательных веществ;

I_4 – множество видов товарной продукции;

I_j – множество видов товарной продукции, получаемой от отрасли j ;

I_5 – множество составляющих частей фонда оплаты труда;

h – номер вида корма;

H_0 – множество видов кормов;

H_1 – множество покупных кормов;

H_2 – множество кормов животного происхождения и побочных кормов;

H_3 – множество побочных кормов, $H_3 \in H_2$;

H_4 – множество основных кормов собственного производства, $H_4 \in H_0$;

H_5 – множество обмениваемых кормов, $H_5 \in H_4$;

H_h – множество кормов, в обмен на которые можно получить корм h , $H_h \in H_5$;

Переменные

X_j – размер отрасли j , га (голов);

X_h – объем закупки корма вида h , ц;

$\overline{X_h}$ – количество кормов животного происхождения и побочных, ц;

$\hat{X}_{hh'}$ – количество корма h' , переданного в обмен на корм h , ц;

$\tilde{X}_h$ – количество корма h , полученного в обмен, ц;

X_{hj} – прибавка корма вида h для вида или половозрастной группы j сверх минимальной потребности, ц;

X_i – рыночный фонд продукции, ц;

$\tilde{X}_i$ – составляющая часть i фонда оплаты труда работников предприятия, тыс. руб.;

$\hat{X}$ – общий фонд оплаты на предприятии, тыс. руб.;

$\tilde{X}$ – материально-денежные затраты, тыс. руб.;

$\bar{X}$ – стоимость товарной продукция, тыс. руб.;

Известные величины

A_i – ресурсы земельных угодий вида i , га;

B_i – ресурсы труда вида i , чел.-ч.;

P_i – объем продукции вида i , подлежащей реализации по госзаданию и (или) долгосрочным контрактам, ц;

W_h – расход корма h на внутрихозяйственные нужды, ц;

$\tilde{D}_j, D_j$ – соответственно минимальный и максимальный размер отрасли вида j , га (гол);

E_h – максимальное количество покупки корма вида h , ц;

a_{ij} – расход земельных угодий вида i на единицу отрасли растениеводства вида j , га;

b_{ij} – расход труда вида i на единицу отрасли вида j , чел.-ч.;

K_{ih} – содержание питательных веществ вида i в единице корма вида h , ц;

l_{ij} – норматив отчисления в составляющую часть i фонда оплаты труда в расчете на единицу отрасли j , тыс. руб./га или тыс. руб./гол.;

$m_i^{\min}, m_i^{\max}$ – соответственно минимальная и максимальная доля фонда оплаты труда вида i ;

C_i – выручка от реализации единицы товарной продукции вида i , тыс. руб./ц;

C_h – затраты на приобретение единицы покупного корма вида h , тыс. руб./ц;

d_{ij} – выход товарной продукции i с единицы отрасли j , ц/га или ц/гол.;

d_{hj} – выход корма вида h на единицу отрасли вида j , ц/га или ц/гол.;

$\overset{\min}{W}_{hj}, \overset{\max}{W}_{hj}$ – соответственно минимальный и максимальный расход корма на единицу отрасли вида j , ц;

W_{ij} – расход питательного вещества i на единицу отрасли животноводства вида j , ц;

f_{ij} – материально-денежные затраты единицы отрасли вида j без учета оплаты труда, тыс. руб.

Система ограничений

1. Использование земельных угодий, га:

$$\sum_{j \in J_1} a_{ij} X_j \leq A_i, i \in I_1.$$

2. Использование трудовых ресурсов, чел.-ч.:

$$\sum_{j \in J_0} b_{ij} X_j \leq B_i, i \in I_2.$$

3. Баланс кормов и формирование рационов:

а) баланс основных видов кормов, ц:

$$\sum_{j \in J_2} \bar{W}_{hj} X_j + \sum_{j \in J_2} X_{hj} \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} X_j + X_h - W_h + \tilde{X}_h - \sum_{h' \in H_h} \hat{X}_{hh'}, h \in H_4.$$

б) баланс побочных кормов и кормов животного происхождения, ц:

$$\sum_{j \in J_2} \bar{W}_{hj} X_j + \sum_{j \in J_2} X_{hj} = \bar{X}_h, h \in H_2.$$

в) производство побочных кормов, ц:

$$\bar{X}_h \leq \sum_{j \in J_1} d_{hj} X_j - W_h, h \in H_3.$$

г) покупка кормов, ц:

$$X_h \leq E_h, h \in H_1.$$

д) ограничение прибавки корма сверх минимальной нормы его потребления, ц:

$$X_{hj} \leq \left(\bar{W}_{hj} - \bar{W}_{hj} \right) X_j, h \in H_0, j \in J_2.$$

е) баланс питательных веществ, МДж или кг:

$$\begin{aligned} \sum_{j \in J_2} W_{ij} X_j &\leq \sum_{j \in J_1, h \in H_4} d_{hj} K_{ih} X_j + \sum_{h \in H_1} K_{ih} X_h + \sum_{h \in H_2} K_{ih} \bar{X}_h + \\ &+ \sum_{h \in H_3} K_{ih} X_h + \sum_{h \in H_5} K_{ih} \left(\tilde{X}_h - \sum_{h' \in H_h} \hat{X}_{hh'} \right) - \sum_{h \in H_0} K_{ih} W_h, i \in I_3. \end{aligned}$$

ж) баланс обмена кормами, ц:

$$\tilde{X}_h = \sum_{h' \in H_h} K_{hh'} \hat{X}_{hh'}, h \in H_5.$$

4. Технические ограничения по площади отдельных культур и размеру отраслей, га или голов:

$$\tilde{D}_j \leq X_j \leq D_j, j \in J_0.$$

5. По продаже продукции, ц:

$$\sum_{j \in J_0} d_{ij} X_j = P_i + X_i, i \in I_4.$$

6. По стоимости товарной продукции, тыс. руб.:

$$\sum_{j \in J_0, i \in I_j} (d_{ij} X_j) C_i = \bar{X}.$$

7. По материально–денежным затратам (без оплаты труда), тыс. руб.:

$$\sum_{j \in J_0} f_{ij} X_j + \sum_{h \in H_1} C_h X_h = \tilde{X}.$$

8. По формированию фонда оплаты труда (в целом по предприятию)

$$\sum_{i \in I_5} \tilde{X}_i = \hat{X}.$$

9. По формированию фондов оплаты труда:

$$\sum_{j \in J_0} l_{ij} X_j \leq \tilde{X}_i, i \in I_5.$$

10. По предельному объему фонда оплаты труда:

$$m_i^{\min} \bar{X} \leq \tilde{X}_i \leq m_i^{\max} \bar{X}, i \in I_5.$$

11. Условия неотрицательных переменных:

$$X_j \geq 0, j \in J_0; X_h \geq 0, h \in H_1; \bar{X}_h \geq 0, h \in H_2; \hat{X}_{hh'} \geq 0, h \in H_5, h' \in H_h; \tilde{X}_h \geq 0, h \in H_5;$$

$$X_{hj} \geq 0, h \in H_0, j \in J_2; X_i \geq 0, i \in I_4; \tilde{X}_i \geq 0, i \in I_5; \hat{X} \geq 0; \tilde{X} \geq 0; \bar{X} \geq 0.$$

Целевая функция

Максимум валового дохода, тыс. руб.

$$\bar{X} - \tilde{X} \rightarrow \max.$$

Приложение 7. Экономико-математическая модель программы развития мясоперерабатывающего предприятия

Индексы и множества

i – номер вида сырья;

j – номер вида затрат (труда, затрат на производство и реализацию продукции, основных производственных фондов);

i' – номер вида продукции;

$\tilde{i}$ – номер вида товарной группы;

I_1 – множество видов сырья (однотипное сырье различного качества считается разными видами сырья);

I_2 – множество видов товарных групп;

$I_{\tilde{i}}$ – множество видов продукции, относящихся к товарной группе $\tilde{i} \in I_2$;

J – множество видов затрат (труда, затрат на производство и реализацию продукции, основных производственных фондов);

J_0 – множество (синглетон) видов ресурсов, включающее в себя денежные средства ($J_0 \subset J$);

n – номер направления переработки сырья;

N – множество направлений переработки сырья;

k – номер канала реализации продукции;

K – множество каналов реализации продукции.

Переменные

x_i – количество сырья вида и качества i ;

x_{in} – количество сырья вида и качества i , направленное на переработку вида n ;

$x_{i'n}$ – количество продукции вида i' , полученное в результате переработки вида n ;

$x_{\tilde{i}n}$ – количество продукции товарной группы $\tilde{i}$, полученной в результате переработки по направлению вида n ;

$x_{\tilde{i}k}$ – количество продукции товарной группы $\tilde{i}$, реализованной по каналу сбыта k ;

$x_{i'k}$ – количество продукции вида i' , реализованной по каналу сбыта k ;

y_j – затраты (труда, на производство и реализацию продукции, основных производственных фондов) вида j ;

$\bar{y}$ – выручка от реализации продукции.

Известные величины

E_i – доступное количество сырья вида и качества i ;

$d_{i'n}$ – выход продукции вида i' (относящейся к товарной группе вида $\tilde{i}$) с единицы сырья вида и качества i после переработки вида n ;

M_n – мощность перерабатывающего цеха вида n ;

$M_{\tilde{i}n}$ – мощность перерабатывающего цеха вида n по производству товарной группы $\tilde{i}$;

$\tilde{D}_{i'n}, D_{i'n}$ – соответственно минимальное и максимальное количество продукции вида i' , произведенной при переработке вида n ;

$\tilde{d}_{i'n}, d_{i'n}$ – соответственно минимальная и максимальная доля продукции вида i' , произведенной при переработке вида n , в товарной группе $\tilde{i}$, произведенной тем же способом;

$\tilde{D}_{i'k}, D_{i'k}$ – соответственно минимальное и максимальное количество продукции вида i' , реализованной по каналу сбыта k ;

$\tilde{d}_{i'k}, d_{i'k}$ – соответственно минимальная и максимальная доля продукции вида i' , реализованной по каналу сбыта k в товарной группе товаров вида $\tilde{i}$;

c_{ij} – затраты вида j на заготовку единицы сырья вида i ;

$c_{i'jn}$ – затраты вида j на производство единицы продукции вида i' в результате переработки сырья способом n ;

$c_{i'jk}$ – затраты вида j на реализацию единицы продукции вида i' по каналу сбыта k ;

$p_{i'k}$ – количество денежных средств, полученных от реализации единицы продукции вида i' , реализованной по каналу k ;

$\bar{p}_{i'n}$ – добавленная стоимость, полученная при производстве продукции вида i' в результате переработки сырья способом n ;

$p_{i'n}$ – цена реализации продукции вида i' , полученной в результате переработки сырья способом n ;

$E_{i'n}$ – энергетическая ценность (калорийность) продукции вида i' , полученной в результате переработки сырья способом n ;

$\bar{P}$ – норматив полезного эффекта, определяемый как средневзвешенное отношение энергетической ценности каждого продукта к его цене в предыдущем плановом периоде;

P – норматив валовой добавленной стоимости мясоперерабатывающего предприятия, принятый равным добавленной стоимости, произведенной в предыдущем плановом периоде.

Система ограничений

1. По заготовке сырья (с учетом его качества) –

$$x_i \leq E_i, \quad i \in I_1.$$

2. По распределению сырья по направлениям переработки –

$$x_i = \sum_{n \in N} x_{in}, i \in I_1.$$

3. По производству мяса и мясных продуктов в ассортименте –

$$x_{i'n} = d_{i'n} x_{in}, n \in N, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2, i \in I_1.$$

4. По производству товарных групп –

$$\sum_{i' \in I_{\tilde{i}}} x_{i'n} = x_{in}, \tilde{i} \in I_2, n \in N.$$

5. По предельным объемам производства продукции в ассортименте –

$$\tilde{D}_{i'n} \leq x_{i'n} \leq D_{i'n}, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2, n \in N;$$

$$\tilde{d}_{i'n} x_{in} \leq x_{i'n} \leq d_{i'n} x_{in}, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2, n \in N.$$

6. По использованию мощности перерабатывающего цеха (мясоперерабатывающего предприятия) –

$$\sum_{i' \in I_{\tilde{i}}} x_{i'n} \leq M_{in}, \tilde{i} \in I_2, n \in N;$$

$$\sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}} x_{i'n} \leq M_n, n \in N.$$

7. По связи производства и реализации продукции (товарных групп) –

$$\sum_{n \in N} x_{i'n} = \sum_{k \in K} x_{i'k}, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2.$$

8. По сбыту продукции товарных групп –

$$\sum_{i' \in I_{\tilde{i}}} x_{i'k} = x_{ik}, \tilde{i} \in I_2, k \in K.$$

9. По объемам сбыта продукции в разрезе каналов реализации –

$$\tilde{D}_{i'k} \leq x_{i'k} \leq D_{i'k}, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2, k \in K;$$

$$\tilde{d}_{i'k} x_{ik} \leq x_{i'k} \leq d_{i'k} x_{ik}, i' \in I_{\tilde{i}}, \tilde{i} \in I_2, k \in K.$$

10. По формированию затрат (труда, затрат на производство и реализацию продукции, основных производственных фондов) –

$$\sum_{i \in I_1} c_{ij} x_i + \sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, n \in N} c_{i'jn} x_{i'n} + \sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, k \in K} c_{i'jk} x_{i'k} = y_j, j \in J.$$

11. По выручке от реализации продукции –

$$\sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, k \in K} p_{i'k} x_{i'k} = \bar{y}.$$

12. По формированию добавленной стоимости –

$$\sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, n \in N} \bar{p}_{i'n} x_{i'n} \geq P.$$

13. По удовлетворению потребностей потребителей –

$$\sum_{\tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, n \in N} (E_{i'n} / p_{i'n}) x_{i'n} \geq \bar{P}.$$

14. Неотрицательность переменных –

$$x_i \geq 0, x_{in} \geq 0, x_{i'n} \geq 0, x_{i'k} \geq 0, x_{in} \geq 0, x_{ik} \geq 0, y_j \geq 0, \bar{y} \geq 0, \tilde{i} \in I_2, i' \in I_{\tilde{i}}, k \in K, n \in N, j \in J.$$

Целевая функция

Максимум прибыли организации: $\bar{y} - y_j \rightarrow \max, j \in J_0$.

Приложение 8. Экономико-математическая модель оптимального объема производства лекарственного растительного сырья и его распределения по направлениям переработки

Индексы и множества

j – индекс видов лекарственных растений;

i – индекс ресурсов, видов лекарственного сырья и готовой продукции;

i' – индекс ассортиментной группы готовой продукции;

k – индекс канала поставки сырья или реализации готовой продукции;

n – индекс способа переработки лекарственного растительного сырья;

J – множество видов лекарственных и эфиромасличных растений;

I_0 – множество видов лекарственного растительного сырья;

I_1 – множество видов земельных угодий;

I_2 – множество ассортиментных групп готовой продукции;

N – множество способов переработки и реализации лекарственного растительного сырья;

K_1 – множество каналов приобретения растительного лекарственного сырья у сторонних поставщиков.

K_2 – множество каналов реализации готовой продукции.

Известные величины

A_i – ресурсы земельных угодий вида i , га;

a_i – ресурс земельных угодий вида i , доступных для вовлечения в производство, га;

V_{ij} – выход лекарственного растительного сырья вида i , получаемого с 1 га посевов лекарственных растительных трав вида j , ц;

a_{ij} – расход земельных угодий вида i на единицу площади, занятой под лекарственным растительным сырьем j , га/га;

$d_{i'n}$ – выход товара ассортиментной группы i' из 1 ц лекарственного растительного сырья вида i , переработанного способом n , ц или упаковок.

c_j – затраты на единицу площади возделывания лекарственного растительного сырья j ;

c_{ink} – затраты на приобретение единицы лекарственного растительного сырья вида i , переработанного способом n , по каналу k , тыс. руб./ц;

c_{in} – затраты на переработку лекарственного растительного сырья вида i способом n , тыс. руб./ц;

$\bar{D}_{i'n}, D_{i'n}$ – соответственно максимальный и минимальное количество готовой продукции i' , произведенной способом n из лекарственного растительного сырья вида i , ц или упаковок;

$\bar{D}_{i'k}, D_{i'k}$ – соответственно максимальный и минимальный объем продаж готовой продукции i' по каналу k , ц или упаковок;

$\bar{D}_{ink}, D_{ink}$ – соответственно максимальный и минимальный объем поставок лекарственного растительного сырья i , переработанного способом n , по каналу k , ц;

$p_{i'k}$ – выручка от продажи единицы (1 ц или одной упаковки) готовой продукции ассортиментной группы i' по каналу k .

Переменные

x_j – площадь, занятая под выращивание лекарственных трав вида j , га;

x_i – количество привлеченных земельных угодий вида i , га;

x_{in} – количество лекарственного растительного сырья вида i , перерабатываемого способом n , ц;

x_{ij} – количество лекарственного растительного сырья вида i , получаемого при выращивании лекарственных трав вида j , ц;

$x_{i'n}$ – количество товара ассортиментной группы вида i' , полученного из лекарственного растительного сырья i , переработанного способом n , упаковок или ц;

$\hat{x}_{ink}$ – количество лекарственного растительного сырья вида i , переработанного способом n сторонними предприятиями и приобретенного у них по каналу k , ц;

$x_{i'k}$ – количество товара ассортиментной группы i' , реализованного по каналу сбыта вида k , упаковок или ц;

$\alpha_{ii'n}$ – переменная, обозначающая использование (1) или неиспользование (0) способа n переработки растительного сырья i в продукцию ассортиментной группы i' ;

$\alpha_{i'k}$ – переменная, обозначающая использование (1) или неиспользование (0) канала k продажи продукции ассортиментной группы i' ;

α_{ink} – переменная, обозначающая использование (1) или неиспользование (0) канала k закупки лекарственного растительного сырья i , переработанного способом n , у сторонних поставщиков;

$\bar{y}$ – выручка от продажи товарной продукции, тыс. руб.;

y – издержки производства продукции, тыс. руб.

Система ограничений

1. Ограничение по использованию земельных угодий для выращивания лекарственного растительного сырья, га:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = A_i + x_i, i \in I_1.$$

2. Ограничение на вовлекаемую в оборот землю, га:

$$x_i \leq a_i, i \in I_1.$$

3. Расчет валового сбора лекарственных растений, ц:

$$x_{ij} = V_{ij} x_j, j \in J, i \in I_0.$$

4. Распределение лекарственного растительного сырья по направлению переработки и реализации, ц:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = \sum_{n \in N} x_{in}, j \in J, i \in I_0.$$

5. Расчет объемов готовой продукции в ассортименте (упаковок, ц):

$$d_{i'in} \left(x_{in} + \sum_{k \in K_1} \hat{x}_{ink} \right) = x_{i'in}, n \in N, i' \in I_2, i \in I_0.$$

6. Ограничение объемов производства (упаковок, ц):

$$D_{ii'n} \alpha_{ii'n} \leq x_{i'in} \leq \bar{D}_{ii'n} \alpha_{ii'n}, n \in N, i' \in I_2, i \in I_0.$$

7. Распределение продукции по каналам реализации (упаковок, ц):

$$\sum_{i \in I_0, n \in N} x_{i'n} = \sum_{k \in K_2} x_{i'k}, \quad i' \in I_2.$$

8. Ограничение объемов продаж по каждому каналу реализации (упаковок, ц)

$$D_{i'k} \alpha_{i'k} \leq x_{i'k} \leq \bar{D}_{i'k} \alpha_{i'k}, \quad i' \in I_2, k \in K_2.$$

9. Ограничение объемов поставок переработанного лекарственного растительного сырья сторонними поставщиками, ц

$$D_{ink} \alpha_{ink} \leq \hat{x}_{ink} \leq \bar{D}_{ink} \alpha_{ink}, \quad i \in I_0, n \in N, k \in K_1.$$

10. Расчет производственных издержек в разрезе видов продукции, тыс. руб.

$$\sum_{j \in J} c_j x_j + \sum_{i \in I_0, n \in N} c_{in} x_{in} + \sum_{i \in I_0, n \in N, k \in K_1} c_{ink} \hat{x}_{ink} = y.$$

11. Расчет общей выручки от продажи продукции по всем каналам реализации, тыс. руб.:

$$\sum_{i' \in I_2} \sum_{k \in K_2} p_{i'k} x_{i'k} = \bar{y}.$$

12. Условия неотрицательности переменных модели:

$$\begin{aligned} x_j \geq 0, j \in J; \quad x_i \geq 0, i \in I_1; \quad x_{in} \geq 0, i \in I_0, n \in N; \quad x_{ij} \geq 0, i \in I_0, j \in J; \\ x_{i'in} \geq 0, i' \in I_2, i \in I_0, n \in N; \quad \hat{x}_{ink} \geq 0, i \in I_0, n \in N, k \in K_1; \quad x_{i'k} \geq 0, i' \in I_2, k \in K_2; \\ \bar{y} \geq 0; \quad y \geq 0. \end{aligned}$$

13. Домены логических переменных:

$$\alpha_{ii'n} \in \{0;1\}; \quad \alpha_{i'k} \in \{0;1\}; \quad \alpha_{ink} \in \{0;1\}.$$

Целевая функция

Маржинальный доход от продажи продукции переработки лекарственного растительного сырья, тыс. руб.

$$\bar{y} - y \rightarrow \max.$$

Приложение 9. Стохастическая трехэтапная ЭР-модель согласования инвестиционной и операционной деятельности сельскохозяйственной организации

(на примере инвестиций в сооружение
или реконструкцию животноводческих помещений)

Множества

I – множество возделываемых сельскохозяйственных культур;

I_k – множество сельскохозяйственных культур, результатом возделывания которых является продукция вида k ($I_k \subset I$);

J – множество видов сельскохозяйственных животных;

J_k – множество видов сельскохозяйственных животных, результатом содержания (выращивания) которых является продукция вида k ($J_k \subset J$);

K_0 – множество видов продукции отраслей растениеводства, используемых на корм скоту;

K_1 – множество остальных видов товарной продукции отраслей растениеводства;

K_2 – множество видов продукции отраслей животноводства;

Y – множество исходов случайных условий, влияющих на растениеводство;

Z – множество исходов случайных условий, влияющих на животноводство;

$\mathbb{N}$ – множество натуральных чисел;

$\#$ – оператор «число элементов множества».

Переменные

x_{1i} – площадь посевов полевой культуры i , га;

x_{2j} – поголовье сельскохозяйственных животных вида i , голов;

$\hat{x}_{jy}, \tilde{x}_{jy}$ – соответственно поголовье высокопродуктивных и низкопродуктивных сельскохозяйственных животных вида i при исходе случайных условий в растениеводстве y , голов;

x_{3kz} – расход корма k при исходах случайных условий y (в растениеводстве) и z (в животноводстве), ц;

x_{4yz} – приобретение комбикорма при исходах случайных условий y (в растениеводстве) и z (в животноводстве), ц;

x_{5kyz} – продажа продукции растениеводства вида $k \in K_0$ при исходах случайных условий y (в растениеводстве) и z (в животноводстве), ц;

x_{6ky} – продажа продукции растениеводства вида $k \in K_1$ при исходах случайных условий в растениеводстве y , ц;

x_{7ky} – продажа продукции животноводства вида k при исходе случайных условий в растениеводстве y , ц;

x_{8yz} – потребность в краткосрочном кредите при исходе случайных условий y (в растениеводстве) и z (в животноводстве), тыс. руб.

x_9 – потребность в долгосрочном (инвестиционном) кредите, тыс. руб.;

x_{0j} – размер инвестиций в животноводческие помещения для содержания животных вида j (включая оснащение необходимым оборудованием), тыс. руб.

α_i – логическая переменная, означающая включение в план (1) или исключение из плана (0) производства полевой культуры i .

Известные величины

a_{iky} – выход продукции вида k с единицы площади посевов культуры i при исходе случайных условий в растениеводстве y , ц/га;

$\bar{a}_{jk}, \tilde{a}_{jk}$ – выход продукции животноводства вида k с одной головы соответственно высокопродуктивных и низкопродуктивных животных вида j ;

b_1 – площадь пашни, доступная для возделывания сельскохозяйственных культур, га;

$\bar{b}_i, \tilde{b}_i$ – соответственно нижняя и верхняя границы технологически допустимых площадей возделывания отдельных культур, га;

b_{2j} – имеющееся в организации количество скотомест для содержания животных вида j , голов;

b_{3j} – максимальная стоимость инвестиционного проекта, обусловленная возможностями организации по его осуществлению, тыс. руб.;

b_{4y} – ресурс труда в растениеводстве наиболее напряженный период его использования при исходе случайных условий в растениеводстве y , чел.-ч;

b_{5z} – ресурс труда в животноводстве наиболее напряженный период его использования при исходе случайных условий в животноводстве z , чел.-ч;

b_6 – наличие собственных оборотных средств в организации, тыс. руб.

b – размер собственных источников средств для инвестиционной деятельности, которыми располагает организация, тыс. руб.;

$\bar{c}_{jkz}, \check{c}_{jkz}$ – расход корма k на одну голову сельскохозяйственных животных вида j (соответственно высокопродуктивных и низкопродуктивных) при исходе случайных условий в животноводстве z , ц;

$\bar{c}_{jz}, \check{c}_{jz}$ – расход покупного комбикорма на одну голову сельскохозяйственных животных вида j (соответственно высокопродуктивных и низкопродуктивных) при исходе случайных условий в животноводстве z , ц;

c_{1iy} – затраты труда на 1 га посевов полевой культуры i при исходе случайных условий в растениеводстве y , чел.-ч;

$\bar{c}_{1jz}, \check{c}_{1jz}$ – затраты труда на одну голову сельскохозяйственных животных вида j (соответственно высокопродуктивных и низкопродуктивных) при исходе случайных условий в животноводстве z , чел.-ч;

c_{2iy} – потребность в оборотных средствах на 1 га посевов полевой культуры i при исходе случайных условий в растениеводстве y ;

$\bar{c}_{2jz}, \check{c}_{2jz}$ – потребность в оборотных средствах на одну голову сельскохозяйственных животных вида j (соответственно высокопродуктивных и низкопродуктивных) при исходе случайных условий в животноводстве z , тыс. руб.;

c_3 – сумма оборотных средств, связываемая в обороте при покупке 1 ц комбикорма, тыс. руб.;

c_{4k} – сумма оборотных средств, связываемая в запасах в расчете на 1 ц корма k , тыс. руб.;

c_{5k} – сумма оборотных средств, связываемая в обороте при продаже 1 ц продукции k , тыс. руб.;

c_{6iy} – чистый годовой исходящий денежный поток организации в связи с возделыванием 1 га культуры k при исходе случайных условий в растениеводстве y , тыс. руб.;

$\bar{c}_{7jz}, \check{c}_{7jz}$ – чистый годовой исходящий денежный поток организации в связи с содержанием (выращиванием) животного вида j при исходе случайных условий в животноводстве z , тыс. руб.;

c_{8y} – чистый годовой исходящий денежный поток организации в связи с закупкой 1 ц комбикорма при исходе случайных условий в растениеводстве y , тыс. руб.;

c_9 – чистый годовой исходящий денежный поток организации в связи уплатой процентов и комиссий в расчете на 1 руб. краткосрочного кредита, руб.;

c_9 – чистый годовой исходящий денежный поток организации в связи уплатой процентов и комиссий в расчете на 1 руб. долгосрочного кредита, руб.;

c_j – потребность в инвестициях в расчете на одно скотоместо, тыс. руб./гол.;
 p_{ky} – чистый годовой входящий денежный поток организации от продажи 1 ц продукции k при исходе случайных условий y , тыс. руб.;
 r – альтернативная стоимость капитала (руб./руб.).

Ограничения первого (априорного) этапа принятия решения

1. Баланс пашни, га:

$$\sum_{i \in I} x_{1i} \leq b_1.$$

2. Технологические ограничения на возделывание отдельных культур, га:

$$\alpha_i \tilde{b}_i \leq x_{1i} \leq \alpha_i \hat{b}_i, \exists i \in I.$$

3. Баланс скотомест, голов:

$$x_{2j} \leq b_{2j} + c_j^{-1} x_{0j}, j \in J;$$

4. Ограничение на размер инвестиционных проектов, тыс. руб.:

$$x_{0j} \leq b_{3j}, j \in J.$$

5. Ограничение на финансирование инвестиционных проектов, тыс. руб.:

$$\sum_{j \in J} x_{0j} \leq b + x_9.$$

6. Домены переменных первого этапа принятия решения:

$$x_{1i} \geq 0, i \in I; x_{2j} \in \{0\} \cup \mathbb{N}, j \in J; x_9 \geq 0; x_{0j} \geq 0, j \in J; \alpha_i \in \{0; 1\}, i \in I.$$

Ограничения второго и третьего (апостериорных) этапов принятия решения

7. Распределение сельскохозяйственных животных по уровням кормления и продуктивности, голов:

$$x_{2j} = \hat{x}_{jy} + \tilde{x}_{jy}, j \in J, y \in Y.$$

8. Баланс продукции растениеводства, используемой для кормовых целей, ц:

$$\sum_{i \in I_k} a_{iky} x_{1i} = x_{3kzy} + x_{5kzy}, k \in K_0, y \in Y, z \in Z.$$

9. Баланс остальной продукции растениеводства, ц:

$$\sum_{i \in I_k} a_{iky} x_{1i} = x_{6ky}, k \in K_1, y \in Y.$$

10. Кормовой баланс, ц:

$$\sum_{j \in J} (\hat{c}_{jkz} \hat{x}_{jy} + \check{c}_{jkz} \check{x}_{jy}) \geq x_{3kyz}, \quad k \in K_0, y \in Y, z \in Z;$$

$$\sum_{j \in J} (\hat{c}_{jz} \hat{x}_{jy} + \check{c}_{jz} \check{x}_{jy}) \geq x_{4yz}, \quad y \in Y, z \in Z.$$

11. Баланс продукции животноводства, ц:

$$\sum_{j \in J_k} (\hat{a}_{jk} \hat{x}_{jy} + \check{a}_{jk} \check{x}_{jy}) = x_{7ky}, \quad k \in K_2, y \in Y.$$

12. Баланс трудовых ресурсов в напряженный период, чел.-ч:

$$\sum_{i \in I} c_{1iy} x_{1i} \leq b_{4y}, \quad y \in Y;$$

$$\sum_{j \in J} (\hat{c}_{1jz} \hat{x}_{jy} + \check{c}_{1jz} \check{x}_{jy}) \leq b_{5z}, \quad y \in Y, z \in Z.$$

13. Баланс оборотных средств в критический период, тыс. руб.:

$$\sum_{i \in I} c_{2i} x_{2i} + \sum_{j \in J} (\hat{c}_{2jz} \hat{x}_{jy} + \check{c}_{2jz} \check{x}_{jy}) + c_3 x_{4yz} + \sum_{k \in K_0} (c_{4k} x_{3kyz} + c_{5k} x_{5kyz}) +$$

$$+ \sum_{k \in K_1} c_{5k} x_{6ky} + \sum_{k \in K_2} c_{5k} x_{7ky} = b_6 + x_{8yz}, \quad y \in Y, z \in Z.$$

14. Домены переменных второго и третьего этапов принятия решения²³:

$$\hat{x}_{jy} \in \{0\} \cup \mathbb{N}, j \in J, y \in Y; \quad \check{x}_{jy} \in \{0\} \cup \mathbb{N}, j \in J, y \in Y; \quad x_{3kyz} \geq 0, k \in K_0, y \in Y, z \in Z;$$

$$x_{4yz} \geq 0, y \in Y, z \in Z; \quad x_{5kyz} \geq 0, k \in K_0, y \in Y, z \in Z; \quad x_{6ky} \geq 0, k \in K_1, y \in Y;$$

$$x_{7ky} \geq 0, k \in K_2, y \in Y; \quad x_{8yz} \geq 0, y \in Y, z \in Z.$$

Целевая функция

Максимум математического ожидания приведенной стоимости чистого денежного потока организации, тыс. руб.:

$$(\#Y \cdot \#Z)^{-1} \sum_{k \in K_0, y \in Y, z \in Z} p_{ky} x_{5kyz} + (\#Y)^{-1} \sum_{k \in K_1, y \in Y} p_{ky} x_{6ky} + (\#Y)^{-1} \sum_{k \in K_2, y \in Y} p_{ky} x_{7ky} -$$

$$-(\#Y)^{-1} \sum_{i \in I, y \in Y} c_{6iy} x_{1i} - (\#Y \cdot \#Z)^{-1} \sum_{j \in J, y \in Y, z \in Z} (\hat{c}_{7jz} \hat{x}_{jy} + \check{c}_{7jz} \check{x}_{jy}) -$$

$$-(\#Y \cdot \#Z)^{-1} \sum_{y \in Y, z \in Z} c_{8y} x_{4yz} - (\#Y \cdot \#Z)^{-1} \sum_{y \in Y, z \in Z} c_9 x_{8yz} - c_0 x_9 - r \cdot \sum_{j \in J} x_{0j} \rightarrow \max.$$

²³ Ко второму этапу относятся переменные, индексируемые элементами множества Y , но не индексируемые элементами множества Z . К третьему этапу относятся переменные, индексируемые элементами множеств Y и Z .

Приложение 10. Список использованных сокращений

FAO – Food and agricultural organization of United Nations (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций)

FOB – Free on board (доставка на борт судна за счёт продавца)

SAM – Social accounting matrix (матрица социальных счетов)

АПК – Агропромышленный комплекс

БГСХА – Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

БССР – Белорусская Советская Социалистическая Республика

БЦК – Большие циклы конъюнктуры

ВВП – Валовой внутренний продукт

ВИАПИ – Всероссийский институт аграрных проблем и информатики (имени А.А. Никонова)

ВНИИЭСХ – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства

ВТО – Всемирная торговая организация

ГНУ – Государственное научное учреждение

ЕАЭС – Евразийский экономический союз

ЕМИСС – Единая межведомственная информационно-статистическая система

ЕС – Европейский Союз

ЗАО – Закрытое акционерное общество

КСУП – Коммунальное сельскохозяйственное унитарное предприятие

КУСП – Коммунальное унитарное сельскохозяйственное предприятие

ЛРС – Лекарственное растительное сырьё

МСХА – Московская сельскохозяйственная академия (имени К.А. Тимирязева)

НАН – Национальная академия наук (Беларуси)

НИР – Научно-исследовательская работа

НПК – Научно-производственный кооператив

НПЦ – Научно-производственный центр

ОАО – Открытое акционерное общество

ОИП – Официальный интернет-портал

ОМКК – Оршанский мясоконсервный комбинат

ООО – Общество с ограниченной ответственностью

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ПУП – Производственное унитарное предприятие

ПФ – Птицефабрика

РАН – Российская академия наук

РБ – Республика Беларусь
РЖД – Российские железные дороги (открытое акционерное общество)
РО – Республиканское объединение
РУП – Республиканское унитарное предприятие, Республиканское унитарное предприятие
РУСП – Республиканское унитарное сельскохозяйственное предприятие
РУСПП – Республиканское унитарное сельскохозяйственное производственное предприятие
РФ – Российская Федерация
СНГ – Содружество независимых государств
СХФ – Сельскохозяйственный филиал
туб – тысяча условных банок (400 кг)
ТУП – Торговое унитарное предприятие
УО – Учреждение образования
УП – Унитарное предприятие
ФГБОУ ВО – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
ФГБУН – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ФНЦ – Федеральный научный центр
ЦСУ – Центральное статистическое управление
ЦЭМИ – Центральный экономико-математический институт
ЧТУП – Частное торговое унитарное предприятие
ЧУП – Частное унитарное предприятие
ЭР-модели – Модели стохастического программирования, основанные на многомерном эмпирическом распределении вероятностей случайных параметров

Монография

**ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
В УПРАВЛЕНИИ АПК БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

Под научной редакцией Н.М. Светлова, В.И. Буць

Подписано в печать 23.03.2020 г.

Формат 60×90/16. Печ. л. 11,1. Тираж 300 экз. Заказ № 3.

ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН

117418, Москва, Нахимовский пр., 47

Тел. 8 (499) 724–21–39

E-mail: ecr@cemi.rssi.ru

<http://www.cemi.rssi.ru/>

ISBN 978-5-8211-0782-4



9 785821 107824