

## Проблемы оценки инновационной деятельности региона\*

© 2014 Царегородцев Евгений Иванович  
доктор экономических наук, профессор  
Марийский государственный университет  
424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1  
E-mail: evgts@marsu.ru

Рассмотрены результаты инновационной деятельности Республики Марий Эл, и предложены модели ее оценки макроэкономическими методами с использованием модифицированной модели Солоу, позволяющей учесть не только запаздывание при вводе основных фондов при инвестициях в промышленные объекты, но и обобщенный технологический прогресс.

*Ключевые слова:* инновации, региональная экономика, макроэкономическое моделирование, модель Солоу.

Анализ опубликованных статистических данных по результатам инновационной деятельности в Республике Марий Эл за период с 2000 по 2012 г.<sup>1</sup> позволил выявить проблемы, связанные с развитием инновационной деятельности этого региона. В республике отсутствуют значительные запасы полезных ископаемых, которые бы могли быть источником развития экономики региона, однако имеется значительный ресурс для инновационной деятельности, и не только в двух университетах - Марийском государственном и Поволжском технологическом (преподаватели и аспиранты), - но и на крупных предприятиях города и республики (инженерный корпус).

данные табл. 1 показывают неожиданный его спад в 2012 г. - произведенные инновационные товары составили менее четверти объема отгруженных инновационных товаров предыдущего года. И это происходит на фоне роста остальных показателей - основных факторов, которые должны бы привести к росту итогового показателя - выпущенной инновационной продукции. Так, удельный вес организаций, осуществляющих инновации различных видов, стабильно растет и достиг в 2012 г. рекордного значения в 10,6 %. Удельный вес затрат на технологические инновации также достиг максимального за последние 8 лет значения в 1,2 % от стоимости отгруженных товаров, выполненных работ и оказанных

Таблица 1. Основные показатели инновационной деятельности (2000–2012 гг.)

Показатели	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Объем отгруженных инновационных товаров, работ, услуг, в фактически действовавших ценах, млн руб.	399,6	327,6	989,9	702,3	889,7	1406,6	1632,2	3432,8	804,8
Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций, %	3,7	4,0	3,6	3,5	5,7	5,1	6,9	6,7	7,9
Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг, %	7,4	1,5	3,2	1,7	1,9	3,1	2,9	4,9	1,0
Затраты на технологические инновации, в фактически действовавших ценах, млн руб.	131,5	200,5	55,7	80,4	130,5	507,4	221,7	549,1	935,1
Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг, %	2,4	0,9	0,2	0,2	0,3	1,1	0,4	0,8	1,2
Удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций, %	3,7	4,0	5,3	5,6	7,5	6,9	7,9	8,6	10,6

Именно инновационный ресурс необходимо использовать для повышения эффективности функционирования экономики региона. Однако

услуг. Также стабильно растет и число организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных организаций. В 2012 г. оно выросло до 7,9 %. Это, конечно, немного, но рост налицо.

\* Исследования выполнены при поддержке гранта РГНФ □12-02-00023а.

Одной из причин может быть только резкое падение удельного веса инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг с 4,9 % до 1 %. Можно ли из этого сделать вывод о неостребованности инновационной продукции наших предприятий или неэффективности затрат на инновационную деятельность, которая, по данным табл. 1, почти достигла 1 млрд руб.

Рассмотрим представленную в табл. 2 структуру затрат на инновационные разработки, кто

Вторым важным показателем инновационной деятельности является численность персонала, занятого исследованиями и разработками (табл. 3). Видим, что за рассматриваемый период число исследователей уменьшилось более чем в 10 раз, причем в наибольшей степени это сокращение коснулось вспомогательного персонала, его осталось менее 5 %. А для серьезных исследований нужны не только идеи, для их претворения в жизнь и создания инновационного продукта требуется и большой труд вспомога-

**Таблица 2. Структура внутренних затрат на исследования и разработки по источникам финансирования (2000–2012 гг.), % к итогу**

Показатели	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Внутренние затраты на исследования и разработки, всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100
В том числе по источникам финансирования:									
собственные средства научных организаций	42,3	78,7	57,5	36,2	3,6	5,5	5,1	10,2	10,8
средства бюджета	6,6	7,2	19,8	37,8	81,4	75,1	83,7	77,8	77,7
средства внебюджетных фондов	0,0	-	0,1	-	-	0,0	0,5	0,1	-
средства организаций государственного сектора	0,8	8,5	13,4	21,2	2,3	3,9	2,8	3,1	1,0
средства организаций предпринимательского сектора	50,0	4,7	9,1	3,7	9,0	11,9	6,7	8,5	8,5
средства высших учебных заведений	-	0,0	-	-	0,8	0,4	0,1	0,1	-
средства частных некоммерческих организаций	-	-	-	-	0,1	1,3	0,2	0,2	0,6
средства иностранных источников	0,3	0,9	0,1	1,1	2,8	1,9	0,9	-	1,4

являлся заказчиком инновационных исследований.

Если в начале исследуемого периода средства бюджета были минимальны, то в последние три года более трех четвертей расходов на инновационные разработки покрывались за счет бюджета. Как видим, результативность этих затрат пока не очень высока, хотя, как правило, бюджетом финансируются перспективные разработки с большим сроком окупаемости.

Нарушение пропорций в структуре персонала, занятого исследованиями и разработками, также является причиной низкой эффективности инновационной деятельности в целом. Для устранения этой диспропорции необходимо совершенствовать систему оплаты труда всех участников инновационного процесса, нужно, чтобы привлекательным был не только труд креативных специалистов, что в нашей стране уже сделано, но и вспомогательного персонала.

**Таблица 3. Численность персонала, занятого исследованиями и разработками (2000–2012 гг.), чел.**

Показатели	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Численность персонала, всего	1835	1204	520	475	201	206	170	190	164
В том числе:									
исследователи	1024	821	188	196	125	118	106	108	101
технические	82	59	71	61	13	11	15	27	18
вспомогательный персонал	585	245	189	162	34	53	25	27	20
прочий персонал	144	79	72	56	29	24	24	28	25

**Таблица 4. Численность исследователей по областям науки, чел.**

Год	Численность исследователей, всего	В том числе по областям науки					
		естественные	технические	медицинские	сельскохозяйственные	общественные	гуманитарные
2000	1024	16	766	176	29	5	32
2005	821	9	499	194	86	4	29
2006	188	10	120	-	29	3	26
2007	196	14	121	-	28	2	31
2008	125	9	47	-	26	11	32
2009	118	10	35	-	26	15	32
2010	106	13	19	-	23	17	34
2011	108	10	19	-	22	25	32
2012	101	9	9	-	23	26	34

Не менее важно исследовать и структуру исследований по областям наук (табл. 4).

Снова наблюдается картина резкого сокращения численности исследователей по наиболее важному для повышения экономической эффективности производства в регионе направлению – техническим наукам. Если в гуманитарных, естественных и сельскохозяйственных науках число исследователей осталось примерно на прежнем уровне, а в общественных даже выросло, то в технических упало до критически малого уровня. И это при достаточном большом количестве предприятий республики, производящих широкую номенклатуру продукции.

Одной из причин такого положения является система отчетности, при которой предприятие не заинтересовано в отражении своей инновационной деятельности. Согласно методике сбора статистической информации при отнесении продукции к инновационной необходимо собрать комплекс информации, что сделать достаточно сложно. Это не только упомянутые выше расходы на инновационную продукцию, численность персонала занятого инновационными разработками. Также это и отнесение инноваций к категории технологической, маркетинговой или организационной с соответствующим сбором информации.

Гораздо проще предприятию не отражать данную информацию вообще или отражать ее на минимальном уровне, поскольку не существует стимулов со стороны государства для поощрения предприятий, у которых такая деятельность успешна, и наказания для тех, кто такой деятельностью не занимается. В основном требование инновационности продукции выдвигает рынок, динамика объемов продаж и является отражением востребованности продукции.

Однако государственным органам необходима оценка проводимой работы по темпам и объемам инновационной деятельности в целом, поскольку, как видели ранее, в основном за счет бюджета ведутся разработки новых технологий. Хотя, с другой стороны, превалирование таких данных можно отнести на то, что отчет по израсходованным средствам бюджета должен быть отражен, в отличие от других средств, отражение которых в статистических документах не так обязательно. В любом случае требуется методический инструментарий, который мог бы отразить в макроэкономическом масштабе инновационную деятельность всех предприятий региона независимо от желания руководителей отражать ее размеры в рамках отдельных предприятий. Естественно, такие методы должны быть косвенными.

Такая задача уже давно стояла не только перед отечественными исследователями, и первыми моделями были модели производственных функций, на которых не будем останавливаться подробно. В процессе их совершенствования для наших задач появились модели экономического роста. Наиболее распространенной является модель Р. Солоу (R. Solow), в которой темп прироста численности трудовых ресурсов экзогенная величина, технологический уровень неизменен, а отдача от двух факторов производства – труда и капитала – постоянна. Более сложная модель экзогенно учитывает и технический прогресс. Следующий уровень сложности представляют модели, учитывающие природные ресурсы.

Значительных результатов в исследовании достиг В.А. Колемаев<sup>2</sup>, который рассмотрел модель Солоу с учетом запаздывания при вводе фондов без учета динамики технологического прогресса и сформулировал соответствующую задачу оптимального управления нормой накопления в модели Солоу.

Для решения оценки влияния инновационной деятельности или технологического прогресса предполагается построение нелинейного множественного регрессионного уравнения для статистической оценки валового внутреннего и валового регионального продуктов в форме мультипликативной производственной функции с учетом инновационной составляющей.

При построении данных моделей стоимость основных фондов и объем ВВП и ВРП оценивается в сопоставимых ценах с учетом индекса потребительских соответствующего региона. Проводится статистический анализ точности построенных моделей и отбор наиболее адекватных моделей.

Предполагается, что процесс инвестирования и ввода фондов носит стационарный характер и подчиняется показательному распределению. Оценки точности построенных моделей позволят выбрать наиболее адекватные значения параметра, который характеризует скорость освоения инвестиций, что позволит построить соответствующий рейтинг регионов.

На основе построенных моделей производится разработка алгоритмов оптимального управления с использованием принципа максимума. Рассматривается задача оптимального управления данной системой, которая заключается в максимизации современной полезности от потребления.

Результаты проведенных исследований позволяют: во-первых, построить статистические прогнозы основных социально-экономических показателей регионов; во-вторых, составить рейтинг регионов по инновационной составляющей

и скорости освоения инвестиций; в-третьих, предложить алгоритм оптимального управления нормой накопления (удельным потреблением) в масштабах региона.

Макроэкономическая модель Солоу является одной из неоклассических моделей экономического роста. Неоклассические модели преодолевали ряд ограничений кейнсианских моделей и позволяли более точно описать особенности макроэкономических процессов.

Под экономическим ростом обычно понимают долговременную тенденцию увеличения реального объема выпуска в экономике. Соответственно, для измерения экономического роста используются показатели абсолютного прироста или темпов прироста реального объема выпуска в целом (ВВП, ВРП, ВНД) или в расчете на душу населения.

Основными характеристиками неоклассических моделей экономического роста являются:

- предположение о функционировании экономики в условиях совершенной конкуренции, обеспечивающей гибкую систему цен и равенство цен факторов производства их предельной производительности;
- отсутствие совокупного спроса, поскольку гибкая система цен постоянно приравнивает объем совокупного спроса к объему совокупного предложения;
- отсутствие функции инвестиций, так как при равновесии на рынке благ  $I=S$ ;
- представление технологии в виде производственной функции с взаимозаменяемыми факторами производства и постоянным эффектом масштаба.

В своей модели Р. Солоу показал, что нестабильность динамического равновесия в кейнсианских моделях была следствием взаимозаменяемости факторов производства. Вместо функции Леонтьева он использовал в своей модели производственную функцию Кобба - Дугласа, в которой труд и капитал являются субститутами.

Другими предпосылками анализа в модели Солоу являются: убывающая предельная производительность капитала, постоянная отдача от масштаба, постоянная норма выбытия, отсутствие инвестиционных лагов.

Модель Солоу показывает, что норма сбережения выступает важнейшим фактором, определяющим устойчивый уровень капиталовооруженности и, соответственно, уровень выпуска. Страны с более высокой нормой сбережения больше инвестируют и имеют более высокий уровень капиталовооруженности, что обеспечивает более высокий темп роста.

Предположим, что годовой валовой выпуск (ВОП)  $Y$  в каждый момент времени  $t$  определяется линейно-однородной производственной функцией

$$Y = F(K, L), \quad (1)$$

где, в отличие от статистической модели  $Y = Y(t)$ ,

$$K = K(t), L = L(t) - \text{функция времени } t.$$

Для построения динамической модели макроэкономики, описываемой функцией (1), необходимо определить динамику изменения параметров (факторов)  $K$  и  $L$ .

В результате модель Солоу экономического роста в абсолютных показателях примет вид

$$\begin{cases} Y = F(K, L) = aY + I + C, \\ L(t) = L_0 e^{\nu t}, \\ \frac{dK}{dt} = -\mu K + I, K(0) = K_0, \\ I = \rho(1-a)Y, C = (1-\rho)(1-a)Y, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\nu \in (-1, 1)$  - годовой темп прироста занятых;

$X = X(t)$  - промежуточный продукт;

$I = I(t)$  - инвестиции;

$C = C(t)$  - фонд потребления;

$a \in (0, 1)$  - коэффициент прямых затрат;

$\rho \in (0, 1)$  - норма накопления (сбережения);

$\mu \in (0, 1)$  - доля основных фондов, выбывших за год.

Схему функционирования экономики, согласно модели Солоу, можно проиллюстрировать следующим образом согласно рисунку.

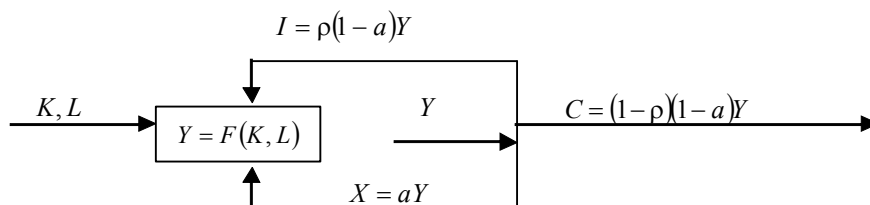


Рис. Схема функционирования экономики, согласно модели Солоу

Модель экономического роста Солоу является необходимой отправной точкой практически всех исследований экономического роста. С ее помощью выявляются причины временного и постоянного устойчивого роста экономики, существование межстрановых различий в уровне жизни населения.

Введем в рассмотрение следующие относительные показатели:

$k = \frac{K}{L}$  - фондовооруженность (капиталовооруженность) труда;

$y = \frac{Y}{L} = F\left(\frac{K}{L}, 1\right) = F(k, 1) = f(k)$ , - производительность (народнохозяйственная) труда;

$i = \frac{I}{L} = \rho(1-a)\frac{Y}{L} = \rho(1-a)y$ , - удельные инвестиции (в расчете на одного занятого);

$c = \frac{C}{L} = (1-\rho)(1-a)\frac{Y}{L} = (1-\rho)(1-a)y$ , - среднее душевое потребление (в расчете на одного занятого).

После некоторых преобразований получим формулу

$$\frac{dk}{dt} = \rho(1-a)y - \lambda k, \quad (3)$$

где  $\lambda = \mu + \nu$ .

Следовательно, величина изменения уровня капиталовооруженности одного работника (с постоянной эффективностью труда) определяется соотношением двух величин в расчете на одного работника - инвестиций  $\rho(1-a)y$ , фактически произведенных в экономике, и величины инвестиций, необходимых для того, чтобы сохранять достигнутый уровень  $k$  в условиях роста населения с темпом  $\nu$  и выбытием капитала с нормой  $\mu$ .

Таким образом, в экономике уровень капиталовооруженности  $k$  падает, если фактические инвестиции меньше, чем необходимые для сохранения уровня  $k$ , и возрастает, если  $\rho(1-a)y > \lambda k$ .

В результате модель Солоу в относительных (удельных) показателях примет вид

$$\begin{cases} y = f(k) = ay + i + c, \\ \frac{dk}{dt} = \rho(1-a)y - \lambda k, k(0) = k_0 = \frac{K_0}{L_0}, \\ i = \rho(1-a)y, c = (1-\rho)(1-a)y. \end{cases} \quad (4)$$

Необходимо отметить, что изменение численности населения влияет на величину устойчивого уровня капиталовооруженности, но не влияет на темпы роста производительности труда и капиталовооруженности в устойчивом состоянии.

В предыдущих типах модели Солоу предполагалось, что инвестиции превращаются в фонды мгновенно. Но в реальной экономической практике освоение капитальных вложений происходит с запаздыванием. Предположим, что инвестиции  $I(\tau)$ , сделанные в момент времени  $\tau$ , будут осваиваться в течение времени  $t > \tau$  постепенно, согласно закону распределения  $N(t, \tau) \geq 0$ .

Тогда после некоторых преобразований модель Солоу с учетом запаздывания при вводе фондов примет вид

$$\begin{cases} Y = F(K, L) = I + C, \\ L = L_0 e^{\nu t}, \\ \frac{dK}{dt} = -\mu K + Q, K(0) = K_0, \\ \frac{dQ}{dt} = \theta \cdot I - \theta \cdot Q, C = (1-\rho)Y. \end{cases} \quad (5)$$

В качестве примера рассмотрим производственную функцию  $f(k) = \alpha_0 k^{\alpha_1}$ , где оптимальная норма накопления  $\rho^*$ , обеспечивающая максимальное потребление, будет равна:

$$\rho^* = \lambda \frac{\theta_0}{\theta} \cdot \frac{k^*}{\alpha_0 (k^*)^{\alpha_1}} = \frac{\lambda \theta_0}{\theta \alpha_0} \left( \frac{\lambda \theta_0}{\alpha_0 \alpha_1 \theta} \right)^{\frac{1-\alpha_1}{\alpha_1-1}} = \alpha_1. \quad (6)$$

Таким образом, и в модели с запаздыванием при вводе фондов оптимальная норма накопления равна коэффициенту эластичности по фондам.

Однако максимальное среднедушевое потребление при запаздывании во вводе фондов меньше, чем в случае мгновенного ввода фондов.

Вместе с тем представленная модель, как практически все модели, не свободна от недостатков. Данная модель анализирует состояния устойчивого равновесия, достигаемые в длительной перспективе, тогда как для экономической политики важна и краткосрочная динамика производства и уровня жизни. Многие экзогенные переменные модели Солоу предпочтительнее было бы определять внутри модели, поскольку они тесно связаны с другими ее параметрами и могут видоизменять конечный результат. Модель не включает также ряд ограничителей роста

в существенных современных ресурсных, экологических, социальных условиях.

С целью моделирования социально-экономического положения Республики Марий Эл в целом была построена макроэкономическая модель экономического роста Р. Солоу для оценки ВРП в целом, а также несколько моделей Р. Солоу для анализа и прогнозирования ВРП (валовой добавленной стоимости) по отраслям экономики.

В общем виде модель Р. Солоу, ориентированная на ВВП, выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} Y = F(K, L) = I + C, \\ L(t) = L_0 e^{v \cdot t}, \\ \frac{dK}{dt} = -\mu K + \rho Y, K(0) = K_0, \\ I = \rho Y, C = (1 - \rho)Y. \end{cases} \quad (7)$$

где  $Y = F(K, L)$  - объем валового регионального продукта, млн руб.;

$I = I(t)$  - объем инвестиций, млн руб.;

$C = C(t)$  - фонд потребления, млн руб.;

$L = L(t)$  - численность трудовых ресурсов, тыс. чел.;

$K = K(t)$  - стоимость основных фондов, млн руб.;

$\frac{dK}{dt} = -\mu K + \rho Y, K(0) = K_0$  - динамика изменения капитала;

$\rho \in (0, 1)$  - норма накопления (сбережения);

$\mu \in (0, 1)$  - доля основных фондов, выбывших за год;

$v \in (-1, 1)$  - годовой темп прироста трудовых ресурсов.

При построении модели использованы статистические данные Республики Марий Эл за последние 10 лет (2002-2011).

Также были рассчитаны показатели в реальных (сопоставимых) ценах на основе индекса

потребительских цен, где за базисный период взят 2000 г.

В результате проведенного анализа построена производственная функция Кобба - Дугласа:

$$Y = F(K, L) = \alpha_0 K^{\alpha_1} L^{\alpha_2} e^{\gamma t}, \quad (8)$$

где показатель  $\gamma(0,1)$  характеризует технический прогресс.

Для того чтобы построенная модель более правильно отражала современное социально-экономическое положение республики и строила точный прогноз, при моделировании необходимо использовать показатели в реальных (сопоставимых) ценах.

При использовании в качестве трудовых ресурсов численности экономически активного населения ( $L_2$ ) получена следующая модель:

$$Y = 1,8233K^{0,8683}L^{0,9955}e^{0,0925t},$$

параметрами которой являются  $\mu = 0,0706$ ,  $v = -0,0058$ ,  $\rho = 0,2222$ .

После приведения модели к линейному виду (линеаризации) найдены некоторые показатели, характеризующие качество модели. Среди таких показателей можно выделить коэффициент множественной корреляции  $R$ , характеризующий тесноту связи результативного признака с факторами. В данной модели  $R = 0,9724$ , следовательно, модель характеризуется высокой теснотой связи. Коэффициент детерминации  $R^2 = 94,56\%$ . Значит, результативный признак на 94,56 % объяснен включенными в модель факторами и на 5,44 % - случайными факторами, что говорит о высокой точности построения модели.

<sup>1</sup> Республика Марий Эл: стат. ежегодник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл. Йошкар-Ола, 2013.

<sup>2</sup> Колемаев В.А. Математическая экономика. М., 2002.

Поступила в редакцию 05.01.2014 г.