

## **Технология высокопроизводительных вычислений в исследовании влияния сектора биотехнологий на макропоказатели развития экономики Кировской области**

Н.Н. Оленев<sup>1</sup>, А.А. Петров<sup>1</sup>, А.В.Шатров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН,  
119991, Москва, ГСП-1, Вавилова, 40, Россия  
e-mail: olenev@ccas.ru

<sup>2</sup> Вятский государственный университет,  
610000, Киров, Московская, 36, Россия  
e-mail: avshatrov1@yandex.ru

**Аннотация.** В настоящей работе построена трехсекторная нормативная балансовая математическая модель региональной экономики, учитывающая налогообложение и теневой оборот. Динамика материальных и финансовых балансов выражается через изменение запасов продуктов, факторов производства и денег. Модель разработана для проведения имитационных экспериментов по анализу инновационного потенциала и инновационной инфраструктуры Кировской области с целью разработки предложений по активизации инновационной деятельности. Три сектора в модели экономики Кировской области представлены (1) лесопромышленным комплексом, (2) комплексом новых отраслей в биотехнологии и химии, (3) объединением оставшихся отраслей.

**Ключевые слова.** Динамическая балансовая модель, региональная экономика, влияние сектора биотехнологий

### **ВВЕДЕНИЕ**

При исследовании инновационного потенциала важно понимать, что развитие связано не только с появлением новых технологий и товаров, но также и с уходом старых технологий, демонтажем старых производственных фондов и разрушением старых производственных отношений [1-2]. Николай Кондратьев [3], изучая эмпирические статистические данные по долгосрочному экономическому развитию различных стран, заметил, что повышательная волна большого цикла деловой конъюнктуры (Кондратьевского цикла) сопровождается крупными социальными потрясениями и переворотами в жизни общества. Разграничение между экономическим ростом и экономическим развитием явно ввел в экономическую науку Йозеф Шумпетер [4]. Рост – это увеличение со временем производства и потребления одних и тех же товаров и услуг, а развитие – это, прежде всего, появление чего-то нового, неизвестного ранее, то есть инновация, и, кроме того, уход старого, отжившего свое. На фазах кризиса и депрессии создаются предпосылки для перехода к новым технологиям, освоения класте-

ров базисных инноваций. Это требует в свою очередь крупных вложений в обновление производственных мощностей, в замену активной и пассивной частей основных фондов.

Мировой тенденцией последних лет стало использование методов имитационного моделирования для оценки инновационного потенциала и динамики экономического развития того или иного региона [5]. У нас в стране, как правило, ограничиваются только прямым анализом имеющихся статистических данных и предложениями по инвестиционному стимулированию роста [6]. Это связано как со сложностью математического моделирования развивающейся экономики региона [7], так и с трудностями идентификации параметров модели [8]. Для создания и развития областных центров трансфера технологий необходимо дать оценку инновационного потенциала Кировской области и прогноз экономического развития, что можно сделать на основе имитационной модели [9].

Обоснуем предлагаемый путь решения задачи оценки инновационного потенциала. Для построения имитационной модели оценки инновационного потенциала Кировской области надо было выделить основных экономических агентов и задать основные показатели. Кировская область богата восстанавливаемыми ресурсами: людьми, лесом, ресурсами сельского хозяйства. Экономику области можно охарактеризовать тремя основными сферами человеческой деятельности (секторами экономики): (1) отрасли лесопромышленного комплекса (лесное хозяйство, лесоперерабатывающие предприятия, транспорт); (2) отрасли биотехнологий и примыкающие к ним (фармацевтика, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность, агропромышленный комплекс, пищевая промышленность); (3) прочие отрасли (в основном, отрасли сферы услуг). В качестве имитационной модели оценки инновационного потенциала Кировской области естественно взять трехсекторную модель региональной экономики, основанную на вычислимой модели общего равновесия с учетом теневого сектора [10]. Численное исследование имитационной модели экономики области позволит найти сценарий со сбалансированной инновационной политикой, необходимой для устойчивого развития областной экономики. В модели следует выделить следующих основных экономических агентов: Правительство, Производители, Банковская система, Население, Внешние потребители и поставщики.

Для проведения качественных и количественных расчетов на модели необходимо провести идентификацию ее внешних параметров. Большая часть параметров не может быть оценена напрямую из данных экономической статистики, для их идентификации нужно сравнивать полученные при расчетах на модели временные ряды макропоказателей области со статистическими временными рядами этих макропоказателей. Технология идентификации параметров предусматривает высокоскоростные параллельные вычисления на кластерной компьютерной системе [11]. В качестве критериев близости временных рядов можно использовать индекс несовпадения Тейла и недавно построенный на

основе вейвлет коэффициентов критерий близости [12], который лучше коэффициента корреляции Пирсона отражает связь нелинейных временных рядов.

## ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

В основу построения имитационной модели положим трехсекторный вариант модели общего равновесия с запасами продуктов, факторов производства и денег при налогообложении и наличии теневого оборота [10]. В качестве экономических агентов выделим три производственных сектора (лесопромышленный комплекс области  $X$ , комплекс новых отраслей биотехнологии и химии  $Y$ , сектор услуг, включающий все оставшиеся отрасли народного хозяйства области,  $Z$ ), домашние хозяйства  $L$ , торгового посредника  $T$ , региональную банковскую систему  $B$ , и Правительство региона (консолидированный бюджет региона)  $G$ . Производители (сектора региональной экономики), используют в производстве труд, капитал и промежуточную продукцию. Производители поставляют продукцию на внутренний рынок, внешний рынок, а также на рынок промежуточной продукции. Домашние хозяйства предлагают труд и потребляют конечную продукцию. Торговый посредник занят перераспределением материальных и финансовых потоков. Банковская система выпускает денежные средства, выдает кредиты производителям с целью извлечения банковской прибыли. Правительство региона собирает налоги с производителей (налог на прибыль  $n_1$ , налог на добавленную стоимость  $n_2$  и акцизы  $n_3$ , единый социальный налог  $n_4$ , таможенные пошлины на экспорт  $n_5$ ) и домашних хозяйств (таможенные пошлины на импорт  $n_6$ , подоходный налог  $n_7$ ). Считаем, что свои цены формируются на каждом рынке каждой продукции и изменение цен обратно пропорционально изменению запасов соответствующих продуктов.

Для учета в модели теневого оборота, мы предполагаем, что произведенный продукт производители делят на легальный и теневой, который не облагается налогами. В результате у производителя оказывается два вида денег – «белые» и «черные». «Черные» деньги могут отмываться, а запас неотмытых денег подвергается штрафным санкциям – «налогообложению» теневого сектора. У потребителя все деньги считаются «белыми», а свой доход потребитель делит по заданным нормам потребления легальных и теневых продуктов всех секторов.

В результате получается вычислимая математическая модель – система равенств и дифференциальных уравнений, описывающая динамику изменения экономических показателей для системы. В пределе в данной системе устанавливается равновесие, поэтому она может быть отнесена к классу CGE моделей.

## ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

При описании имитационной модели мы рассматривали три сектора экономики. Для представления математической модели ограничимся одним секто-

ром. Лесопромышленный комплекс Кировской области может называться сектором  $X$ , экономическим агентом  $X$  или просто агентом  $X$ . Будем считать, что в каждый момент времени  $t$  выпуск агентом  $X$  продукта  $Y_X(t)$  задается степенной производственной функцией (производственной функцией типа Кобба-Дугласа) от используемых факторов производства: труда  $L$ , капитала  $K$  и промежуточных продуктов смежных секторов  $Y$  и  $Z$ .

$$Y_X = (a_L^X Q_L^X)^{\delta_L^X} (a_K^X Q_K^X)^{\delta_K^X} (a_Y^X Q_Y^X)^{\delta_Y^X} (a_Z^X Q_Z^X)^{\delta_Z^X}, \quad (1)$$

где  $\delta_L^X + \delta_K^X + \delta_Y^X + \delta_Z^X = 1$ . Здесь и далее, если не оговорено противное, все показатели, как здесь  $Y_X(t)$ ,  $Q_L^X(t)$ ,  $Q_K^X(t)$ ,  $Q_Y^X(t)$ ,  $Q_Z^X(t)$ , считаются функциями времени  $t$ , поэтому этот аргумент для сокращения записи в формулах опускается. Все параметры, как правило, считаются константами, как здесь  $a_L^X$ ,  $a_K^X$ ,  $a_Y^X$ ,  $a_Z^X$ ,  $\delta_L^X$ ,  $\delta_K^X$ ,  $\delta_Y^X$ ,  $\delta_Z^X \in (0, 1)$ . Производство открытого  $X$  и теневого  $V$  продукта агентом  $X$  осуществляется на общих фондах, общих трудовых ресурсах и общих запасах промежуточных продуктов, а произведенная продукция (выпуск)  $Y_X(t)$  делится в заданной пропорции  $(1 - q_X) : q_X$  на открытый («белый») выпуск  $X$  и теневой («черный») выпуск  $V$ , где  $q_X$  – доля тени в общем выпуске продукта  $Y_X(t)$ . Теневой продукт используется для продажи населению, другим секторам и внешним агентам. Предполагаем, что инвестиции могут быть только легальными. Запас своего открытого продукта  $Q_X^X(t)$  растет за счет выпуска и убывает за счет отгрузки агентам  $Y$ ,  $Z$ ,  $L$  (отгружает посреднику по нормативу) и себе для инвестиций  $I_X(t)$ . Считаем, что расходы на освоение инвестиций от своего продукта совпадают с доходами от них (вклад собственных средств на инвестиции за счет продукции сектора не учитываем в его валовом выпуске). На внешний рынок идет заданная доля запаса своего продукта  $X_X^{XO}(t)$

$$\frac{dQ_X^X}{dt} = (1 - q_X)Y_X - (a_X^{XL} + a_X^{XY} + a_X^{XZ} + a_X^{XO})Q_X^X - c_X^X I_X, \quad (2)$$

$$I_X = \frac{b_K^X W^X}{p_X^X c_X^X + p_Y^X c_Y^X + p_Z^X c_Z^X}, \quad p_X^X = \min p_X^Y, p_X^Z, \quad X_X^{XO} = a_X^{XO} Q_X^X.$$

Запас промежуточного продукта  $Y$  у агента  $X$  растет за счет покупки открытого продукта  $Y$  у агента  $Y$  (сектора биотехнологий Кировской области) по цене  $p_Y^X(t)$  и теневого продукта  $W$  у агента  $Y$  по цене  $p_W^X(t)$  и убывает за счет использования его в производстве в качестве сырья и инвестиций. Запас промежуточного продукта  $Z$  у агента  $X$  растет за счет покупки открытого продукта у агента  $Z$  (прочих отраслей Кировской области) по цене  $p_Z^X(t)$  и теневого продукта  $U$  у агента  $Z$  по цене  $p_U^X(t)$  и убывает за счет использования его в производстве в качестве сырья и инвестиций

$$\frac{dQ_Y^X}{dt} = \frac{b_Y^{XY}W^X}{p_Y^X} + \frac{b_W^{XY}W^X}{p_W^X} - a_Y^X Q_Y^X - c_Y^X I_X \quad (3)$$

$$\frac{dQ_Z^X}{dt} = \frac{b_Z^{XZ}W^X}{p_Z^X} + \frac{b_U^{XZ}W^X}{p_U^X} - a_Z^X Q_Z^X - c_Z^X I_X.$$

Запас труда в секторе  $X$  прирастает за счет покупки у агента  $L$  (домашних хозяйств Кировской области) открытого труда  $L$  по официальной ставке заработной платы  $s_L^X(t)$  и теневого труда  $B$  по теневой ставке  $s_B^X(t)$  и убывает в силу спроса на труд агента  $X$ .

$$\frac{dQ_L^X}{dt} = \frac{b_L^{XL}W^X}{s_L^X} + \frac{b_B^{XL}B^X}{s_B^X} - a_L^X Q_L^X \quad (4)$$

Запас капитала в секторе  $X$  прирастает за счет инвестиций  $b_K^X W^X(t)$ , а убывает в силу амортизации капитала у агента  $X$  с темпом  $\mu_K^X$  и использования капитала в производстве в секторе  $X$ .

$$\frac{dQ_K^X}{dt} = b_K^X W^X - \mu_K^X Q_K^X - a_K^X Q_K^X. \quad (5)$$

Считаем, что агент  $X$  берет весь предлагаемый агентом  $B$  (банковской системой Кировской области) кредит, однако объем предоставляемого кредита  $C^{BX}(t)$  ограничен ликвидационной стоимостью производственных фондов, которая считается пропорциональной запасу капитала.

$$C^{BX} = \sigma^X Q_K^X, \quad \sigma^X > 0. \quad (6)$$

Задолженность  $Z^X(t)$  агента  $X$  банковской системе  $B$  прирастает за счет выдачи новых кредитов  $C^{BX}(t)$  и начисления текущего процента по кредитам  $r(t)$  на имеющуюся задолженность, а уменьшается в силу платежей погашения  $H^{XB}(t)$ .

$$\frac{dZ^X}{dt} = C^{BX} + rZ^X - H^{XB}, \quad (7)$$

$$H^{XB} = b_H^{XB} W^X$$

Запас открытых («белых») денег у агента  $X$  прирастает при поступлении кредитов, при продаже товара на внешнем рынке и на внутренних рынках, за счет трансфертов сектору  $X$  из областного консолидированного бюджета  $T^{GX}(t)$  и поступлений «отмытых» денег из теневого оборота  $b_B^X B^X(t)$ . Он уменьшается при оплате труда  $L$ , промежуточного потребления смежных секторов  $Y$  и  $Z$ , платежах погашения кредитов и перечислениях налогов в консолидированный бюджет.

$$\begin{aligned} \frac{dW^X}{dt} = & wp_X^O X_X^{XO} + C^{BX} + (p_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} + p_X^Z a_X^{XZ}) Q_X^X - \\ & - b_Y^{XY} + b_Z^{XZ} + b_W^{XY} + b_U^{XZ} + b_L^{XL} + b_H^{XB} \bar{W}^X - T^{XG} + T^{GX} + b_B^X B^X, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $w(t)$  – рублевый курс доллара, а трансфертные платежи в консолидированный бюджет равны сумме налоговых отчислений минус трансферты из бюджета  $T^{GX}(t)$  (возврат НДС + субсидии и пр.).

Отчисления в консолидированный бюджет агента  $X$  (лесопромышленного комплекса Кировской области)  $T^{XG}(t)$  складываются из отчислений по налогу на прибыль  $T_1^{XG}(t)$ , налогу на добавленную стоимость  $T_2^{XG}(t)$ , акцизам  $T_3^{XG}(t)$ , единому социальному налогу  $T_4^{XG}(t)$ , таможенным платежам на экспорт  $T_5^{XG}(t)$ .

$$T^{XG} = T_1^{XG} + T_2^{XG} + T_3^{XG} + T_4^{XG} + T_5^{XG},$$

$$T_5^{XG} = n_5 wp_X^O X_X^{XO},$$

$$T_4^{XG} = n_4 b_L^{XL} W^X,$$

$$T_3^{XG} = n_3 \cdot \left[ wp_X^O X_X^{XO} + p_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} + p_X^Z a_X^{XZ} Q_X^X \right]$$

$$T_2^{XG} = n_2 \left\{ wp_X^O X_X^{XO} + p_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} + p_X^Z Q_X^X - b_Y^{XY} + b_Z^{XZ} + b_H^{XB} W^X - T_3^{XG} - T_4^{XG} - T_5^{XG} \right\},$$

$$\begin{aligned} T_1^{XG} = & n_1 \left\{ wp_X^O X_X^{XO} + p_X^L a_X^{XL} + p_X^Y a_X^{XY} Q_X^X - \right. \\ & \left. - b_Y^{XY} + b_Z^{XZ} + b_H^{XB} + b_L^{XL} W^X - T_2^{XG} - T_3^{XG} - T_4^{XG} - T_5^{XG} \right\}, \end{aligned} \quad (9)$$

Запас  $Q_V^X(t)$  теневого продукта  $V$  в секторе  $X$  прирастает за счет производства и убывает за счет поставок домашним хозяйствам и смежным отраслям.

$$\frac{dQ_V^X}{dt} = q_X Y_X - a_V^{XL} + a_V^{XY} + a_V^{XZ} \bar{Q}_B^X. \quad (10)$$

Запас теневого денег прирастает при продаже теневого продукта, как конечного, -- населению  $L$  и, -- как промежуточного, смежным секторам  $Y$  и  $Z$ , часть  $b_B^X$  запаса теневого денег успевают отмыть, часть  $b_B^{XG}$  попадает в качестве штрафных санкций в доходную часть консолидированного бюджета правительства, а часть  $b_B^{XL}$  поступает населению в качестве теневого доходов.

$$\frac{dB^X}{dt} = p_V^L a_V^{XL} + p_V^Y a_V^{XY} + p_V^Z a_V^{XZ} Q_V^X - b_B^{XL} + b_B^X + b_B^{XG} B^X. \quad (11)$$

## МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

В работе предложена методика расчета мер близости между временными рядами на основе характеристик этих временных рядов, получаемых с помощью дискретного вейвлет преобразования. Подсчитанные по разработанному алгоритму характеристики 1) робастны по отношению к изменению среднего ряда, тренду, масштабированию 2) независимы и нормально распределены. Эти свойства особенно необходимы, когда мера близости определяется между нестационарными временными рядами, поскольку обычное евклидово расстояние в качестве меры близости в таком случае не подходит. Подсчет вектора характеристик занимает линейное время, что очень важно при работе с большими объемами данных. Эксперименты с финансовыми данными показали эффективность предложенных мер близости. В работе предложен метод оценки зависимости меры близости между временными рядами от времени. Разработанная методика также позволяет оценить меру близости между временными рядами на определенных участках спектра этих временных рядов.

Предложенный критерий близости предлагается применять при идентификации макроэкономических моделей при сравнения статистических и расчетных временных рядов. В качестве вейвлет и масштабных фильтров будем использовать фильтры Добеши с  $L = 4$ .

Макроэкономические модели региональной экономики или экономики страны содержат большое число параметров, которые не удастся определить напрямую по данным экономической статистики. Но и в случае, когда данных статистики хватает, качество исходных статистических данных, как правило, таково, что их хватает только для определения интервалов, в которые попадают параметры модели. Кроме того, начальные значения многих переменных модели являются неизвестными и поэтому должны рассматриваться как такого рода параметры.

Неизвестные параметры модели экономики определяют косвенным образом, сравнивая временные ряды выходных переменных модели с известными статистическими временными рядами.

В качестве критериев близости расчетного  $X_t$  и статистического  $Y_t$  временных рядов будем использовать коэффициент близости  $D_2(X, Y) = 1 - \cos \alpha$  и индекс несовпадения Тэйла  $U \in [0, 1]$ .

Коэффициент близости является мерой силы и направленности связи между сравниваемыми временными рядами и, чем он ближе к +1, тем более схоже поведение этих рядов.

Индекс Тэйла  $U(X, Y)$  измеряет несовпадение временных рядов  $X_t$  и  $Y_t$  и чем ближе он к нулю, тем ближе сравниваемые ряды.

$$U = \frac{\sqrt{\sum_t X_t - Y_t^2}}{\sqrt{X_t^2 + Y_t^2}}$$

Поскольку параметров много, в начале следует провести естественное распараллеливание процессов, описываемых моделью: разбить модель на отдельные блоки, идентификацию параметров в которых можно производить независимо. Это дает возможность за разумное время определить независимые параметры. При этом временные ряды переменных, определяемые в модели из других блоков и используемые в данном блоке как внешние переменные, можно задавать либо на основе данных, полученных из уже идентифицированных и верифицированных блоков модели, либо на основе статистических данных.

После декомпозиции модели на блоки, благодаря параллельным вычислениям на кластерной системе становится реальной возможность полного перебора параметров модели на заданных интервалах их изменения с последовательно уменьшающимся интервалом изменения параметров.

Для однозначности выбора оптимального варианта можно использовать ту или иную свертку коэффициентов близости и индексов Тэйла, например, если подгонка расчетных и статистических данных для всех макропоказателей имеет примерно равную важность, можно максимизировать отношение среднегеометрической близости к среднегеометрическому коэффициенту Тэйла.

В формальной записи

$$K(\vec{a}) \rightarrow \max_{\vec{a} \in D},$$

где

$$D = \{ \vec{a} \in R^N : a_i^- \leq a_i \leq a_i^+, 1 \leq i \leq N \}, \quad (12)$$

$$K = \sqrt[2m]{\prod_{j=1}^m \frac{D_{2j} \vec{a}}{U_j \vec{a}}}, \quad (13)$$

Здесь

$m$  – число макропоказателей;

$j$  - номер макропоказателя,  $j = 1, \dots, m$ ;

$2m$  - общее число критериев (близости и Тейла).

При этом следует перебирать только те варианты значений параметров, при которых коэффициенты близости выше некоторой заданной положительной величины, например,  $D_{2j} > 0.7$ , а индексы Тейла - ниже, например,  $U_j < 0.15$  ( $j = 1, \dots, m$ ).



Описанный подход полного перебора дает возможность найти решение, однако время расчета сравнительно велико: например, в 12-мерной задаче (12 параметров), при разбиении интервала изменения каждого параметра на 8 точек один просчет требует 11 дней счета на 8 процессорах и около 4 часов счета на 512 процессорах.

## СЦЕНАРНЫЕ РАСЧЕТЫ ПО МОДЕЛИ

Для начала рассмотрим следующий сценарий 1. В этом сценарии трансферты консолидированного бюджета Кировской области в экономику области увеличиваются с 2007 года, и это увеличение происходит направленным образом: все дополнительные бюджетные трансферты поступают в сектор биотехнологий в расчете на поддержку инноваций. Но при этом структура расходов отрасли биотехнологий (включающей в нашем случае науку, научное обслуживание и образование) остается неизменной. А именно, пусть бюджетные трансферты в сектор биотехнологий возрастут с 2% до 22% от имеющегося запаса денежных средств на счетах консолидированного бюджета Кировской области.

Для наглядного представления изменений в сценарном расчете по сравнению с базовым сценарием удобно использовать вариацию изменения макропоказателей, выраженную в процентах. Если  $B(t)$  – значение некоторого макропоказателя в момент времени  $t$  в базовом сценарии, а  $S(t)$  – значение этого же макропоказателя в текущем сценарии, то вариация изменения макропоказателя  $U(t)$  в это момент времени будет

$$U(t) = 100\% \cdot S(t)/B(t) - 1 .$$

Как показывают расчеты, реальные трансферты в сектор  $Y$  биотехнологий в сценарии 1 увеличиваются немногим более чем в восемь раз в сравнении с базовым сценарием (см. рис.1).

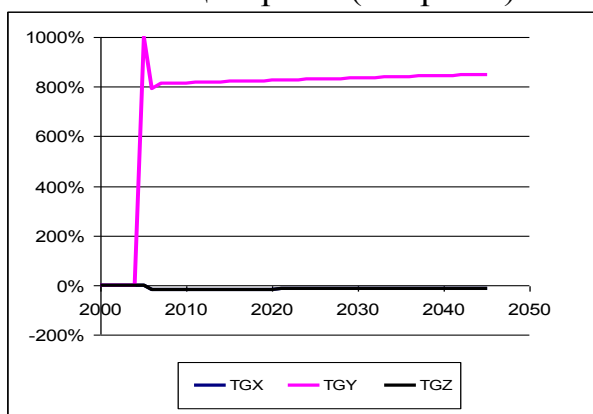


Рис. 1. Вариация трансфертов Правительства области секторам экономики в сценарии 1

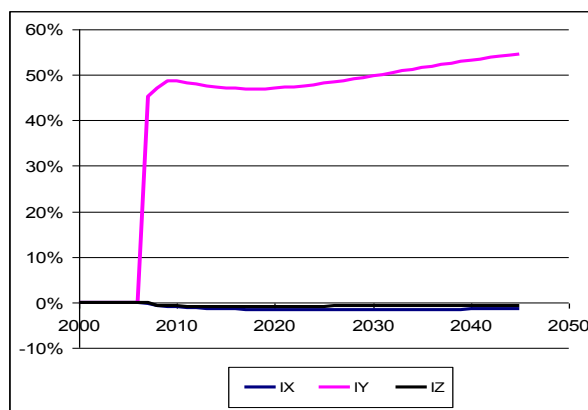


Рис. 2. Вариация инвестиций в производство по секторам экономики в сценарии 1

При этом инвестиции в производство сектора биотехнологий возрастают на 50% (см. рис. 2), и в результате роста производственных фондов (рис.3), выпуск сектора через 30-40 лет увеличивается на треть в сравнении с базовым ва-

риантом (см. рис.4). Прирост выпуска приводит к росту объемов продажи, как по легальному, так и по теневому каналам, При этом запас «белых» денег прирастает в два раза, а «черных» увеличивается на треть (рис.5).

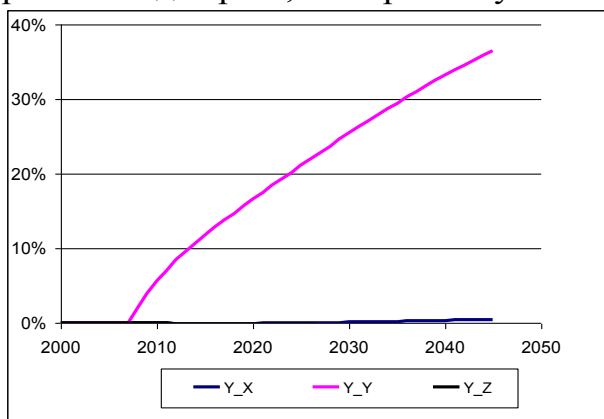


Рис.4. Вариация выпуска по секторам экономики в сценарии 1

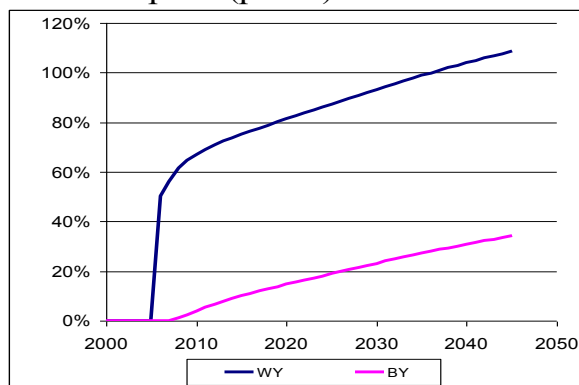


Рис.5. Вариация запасов «белых» WY и «черных» BY денежных средств в секторе Y биотехнологий в сценарии 1

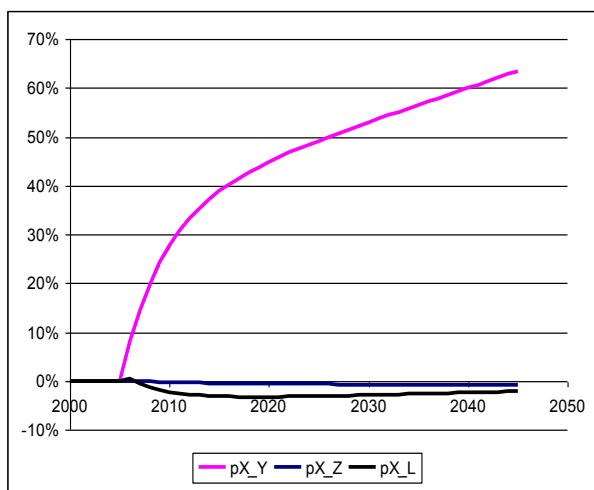


Рис 6. Вариация индексов цен на продукцию сектора X для смежных секторов Y и Z и населения в сценарии 1

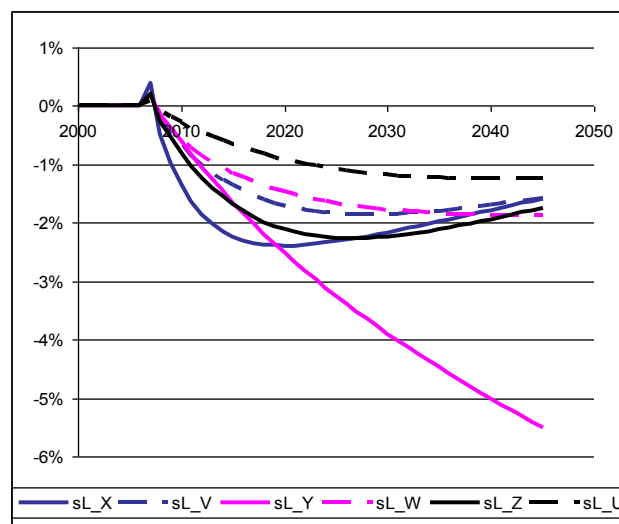


Рис.7. Вариация ставок легальной (сплошные кривые) и теневой (прерывистые кривые) заработной платы в секторах экономики в сценарии 1

Однако, эти изменения в выпусках и запасах приводят к изменению соотношения индексов цен и ставок заработной платы (см., рис.6-7), при этом ставки заработной платы незначительно (от 1% до 5%) снижаются. В результате теневой канал в секторах X и Z увеличивается, что выражается в заметном приросте «черных» денег в этих секторах и (рис.8-9). Занятость населения в каждом из секторов экономики Кировской области незначительно, на доли одного процента, увеличивается (рис.10). Изменение структуры цен, сопровождающееся уменьшением уровня потребительских цен (рис.6) и ставок заработной платы (рис.7), приводит к тому, что номинальные доходы консолидированного

бюджета от налогообложения секторов Y и Z падают, а от сектора X немного увеличиваются (рис.11).

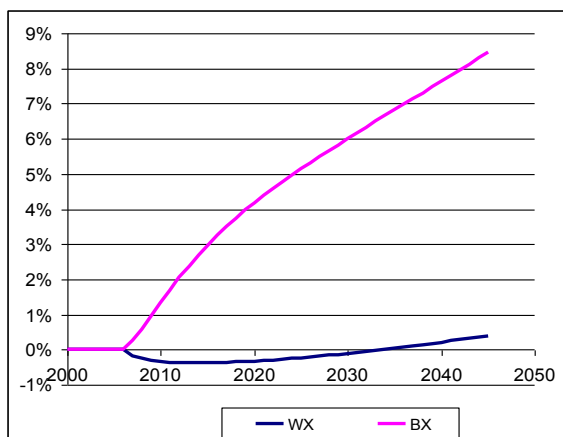


Рис.8. Вариация запасов «белых» WX и «черных» BX денежных средств в секторе X

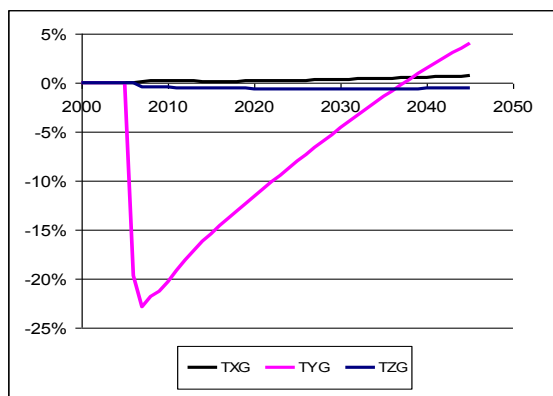


Рис.9. Вариация суммарных налоговых отчислений секторов X, Y, Z в консолидированный бюджет Кировской области G в сценарии 1

В сценарии 2 предполагается, что в результате непродуманных административных мер начиная с 2008 года на 20% уменьшились поставки по легальным каналам продукции смежных отраслей, при этом производственная структура секторов осталась неизменной (параметры производственных функций не изменились). В результате объемы выпуска изменились незначительно (рис. 10): выпуски секторов X и Y выросли, а выпуск сектора Z упал. Производственные фонды секторов немного выросли, цены на легальную продукцию изменились с разной степенью в сторону повышения, а на теневую – выросли все примерно на один уровень. Теневые ставки заработной платы поднялись, а легальные слегка опустили. Запасы денежных средств у всех агентов увеличиваются. В соответствии с ростом цен слегка увеличиваются и номинальные налоговые поступления (рис.11).

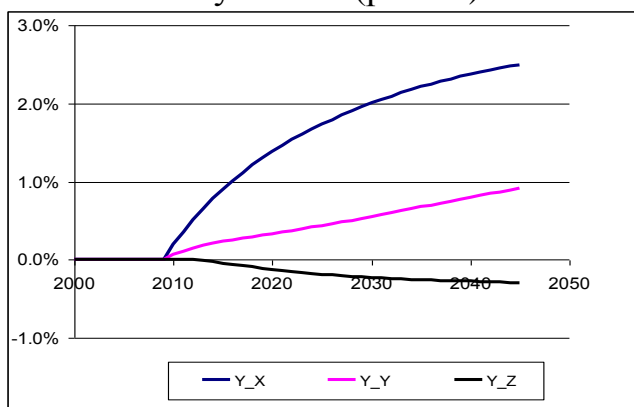


Рис.12. Вариация валовых выпусков секторов X, Y, Z в сценарии 2

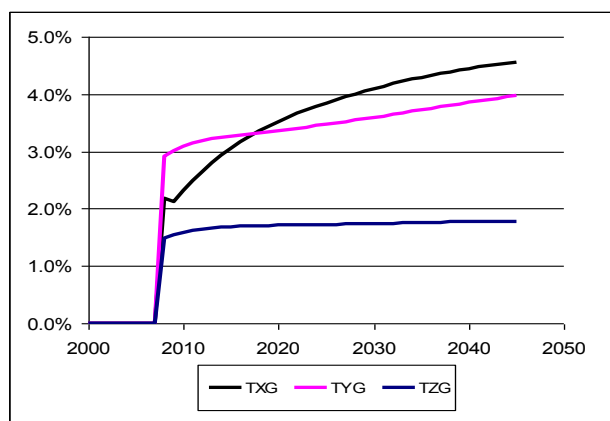


Рис.11. Вариация налоговых поступлений в сценарии 2

Рассмотрим теперь оптимистический сценарий 3, когда в результате мер по поддержке инновационных процессов трансфера технологий в 2010 году произошло увеличение отдачи от всех факторов производства, а именно: все степени в производственной функции увеличились на 5%. Тогда валовые выпуски в постоянных ценах 1999 года всех секторов увеличиваются (рис.12), при этом выпуск X лесопромышленного комплекса удваивается через 4 года, а сектора Y биотехнологии и сектора Z прочих отраслей через 15 лет. При этом, несмотря на рост производительности труда, немного возрастает занятость в секторах экономики (рис.13).

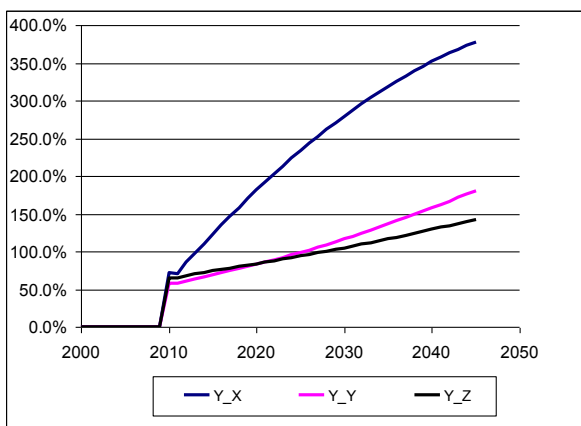


Рис.12 Вариация валовых выпусков секторов X, Y, Z в сценарии 3

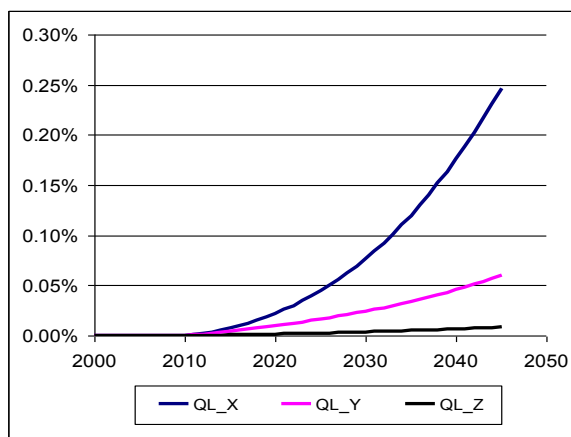


Рис.13. Вариация занятости населения по секторам экономики в сценарии 3

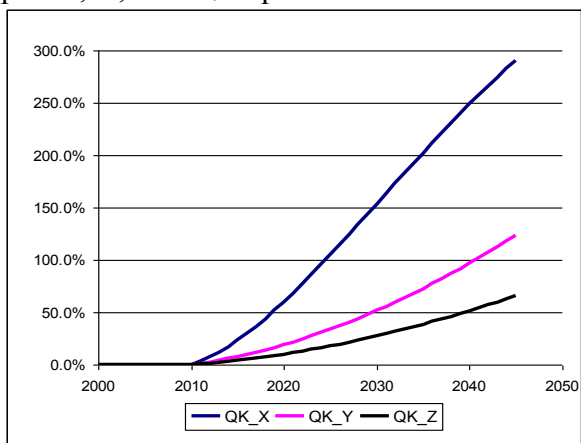


Рис.14. Вариация капитала в сценарии 3

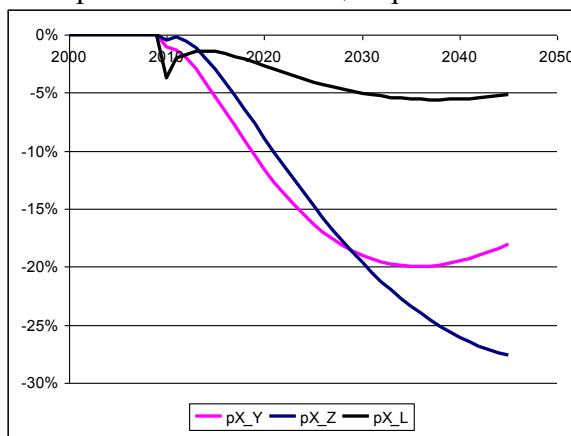


Рис.15. Вариация индексов цен в сценарии 3

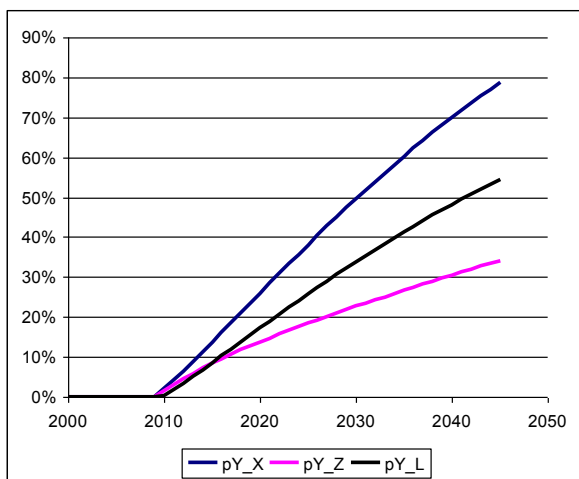


Рис.16. Вариация индексов цен в сценарии 3

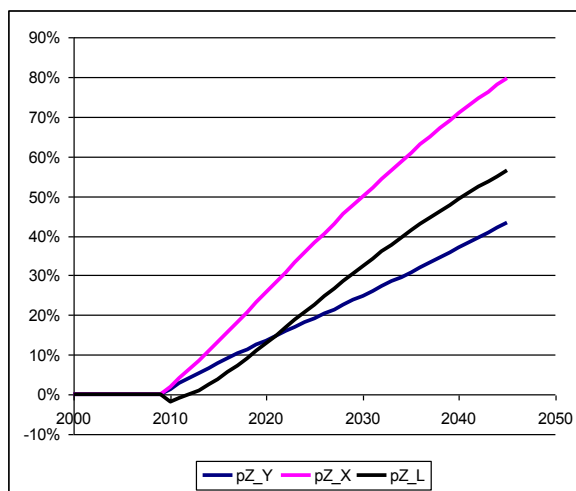


Рис.17. Вариация индексов цен в сценарии 3

Значительно увеличивается объем производственных фондов (рис.14). Индексы цен меняются разнонаправленно: в секторе X лесотехнического комплекса индексы цен на продукцию, реализуемую по легальным каналам падают (рис.15), а по теневым каналам в среднем растут (рис.25); в секторах Y и Z все индексы цен растут (рис.16, 17, 18, 19).

Все ставки заработной платы растут, за исключением легальной ставки сектора X лесопромышленного комплекса Кировской области (рис.20). Запасы денег у всех экономических агентов возрастают (рис.21), инвестиции секторов возрастают (рис.22), доходы бюджета возрастают (рис.23).

Оказалось, что поведение макропоказателей экономики Кировской области существенно зависит от политики, проводимой Правительством региона. При зажимании легальной экономической активности, экономическая деятельность уходит в тень, увеличивается инфляция.

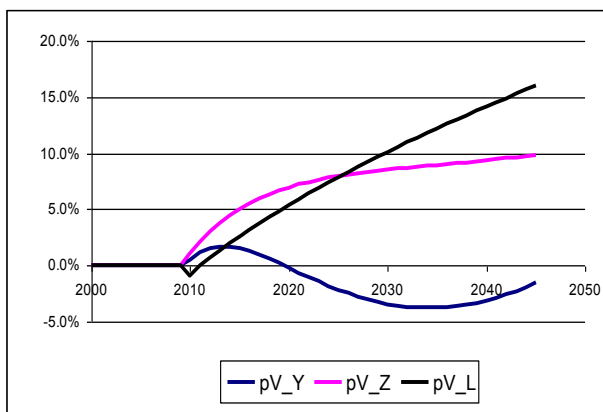


Рис.18. Вариация индексов цен в сценарии 3

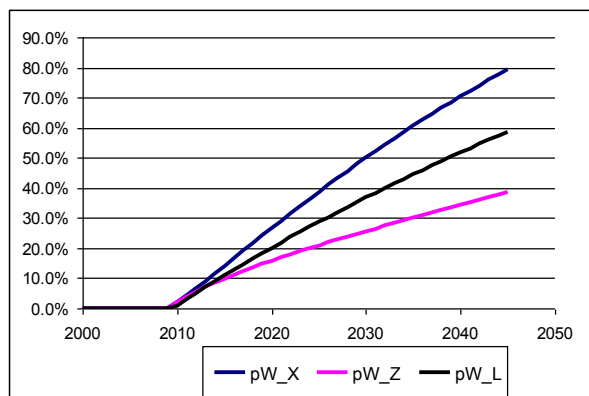


Рис.19. Вариация индексов цен в сценарии 3

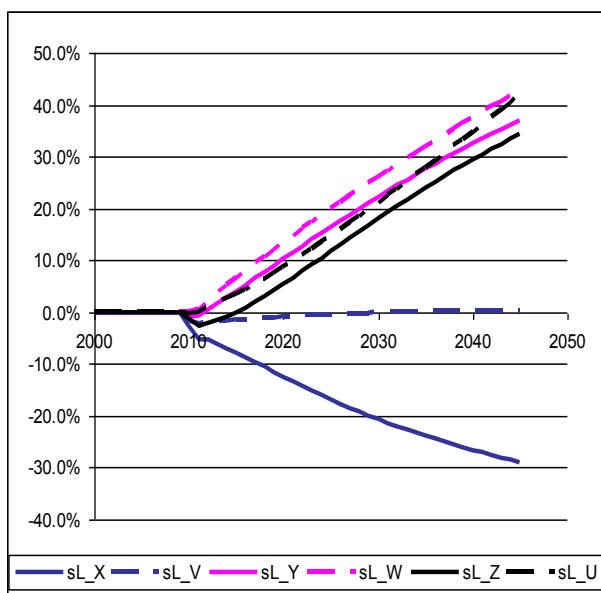


Рис. 20 Вариация ставок заработной платы в сценарии 3

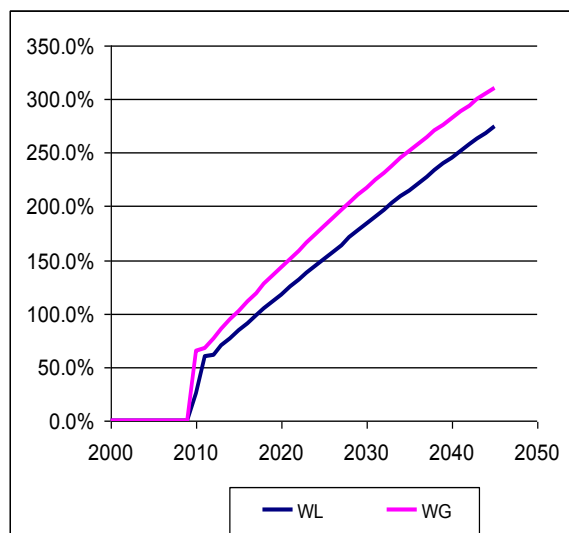


Рис.21. Вариация запасов денег у домашних хозяйств WL и Правительства WG в сценарии 3

При осуществлении задуманной политики повышения производительности факторов производства за счет инновационной деятельности выпуски продукции и доходы всех агентов растут, однако, наличие теневой составляющей в производстве сохраняет высокие темпы инфляции.

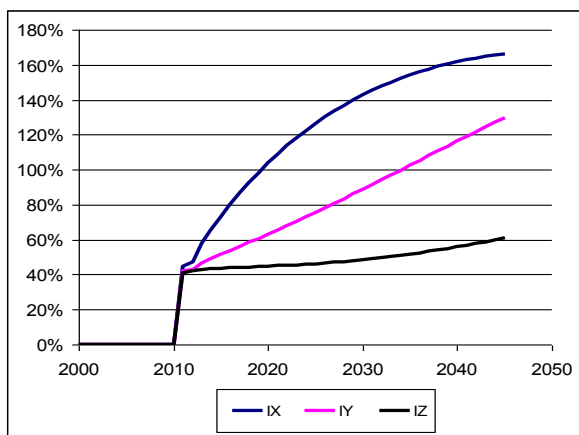


Рис.22. Вариация инвестиций секторов в сценарии 3

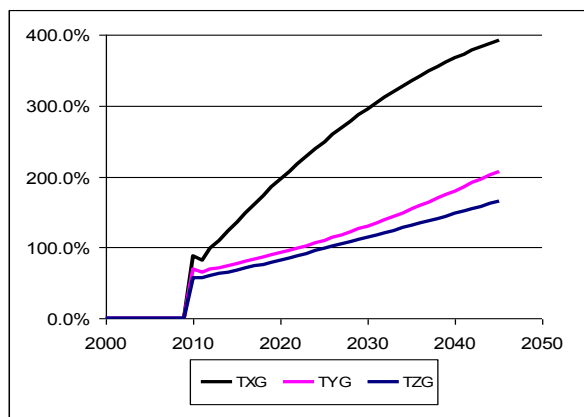


Рис.23. Вариация налоговых поступлений от секторов экономики Кировской области в сценарии 3

Работа выполнена в рамках госзаказа федерального агентства по науке и инновациям РИ-24/006 «Исследование инновационного потенциала Кировской области с целью создания и развития центров трансфера технологий». Работа поддержана РГНФ (грант 06-02-91821), РФФИ (грант 08-01-00377), программой

государственной поддержки ведущих научных школ (НШ – 2982.2008), программой фундаментальных исследований № 15 Президиума РАН, частично поддержана РФФИ (грант 04-07-90346).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Н.Н.Оленев, И.Г.Поспелов** Модель инвестиционной политики фирм в экономической системе рыночного типа // Математическое моделирование: Процессы в сложных экономических и экологических системах. М.: Наука, 1986. С.163-173.
2. **Н.Н.Оленев, И.Г.Поспелов** Исследование инвестиционной политики фирм в экономической системе рыночного типа // Математическое моделирование: Методы описания и исследования сложных систем. –М.: Наука, 1989. С.175-200.
3. **Н.Д. Кондратьев** Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. Т.1 Вып.1. М., 1925. С.28-79. (Современное издание в кн.: Кондратьев Н.Д. Избранные сочинения. М.: Экономика, 1993. 543 с.)
4. **Й.Шумпетер** Теория экономического развития. М.: Прогресс, 1982. 455 с.
5. **Ю.Н.Павловский, Н.В.Белотелов, Ю.И. Бродский, Н.Н. Оленев** Опыт имитационного моделирования при анализе социально-экономических явлений. М.:МЗ Пресс. 2005. 136 с.
6. **С.Н. Большаков** Политика регионального экономического развития: методы и механизмы. М.: МОНФ, 2005. 331 с.
7. **Э.В.Автухович, С.М.Гуриев, Н.Н.Оленев, А.А. Петров, И.Г. Поспелов., А.А. Шананин., С.В. Чуканов** Математическая модель экономики переходного периода. М.:ВЦ РАН, 1999.
8. **Н.Н.Оленев, И.Г. Поспелов, А.С. Стариков** Опыт идентификации вычислимой модели экономики. Труды XLVII научной конференции МФТИ. 2004. Ч.VII. С.171-172.
9. **Н.Н. Оленев, А.В. Шатров** Концепция использования имитационной модели экономики региона для исследования его инновационного потенциала. // Труды первой летней школы по моделированию в экономике ЭКОМОД-2006. В печати.
10. **Н.Н.Оленев** Основы параллельного программирования в системе MPI. М.: ВЦ РАН. 2005. 80 с.
11. **Е.В.Бурнаев, Н.Н. Оленев** Меры близости для временных рядов на основе вейвлет коэффициентов // Труды XLVIII научной конференции МФТИ. 2005. Ч.VII. С.108-110.
12. **Ю.Н. Павловский** Имитационные модели и системы. – М.: ФАЗИС: ВЦ РАН, 2000. 134 с.

13. **Т. Нейлор, Дж. Ботон, Д. Бердак и др.** Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 1975. 500 с.
14. **А.А. Петров, И.Г. Пospelов, А.А. Шананин** Концепция математического обеспечения оценки последствий крупных экономических проектов. – М.: ВЦ АН СССР, 1990, 44 с.
15. **И.Г. Пospelов** Моделирование экономических структур. М.: ФАЗИС: ВЦ РАН, 2003, 194 с. (Математическое моделирование. Вып.6)
16. **Н.К. Завриев, И.Г.Пospelов, Л.Я. Пospelова, С.В. Чуканов** Развитие системы поддержки математического моделирования экономики ЭКОМОД. Сообщения по прикладной математике, М.: ВЦ РАН, 1999. 80 с.
17. **L. Kaufman, P.J. Rousseeuw** Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis, Wiley, 1990.
18. **А.Н. Ширяев.** Основы финансовой стохастической математики. Т.1. М.: Фазис, 2004.

Nicholas Olenev\*, Alexander Petrov\*, Anatoly Shatrov\*\*

\*Dorodnicyn Computing Centre of the Russian Academy of Sciences, Moscow

\*\*Vyatka State University, Kirov

### **High Performance Computing in Research of Biotechnology Sector Impact on Macroindexes of Efficiency and Development for Kirov Region Economy**

*Key words:* Dynamic model, regional economy, biotechnology sector impact