

О МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

УДК 338.24+330.4+519.86

Александр Андреевич Поносов,
студент кафедры информационных систем
и математических методов в экономике,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
Эл. почта: ponosovaa@prognoz.ru

Дмитрий Андреевич Поносов,
аспирант кафедры информационных сис-
тем и математических методов в эконо-
мике, Пермский государственный нацио-
нальный исследовательский университет,
Эл. почта: dponosov@gmail.com

В работе рассмотрены подходы к моделированию воздействия промышленного сектора на экологию региона. Строится линейная разностная модель эколого-экономического развития Пермского края, ставится и исследуется задача оптимального управления ею. В случае противоречивости построенной динамической модели рассматривается возможность ее коррекции на основе подхода, предложенного для статических моделей академиком И.И. Ереминым.

Ключевые слова: экологическое воздействие, задача оптимального управления, коррекция, линейная разностная модель, противоречивая модель, эколого-экономическое моделирование.

Aleksander A. Ponomov,
Student, the Department of Information System
and Mathematical Methods in Economics,
Perm State National Research University,
E-mail: ponosovaa@prognoz.ru

Dmitry A. Ponomov,
Post-graduate student, the Department of
Information System and Mathematical Methods
in Economics,
Perm State National Research University,
E-mail: dponosov@gmail.com

ABOUT MODELING REGIONAL ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT

The approaches to modeling impact of industry on the region environment are represented in the article. The authors construct a linear difference model of the environmental and economic development of the Perm region. For this model the optimal control problem is investigated for the solvability. For the case of ill-posed dynamic model the possibility of correction is considered based on the approach by I. Eremin.

Keywords: environmental impact, optimal control problem, correction of models, linear difference model, inconsistent model, ecological and economic modeling.

1. Введение

В последнее время все большее внимание уделяется вопросам моделирования, оценки, регулирования воздействия человека на окружающую среду. Активно развивается нормативная база, определяющая основные понятия, виды негативного воздействия, методы экономического регулирования в области охраны окружающей среды на федеральном и региональном уровнях. Развитие законодательной базы – первый шаг к улучшению экологической обстановки как в отдельных регионах, так и в стране в целом. Все же текущее состояние состояние экологической системы России можно охарактеризовать как негативно напряженное (подробнее см. в работах Я.И. Вайсмана [1], Д.А. Поносова [2], А.Н. Пыткина [3]).

В рамках концепции экологической модернизации и принципа устойчивого развития, для грамотного управления эколого-экономическим развитием региона необходимо построение модели, которая бы учитывала следующие взаимосвязанные системы: экономика (производство), труд (население), ресурсы (полезные ископаемые, природные ресурсы), природа (данная система отражает состояние окружающей среды). В рамках данной работы будем называть последнюю систему моделью загрязнения, несмотря на то, что она включает и положительные воздействия такие как: очистка, восстановление и др. В качестве регулирующего органа в базовой модели выступает некоторый центр (региональное управление), который определяет эколого-экономическую политику и ее цели, то есть принимает решение об уровне потребления, уровне добычи и инвестиций на снижение загрязнения. Таким образом, базовая модель включает четыре взаимосвязанных взаимодействующих модели и некоторый критерий выбора оптимальной экологической политики.

2. Общий вид модели

Для формализации базовой модели введем некоторые обозначения. Пусть C – конечное потребление, P – загрязнение, Q – добыча, R – остаток ресурса ($R(t) = (R^1(t), R^2(t))$), где $R^1(t)$ – возобновляемые ресурсы, $R^2(t)$ – невозобновляемые, K – капитал, L – труд (рабочая сила), I – инвестиции, A – расходы на снижение загрязнения.

Тогда тройка (C, Q, A) определяет эколого-экономическую политику центра. Формализация базовой модели может быть представлена в следующем виде.

Критерий выбора эколого-экономической политики:

$$W(C, Q, A) \rightarrow \max,$$

где $W(C, Q, A)$ – функция благосостояния региона. Уравнения динамики показателей:

$$\dot{K}(t) = W(K, R, A, L, C, I), K(0) = K_0.$$

$$\dot{P}(t) = J(K, L, Q, P, A), P(0) = P_0.$$

$$\dot{R}^1(t) = G^1(R), R^1(0) = R_0^1.$$

$$\dot{R}^2(t) = G^2(R), R^2(0) = R_0^2.$$

$$\dot{L}(t) = S(L), L(0) = L_0.$$

Здесь J, G^1, G^2, W, S – некоторые заданные функции.

Модель капитала представляет собой модель экономического роста. Математическая формализация восходит к работам Солоу, Свена, Рамсея (подробно построение модели описано в работе [4]):

$$\dot{K}(t) = -\alpha K(t) + e^{gt} F(K, L, R) - C(t) - A(t), K(0) = K_0.$$

Здесь α – норма амортизации, g – темп технологического прогресса, F – производственная функция.

При моделировании трудовых ресурсов в рамках базовой системы необходимо учитывать влияние уровня потребления и уровня загрязнения. Поэтому для моделирования трудовых ресурсов можно использовать модель Мальтуса, дополненную двумя последними факторами (см., например, [5]):

$$\dot{L}(t) = \gamma L(t) - \gamma_p P(t) + \gamma_c C(t), L(0) = L_0,$$

Модель ресурсов состоит из двух подсистем. Это обусловлено наличием двух типов ресурсов: возобновляемых $R^1(t)$ и невозобновляемых $R^2(t)$ (т.е. $R(t) = (R^1(t), R^2(t))$).

Для моделирования возобновляемых ресурсов используют модели, аналогичные моделям труда:

$$\dot{R}^1(t) = \gamma_R R^1(t) + \gamma_K K(t) - Q(t) - \gamma_L L(t), \quad R^1(0) = R_0^1.$$

Модель невозобновляемых ресурсов в отличие от предыдущей модели не содержит слагаемого, учитывающего возобновление ($\gamma_R R(t)$), но учитывает разведку новых месторождений ($d(K(t), L(t))$).

$$\dot{R}^2(t) = d(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - Q(t) - \gamma_L L(t), \quad R^2(0) = R_0^2.$$

Существует несколько подходов к моделированию загрязнения. Для целей настоящей работы важна модель загрязнения, полученная в монографии Моисеева Н.Н. [6], в которой автор предлагает рассматривать взаимодействие государства, промышленности и природы в рамках иерархической кибернетической системы:

$$\dot{P} = f(c, K, L, R)(1 - \eta c) - g(P),$$

где $g(P)$ – естественная очистка среды, – функция, определяющая поток загрязняющих веществ, – доля отходов, удаляемая централизованной очисткой, – уровень штрафов промышленности.

Согласно [7], можно задавать в виде функции Кобба-Дугласа.

$$\dot{K}(t) = -\alpha K(t) + e^{\theta} F(K, L, R) - C(t) - A(t),$$

$$K(0) = K_0,$$

$$\dot{L}(t) = \gamma_L L(t) - \gamma_P P(t) + \gamma_C C(t), \quad L(0) = L_0,$$

$$\dot{R}^1(t) = \gamma_R R^1(t) + \gamma_K K(t) - Q(t) - \gamma_L L(t),$$

$$R^1(0) = R_0^1,$$

$$\dot{R}^2(t) = d(K(t), L(t)) + \gamma_K K(t) - Q(t) - \gamma_L L(t),$$

$$R^2(0) = R_0^2,$$

$$\dot{P} = f(c, K, L, R)(1 - \eta c) - g(P), \quad P(0) = P_0.$$

Несмотря на наработки авторов статьи [8] в теории идентификации дифференциальных систем, рассматриваемую дифференциальную эколого-экономическую модель сложно идентифицировать в силу ограниченности статистической информации. Кроме того, системы приведенного вида не позволяют учитывать существующие ограничения на значения переменных в различные моменты времени, а также лаги, которые естественным образом возникают, например, при исследовании отдачи от инвестиций. В силу этого в настоящей работе предлагается осуществить переход к линейной системе конечно-разностных уравнений, которая с одной стороны будет выступать как аппроксимация дифференциальной системы, с другой, позволит учитывать временное запаздывание, а также огра-

ничения на переменные.

3. Конкретная эконометрическая модель региона

При разработке эколого-экономической модели региона были выделены следующие основные блоки, которые, по мнению авторов, наиболее полно отображают его развитие (на примере Пермского края).

Блок, характеризующий внешние связи региона представлен такими показателями как экспорт () и импорт ($x_2(t)$) Пермского края. В основу построения модели экспорта были заложены следующие предпосылки:

- учет цены продуктов имеющих большой вес в товарном составе экспорта (нефтепродукты и удобрения). Данные факторы оказывают стимулирующее воздействие на предложение этих продуктов и как следствие приводят к увеличению экспорта;

- учет развития регионального производства, как фактора способного отразить создание конкурентоспособной продукции, таким образом, оказывающим положительное влияние на экспорт;

- учет политики ЦБ РФ в плане установления курса рубля по отношению к доллару США. При предположении, что все расчеты с внешними заказчиками производятся в долларах, ослабление рубля стимулирует экспорт.

При моделировании импорта Пермского края был осуществлен перебор видов деятельности региона, которые на текущий момент слаборазвиты и по данным отраслям край вынужден закупать импортные товары. Таким образом, стимулирование развития этих отраслей повышает конкурентоспособность местных товаров и оказывает отрицательное воздействие на импорт. Импорт, пересчитанный в рублях, моделировался в номинальных темпах прироста и поэтому на него оказывало положительное воздействие увеличение уровня цен в регионе (ИПЦ).

Блок, характеризующий развитие промышленного сектора Пермского края, представлен развитием составляющих промышленности согласно ОК-ВЭД (группы C+D+E). Другими словами, индекс промышленного производства ($x_3(t)$) Пермского края напрямую моделируется от развития «добывающей» ($x_4(t)$), «обрабатывающей» ($x_6(t)$) и «производства электроэнергии газа и воды» ($x_5(t)$) отраслей. В свою очередь, при моделировании указанных видов деятельности были учте-

ны следующие взаимосвязи:

- стимулирующие влияние оказывают инвестиции в конкретный вид деятельности, рост числа экономически активного населения, повышение спроса на продукцию, производимую в результате данным видом деятельности (улучшение уровня жизни населения, рост внешнего спроса и т.д.);

- отрицательное воздействие оказывают показатели, отражающие снижение возможности у населения приобрести продукцию данной отрасли (рост различных тарифов).

Блок, характеризующий уровень цен в регионе, в модели рассмотрен как изменение уровня потребительских цен (ИПЦ, $x_7(t)$) и цен производителей (ИЦП, $x_8(t)$). При моделировании ИПЦ Пермского края было учтено, что выбранный регион является подсистемой более крупной системы, а именно Российской Федерации, таким образом, инфляция в регионе положительно зависит от инфляции в стране, от уровня инфляции в предыдущий момент времени, а также от тарифной политики, выбранной в регионе.

ИЦП отображает повышения уровня цен ресурсов (в частности, из-за повышения затрат на транспортировку), поэтому модель данного показателя включает следующие факторы, оказывающие положительное влияние: изменение мировой цены на нефть, тарифов на транспортировку, а также уровень цен производителей в предыдущий момент времени.

Блок, характеризующий инвестиционный климат в крае, представлен единственным показателем - инвестициями в основной капитал ($x_9(t)$). Данный показатель является агрегированным, поскольку он учитывает инвестиции как за счет привлеченных, так и за счет собственных средств предприятий. Таким образом, положительное влияние будут оказывать следующие факторы: уровень развития производства в регионе (способствует увеличению инвестиций за свой счет), инвестиции из региональных бюджетов, а также количество выданных кредитов (способствует увеличению привлеченных инвестиций).

Блок, характеризующий развитие банковского сектора, в модели представлен показателем: реальные темпы роста объемов кредитов и прочих размещенных средств, предоставленных организациям ($x_{10}(t)$). Безусловно, на него отрицательно влияет уровень ин-

фляции в регионе, а положительное воздействие оказывает повышение уровня жизни населения (реальных доходов населения - как основного источника денежных средств банков), а также развитость промышленности региона.

Блок, характеризующий развитие региона с точки зрения выполненных работ по виду деятельности строительство, представлен соответствующим показателем ($x_{11}(t)$), который положительно зависит от уровня жизни населения и обеспеченностью строительными материалами (показатель обрабатывающие производства).

Блок, характеризующий уровень жизни населения, содержит в себе два показателя: реальные денежные доходы населения ($x_{12}(t)$) и численность экономически активного населения (ЭАН, $x_{13}(t)$). Увеличение доходов населения обеспечивается за счет развития производства в регионе и как следствие повышение заработных плат рабочим, а также обеспечивается увеличением расходов бюджетов субъектов в части выплат заработных плат в бюджетных учреждениях, и различными субсидиями населению. Отрицательное воздействие оказывает повышение уровня цен (ИПЦ).

При моделировании численности ЭАН было учтен тот факт, что при развитии промышленном производстве в регионе и большом числе занятых в экономике людей по стране возможна внутренняя миграция населения которая увеличит численность ЭАН конкретного региона. Отрицательное воздействие оказывает экологическая обстановка в регионе, а именно выбросы в атмосферу различных загрязняющих веществ, а также сбросы загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты.

Блок, характеризующий торговые отношения в регионе, содержит показатель - оборот розничной торговли всеми предприятиями и организациями ($x_{14}(t)$). Безусловно, на него оказывает положительное влияние улучшение уровня жизни населения, а также факторы отражающие объем предложения продукции (обрабатывающей промышленности).

Блок, характеризующий степень развития экологической составляющей Пермского края, представлен двумя показателями: объемом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ($x_{15}(t)$) и сбросом загрязненных сточных вод в поверхностные водные объек-

ты ($x_{16}(t)$). Модели этих факторов основаны на том, что при увеличении темпов развития промышленности и активном росте численности ЭАН увеличивается загрязнение окружающей среды. Инвестиции в этот блок снижают уровень этих показателей. Кроме всего прочего в моделях учтены значения выбранных показателей в предыдущий момент времени. Таким образом, был сформирован ряд переменных модели.

Фазовые переменные (в % к соотв. периоду предыдущего года) – все переменные описанные выше.

Экзогенные переменные (в % к соотв. периоду предыдущего года): $g_{17}(t)$ - мировая цена на нефть (прирост); $g_{18}(t)$ - мировая цена на пшеницу (прирост); $g_{19}(t)$ - уровень ср. цен на калийные удобрения (прирост); $g_{20}(t)$ - фиктивная переменная 1 квартал; $g_{21}(t)$ - индекс мировых цен на металлы (прирост); $g_{22}(t)$ - ИПЦ по РФ; $g_{23}(t)$ - официальный курс рубля к доллару США (прирост).

Управляющие переменные (в % к соотв. периоду предыдущего года): $u_1(t)$ - инвестиции в основной капитал за счет средств бюджетов субъектов РФ и местных бюджетов (прирост); $u_2(t)$ - индексы тарифов на грузовые перевозки всеми видами грузового транспорта; $u_3(t)$ - рост цен (регулируемых тарифов и рыночных цен) на электроэнергию для всех категорий потребителей.

Конкретная эконометрическая модель развития Пермского края была построена с помощью стандартных эконометрических процедур в АК «Прогноз-5» [9]. Ее идентификация проходила на основе квартальных данных Росстата и Пермьстата с 1 кв. 2005 по 4 кв. 2010 гг. Поскольку ряд показателей в квартальной динамике обладал сезонностью, то для решения этой проблемы переменные были переведены в относительные единицы (в % к соответствующему периоду времени). Полученная модель выглядит следующим образом:

$$x_1(t) = -129.53 + 1.26x_3(t-1) + 0.32g_{17}(t-1) + 0.08g_{18}(t-1) + 0.20g_{19}(t) + 0.$$

$$x_2(t) = -254.3 + 0.33x_2(t-1) - 0.61x_3(t-2) + 2.92x_7(t) + 0.76x_{12}(t) + 6.85x_{13}$$

$$x_3(t) = 3.49 + 0.14x_4(t) + 0.12x_5(t) + 0.7x_6(t),$$

$$x_4(t) = 49.28 + 0.52x_4(t-1) + 0.004x_9(t-1) + 0.50x_{13}(t-1) + 0.01g_{17}(t),$$

$$x_5(t) = 95.69 + 0.38x_5(t-1) + 0.06x_6(t-1) + 0.08x_{12}(t-3) + 0.89x_{13}(t) - 0.41t$$

$$x_6(t) = 60.18 + 0.05x_1(t) + 0.16x_9(t-1) + 1.61x_{13}(t-2) + 0.18g_{17}(t) + 0.15g_{21}(t)$$

$$x_7(t) = -23.74 + 0.04x_8(t-1) + g_{22}(t) + 0.18u_3(t-1),$$

$$x_8(t) = 68.0 + 0.22x_8(t-1) + 0.34g_{17}(t) + 0.09u_2(t-1),$$

$$x_9(t) = 19.84 + 0.07x_3(t-1) + 0.62x_9(t-1) + 0.1x_{10}(t) + 0.08u_1(t),$$

$$x_{10}(t) = 178.05 - 1.41x_7(t-3) + 0.75x_{10}(t-1) + 0.1x_{12}(t-2),$$

$$x_{11}(t) = 18.22 + 0.16x_6(t) + 0.5x_{11}(t-1) + 0.16x_{12}(t-4) - 10.54g_{20}(t),$$

$$x_{12}(t) = 16.67 + 0.02x_3(t-4) + 0.13x_{11}(t-1) + 0.7x_{12}(t-1),$$

$$x_{13}(t) = -0.34 + 0.003x_3(t-3) + 0.52x_{13}(t-1) - 0.01x_{15}(t-1) - 0.01x_{16}(t-4) +$$

$$x_{14}(t) = -14.96 + 0.07x_6(t) + 0.34x_{12}(t) + 0.74x_{14}(t-1),$$

$$x_{15}(t) = -25.19 + 0.38x_3(t) - 0.14x_9(t) + 1.28x_{13}(t-4) + 0.56x_{15}(t-1),$$

$$x_{16}(t) = -34.08 + 0.32x_3(t) + 1.61x_{13}(t) + 0.73x_{16}(t-1).$$

Результат идентификации удовлетворяет стандартным требованиям к качеству моделей.

На эту модель был наложен ряд ограничений, которые можно разделить на два класса: ограничения на управляющие переменные и ограничения на фазовые переменные.

Ограничения на управляющие переменные имеют следующий смысл: для каждого момента времени $t_i \in J$ задан интервал, в котором лежит управление: (интервалы определены по общероссийским прогнозам выдаваемым МЭР и адаптированным для Пермского края согласно ретроспективных данных).

Поскольку вся формализация региона проходила в реальных показателях в квартальной динамике, то в рамках модели отсутствует возможность точного определения реального годового значения. За его оценку было принято среднее арифметическое квартальных значений соответствующих периодов. Например,

годовое изменение ИПП за 2011 год к уровню 2010 года оценивается как $\frac{1}{4}(x_3(1) + x_3(2) + x_3(3) + x_3(4))$.

В соответствии с прогнозом социально-экономического развития Пермского края, размещенным на Пермском региональном сервере заданы ограничения на годовое изменение фазовых переменных, т.е. например, ИПП за 2011 год к уровню 2010 года не превысит 106.3%, но будут выше 101.5% за 2011 год к 2010 году, а именно:

$$x_3(1) + x_3(2) + x_3(3) + x_3(4) \leq 425.2,$$

$$-x_3(1) - x_3(2) - x_3(3) - x_3(4) \leq -406.$$

По ИПЦ годовые оценки сверху и снизу соответственно составляют 110,77% и 106,43%. По реальным денежным доходам населения оценки составляют: 106,61% и 111,43%.

Целью управления является сокращение уровня загрязнения в Пермском крае в 2011 году, в качестве целевого показателя выбрана сумма приростов выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников и прироста сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты за период с 1 кв. 2011 г. по 4 кв. 2011 г. к уровню 2010 г. Аналогично методике учета годовых ограничений на значения фазовых переменных, прирост объема производства за период управления моделируется как среднее арифметическое от квартальных приростов:

$$\frac{1}{8}(x_{15}(1) + x_{15}(2) + x_{15}(3) + x_{15}(4) +$$

$$+ x_{16}(1) + x_{16}(2) + x_{16}(3) + x_{16}(4)).$$

Таким образом, для данной модели ставится задача управления: на периоде с 1 кв. 2011г. по 4 кв. 2011г. найти такие значения управляющих переменных, которые в условиях описанных выше ограничений минимизируют прирост загрязнения в Пермском крае в 2011 году к уровню 2010 года. При этом константу в целевой функции можно опустить:

$$Z = x_{15}(1) + x_{15}(2) + x_{15}(3) + x_{15}(4) +$$

$$+ x_{16}(1) + x_{16}(2) + x_{16}(3) + x_{16}(4).$$

4. Поиск оптимального решения

При анализе задачи была установлена пустота области допустимых значений. Это указывает на несогласованность экономических и экологических прогнозов, то есть на невозможность достижения заданных показателей при имеющихся ресурсных ограничениях.

Динамическая коррекция (более подробно см. [10]) указала на то, что система оказалась несовместной из-за

ограничений наложенных на снижение реальных денежных доходов населения, а также ограничений на рост инвестиций в основной капитал за счет средств бюджетов субъектов РФ.

Выход из этой ситуации авторы видят либо во введении дополнительных ресурсов управления (дополнительного субсидирования экологической сферы), либо в коррекции модели на основе подхода, предложенного в работах [11,12]. Ниже излагаются результаты проведенной коррекции.

5. Результаты динамической коррекции задачи управления эколого-экономическим развитием региона

В результате проведенной динамической коррекции оптимальное управление скорректированной системой выглядит следующим образом (см. рис.1)

Для минимизации загрязнения региона следует придерживаться следующей политики на 2011 год:

- увеличивать финансирование различные программы, направленные на

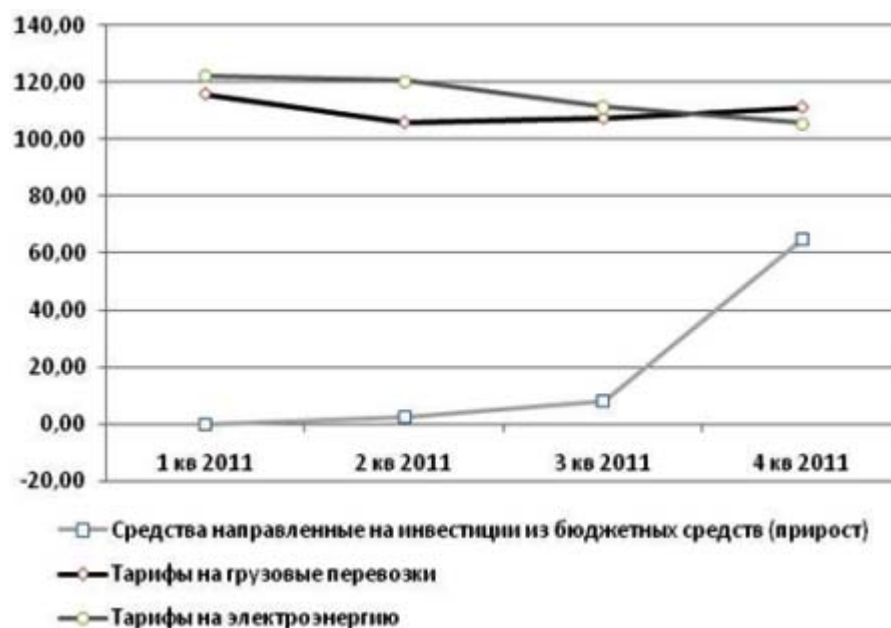


Рис. 1. Решение скорректированной задачи

Таблица 1. Фазовые переменные скорректированной задачи

Фазовые переменные	1 кв 2011	2 кв 2011	3 кв 2011	4 кв 2011
экспорт (прирост)	24,74	22,20	23,15	15,77
импорт (прирост)	75,41	98,28	106,50	108,18
индекс промышленного производства (ИПП)	101,02	101,27	103,35	100,37
ИПП по ВЭД «Добыча полезных ископаемых»	103,42	104,16	104,04	103,13
ИПП по ВЭД «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды»	100,07	98,15	99,88	103,26
ИПП по ВЭД «Обрабатывающие производства»	101,49	102,02	104,72	100,07
индекс потребительских цен	111,21	110,59	109,38	107,34
индекс цен производителей	136,01	121,76	118,48	111,50
инвестиции в основной капитал	98,26	100,14	102,16	108,12
реальные темпы роста объемов кредитов и прочих размещенных средств, предоставленных организациям	111,19	121,18	125,03	125,07
объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»	77,21	105,54	136,13	135,25
реальные денежные доходы населения	102,06	100,61	103,22	108,98
численность экономически активного населения (прирост)	0,63	-0,43	-1,77	-1,69
оборот розничной торговли всеми предприятиями и организациями	102,03	101,89	102,86	105,22
выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников (прирост)	4,59	1,84	0,81	-1,73
сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (прирост)	-13,08	-11,92	-12,57	-13,87

снижения загрязнения в регионе (согласно полученной модели, целесообразно увеличить вливание инвестиций в 2011 году на 18,86% больше, чем в 2010);

- сдерживать рост цен на грузовые перевозки, удерживая их квартальный рост на уровне 10%, тем самым стимулируя перетоки товаров внутри региона;

- удерживать рост тарифов на электроэнергию на уровне 15%, что выглядит правдоподобно, поскольку на ретроспективе именно такой прирост цен на электроэнергию наблюдается последние 5 лет.

Все результаты получены в условиях стабильного поведения валюты, что не создает шоков для экспортоориентированных отраслей региона.

Данные управляющие воздействия приведут к следующей динамике показателей Пермского края в 2011 году (см. таблица 1).

В результате выполнения процедуры динамической коррекции было установлено, что необходимо повысить инвестиции местных бюджетов, а также сократить реальные денежные доходы населения. Это можно сделать за счет сокращения бюджетных вливаний в эту область и перенаправления вырубленных средств в инвестиционные программы, нацеленные на сокращение загрязнений окружающей среды края.

Литература

1. Вайсман Я.И. Экологическая политика и экологический менеджмент в странах Европейского сообщества и России: учеб. пособие / Я.И. Вайсман. – Пермь, Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 412 с.

2. Поносов Д.А. О некоторых подходах к моделированию воздействия промышленного сектора на экологию региона / Д.А. Поносов // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2011. № 34.

3. Пыткин А.Н. Инновация экономики: региональный аспект / А.Н. Пыткин. – Екатеринбург: Институт экономики Уральского отделения РАН, 2008. – 487 с.

4. Nahorski Z. A review of mathemati-

cal models in economic environmental problems / Z. Nahorski Z., H.F. Ravn // Annals of operations research, 2000, № 97. Pp. 165-201.

5. Баркалов Н.Б. Производственные функции в моделях экономического роста / Н.Б. Баркалов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 86 с.

6. Моисеев Н.Н. Избранные труды в 2-х томах. Т.1. Гидродинамика и механика. Оптимизация, исследование операций и теория управления. – М.: Тайдекс Ко, 2003. – 376 с.

7. Дружинин П.В. Об оценке влияния развития экономики на окружающую среду / П.В. Дружинин // Экономика и математические методы, Наука, М., 2010, т.46, №4. С. 3-11.

8. Култышев С.Ю. Приближенная идентификация при измерениях с погрешностями / С.Ю. Култышев, Л.М. Култышева // Вестник ПГТУ. Прикладная математика и механика, 2010, №15, ПГТУ. С. 53-61.

9. Аналитика-капитал. Т. XI: Генезис информатики и аналитики в корпоративном и административном управлении / под ред. Д.Л. Андрианова, С.Г. Тихомирова. М.: ВИНТИ РАН, 2005. – 350 с.

10. Андрианов Д.Л., Поносов А.А., Поносов Д.А. Целевое управление процессом развития текстильно-швейной отрасли Российской Федерации // Вестник Пермского университета. Серия Экономика, 2011. Вып. 4(11). С. 92-101.

11. Еремин И.И. Противоречивые модели оптимального планирования / И.И. Еремин. – М.: Наука, 1988. – 160 с.

12. Максимов В.П. Некоторые задачи экономико-математического моделирования / В.П. Максимов, Д.А. Поносов, А.Л. Чадов // Вестник Пермского университета. Экономика, 2010, вып. 2(5), ПГУ. С. 45-50.

References

1. Waisman J.I. Environmental policy and environmental management in the European Community and Russia: Textbooks / J.I. Waisman. – Perm, Perm Univ. State. Technical. Press, 2007. – 412 p.

2. Ponomov D.A. Some approaches to

modeling the impact of industry on the environment of the region / D.A. Ponomov // Management of economic systems: electronic scholarly journal. , 2011. Number 34.

3. Pytkin A.N. Innovation Economy: Regional Aspect / A.N. Pytkin. – Ekaterinburg: Institute of Economics, Ural Branch of RAS, 2008. – 487 p.

4. Nahorski Z. A review of mathematical models in economic environmental problems / Z. Nahorski Z., H.F. Ravn // Annals of operations research, 2000, № 97. Pp. 165-201.

5. Barkalov N.B. Production functions in models of economic growth / N.B. Barkalov. – Moscow: Moscow Univ. Press, 1981. – 86 p.

6. Moiseev N.N. Selected Works in 2 volumes. V.1. Hydrodynamics and mechanics. Optimization, operations research and management theory. – М.: Taydeks Co., 2003. – 376p.

7. Druzhinin P.V. On assessing the impact of economic development on the environment/ P.V. Druzhinin // Economics and Mathematical Methods, Nauka, Moscow, 2010, v.46, №4. Pp. 3-11.

8. Kultyshev S.J. Approximate identification of the measurements with errors / S.Y. Kultyshev, L.M. Kultysheva // Herald PSTU. Applied Mathematics and Mechanics, № 15, Perm State Technical University, 2010. Pp. 53-61.

9. Analytics-Capital. TA XI: The Genesis of Informatics and analysts in corporate and administrative management / ed. D.L. Andrianov, S.G. Tikhomirov. Moscow: VINITI, 2005. – 350 p.

10. Andrianov D.L., Ponomov A.A., Ponomov D.A. Case management of the development of textile-garment industry in the Russian Federation // Bulletin of the University of Perm. Economy Series, 2011. No. 4 (11). Pp. 92-101.

11. Eremin I.I. Conflicting models of optimal planning / I.I. Eremin. – Moscow: Nauka, 1988. – 160 p.

12. Maksimov V.P. Some problems of economic and mathematical modeling / V.P. Maksimov, D.A. Ponomov, A.L. Chadov // Bulletin of the University of Perm. Economics, 2010, vol. 2 (5), PSU. Pp. 45-50.