

Модель границы производственных возможностей сельского хозяйства России

Н.М. Светлов, д.э.н., РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

1. Обоснование цели исследования

Для поддержания продовольственной безопасности страны необходимо знать реакцию сельского хозяйства на внешние и внутренние воздействия [4]. В статье предлагается подход к решению данной задачи в разрезе категорий хозяйств, опирающийся на официальные данные Росстата, находящиеся в свободном доступе.

Ближайшие аналоги предлагаемой разработки — [1, 3]. Методика, изложенная в монографии [1], основывается на моделировании технологических процессов производства каждого вида продукции. Её отличает высокая трудоёмкость разработки и применения. Работа [3] имеет целью прогнозирование последствий вступления России в ВТО. Она использует модель частичного равновесия на рынках продовольствия. Схожие модели получили распространение в зарубежных прикладных исследованиях — например, для имитации вариантов аграрной политики в странах ЕС [9]. Они менее трудоёмки, но их калибровка требует привлечения большого массива труднодоступных данных, а результаты чувствительны к выбору формы функций спроса и предложения.

В нашем исследовании задача решается путём моделирования границ производственных возможностей каждой из трёх категорий хозяйств России — сельскохозяйственных организаций (СХО), крестьянских и фермерских хозяйств (КФХ) и личных подсобных хозяйств (ЛПХ) — на основе данных регионального уровня о ресурсах и выпуске продукции сельского хозяйства. Теоретические основы непараметрического моделирования границы производственных возможностей изложены в [7, 8].

2. Математические модели и данные

Если задать множество F производственных возможностей сельского хозяйства условиями

$$F = \{y \mid y \leq Y\beta, X\beta \leq x, \beta \geq 0\},$$

то модель границы производственных возможностей можно представить выражением $\text{sup}(F)$. Здесь x и y — неотрицательные векторы ресурсов (фактический) и продукции (искомый) сельского хозяйства страны; X и Y — матрицы фактических затрат ресурсов и фактического выпуска продукции в каждом регионе страны (столбцы соответствуют регионам, строки — видам ресурсов); β — вектор уровней использования технологий каждого региона (единица соответствует фактическому уровню).

Чтобы интегрировать модель границы производственных возможностей в модель, воспроизводящую поведение сельского хозяйства в условиях заданных объёмов ресурсов x , цен продукции w , затрат c (в расчёте фактический уровень использования технологии каждого региона), целевых уровней производства b , уровней насыщения спроса d и предельного масштаба использования технологий $k \geq 1$, предлагается решить задачу линейного программирования

$$z = \max_{y, \beta} (wy - c\beta \mid y \leq Y\beta, X\beta \leq x, 0 \leq b \leq y \leq d, 0 \leq \beta \leq ki), \quad (1)$$

где i — вектор, состоящий из единиц. Ограничения этой задачи определяют множество возможных вариантов поведения, определяемое границей производственных возможностей и сценарными условиями, а целевая функция отражает мотивацию субъектов сельского хозяйства.

Модели данного вида разработаны для каждой из трёх категорий хозяйств. Для их разработки использованы данные 78 субъектов Российской Федерации за 2008 г., представленные в источниках [2, 5], за исключением данных о земельной площади ЛПХ, относящихся к 2006 г. и полученных из [6]. Матрица Y во всех трёх моделях содержит производство (тыс. т) зерна, картофеля, молока и скота (в убойной массе). В модели СХО матрица X со-

держит аппроксиматор посевных площадей (посевные площади всего за вычетом посевов КФХ и земельной площади ЛПХ, тыс. га), стоимость основных фондов (млн. руб.), поголовье крупного рогатого скота (далее КРС, тыс. условных голов), внесение минеральных удобрений (тыс. т действующего вещества), потребление кормов (тыс. ц кормовых единиц). В модели КФХ эта матрица содержит посевные площади (тыс. га) и поголовье КРС (тыс. условных голов). В модели ЛПХ представлены общая земельная площадь ЛПХ (тыс. га) и поголовье КРС (тыс. условных голов).

3. Калибровка моделей

Требование к модели (1) состоит в том, чтобы она адекватно воспроизводила реакцию сельского хозяйства на моделируемые изменения. Если вектор \mathbf{c} содержит данные о затратах, представленные в [5], достичь этой цели не удалось бы. Действительно, функция $\mathbf{w}\mathbf{y} - \mathbf{c}\boldsymbol{\beta}$ определяет поведение, отличающееся от наблюдаемого: интенсивность убыточных технологий сократилась бы по сравнению с фактом, рентабельных — выросла. У этого обстоятельства две причины: статистика затрат не отражает альтернативную стоимость ресурсов, не являющихся предметом рыночного обращения; часть продукции, производимой благодаря наблюдаемым затратам, не поддается наблюдению (и наоборот). В связи с этим возникает проблема статистического оценивания ненаблюдаемых затрат, обуславливающих наблюдаемое (статистически зафиксированное) поведение субъектов сельского хозяйства. Для получения требуемых оценок предлагается решить задачу, двойственную к

$$z = \max_{\mathbf{y}, \boldsymbol{\beta}} (\mathbf{w}\mathbf{y} \mid \mathbf{y} \leq \mathbf{Y}\boldsymbol{\beta}, \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} \leq \mathbf{x}, \mathbf{0} \leq \boldsymbol{\beta} \leq \mathbf{i}), \quad (2)$$

с целью определения величин $\partial z / \partial \beta_n$, где $\boldsymbol{\beta} = (\beta_n)$, n — индекс региона. Согласно условию частичного равновесия, предельные затраты по технологии β_n при фактическом уровне её использования должны быть равны $\partial z / \partial \beta_n$. Следовательно, при $c_n = \partial z / \partial \beta_n$, подразумевая $\mathbf{c} = (c_n)$, тетраплет $(\mathbf{y}, \mathbf{w}, \boldsymbol{\beta}, \mathbf{c})$

является конкурентным равновесием, а значит, в краткосрочном горизонте времени отсутствует мотивация к переходу в другое состояние.

Если при постановке компьютерных экспериментов на модели (1) цены продукции принимаются равными фактическим, значения c_n уменьшаются на очень малую величину во избежание нулевого градиента целевой функции.

4. Результаты

4.1. Реакция сельского хозяйства на изменение цен

По данным табл. 1, сектор ЛПХ наиболее чувствителен к изменениям цен. Он единственный демонстрирует положительный эффект взаимодействия между отраслями: рост цены на любой вид продукции стимулирует рост производства всей исследованной линейки продуктов. Наибольший рост валового производства сектора (11% за период времени, соответствующий $k=1,1$) обусловлен ростом цены мяса. В СХО и КФХ рост цен зерна сопровождается сокращением производства остальных продуктов, и наоборот. При этом КФХ реагируют на рост цен большим ростом валовой продукции, чем СХО.

Наибольшим стимулирующим действием на производство продукции в СХО обладает рост цен на мясо, увеличивая валовую продукцию СХО на 4% при $k=1,05$ и на 5% при $k=1,1$. Валовое производство КФХ сильнее всего стимулируется ценой зерна (7% и 6% соответственно). Рост цен на зерно негативно влияет на другие отрасли как в СХО, так и в КФХ, но в первых это негативное влияние больше позитивного вклада зерновой отрасли (валовая продукция сокращается на 1% при обоих значениях k), а в КФХ — меньше. Так как основным производителем товарного зерна в стране остаются СХО, присущий им отрицательный эффект взаимодействия зернового производства с другими отраслями может негативно влиять на продовольственную безопасность страны, особенно в современных условиях высокой волатильности зерновых цен. Картофель в СХО и КФХ чувствительнее других продуктов к изменению его собственной цены. При этом рост его производства до-

стигается без ущерба другим видам продукции, исключая производство зерна в СХО.

Таблица 1 – Темпы роста продукции в СХО, КФХ и ЛПХ вследствие изменения цен (объём ресурсов зафиксирован на фактическом уровне)

Сектор	Вид продукции	Зерно дорожает на 10%		Картофель дорожает на 10%		Молоко дорожает на 10%		Скот на убой дорожает на 10%	
		$k=1,05$	$k=1,1$	$k=1,05$	$k=1,1$	$k=1,05$	$k=1,1$	$k=1,05$	$k=1,1$
СХО	Зерно	1,03	1,06	0,99	0,99	0,98	0,85	0,99	0,98
	Картофель	0,79	0,73	1,05	1,09	1,02	1,04	1,03	1,06
	Молоко	0,84	0,80	1,02	1,04	1,03	1,05	1,02	1,03
	Скот на убой	0,88	0,87	1,01	1,04	1,02	1,01	1,04	1,07
КФХ	Зерно	1,04	1,07	1,00	1,01	1,01	1,02	1,01	1,02
	Картофель	0,86	0,72	1,05	1,10	1,05	1,07	1,02	1,07
	Молоко	0,89	0,81	0,98	1,02	1,04	1,07	1,02	1,04
	Скот на убой	0,91	0,80	1,00	1,03	1,02	1,04	1,03	1,06
ЛПХ	Картофель	1,03	1,06	1,05	1,09	1,05	1,09	1,04	1,08
	Молоко	1,01	1,02	1,02	1,05	1,03	1,07	1,03	1,04
	Скот на убой	1,02	1,04	1,03	1,06	1,03	1,06	1,06	1,07

k — предельный масштаб использования технологий.

Источник: расчёты автора.

Таким образом, используемые технологии и институты, влияющие на размеры выявленных моделью затрат, препятствуют стимулирующему действию роста цен на продукцию СХО в большей степени, чем в хозяйствах других категорий.

Если предположить сбалансированный рост ресурсов с темпом r и принять предельный масштаб использования технологий равным $k \cdot r$, то данные табл. 1 следует увеличить в r раз. Как следствие, чтобы при изменении цен на зерно в СХО не сократился выпуск ни одного вида продукции, нужно увеличить потребление ими ресурсов в $1/0,79=1,27$ раза (для случая $k=1,05$).

4.2. Потенциал капитализации

На имеющейся информационной базе модель не даёт возможности получить оценки альтернативной стоимости ресурсов, так как она учитывается в оценках затрат, полученных по процедуре, описанной в п. 3. Поэтому в тех

компьютерных экспериментах, где использованы фактические цены продукции, объективно обусловленные оценки ресурсов очень малы. Однако модель позволяет оценить прирост альтернативной стоимости ресурсов, обусловленный изменениями цен продукции, а следовательно, потенциал их капитализации. Согласно табл. 2, наибольшая капитализация крупного рогатого скота достигается в СХО, посевных площадей — в КФХ. ЛПХ по капитализации крупного рогатого скота приближаются к СХО. Показатели капитализации земельных угодий ЛПХ не вполне сопоставимы с соответствующими показателями двух других категорий хозяйств, так как не известно, какая доля этих угодий засеяна. Чтобы получить потенциальный размер капитализации земельных угодий ЛПХ, сопоставимый с другими типами хозяйств, нужно поделить значение в таблице на эту долю.

Таблица 2 – Капитализация ресурсов сельскохозяйственного производства вследствие роста цен (руб. на единицу ресурса).

Ресурс	Цена зерна +10%		Цена молока +10%		Все цены +10%		
	$k=1,05$	$k=1,1$	$k=1,05$	$k=1,1$	$k=1,05$	$k=1,1$	
СХО	Посевные площади, га	72,62	96,55	–	–	255,5	223,9
	Основные фонды, тыс. руб.	–	–	–	–	–	2,01
	Поголовье крупного рогатого скота, гол.	–	–	876	1041	1912	2136
	Удобрения, тонн действующего вещества	9447	9901	66,5	–	14686	14291
КФХ	Посевные площади, га	298,4	524,2	11,60	16,69	646,0	645,4
	Поголовье крупного рогатого скота, гол.	–	–	268,4	430,3	550,5	576,8
ЛПХ	Земельная площадь, га	–	–	–	60,50	37,35	50,97
	Поголовье крупного рогатого скота, гол.	0,15	0,15	661,6	645,9	2005	2001

k — предельный масштаб использования технологий.

Альтернативная стоимость кормовых ресурсов СХО не отличается от её значения при фактических ценах.

Источник: расчёты автора.

Самым перспективным путём наращивания рыночной капитализации СХО представляется расширение использования минеральных удобрений.

Любопытно, что кормовые ресурсы и основные фонды СХО практически не образуют капитала. Это говорит об их избыточности относительно других его источников. Из этого нельзя делать вывод об удовлетворительном состоянии основных фондов СХО и отсутствии необходимости их наращивания. Всё дело в их неэффективной структуре. Модель указывает на возможности достижения высоких производственных результатов при меньших затратах основных фондов, но только в случае точного соответствия их состава технологиям, отвечающим местным условиям, образцового технического состояния и эффективного менеджмента.

4.3. Взаимодействие между категориями хозяйств

Как отмечалось выше, в модельных экспериментах при фактических уровнях цен объективно обусловленные оценки ресурсов очень малы. Тем не менее, их соотношения конечны и определяют норму эквивалентной взаимозамены ресурсов. Соотношения оценок одного и того же ресурса в разных моделях показывают направление перетока ресурса из хозяйств одной категории в другие.

Чтобы межмодельные сопоставления были правомерными, следует предусмотреть одинаковый набор ресурсов и продукции в сопоставляемых моделях. В табл. 3 рассчитаны соотношения объективно обусловленных оценок одних и тех же ресурсов в моделях каждой категории хозяйств, причём модель СХО решена с ограничениями только по двум ресурсам, подобно двум другим моделям. Согласно таблице, при условиях модельных экспериментов следует ожидать, что земли СХО будут постепенно выкупаться у их собственников и сдаваться в аренду КФХ, пока на земельном рынке не установится равновесие. Ещё более интенсивным должно быть сокращение земельных площадей ЛПХ в пользу КФХ. Этот процесс может идти как в форме создания КФХ владельцами подсобных хозяйств, так и в форме аренды либо выкупа земель ЛПХ.

Таблица 3 – Соотношения объективно обусловленных оценок в моделях СХО, ЛПХ и КФХ.

Соотношения	Земельные угодья		Крупный рогатый скот	
	$k = 1,05$	$k = 1,10$	$k = 1,05$	$k = 1,10$
При фактических ценах продукции				
СХО/КФХ	0,3	0,1	4,9	7,0
СХО/ЛПХ			1,8	2,6
КФХ/ЛПХ			0,4	0,4
В случае роста цен продукции на 10%				
СХО/КФХ	0,3	0,1	4,9	7,4
СХО/ЛПХ	$5,8 \cdot x$	$1,7 \cdot x$	1,3	2,0
КФХ/ЛПХ	$17,3 \cdot x$	$12,7 \cdot x$	0,3	0,3

k — предельный масштаб использования технологий, x — доля посевных площадей в земельных угодьях ЛПХ.

Источник: расчёты автора.

Что касается крупного рогатого скота, то, напротив, рыночные силы создают стимулы к его концентрации в СХО, что плохо согласуется с мировым опытом. Вероятно, эта тенденция временная, вызванная относительным избытком скота по отношению к земельным ресурсам КФХ и ЛПХ, конкурентными преимуществами ЛПХ в возделывании картофеля, а также успехами последнего десятилетия в росте надоев, достигнутыми СХО.

5. Выводы

Метод компьютерной имитации на основе непараметрической модели границы производственных возможностей обеспечивает решение исследовательских задач, направленных на отыскание режимов функционирования сельского хозяйства, представляющих интерес с точки зрения приоритетных целей государственной и региональной аграрной политики.

Модели границы производственных возможностей традиционно используются в анализа эффективности использования ресурсов. Данное исследование указывает новое перспективное направление их применения, стимулируя дальнейшие исследования в данной области.

Представленные в статье результаты компьютерных экспериментов уточняют научные представления о действенности факторов аграрного развития. Так, установлено, что вероятный рост цен на сельхозпродукцию ока-

жет наибольшее стимулирующее влияние на сектор ЛПХ и наименьшее — на СХО. Граница производственных возможностей и выявленные затраты СХО таковы, что рост цен на зерно может приводить к сокращению производства других видов продукции вплоть до снижения валовой продукции в денежном выражении. Наибольший потенциал рыночной капитализации СХО связан с внесением минеральных удобрений, в то время как основные фонды практически не содействуют капитализации. Посевные площади наиболее успешно капитализируются в КФХ. В краткосрочной перспективе следует ожидать усиливающейся концентрации земельных угодий в секторе КФХ, а крупного рогатого скота — в СХО.

Библиографический список

1. Огневцев С.Б., Сиптиц С.О. Моделирование АПК: теория, методология, практика. М.: Энциклопедия российских деревень, 2002. — С. 87-105.
2. Регионы России: Социально-экономические показатели. 2009: Стат. сб. / Росстат. М., 2009. — 990 с.
3. Ромашкин Р.А. Влияние таможенно-тарифной политики на аграрно-продовольственный рынок России в контексте общего равновесия // Государственное регулирование развития АПК и земельные отношения в России: Сборник по материалам «круглого стола» в рамках конференции «Ломоносовские чтения» / Под ред. С.В. Киселёва. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2005. — С. 52-68.
4. Светлов Н.М., Оболенцев И.А. Математические методы в анализе продовольственной безопасности: вопросы методологии // Развитие АПК в контексте обеспечения продовольственной безопасности (материалы VIII международной научно-практической конференции, 9-10 сентября 2010 г.) / Под ред. В.Г. Гусакова. — Минск: Институт системных исследований, 2010. — С. 206-213.

5. Сельское хозяйство, охота и лесоводство в России. 2009: Стат.сб. / Росстат. М., 2009. — 439 с.
6. Центральная база статистических данных / Росстат. М., 2011. — <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi?pl=9300012>.
7. Cooper W.W., Seiford L.M. and Zhu J., eds. Handbook on data envelopment analysis. Boston: Kluwer Acad. Publ., 2004.
8. Färe R., Grosskopf S., Lovell C. Production Frontiers. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
9. Erjavec E., Chantreuil F., Hanrahan K. et al. Policy assessment of an EU wide flat area CAP payments system // Economic Modelling 28, 1550-1558.