

**Г.В. ДАВЫДОВА**

зав. кафедрой экономики и управления бизнеса  
Байкальского государственного университета экономики и права,  
доктор экономических наук, профессор, г. Иркутск

**Т.В. ОГОРОДНИКОВА**

кандидат экономических наук, доцент  
Байкальского государственного университета экономики и права, г. Иркутск

**П.А. ОГОРОДНИКОВ**

федеральный инспектор по Иркутской области и Усть-Ордынскому  
Бурятскому автономному округу Аппарата полномочного представителя  
Президента РФ в Сибирском федеральном округе,  
кандидат физико-математических наук

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОПИСАНИЯ ДИНАМИКИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ВЕРСИИ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ МОДЕЛИ ЛЕОНТЬЕВА\*

Лесной комплекс Иркутской области является одной из основных отраслей региональной промышленности. Он обеспечивает в настоящее время более 20% объема ее товарной продукции.

Итоги работы ЛПК неоднозначны и зависят от многих факторов. Периодически в отдельных секторах лесного комплекса наблюдается рост объемов производства, в других, напротив, обнаруживается тенденция к их снижению.

Описание такой динамической картины в ЛПК в настоящее время невозможно из-за отсутствия соответствующих математических методов. Все существующие методы, такие как метод оптимизации межрегиональной межотраслевой модели и динамическая мо-

дель Леонтьева, не учитывают всего многообразия нелинейных процессов в лесном секторе, развивающихся во времени и пространстве. Чтобы подойти к решению этого вопроса, рассмотрим сначала динамику производства основных видов лесопродукции (табл.).

По данным Федеральной налоговой службы по Иркутской области и УОБАО, за восемь месяцев 2007 г. в Иркутской области создано:

–  $N = 566$  предприятий лесной сферы (включая индивидуальных предпринимателей), в том числе:

- $N_1 = 236$  предприятий по переработке древесины,
- $N_2 = 330$  предприятий по заготовке древесины.

**Динамика производства основных видов лесопродукции в Иркутской области**

Вид продукции	Год							2006 к 2005, %
	2001	2002	2003	2004	2005	2006		
Древесина, млн м <sup>3</sup>	17,8	19,4	19,5	21,8	20,9	22,1	105,7	
Пиломатериалы, млн м <sup>3</sup>	1,2	1,4	1,6	2,1	2,5	2,6	107,0	
ДСП, тыс. м <sup>3</sup>	111,5	108,9	137,0	167,7	171,0	157,0	92,0	
ДВП, млн м <sup>2</sup>	28,9	30,2	28,3	21,0	28,0	35,6	127,0	
Фанера клееная, тыс. м <sup>3</sup>	126,8	127,0	128,9	149,1	148,6	153,3	103,2	
Целлюлоза товарная, тыс. т	1 104,0	1 195,2	1 260,8	1 286,3	1 295,0	1 347,2	104,0	
Бумага, тыс. т	3,3	2,6	3,5	2,5	2,4	2,0	84,7	
Картон, тыс. т	183,3	194,9	203,7	220,8	220,3	232,4	105,5	

\* Печатается при поддержке гранта РНП 2.1.3.2691 «Разработка форм и механизмов территориально-отраслевой организации лесного сектора в условиях многоукладной экономики».

Всего по состоянию на 1 сентября 2007 г. зарегистрировано:

–  $N_3 = 2\,958$  предприятий, осуществляющих деятельность в лесопромышленном комплексе, в том числе:

- $N_4 = 1\,357$  предприятий по переработке древесины,

- $N_5 = 1\,601$  предприятие в сфере лесозаготовки.

Численность работающих на предприятиях лесного комплекса, по статистическим данным, составляет:

–  $L = 54$  тыс. чел.;

–  $L_1 = 17,1$  тыс. чел. в лесном секторе;

–  $L_2 = 10,7$  тыс. чел. в целлюлозно-бумажной промышленности.

Оборот продукции лесного комплекса в действующих ценах ( $M$ ) за восемь месяцев 2007 г. составил 33,6 млрд р. Всего за указанный период предприятия отрасли отгрузили продукции собственного производства на сумму 9,9 млрд р.

Масштабы внешнеэкономической деятельности предприятий лесного комплекса значительно увеличились. По данным Иркутской и Братской таможен, за рассматриваемый период объемы экспорта обработанных лесоматериалов ( $M_{07(э)}$ ) по Иркутской области составили 1 801 тыс. м<sup>3</sup>. Цена на такие материалы колеблется в зависимости от направления экспорта (от 170 дол. США — в КНР до 380 дол. — в страны ЕС). Средняя цена составила 219,2 дол. США. Обработанные лесоматериалы в течение восьми месяцев 2007 г. отправляли на экспорт 280 грузоотправителей ( $K_{ол}$ ).

Прямо противоположная ситуация наблюдается по необработанным лесоматериалам (пиловочнику). Количество грузоотправителей по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 54% и составило 238 ( $K_{нл}$ ). На экспорт отправлено 4 886 тыс. м<sup>3</sup> круглых необработанных лесоматериалов ( $V_{нл(э)}$ ). По данным ВСЖД, объемы перевозок таких лесоматериалов на экспорт за восемь месяцев 2007 г. уменьшились на 1,8% по сравнению с аналогичным периодом 2006 г. Динамика последних двух месяцев, по информации ВСЖД, подтверждает наметившуюся тенденцию к уменьшению экспорта круглых лесоматериалов и увеличению экспорта обработанных лесоматериалов. Так, в июле и августе 2007 г. снижение объемов перевозок круглых ле-

соматериалов по сравнению с аналогичным периодом 2006 г. составило 20,1 и 14,6% соответственно. В это время увеличение объемов перевозок пиломатериалов на экспорт составило 20% в июле и 13% в августе.

Цена на круглые необработанные материалы изменяется в зависимости от вида лесоматериалов, диаметра бревна и направления экспорта. По данным Иркутской таможни, цены на круглые лесоматериалы ( $P_{но}$ ), установленные ГОСТ 22298-76Э, колебались от 83 до 120 дол. США. Средняя цена на необработанные лесоматериалы ( $P_{средняя(но)}$ ), по данным за восемь месяцев 2007 г., составила 92,5 дол. США. Стоимость 1 м<sup>3</sup> пиловочника в динамике к аналогичному периоду 2006 г. выросла на 31,8%.

По данным Иркутской таможни, за рассматриваемый период осуществлено 40 поставок оборудования для переработки древесины ( $L$ ).

Сумма таможенных платежей, полученных от экспорта круглых лесоматериалов и пиломатериалов в 2005 г. ( $\Sigma_{05(тп)}$ ), составила 1 138,5 млн р.

На территории области реализуется 27 крупных и мелких проектов, которые уже нашли своего инвестора и имеют необходимую ресурсную базу ( $T_{факт}$ ), а количество потенциальных инвесторов ( $T_{план}$ ) равно 20 с планируемым объемом инвестиций ( $I_{план}$ ) 1,5 млрд дол. США.

В модели динамики ЛПК также необходимо учесть, что объемы незаконно заготовляемой древесины в 2006 и 2007 гг. достигли соответственно 4,2 млн и 2,0 млн м<sup>3</sup>.

Объем поступления платежей за пользование участками лесов в области ( $\Sigma_{07(ил)}$ ) по состоянию на 1 сентября 2007 г. составил 905,2 млн р., что на 197,7 млн р. (28%) больше, чем за аналогичный период 2006 г. В региональный бюджет из этой суммы ( $\Sigma_{07(об)}$ ) поступило 438,4 млн р.

Все перечисленные параметры сложным и нелинейным образом взаимосвязаны друг с другом, изменяются во времени и пространстве, что необходимо учитывать при математическом моделировании динамики лесопромышленного комплекса Иркутской области.

Введем следующие обозначения параметров, необходимых для построения математической модели динамики ЛПК:

- $x_1 = (N, N_1, N_2 \dots)$  — производство и распределение продукции ЛПК;
- $x_2 = (L, L_1, L_2, K_{ол} \dots)$  — трудовые ресурсы, зарплата, количество предприятий;
- $x_3 = (M, M_{07(э)} \dots)$  — финансовые показатели деятельности лесозаготовительных и лесоперерабатывающих предприятий;
- $x_4 = (\Sigma_{07(об)}, \Sigma_{07(ил)})$  — лесной доход (арендная плата, лесные подати, прочие платежи);
- $x_5 = (\Sigma_{07(налог)})$  — налоговые поступления;
- $x_6 = (\Sigma_{07(тап)})$  — таможенные пошлины;
- $x_7 = (v)$  — скорость обращения денежной массы в ЛПК;
- $x_8 = (V_{ил(э)})$  — количественные характеристики динамики экспорта и импорта основных видов продукции ЛПК;
- $x_9 = (I_{план})$  — финансовые характеристики инвестиционной привлекательности ЛПК.

В. Леонтьев впервые предложил описание динамики экономических систем с помощью системы линейных дифференциальных уравнений в категориях «затраты–выпуск».

Соответствующее уравнение имеет вид матричного линейного дифференциального уравнения первого порядка:

$$U(t, x) = AU(t, x) + B \frac{\partial U(t, x)}{\partial t} + C(t, x), \quad (1)$$

где  $U(t, x)$  — вектор-столбец неизвестных переменных;  $\partial U(t, x) / \partial t$  — вектор-столбец абсолютного прироста производства;  $A, B$  — матрицы из коэффициентов, которые зависят от параметров, определяющих эволюцию регионального лесного комплекса (РЛК);  $C(t, x)$  — вектор-столбец потребления продукции РЛК.

Необходимо отметить две особенности модели Леонтьева:

- матричные уравнения, используемые Леонтьевым, являются линейными;
- их корни могут принимать также комплексно-сопряженные значения и фактически описывают колебательный процесс.

Так, общее решение системы (1) равно:

$$U(t, x) = \sum_{i=1} \det \cdot K_i \cdot e^{\lambda_i \cdot t},$$

где  $\lambda$  — корни характеристического уравнения  $n$ -порядка;  $\det((E - \lambda B(E - A)^{-1}) = 0$ ;  $\lambda$  совпадают с величинами, обратными собственным значениям матрицы  $B(E - A)^{-1}$ ;  $K_i$  — соответствующие  $\lambda$  собственные век-

торы матрицы  $B(E - A)^{-1}$ , т.е. нетривиальные решения системы однородных уравнений вида  $[E - \lambda B(E - A)^{-1}]K_i = 0$ .

Некоторые корни  $\lambda_i$  могут оказаться комплексными. При этом каждому комплексному корню соответствует сопряженный ему. Каждая пара комплексно-сопряженных корней  $\lambda_i = \alpha \pm i\beta$  представляется парой слагаемых вида

$$Ce^{\alpha t} \cos \beta t + De^{\alpha t} \sin \beta t,$$

где  $C$  и  $D$  — постоянные векторы размерности  $n$ , которые порождают колебания с частотой  $\beta$  и определенной амплитудой.

В этой связи необходимо отметить, что как сам Леонтьев, так и его последователи изучали решения полученных уравнений в виде суперпозиции экспонент, растущих с различными темпами, но не рассматривали решения, описывающие колебательные процессы.

А.Г. Гранберг исследовал развитие народного хозяйства СССР с помощью динамических межотраслевых моделей, в которых доминирующими слагаемыми были именно экспоненты<sup>1</sup>. Применительно к плановому развитию народного хозяйства СССР данные исследования имели смысл, задаваемый исключительно идеологическими соображениями. Так, факт наличия объективной колебательной динамики в моделях роста социалистической экономики не мог соответствовать основному закону социализма, постулирующему планомерное и пропорциональное поступательное развитие социалистического народного хозяйства. В то же время либеральные демократические экономические системы развиваются циклически, что в настоящее время является фактом, признанным научным экономическим сообществом. Интеграция России в рыночную систему мирохозяйственных связей ставит задачу описания отечественной экономической системы и ее структурных элементов (в частности, регионального лесного комплекса) как сложной нелинейной самоорганизующейся системы, что требует привлечения соответствующего инструментария, отличного от математического аппарата динамических межотраслевых моделей<sup>2</sup>.

Самое главное замечание: уравнения Леонтьева, будучи инструментами линейной динамики, не имеют слагаемых, описываю-

щих нелинейные процессы. Это обстоятельство обуславливает существенную прогностическую ограниченность данного метода описания любых экономических систем, природа динамики которых предполагает сложные внутрисистемные взаимодействия и, соответственно, нелинейность.

Не менее существенным замечанием, на наш взгляд, является нестрогость введения размерности используемых в модели экономических величин: конечное уравнение Леонтьева, по логике, должно быть записано в безразмерной форме.

Отсутствие констант взаимодействия в модели Леонтьева является ярким свидетельством того, что развитые им представления не учитывают и не описывают процессы взаимодействия микросубъектов экономики на микро- и макроуровнях.

Реализация отмеченных выше ограничений выходит за рамки данного исследования. Тем не менее в целях описания динамики экономической системы РЛК мы можем предложить нелинейное волновое эталонное уравнение, которое является нелинейным обобщением известного матричного уравнения Леонтьева (1). В правую часть эталонного уравнения введено слагаемое, описывающее влияние внешних сил (административный ресурс и т.д.):

$$\frac{\partial U}{\partial t} + A \frac{\partial U}{\partial x} + \sum_{\beta=1}^s \prod_{\alpha=1}^p \left( H_{\alpha}^{\beta} \frac{\partial}{\partial t} + K_{\alpha}^{\beta} \frac{\partial}{\partial x} \right) U + C(x) = \gamma, \quad (2)$$

где  $x$  — пространственная переменная;  $\gamma$  — слагаемое, учитывающее влияние внешних сил;  $U(t, x)$  — вектор-столбец с  $n$ -компонентами  $u_1, u_2, \dots, u_n$ ;  $H_{\alpha}^{\beta}, K_{\alpha}^{\beta}$  — матрицы, элементы которых зависят от параметров, характеризующих РЛК:

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \dots & \alpha_{2n} \\ & & \dots & \\ & & & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & \alpha_{nn} \end{bmatrix},$$

$$H_{\alpha}^{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1n} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2n} \\ & & \dots & \\ & & & \dots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \dots & \beta_{nn} \end{bmatrix},$$

$$K_{\alpha}^{\beta} = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} \\ & & \dots & \\ & & & \dots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} \end{bmatrix},$$

где коэффициенты  $\alpha_{i, j}, \beta_{i, j}$  и  $\gamma_{i, j}$  являются параметрами, характеризующими региональный ЛПК.

Следует отметить, что эталонное уравнение (2) получается из уравнения Леонтьева путем добавления слагаемых, описывающих изменения экономической системы РЛК в пространстве.

Эталонное уравнение (2) также может быть получено следующим образом:

1. Записываем систему уравнений непрерывности для тех экономических параметров, в отношении которых принцип непрерывности выполняется. К таким переменным можно отнести, например:  $n$  — количество занятых рабочих в лесной отрасли,  $L$  — количество произведенной предприятиями ЛПК продукции,  $M$  — совокупный доход, получаемый в ЛПК, и т.д.

2. Записываем систему уравнений движения для экономических параметров, характеристики которых изменяются во времени и пространстве.

Получаем (уравнения записаны в безразмерной форме):

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(Nu)}{\partial x} = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial t} + \frac{\partial(Lu)}{\partial x} = 0;$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(Mu)}{\partial x} = 0;$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} - E = 0;$$

$$\frac{\partial E}{\partial x} = N + L + M,$$

где  $E$  — экономическое поле, обусловленное информационным взаимодействием полей микросубъектов экономики ЛПК.

Полученную таким образом систему уравнений можно свести с помощью специальных математических методов к эталонному уравнению (2).

После несложных, но довольно громоздких преобразований эталонное уравнение (2) может быть преобразовано в нелинейное волновое уравнение Кортвега–де Фриза:

$$\psi_\theta + \alpha \exp(-\int \mu d\theta) \psi \psi_\zeta + \rho \psi_{\zeta\zeta} = 0, \quad (3)$$

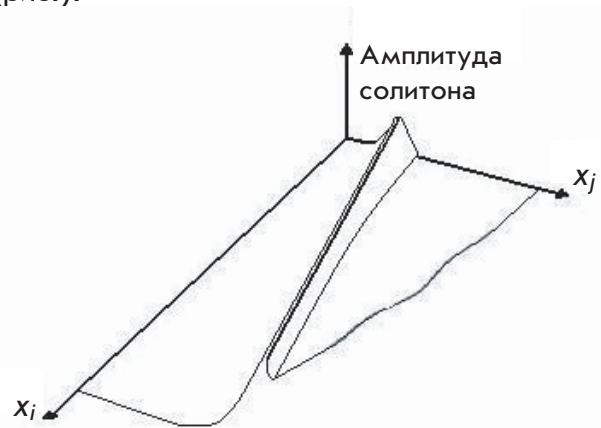
где коэффициенты  $\alpha$ ,  $\mu$ ,  $\rho$  сложным образом зависят от  $\theta$ .

При этом были произведены следующие замены переменных:  $(\xi, \eta) \rightarrow (\zeta, \theta)$ ,  $\varphi \rightarrow \psi$  — волновая функция;  $\xi = \varepsilon^\alpha (\int dx / \lambda_0 - t)$ ,  $\eta = \varepsilon^{\alpha+1} x$ , где  $\lambda_0$  — невырожденное собственное значение матрицы  $A$  уравнения (2), которое фактически является скоростью распространения линейной волны в экономическом пространстве ЛПК.

Необходимо отметить, что в уравнении (3) впервые возникает волновая функция, огибающая которой нелинейным образом зависит от всего многообразия описанных выше параметров, формирующих ЛПК как самоорганизующуюся экономическую систему. Конкуренция между экономическими параметрами, ответственными за нелинейность, с одной стороны, и параметрами, ответственными за диссипацию, с другой стороны, может приводить к формированию устойчивых волновых образований — солитонов регионального лесного комплекса.

Развитые нами представления можно рассматривать как методологические предпосылки для разработки математических моделей управления межотраслевыми пропорциями в ЛПК.

Достоинством развитых представлений является то, что в решении уравнения (3) учитывается все многообразие нелинейных волновых процессов, протекающих в ЛПК, в их взаимосвязи и взаимозависимости, когда изменение одного из них в пространстве и (или) во времени приводит к изменению других параметров и общего решения уравнения. Как известно, решение уравнения (3) имеет вид солитона — уединенной волны (рис.).



Графическая интерпретация решения эталонного уравнения

#### Примечания

<sup>1</sup> Гранберг А.Г. Динамические модели народного хозяйства. М., 1985.

<sup>2</sup> Огородникова Т.В. Нелинейное волновое поведение микросубъектов экономики и солитоны. Иркутск, 2004.

Г.М. БЫЧКОВА

старший преподаватель

Ангарской государственной технической академии

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ\*

Иркутская область среди других субъектов РФ характеризуется невысоким уровнем использования расчетной лесосеки — 40% (в Карелии этот показатель равен 72%). Съем древесины с 1 га лесопокрытой площади со-

ставляет 0,3 м<sup>3</sup> в год (в Карелии — 0,7 м<sup>3</sup> в год, в Финляндии — 2,8 м<sup>3</sup> в год).

Попытки решения проблем лесопользования только путем совершенствования технологии приводят к ситуации, когда при сравнимых

\* Печатается при поддержке гранта РНП 2.1.3.2691 «Разработка форм и механизмов территориально-отраслевой организации лесного сектора в условиях многоукладной экономики».