

механизмов, способных вызвать спонтанное повышение потребности в детях, а, следовательно, и рождаемости хотя бы до уровня, гарантирующего простое воспроизводство населения. Надежда на это может быть связана с очень сильной государственной просемейной политикой, специально ориентированной на возрождение семьи и на постепенное формирование у подрастающих поколений потребности в трех-четыре детей и детерминации соответствующего репродуктивного поведения.

### **Литература**

1. Демография. – М.: Инфра – М, 2005, с. 265
2. Население России 2006. Четырнадцатый ежегодный демографический доклад. / М., ГУ ВШЭ, 2008. С. 98
3. Республика Карелия в цифрах 2008. Карелиястат // Петрозаводск, 2009.
4. Семья в центре социально-демографической политики. Сборник аналитических статей / От. Ред. О.В. Синявская. – М.: Независимый институт социальной политики, 2009. – 192 с. (с. 35)

**Молчанова Екатерина**

*к.т.н., н.с.*

*УРАН Институт экономики КарНЦ РАН*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИННОВАЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

Ключевым направлением современного мирового экономического и социального развития является активизация инновационной деятельности и широкое распространение инновационных технологий, продуктов и услуг. В настоящее время в мире около 70% прироста валового внутреннего продукта приходится на долю новых знаний, воплощаемых в инновационных технологиях производства и управления. В то же время, закономерности и особенности инновационной деятельности представляют собой достаточно сложный процесс, требующий для своего описания применения специальных методов и моделей. Для инновационного развития, в том числе и на региональном уровне, важным является составление и использование адекватных моделей и прогнозов социально-экономического развития, в том числе для повышения инвестиционной привлекательности территории. Такой подход дает возможность перейти от описательных характеристик к системному представлению об исследуемых объектах.

**Формализация терминов «идея» и «инновация».** В настоящее время в литературе используются термины «идея» и «инновация». Идея есть

пара  $(v, c)$ , где  $v$  – суммарная за все время ценность (полезность) идеи, если она будет реализована,  $c$  – затраты на реализацию идеи. Идея становится инновацией после ее реализации [7].

При изучении теории инноваций целесообразно опираться на хорошо разработанный математический аппарат, специально учитывая инновационные процессы. В настоящее время принято выделять три типа моделей инновационных процессов – модели отдельных элементов инновационных процессов, общие модели экономического роста с включением компонент, отражающих инновационную деятельность, комплексные модели инновационных процессов [2].

**Модели отдельных элементов инновационных процессов.** К моделям отдельных элементов инновационных процессов относятся модели научного и технического потенциала, научно-технической деятельности, внедрения нововведений. С учетом этих моделей выбираются варианты научно-технической политики, совершенствуется управление научно-технической деятельностью, осуществляются технологическое прогнозирование и выбор проектов в фирме. Для их описания применяются метод Дельфи, экспертных оценок, кривые роста, исследовательское прогнозирование, экстраполяция временных рядов и др. В таблице 1 представлены в систематизированной форме методы и модели, которые используются для описания отдельных элементов инновационных процессов [6 – 8, 12 – 16].

*Таблица 1*

**Методы и модели, которые используются для описания отдельных элементов инновационных процессов**

| № | Название метода                | Краткое описание метода   |
|---|--------------------------------|---|
| 1 | Метод экспертных оценок        | Основывается на экспертной информации, накопленном опыте и исходит из предположения о том, что на базе мнений экспертов возможно построение образов будущего развития.  |
| 2 | Метод Дельфи (Delphi approach) | Его суть состоит в организации систематического сбора экспертных оценок – мнений специально подобранных экспертов, их математико-статистической обработки, корректировки экспертами своих оценок на основе каждого цикла обработки. Метод предназначен для получения относительно надежной информации в ситуациях острой неопределенности.        |
| 3 | Прогнозирование по аналогии    | Метод основан на сравнении прогнозируемой технологии с какой-либо сходной технологией в прошлом.  |
| 4 | Кривые роста                   | Было установлено сходство между характером биологического развития и ростом функциональных характеристик технических устройств. Это сходство, указывает на имеющуюся возможность прогнозировать техническое развитие таким же способом, каким биологи прогнозируют рост отдельных организмов и их популяций, то есть с помощью S-образных кривых. |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 4.1 | Кривая Перла   | Кривая роста: $F(t) = \frac{L}{1 + ae^{-bt}}$ , где $L$ – верхний предел, $a, b$ – параметры модели.  |
| 4.2 | Кривая Гомперца  | Кривая роста: $F(t) = Le^{-be^{-kt}}$ , где $L$ – верхний предел, $b, k$ – параметры модели.  |
| 5   | Модели с кривой роста  | Наибольшее количество работ, моделирующих инновационные процессы, посвящено явлению диффузии инноваций. Было высказано предположение о возможности использования S-образных кривых (логистической, Гомперца, модифицированной экспоненциальной и др.) и уравнений типа Лоттки-Вольтера для моделирования процессов технологического развития. |
| 5.1 | Модель Айзенсона-Хартмана  | Простейший вариант модели можно выразить следующим образом: $\frac{dI}{dt} = KIN$ , где $I$ – текущий объем информации, $N$ – число людей, занятых в соответствующей области, $K$ – коэффициент пропорциональности.   |
| 5.2 | Универсальная кривая роста   | Модель была разработана Флойдом и представляет собой попытку объяснить научно-техническое развитие на основе усилий по улучшению существующих функциональных характеристик.   |
| 5.3 | Диффузия нововведения в отрасли  | Мэнсфилд разработал модель, в которой скорость диффузии нововведения в какой-либо отрасли зависит от некоторых объективно измеримых показателей.  |
| 6   | Нормативные методы прогнозирования   | В основе этих методов лежит системный анализ. С их помощью пытаются отобразить элементы какой-нибудь системы и изучить взаимосвязи между этими элементами.  |
| 6.1 | Деревья целей  | Деревья целей используются тогда, когда анализируемую систему или процесс можно представить в виде уровней причинных взаимосвязей, уровней сложности или иерархических уровней.   |
| 6.2 | Морфологические модели   | Морфологические модели применяются в тех случаях, когда систему или процесс можно расчленить на элементы, которые можно видоизменять независимо друг от друга.  |
| 6.3 | Блок-схемы   | Блок-схемы последовательности выполнения задач используются в тех случаях, когда систему или процесс можно представить в виде одной или нескольких цепочек последовательных этапов.   |
| 7   | Исследовательское прогнозирование  | Основано на использовании принципа инертности развития, при котором формирование прогноза во времени происходит по схеме от настоящего к будущему.  |
| 8   | Экстраполяция временных рядов  | Позволяет получить количественные оценки. Обычно используются стандартные функции – линейная, полиномиальная, степенная, экспоненциальная, логистическая, иногда – более сложные функции с гибкой структурой.   |
| 9   | Модель грантовой системы   | Модель описывает грантовую систему, ориентированную на исследователей с высокой продуктивностью и способствует тому, чтобы они действительно выполняли гранты, а не тратили деньги на другие нужды.   |
| 10  | Математическая модель формирования организации и заработной платы в экономике знаний | Математическая модель объясняет повышенный уровень заработной платы для работников, принимающих сложные решения.  |

**Общие модели экономического роста с включением компонент, отражающих инновационную деятельность.** К наиболее разработанным общим моделям экономического роста с включением компонент, отражающих инновационную деятельность, можно отнести производственные функции [4, 12, 13]. Применение производственных функций не ограничивается выявлением зависимости затраты – выпуск. Различные приемы математического аппарата позволяют использовать их для вычисления численных характеристик производства, анализа эффективности изменения масштаба производства и технологического прогресса, исследования эластичности производственных факторов, рационального ведения хозяйства, оптимального планирования и прогнозирования вариантов развития фирмы и др.

Остановимся на примерах наиболее удачно построенных и потому часто применяемых на практике производственных функций [1, 4, 7, 12, 13].

Первый успешный опыт построения производственной функции, как уравнения регрессии на базе статистических данных, был получен американскими учеными – математиком Д. Коббом и экономистом П. Дугласом в 1928 году. Предложенная ими функция изначально имела вид:

$$Y = aK^\alpha L^{1-\alpha}, \quad (1)$$

где  $Y$  – объем выпуска,  $K$  – величина производственных фондов (капитал),  $L$  – затраты труда,  $a, \alpha$  – числовые параметры (масштабное число и показатель эластичности). Благодаря своей простоте и рациональности, эта функция широко применяется, и получила дальнейшие обобщения в различных направлениях.

Для учета технического прогресса в функцию Кобба-Дугласа вводят специальный множитель (технического прогресса)  $e^{vt}$ , где  $t$  – параметр времени,  $v$  – постоянное число, характеризующее темп развития. В результате функция принимает «динамический» вид:

$$Y = ae^{vt} K^\alpha L^\beta, \quad (2)$$

где не обязательно  $\alpha + \beta = 1$ . Показатели степени в функции (2) имеют смысл эластичности выпуска по капиталу и труду.

Производственная функция CES (с постоянной эластичностью замещения) имеет вид:

$$f(x_1, x_2) = a \left[ \delta x_1^{-\beta} + (1-\delta)x_2^{-\beta} \right]^{-\frac{\gamma}{\beta}}, \quad (3)$$

где  $a > 0$  – коэффициент шкалы,  $\delta > 0$  – коэффициент распределения,  $\beta > 0$  – коэффициент замещения,  $\gamma$  – степень однородности. С учетом технического прогресса функция CES записывается:

$$f(x_1, x_2) = ae^{\nu t} [\delta x_1^{-\beta} + (1-\delta)x_2^{-\beta}]^{-\frac{\gamma}{\beta}}. \quad (4)$$

Производственная функция с фиксированными пропорциями имеет вид:

$$f(x_1, x_2) = \min\{ax_1^\gamma, bx_2^\gamma\}. \quad (5)$$

Производственная функция затраты – выпуск (функция Леонтьева) получается из (5) при  $\gamma = 1$ :

$$f(x_1, x_2) = \min\{ax_1, bx_2\}. \quad (6)$$

Линейная производственная функция (функция с взаимозамещением ресурсов) применяется при наличии линейной зависимости выпуска от затрат:

$$f(x_1, x_2) = a_1x_1 + a_2x_2, \quad (7)$$

где  $a_k$  – норма затрат  $k$ -го вида для производства единицы продукции (предельный физический продукт затрат).

**Модель Ромера (Romer, 1990)** [7]. В модели представлены два сектора, производящий товары и услуги, производящий новые знания.

Пусть  $Y$  – выпуск товаров и услуг,  $K$  – основные фонды,  $L$  – труд,  $L_Y$  – труд, производящий товары и услуги, – труд,  $L_A$  – труд, производящий новые знания,  $A$  – технология, знания и идеи  $\hat{A}$  – прирост технологий, знаний и идей (новые технологии, знания и идеи),  $\alpha$  – коэффициент производственной функции товаров и услуг,  $\bar{\delta}$  – средняя производительность труда в производстве знаний (количество произведенных новых знаний на одного исследователя),  $\delta, \varphi, \lambda$  – константы.

Модель описывается уравнениями:

- выпуск товаров и услуг:

$$Y = K^\alpha (AL_Y)^{1-\alpha}, 0 < \alpha < 1; \quad (8)$$

- баланс труда:

$$L_Y + L_A = L; \quad (9)$$

- производство новых знаний:

$$\hat{A} = \bar{\delta} L_A; \quad (10)$$

- средняя производительность знаний:

$$\bar{\delta} = \delta A^\varphi L_A^{\lambda-1}, \delta > 0, 0 < \lambda < 1. \quad (11)$$

Из уравнений (10), (11) получаем функцию производства новых знаний:

$$\hat{A} = \delta L_A^\lambda A^\varphi. \quad (12)$$

Уравнение (12) показывает, что производство новых знаний в данный момент зависит от количества исследователей и существующего объема знаний. Из уравнений (12) следует, что если  $\varphi > 0$ , то существует положительный перелив знаний в будущее, если  $\varphi < 0$ , то основные знания произведены в прошлом, а в будущем станет все труднее производить новые знания.

**Комплексные модели инновационных процессов.** Комплексные модели инновационных процессов являются более сложными и строятся с помощью выделения нескольких секторов или уровней экономики. Они позволяют связывать специальными уравнениями развитие экономики страны с региональным уровнем и уровнем предприятий. Их использование позволяет анализировать влияние изменений в отдельных секторах на развитие экономики в целом и влияние общеэкономических решений на развитие отдельных секторов и предприятий [3].

**Современные направления инновационного прогнозирования.** *Форсайт* (от англ. *foresight* – предвидение) – методика долгосрочного прогнозирования научно-технологического и социального развития, основанная на опросе экспертов. Форсайт представляет собой систему методов экспертной оценки стратегических направлений социально-экономического и инновационного развития, выявления технологических прорывов, способных оказать воздействие на экономику и общество в средне- и долгосрочной перспективе.

Форсайт ориентирован на определение возможных вариантов будущего. Основой для оценки вариантов будущего являются экспертные оценки. Методология Форсайт вобрала в себя десятки традиционных и достаточно новых экспертных методов. Обычно в каждом из форсайт-проектов применяется комбинация различных методов, в числе которых экспертные панели, Дельфи (опросы экспертов в два этапа), SWOT-анализ, мозговой штурм, построение сценариев, технологические дорожные карты, деревья релевантности, анализ взаимного влияния и др. Чтобы учесть все возможные варианты и получить полную картину привлекается, как правило, значительное число экспертов. Так, в японских долгосрочных прогнозах научно-технологического развития, про-

водимых каждые пять лет, участвует более 2-х тысяч экспертов, которые представляют все важнейшие направления развития науки, технологий и техники, а в последнем корейском проекте участвовали более 10 тысяч экспертов [10].

**Исследование влияния инноваций на развитие экономики.** Для исследования влияния науки и инноваций на развитие экономики необходимо выделить и зафиксировать факторы (социально-экономические показатели), которые будут включены в математические модели. На рисунке 1 представлены основные блоки базы данных, характеризующей региональную инновационную социально-экономическую систему. Она содержит два информационных блока:

- основные социально-экономические показатели (ВРП, численность занятых в экономике, основные фонды, инвестиции),
- основные инновационные показатели (внутренние затраты на исследования и разработки, численность персонала, занятого исследованиями и разработками, количество патентов, основные фонды научных исследований, инновационная активность предприятий, затраты на технологические инновации).

База данных была разработана для Российской Федерации и Республики Карелия.

Региональная инновационная социально-экономическая система включает множество взаимосвязанных подсистем, которые можно анализировать с различных точек зрения: технических, экономических, социальных, юридических и др. В данном исследовании применяются в основном математические методы оценки влияния науки и инноваций на развитие экономики региона.

**Регрессионный анализ.** Установить степень влияния науки и инноваций на развитие экономики региона можно с использованием специальных технических приемов. Часто используется регрессионный анализ, позволяющий с помощью уравнения регрессии, построенного по данным об уровнях факторов в течение определенного времени, определить влияние каждого из них.

Регрессионным анализом называется совокупность статистических методов построения (идентификации) аналитических зависимостей (моделей) между двумя и более случайными величинами. Он позволяет установить характер связи между случайными величинами, т.е. вида уравнения (аналитической модели), которое описывало бы совместное поведение рассматриваемых величин и обеспечивало бы возможность предсказывать (прогнозировать) значения реализаций одной случайной величины по конкретным реализациям (значениям) другой. Основными этапами регрессионного анализа являются: идентифи-

кация класса уравнения регрессии, идентификация структуры уравнения регрессии в классе, идентификация (оценивание) параметров уравнения регрессии, проверка степени адекватности полученной модели результатам стохастического эксперимента.



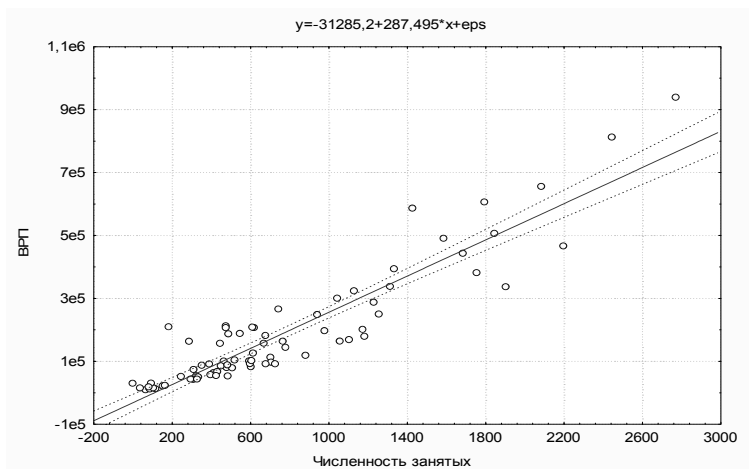
**Рис. 1.** Структура базы данных, характеризующей влияние науки и инноваций на развитие экономики региона

Первым шагом к статистическому оцениванию уравнения регрессии является предположение о возможном виде уравнения регрессии. Это предположение строится исходя из технологического, экономического, социального существа исследуемого процесса с учетом вида диаграммы рассеяния, эмпирических значений коэффициентов корреляции и корреляционного отношения. Для решения практических задач наиболее широко

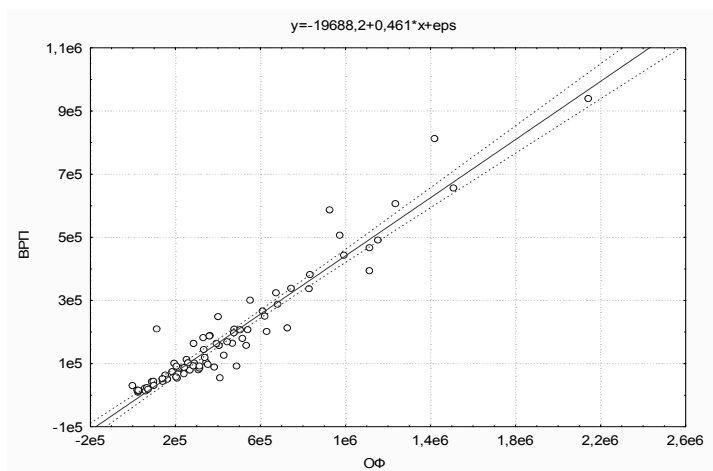


используют два класса уравнений: класс линейных регрессионных уравнений (моделей), класс нелинейных регрессионных уравнений (моделей).

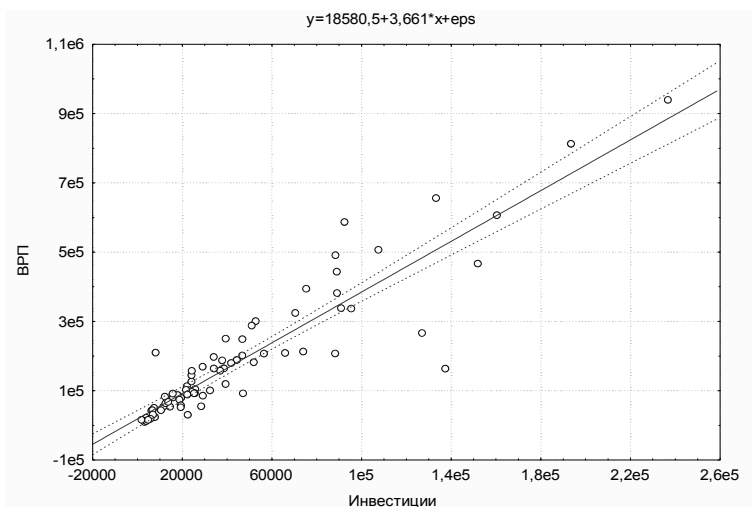
Диagramмы рассеяния, связывающие уровень ВРП с основными социально-экономическими и инновационными показателями для регионов России, представлены на рисунках 2 – 5.



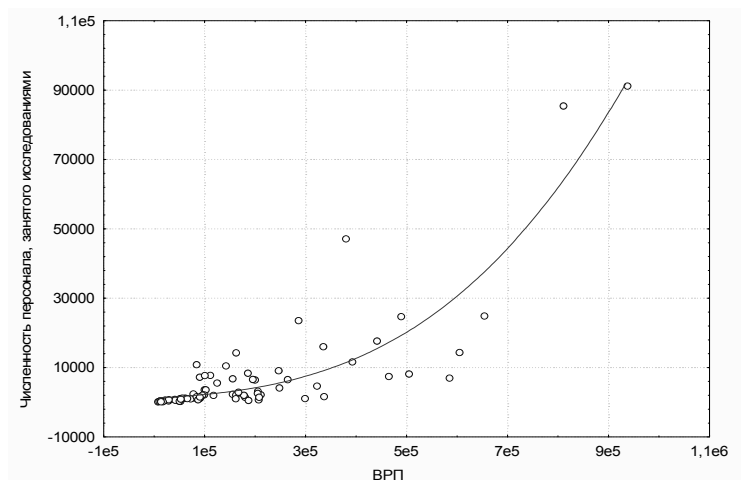
**Рис. 2.** Зависимость ВРП от численности занятых для регионов России



**Рис. 3.** Зависимость ВРП от основных фондов для регионов России



**Рис. 4.** Зависимость ВРП от инвестиций для регионов России



**Рис. 5.** Зависимость численности персонала, занятого исследованиями и разработками от ВРП для регионов России

Сложность региональных инновационных социально-экономических систем приводит к тому, что функциональную связь между компонентами системы трудно описать традиционными методами. В этом случае

исследователи прибегают к аппроксимации этой функциональной связи на основе инновационных и социально-экономических представлений с помощью разумно подобранных математических функций. Переход от простой модели к более сложной следует производить только в том случае, когда более простая модель оказалась неадекватной экспериментальным данным (правило минимальной сложности).

Зависимость ВРП от основных социально-экономических факторов (основных фондов или инвестиций и труда) впервые была предложена американскими учеными – математиком Д. Коббом и экономистом П. Дугласом в 1928 г. и может быть представлена в виде:

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta}, \quad (13)$$

где  $Y$  – ВРП,  $K$  – инвестиции,  $L$  – затраты труда,  $\alpha, \beta$  – параметры модели.

Для регионов России уравнение (13) принимает вид (2006 год):

$$Y = 13,9K^{0,54}L^{0,56},$$

$$R^2 = 0,96. \quad (14)$$

Для Республики Карелия (1990–2007 год):

$$Y = 2,9K^{0,31}L^{0,42},$$

$$R^2 = 0,88. \quad (15)$$

На рисунках 6, 7 представлены данные о ВРП для регионов России и Республики Карелия, полученные из статистической информации и рассчитанные путем применения степенной модели (13).

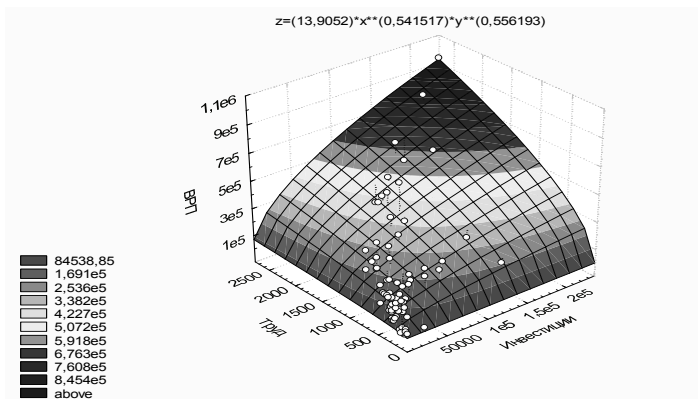
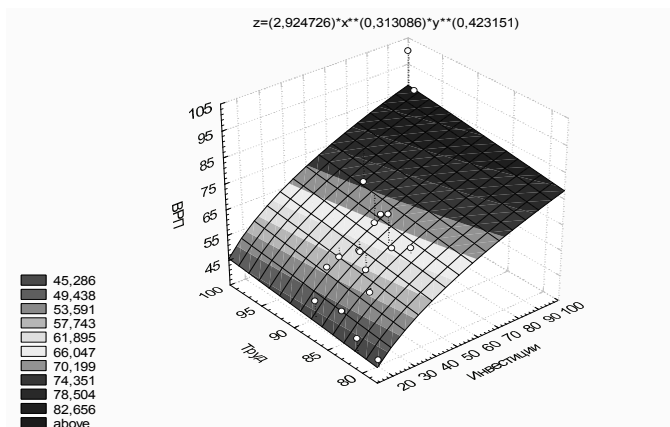


Рис. 6. Зависимость ВРП от инвестиции и труда для регионов России (2006 год)



**Рис. 7.** Зависимость ВРП от инвестиции и труда для Республики Карелия (1990–2007 года)

Если в модель (13) добавить фактор, учитывающий влияние науки и инноваций на развитие экономики региона, то она может быть представлена в виде:

$$Y = AK^{\alpha} L^{\beta} I^{\gamma}, \quad (16)$$

$$Y = AK^{\alpha} L^{\beta} \exp(\gamma I), \quad (17)$$

где  $Y$  – ВРП,  $K$  – инвестиции,  $L$  – затраты труда,  $I$  – внутренние затраты на исследования и разработки (или доля внутренних затрат на исследования и разработки в ВРП),  $\alpha, \beta, \gamma$  – параметры модели.

Для регионов России уравнение (16) принимает вид (2006 год):

$$Y = 18,5K^{0,5} L^{0,46} I^{0,06},$$

$$R^2 = 0,97. \quad (18)$$

Для Республики Карелия (1990–2007 год):

$$Y = 20,8K^{0,25} L^{0,07} I^{0,1},$$

$$R^2 = 0,88. \quad (19)$$

$$Y = 12,7K^{0,24} L^{0,12} \exp(0,59 \cdot I),$$

$$R^2 = 0,89. \quad (20)$$

**Заключение.** Согласно разработанным стратегиям социально-экономического развития, как России, так и Республики Карелия инновационный путь развития признан в нашей стране приоритетным. Поэтому вопрос моделирования и прогнозирования инновационных процессов становится все более актуальным и значимым, особенно в период мирового финансового кризиса. В статье анализируются различные подходы и методы описания, как отдельных элементов инновационных процессов, с учетом влияния научно-технического прогресса, так и комплексные модели, связывающие разные уровни экономики. Их использование позволяет строить прогнозы основных социально-экономических показателей развития страны, региона или предприятия.

### Литература

1. *Варшавский А.Е.* НТП в моделях экономического развития: методы анализа и оценки. – М., 1984.
2. *Дружинин П.В.* Инновационный менеджмент. Петрозаводск: ПетрГУ, 2005.
3. *Дружинин П.В.* Структурные модели региональной экономики. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000.
4. *Колемаев В.А.* Математическая экономика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 399 с.
5. *Кокурин Д.И.* Инновационная деятельность. М.: Экзамен, 2001.
6. *Корогодин В.И., Корогодина В.П.* Основа жизни – информация // Природа. – 1993. – № 12. – С.3–10.
7. *Макаров В.Л.* Обзор математических моделей экономики с инновациями // Экономика и математические методы, 2009, Т. 45, № 1, с. 3 – 14.
8. *Мартино Дж.* Технологическое прогнозирование. М.: Прогресс, 1977.
9. *Сахал Д.* Технический прогресс: концепции, модели, оценки. М.: Финансы и статистика, 1985.
10. *Соколов А.В.* Форсайт: взгляд в будущее // Материалы сайта Форсайт-центра ИСИЭЗ ГУ-ВШЭ, Форсайт, № 1, 2007.
11. *Стоянова Е.* Финансовый менеджмент. Российская практика. М.: Перспектива, 1994.
12. *Яблонский А.И.* Математические модели в исследовании науки. М.: Мысль, 1986.
13. *Янч Э.* Прогнозирование научно-технического прогресса. М.: Прогресс, 1974.

14. *Brown B, Cochran S, Dalkey N.* The Delphi Method, II. Structure of Experiments, Rand Memorandum RM – 5957 – PR, Rand Corporation, Santa Monica, Calif., June, 1969.
15. *Martino J.P.* Correlation of technological trends, Technological Forecasting, 1970, Vol. 1, p. 347–354.
16. *Pearl R.* The Biology of Population Growth N. Y., Alfred A. Knopf. 1925.
17. *Solow R.* Technical Change and the Aggregate Production Function // Review of economics and statistics. 1957. V. 39. P.312 – 320.

**Мордвинцев Максим**

*Студент 5 курса*

*Экономического факультета ПетрГУ*

## **ГЛОБАЛИЗАЦИЯ КАК ПРЕПЯТСТВИЕ И ПОМОЩЬ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ В РЕГИОНЕ**

В данной статье автор рассматривает глобализацию с точки зрения внедрения социальных инноваций и ставит перед собой цель выработать рекомендации по использованию глобализации для социального развития.

В основе данной статьи лежит ряд тезисов.

Во-первых, хотя инновации бывают различных видов, для целей исследования автор делит инновации на технологические и социальные. Технологические инновации – это инновации, затрагивающие технологию производства товаров, оказания услуг, выполнения работ, в то время как социальные инновации – это инновации, касающиеся социальных процессов. Бывают инновации, которые влияют и на технологические процессы, и на социальные процессы. Поэтому далее автор под инновациями технологий будут пониматься инновации, которые скорее являются инновациям технологий, чем социальными инновациями, а под социальными инновациями – инновации, которые скорее являются социальными инновациями, чем инновациями технологий.

Во-вторых, технологические и социальные инновации образуют целостную и взаимообуславливающую систему, где технологические инновации невозможны без социальных инноваций, а социальные инновации невозможны без технологических инноваций. Таким образом, любое технологическое развитие требует соответствующего социального развития.

В-третьих, социальные инновации будет намного хуже работать, а может и не заработать вовсе, что более вероятно, при не совпадении же-