

---

эволюционный подход). Библиотека «Кот ученый» (<http://www.smartcat.ru/personnel/labormarket.shtml>).

*Becker H.* Human Capital. A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education. Third Ed. Chicago, London, University of Chicago Press, 1993.

*Farber H.S.* Mobility and stability: the dynamics of job change in labour markets // Handbook of Labor Economics. Elsevier Science B.V. 1999. Vol. 3B. Ch. 37. P. 2373–2437.

*Lehmann H., Wadsworth J.* Tenures That Shook the World: Worker Turnover in Russia, Poland, and Britain // Journal of Comparative Economics, Elsevier. 2000. Vol. 28 (4). P. 639–664.

*Рукопись поступила в редакцию 21.02.2011 г.*

---

## МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

*Е.П. Ушаков*

В статье формулируется макроэкономическое моделирование прогноза водопользования в России на основе реализации прогрессивных технологий, обеспечивающих воспроизводство водных ресурсов. На основе модельного анализа исследованы возможные водоохранные траектории долгосрочного развития производства в аспекте его воздействия на водный фонд России и сформулированы необходимые условия выхода на эти траектории.

*Ключевые слова:* прогрессивные технологии, водные ресурсы, окружающая среда, водоохранные траектории, долгосрочное развитие производства, водопользование.

## ВВЕДЕНИЕ

От масштабов и уровня технологичности водного хозяйства, рассматриваемого как отрасль инфраструктуры и ключевая технологическая подсистема процессов производства в отраслях экономики и непродуцированной сферы, в значительной мере зависит дальнейшее эффективное развитие российской экономики, жизнеобеспечение населения чистой водой и сохранение (восстановление) экологического баланса в окружающей природной среде. В настоящее время водопользование в России характеризуется низкой эффективностью во всех аспектах (экономическом, социально-экологическом, технологическом,

---

© Ушаков Е.П., 2011 г.

безопасности гидротехнических сооружений и т.д.), и его следует рассматривать как системное ограничение в реструктуризации и модернизации российской экономики в направлении наращивания ее высокотехнологичных секторов (Ушаков, 2009). Показателями уровня технологичности водного хозяйства в России можно считать ввод в действие мощностей по очистке сточных вод и системы оборотного водоснабжения. Так, по первому показателю в 2008 г. ввод в действие мощности составил 294 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, что более чем в 10 раз меньше ввода мощностей в 1988 г. По второму показателю ввод мощности в 2008 г. составил 992 тыс. м<sup>3</sup> в сутки, что более чем в 13 раз меньше ввода этой мощности в 1988 г. Объем инвестиций в основной капитал водного хозяйства в 2008 г. составил по отношению к 1992 г. 48% (в сопоставимых ценах) (Россия в цифрах, 2009; Ушаков, 2008). Иллюстрацию низкой эффективности водного хозяйства в России можно было бы продолжить. Нынешнее состояние водопользования в России изложено нами в работе (Ушаков, 2008). Здесь лишь отметим, что Россия, занимая первое место в мире по суммарным запасам в наземных и подземных водных объектах, обеспечивает лишь 50% россиян чистой водой, отвечающей санитарно-гигиеническим требованиям (Лукьянчиков, 2000). В определении стратегии модернизации водопользования в России важную роль играет разработка вариантного прогноза развития водного хозяйства страны на основе широкого применения различных инструментальных методов, в том числе моделирования.

## СТРУКТУРА И ВАРИАНТЫ ПРОГНОЗА МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ

Основа разработки прогноза модернизации водопользования – долгосрочная концепция социально-экономического развития

страны, конкретизируемая развитием и размещением производительных сил. Предлагается следующая принципиальная схема разработки вариантов данного прогноза на долгосрочную перспективу (рис. 1). При прогнозировании водохозяйственных и водоохраных мероприятий главная цель состоит в определении на прогнозируемый период их объема и структуры, согласованного достижения прогнозируемого уровня состояния водных объектов с динамикой капиталовложений и валового внутреннего продукта, а также в определении показателей эффективности реализации этих мероприятий.

С помощью матричной таблицы (см. таблицу) можно привести перечень возможных вариантов прогноза долгосрочной водохозяйственной и водоохранной деятельности, предполагая, что на рассматриваемую перспективу мы фиксируем определенный сценарий развития экономики в целом (например, умеренные темпы экономического роста при модернизации российской экономики в направлении наращивания высокотехнологичных ее секторов).

*Нормативный вариант* соответствует нормативной устойчивости, безопасности водопользования при достижении нормативного состояния водных объектов. *Ресурсный вариант* характеризует уровень устойчивости, безопасности водопользования и состояние водных объектов, которые могут быть достигнуты при выделенных (ограниченных) общеэкономических ресурсах на развитие водохозяйственной и водоохранной деятельности. *Промежуточный вариант* характеризует возможный уровень устойчивости, безопасности водопользования и состояние водных объектов в пределах между нормативным и ресурсным вариантами. Представленный перечень возможных вариантов прогноза развития водохозяйственной и водоохранной деятельности далеко не исчерпывается и может быть продолжен за счет рассмотрения иных сценариев долгосрочного социально-экономического развития страны и «проигрывания» более широкого перечня

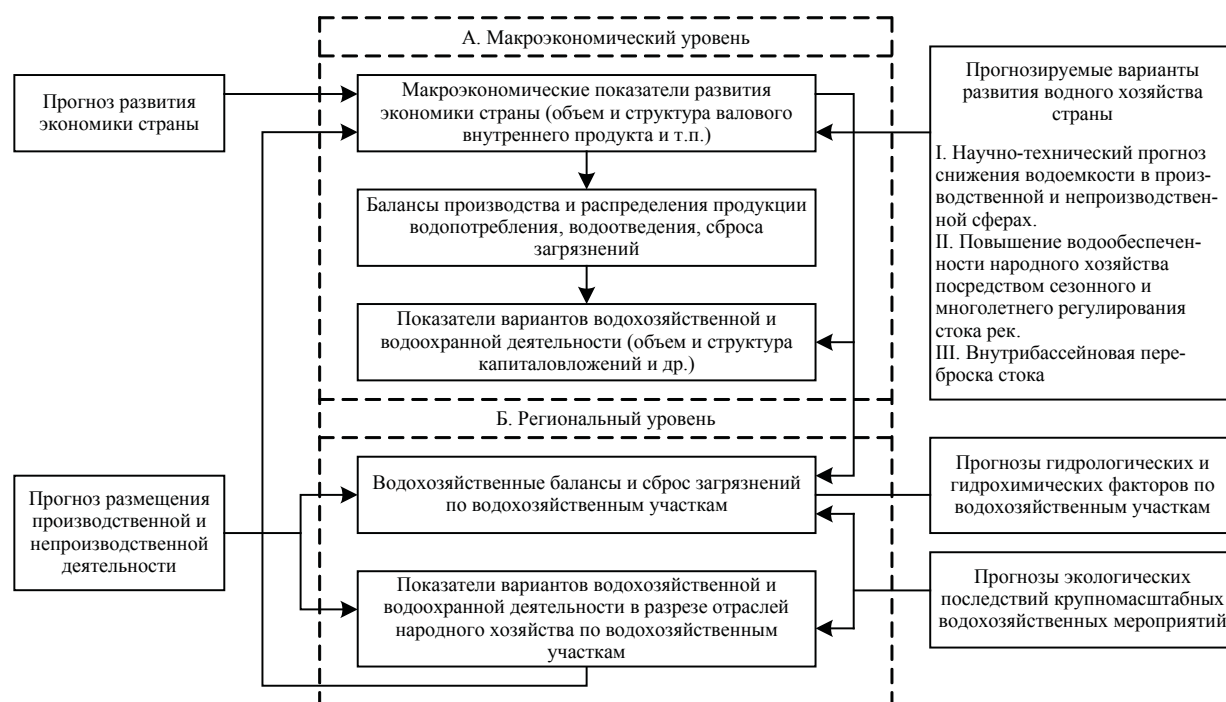


Рис. 1. Схема разработки вариантов прогноза модернизации водопользования (водохозяйственной и водоохранной деятельности) на долгосрочную перспективу

вариантов водохозяйственной и водоохранной деятельности.

На схеме (см. рис. 1) выделены два уровня прогнозирования: макроэкономический – А и региональный – Б. При ресурсном варианте прогноза исходным является уровень А. На основе прогноза развития экономики страны и объема выделяемых производственных ресурсов на водохозяйственную и водоохранную деятельность на макроэкономическом уровне формируются структура и масштабы развития водного хозяйства страны, водохозяйственных и водоохранных мероприятий в отдельных отраслях экономики и т.д. На региональном уровне конкретизируется эта деятельность посредством привязки ее к соответствующим территориям (бассейнам, зонам, водохозяйственным участкам и т.д.).

Для нормативного варианта прогноза исходным является уровень Б. В соответствии с заданным нормативным уровнем устой-

чивости, безопасности водопользования и нормативным состоянием водных объектов на конец прогнозируемого периода в территориальных координатах водного фонда и в разрезе отраслей экономики и производственной сферы определяются масштабы и структура водохозяйственной и водоохранной деятельности. На макроэкономическом уровне эта деятельность агрегируется по стране в целом, определяется объем необходимых производственных ресурсов, анализируется изменение межотраслевых связей и т.д. В целом формирование прогнозных вариантов водохозяйственной и водоохранной деятельности предполагает применение итерационной процедуры согласования макроэкономического и регионально-отраслевых блоков прогнозирования.

Для рассмотрения возможных вариантов прогноза развития водного хозяйства с позиции его влияния на экономическое развитие

Таблица 1  
Варианты прогноза развития водохозяйственной и водоохранной деятельности

Вариант развития водохозяйственного комплекса	Вариант состояния водных объектов		
	А. Нормативный	Б. Ресурсный	В. Промежуточный
I. Снижение водоотходоёмкости в производственной и непроизводственной сферах в связи с проведением водохозяйственных и водоохранных мероприятий	АI	БI	ВI
II. Повышение водообеспеченности народного хозяйства за счет сезонного и многолетнего регулирования местного стока рек	АII	БII	ВII
III. Внутрибассейновая переброска стока	АIII	БIII	ВIII

страны целесообразно разделять прогнозируемую структуру водного хозяйства на внутрихозяйственную (отраслевую) и межотраслевую (инфраструктурную) системы, исключив при этом рассмотрение институционально-правового статуса этих систем (формы собственности). Межотраслевая система водного хозяйства определяется тремя основными компонентами: 1) водохозяйственными объектами, обеспечивающими возможность увеличения естественной водообеспеченности посредством более эффективного использования местных водных ресурсов при сезонном и многолетнем регулировании стока рек и посредством внутрибассейновой переброски стока; 2) комплексными водохозяйственными сооружениями по водоподготовке и очистке сточных вод; 3) транспортными средствами, предназначенными для подачи воды отраслевым системам водного хозяйства и отведения сточных вод систем к местам сброса. Внутрихозяйственные (отраслевые) системы водного хозяйства характеризуются комплексом водохозяйственных установок, использующихся непосредственно в отраслях – потребителях воды для водоподготовки, повторного и многократного использования воды, очистки и сброса сточных вод.

Разделение водного хозяйства на две системы при построении его прогнозных вариантов позволяет исследовать возможные направления его дальнейшего развития: коренное совершенствование внутрихозяй-

ственных отраслевых систем водного хозяйства, обеспечивающее снижение водопотребления и водоемкости производства товаров и услуг; дальнейшее наращивание мощностей межотраслевой системы водного хозяйства (инфраструктурная отрасль), обеспечивающее возрастающие потребности водоемких отраслей экономики.

В этой связи основной задачей рассматриваемого прогноза является исследование оптимального распределения затрат на развитие межотраслевой и внутрихозяйственных отраслевых систем водного хозяйства. Решение этой задачи определяется многочисленными факторами (темпами экономического роста, уровнем научно-технического прогресса в водохозяйственной и водоохранной деятельности, возможными экологическими последствиями реализации тех или иных проектов развития межотраслевой системы водного хозяйства и др.).

Формирование вариантов прогноза водохозяйственной и водоохранной деятельности на долгосрочную перспективу по представленной выше схеме (см. рис. 1) предполагает широкое применение методов моделирования. На макроэкономическом и региональном уровнях можно использовать модели различного вида, результаты решения по которым следует рассматривать как информацию для формирования и согласования вариантов водохозяйственной и водоохранной деятельности на макроэкономическом и региональном

уровнях<sup>1</sup>. В настоящей статье мы рассмотрим экономико-математическую модель макроэкономического уровня.

## МОДИФИЦИРОВАННАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СБАЛАНСИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Для исследования принципиальных направлений влияния масштабов водохозяйственной и водоохранной деятельности на темпы экономического роста, изменений отраслевых структурных пропорций и, наоборот, определения эффективных масштабов этой деятельности, обеспечивающих достижение устойчивого, безопасного водопользования и нормативного состояния водных объектов в прогнозируемом периоде, можно использовать упрощенную модифицированную динамическую модель сбалансированного экономического роста (МБЭР).

Основным уравнением МБЭР является следующее:

$$(K^{-1}Q - \alpha I)x = 0; Q = (I - A - S), \quad (1)$$

где  $K$  – матрица коэффициентов капиталоемкости, характеризующих капитальные затраты для прироста на единицу валовых выпусков продукции отраслей производства;  $A$  – матрица коэффициентов прямых затрат (с учетом возмещения выбывающих фондов);  $S$  – матрица коэффициентов добавленной стоимости;  $I$  – единичная матрица;  $\alpha$  – сбалансированный темп экономического роста;  $x$  – прирост валовой продукции за период  $(t - t_0)$ .

<sup>1</sup> Очевидно, что для прогнозирования водопользования необходимо построить и другие специальные модели (гидрологические, потоковые и др.). В данном случае мы считаем, что результаты построения такого вида моделей в нашей схеме прогноза задаются экзогенно.

Описанный в уравнении (1) экономический рост можно рассматривать как «магистраль» оптимального долгосрочного развития экономики. Траектория долгосрочного развития экономики, определяемая «магистральными» условиями, достаточно близка к оптимальной траектории развития экономики с позиции таких критериев оптимальности, как: 1) максимизация суммарного конечного потребления за весь прогнозируемый период; 2) максимизация производственного накопления на конец рассматриваемого прогнозируемого периода; 3) максимизация валового производства на конец рассматриваемого прогнозируемого периода (Макаров, 1973; Сате, 1980). Таким образом, сформулированная модель МБЭР в достаточно простой форме описывает оптимальные условия долгосрочного развития экономики<sup>2</sup>.

Для отражения в модели МБЭР водохозяйственной и водоохранной деятельности на макроэкономическом уровне следует учитывать особенности использования водных ресурсов, которые определяются тремя взаимосвязанными процессами: забором, использованием воды и сбросом сточных вод. Рост безвозвратного водопотребления, также как и рост сброса сточных вод (сопровождающегося сбросом загрязнения), приводит к истощению водных ресурсов. Для достаточно полного отражения водохозяйственной и водоохранной деятельности, направленной на сокращение безвозвратного водопотребления и сброса загрязнения в водоемы (посредством совершенствования технологических процессов, очистки сточных вод и т.д.), предлагается применить модифицированный показатель водоемкости отрасли производства. Этот показатель характеризует как забор свежей воды, так и сброс сточных вод с учетом массы загрязнения.

<sup>2</sup> Конечно, следует помнить о неполной адекватности данной модели при отражении объективных процессов экономического развития. Прежде всего это связано с тем, что такого вида модели не отражают полностью динамический процесс развития экономики, в котором происходят структурные изменения.



Пусть  $w_{j\text{б.в}}$  – объем безвозвратного водопотребления на единицу продукции отрасли производства  $j$ ;  $w_{j\text{ст}}$  – объем сброса сточных вод на единицу продукции отрасли производства  $j$ ;  $c_{jk}$  – концентрация  $k$ -го загрязнителя в сточных водах отрасли производства  $j$ ;  $\bar{c}_k$  – предельно допустимая концентрация загрязнителя  $k$ , регламентирующая чистоту водных источников.

Предлагаемый удельный показатель водоемкости отрасли производства определяется по следующей формуле:

$$w_j = w_{j\text{б.в}} + \sum_{k=1}^K \frac{c_{jk}}{\bar{c}_k} w_{j\text{ст}}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Преимущества предложенного удельного показателя водоемкости отраслей производства заключаются в том, что он позволяет с помощью объема воды на единицу производимой продукции отразить не только безвозвратное водопотребление, но и сброс сточных вод с учетом содержащихся в них загрязняющих веществ. Это дает возможность отразить в достаточно простой форме в агрегированной модели МБЭР процессы использования водных ресурсов в отраслях производства. Водозабор в отраслях производства  $w_x(t)$  и непроизводственной сфере  $w_y(t)$  в году  $t$  определяется следующим образом:

в отраслях производства:

$$[w_1, w_2, w_j, \dots, w_n] X(t) = W_x(t); \quad (3)$$

в непроизводственной сфере:

$$w_y Y(t) = W_y(t).$$

Реализация водохозяйственной и водоохранной деятельности в отраслях производства приводит к снижению совокупной водоемкости в производственной сфере, следовательно, происходит снижение потребностей в водных ресурсах. Обозначим через  $\rho$  норму (процент) снижения водоемкости<sup>3</sup>. Тогда водоемкость экономики в целом с учетом

<sup>3</sup>  $\rho$  принимает значения от 0 до 1 или от 0 до 100%.

реализации водохозяйственной и водоохранной деятельности в матрично-векторной форме будет определяться:

$$[w - \rho w] X(t) + [w_y - \rho w] Y(t) = W(t), \quad (4)$$

где  $W(t)$  – общее водопотребление в стране в году  $t$  (потребность в водных ресурсах).

Второе слагаемое в уравнении (4) характеризует водопотребление в непроизводственной сфере. Уровень водопотребления в непроизводственной сфере определяется посредством двух процессов: с одной стороны, предполагается в прогнозируемом периоде рост водообеспеченности населения исходя из необходимости обеспечения рациональных норм потребления воды на душу населения (для питьевых нужд, санитарно-гигиенических, рекреационных и других целей), а с другой – предполагается снижение водоемкости в непроизводственной сфере за счет проведения водоохраных мероприятий, направленных на совершенствование процесса использования воды в этой отрасли, снижение сброса неочищенных коммунально-бытовых сточных вод в водоемы<sup>4</sup>.

В зависимости от рассматриваемого варианта прогноза водохозяйственной и водоохранной деятельности величина  $\rho$  рассматривается как экзогенный параметр и как эндогенная переменная. При рассмотрении *нормативного* прогнозного варианта уравнение (4) формулируется как следующее неравенство:

$$[w - \rho w] X(t) + [w_y - \rho w] Y(t) \leq \bar{W}(t), \quad (5)$$

где  $\bar{W}(t)$  – предельное наличие водных ресурсов в стране в году  $t$ , обеспечивающее их восстановление.

Величина  $\bar{W}(t)$  определяется на основе региональных прогнозов по отдельным водохозяйственным участкам с учетом территориальной дифференциации водных ре-

<sup>4</sup> Достаточно сказать, что потери за счет неисправности и низкого технического уровня систем водоснабжения непроизводственного потребления составляют около 20% общего забора свежей воды.

сурсов. В этом случае величина  $\rho$  определяется из решения и показывает, какой должна быть норма снижения водоемкости в отраслях производства, чтобы обеспечить достижение устойчивого, безопасного водопользования и нормативного состояния водных объектов в прогнозируемом периоде. При рассмотрении *ресурсного* варианта, который формируется исходя из объема выделяемых производственных ресурсов для реализации водохозяйственной и водоохранной деятельности в прогнозируемом периоде, величина  $\rho$  вводится в выражение (5) как экзогенный параметр.

Для отражения в модели МБЭР затрат на реализацию водохозяйственной и водоохранной деятельности производится следующая модификация структур матриц коэффициентов прямых и капитальных затрат –  $A$  и  $K^5$ :

$$\begin{pmatrix} \tilde{A}_1 \\ \dots \\ \tilde{A}_i \\ \dots \\ \tilde{A}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_1 + \rho w_1 A_w^1 \\ \dots \\ A_i + \rho w_i A_w^i \\ \dots \\ A_n + \rho w_n A_w^n \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} \tilde{K}_1 \\ \dots \\ \tilde{K}_i \\ \dots \\ \tilde{K}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_1 + \rho w_1 K_w^1 \\ \dots \\ K_i + \rho w_i K_w^i \\ \dots \\ K_n + \rho w_n K_w^n \end{pmatrix}, \quad (6)$$

где  $\tilde{A}_i, \tilde{K}_i$  – соответственно модифицированная вектор-строка матрицы прямых и капитальных затрат, включающих затраты на водоохранную деятельность в отраслях производства;  $A_i, K_i$  – соответственно вектор-строка обычной матрицы прямых и капитальных затрат;  $A_w^i, K_w^i$  – соответственно вектор-строка матрицы прямых и капитальных затрат на водохозяйственные и водоохранные мероприя-

тия, направленные на сокращение водоемкости в отраслях производства.

Элементы  $a_w^{ij}$  и  $k_w^{ij}$  матриц прямых и капитальных затрат на водоохранные мероприятия  $A_w$  и  $K_w$  представляют собой показатели, характеризующие соответствующий расход (текущий и капитальный) продукции отрасли  $i$  (р.) на снижение водоемкости (на 1000 м<sup>3</sup>) в отрасли  $j$ . Отсюда следует, что величины  $a_w^{ij}$  и  $k_w^{ij}$  могут принимать только неотрицательные значения (положительные при наличии затрат отрасли  $i$  для снижения водоемкости в отрасли  $j$  и нулевые при отсутствии затрат отрасли  $i$  на водоохранные мероприятия в отрасли  $j$ ). Таким образом, матрицы  $A_w$  и  $K_w$  относятся к классу неотрицательных матриц ( $A_w \geq 0$ ;  $K_w \geq 0$ ). Для отражения водохозяйственных и водоохранных затрат в непроизводственной сфере необходимо дополнительно модифицировать матрицы  $\tilde{A}, \tilde{K}$ , соответственно сложив их с диагональными матрицами  $A_w^y$  и  $K_w^y$ . Элементы  $a_w^{iy}$  и  $k_w^{iy}$  диагональных матриц  $A_w^y$  и  $K_w^y$  представляют собой аналогичные показатели, характеризующие соответствующий расход (текущий и капитальный) продукции отрасли  $i$  (р.) на снижение водоемкости (сокращение потерь воды и сброса неочищенных сточных вод) в непроизводственном потреблении. Эти матрицы также относятся к классу неотрицательных матриц<sup>6</sup>.

Посредством модификации матриц  $A$  и  $K$  с помощью уравнения (6), задавая темпы экономического роста и отраслевую структуру на основе собственной величины уравнения сбалансированного роста (1) для исходного базисного периода, можно прогнозировать влияние водохозяйственной и водоохранной деятельности на темпы экономического роста и сдвиги в отраслевой структуре. В зависимости от масштабов этой деятельности устанав-

<sup>5</sup> При изменении значений коэффициенты матрицы  $A$  должны корректироваться, как и коэффициенты диагональной матрицы  $S$ , если соблюдается баланс  $\sum_{i=1}^n A_{ij} + S = 1$ .

<sup>6</sup> Следует заметить, что учет водоохранных затрат в непроизводственном потреблении может осуществляться и с помощью экзогенно вводимого вектора прироста объемов продукции, идущей на водоохранную деятельность непроизводственного потребления.

ливается влияние на темпы экономического роста. Определить масштаб водохозяйственной и водоохранной деятельности можно как отношение полных затрат на эту деятельность к полным производственным затратам, обозначив его через  $\eta$ . Тогда по мере роста масштабов водохозяйственной и водоохранной деятельности снижение темпов экономического роста определяется следующей зависимостью (рис. 2):

$$d\alpha/d\eta = -a, \quad (7)$$

где  $a$  – темп снижения экономического роста.

Предельное значение масштаба водохозяйственной и водоохранной деятельности ( $\bar{\eta}$  на рис. 2), обеспечивающее дальнейший экономический рост ( $\alpha > 0$ ), определяется при соблюдении следующих условий:

$$\frac{A_w X(t) + K_w [X(t) - X(t_0)]}{AX(t) + K[X(t) - X(t_0)]} \leq \bar{\eta}. \quad (8)$$

Возможные масштабы водохозяйственной и водоохранной деятельности определяются следующим вектором:

$$H = (\eta_1, \dots, \eta_i, \dots, \bar{\eta}_k), \quad (9)$$

где  $\eta_i$  – рост суммарных водоохранных затрат при масштабе  $i$  водохозяйственной и водоохранной деятельности.



Рис. 2. Зависимость темпов экономического роста от масштаба водоохранной деятельности

Отраслевую структуру экономики можно выразить соотношением объемов валовых выпусков отраслей производства к валовому внутреннему продукту. Пусть все показатели представлены в одних и тех же единицах и на один и тот же год прогнозирования,  $X^H$  – объем валового внутреннего продукта при масштабе  $H$  водохозяйственной и водоохранной деятельности  $X_1^H, \dots, X_n^H$  – объемы составляющих его валовых выпусков отраслей производства, т.е.  $X^H = \sum_{i=1}^n X_i^H$ ,  $H = \eta_1, \dots, \bar{\eta}_k$ ;  $\gamma_i^H = X_i^H / X^H$  – удельный вес отрасли  $X_i$  в  $X$ ;  $\Gamma^H = (\gamma_1^H, \dots, \gamma_n^H)$  – вектор структуры  $X^H$  при реализации водоохранной деятельности в масштабе  $H$ ,  $\sum_{i=1}^n \gamma_i^H = 1$ . Изменения  $\Gamma^H$  в зависимости от масштабов водоохранной деятельности можно рассматривать как структурные сдвиги  $X$ .

Для общего случая экономического развития, если снять сформулированную ранее упрощенную предпосылку сбалансированного (пропорционального) экономического роста, можно предположить существование показателей меры структурного сдвига вследствие реализации водохозяйственной и водоохранной деятельности. Эти показатели определяются следующим образом:

$$P^H = \sum_{i=1}^n |\gamma_i^{\eta_i} - \gamma_i^{\eta_{i-1}}|, \quad (10)$$

где  $P^H$  – мера структурного сдвига при расширении (росте) масштабов водохозяйственной и водоохранной деятельности на единицу (например, рост водохозяйственных и водоохранных затрат на 1%);

$$R^H = \sum_{i=1}^n |\gamma_i^{\bar{\eta}_k} - \gamma_i^{\eta_L}|, \quad (11)$$

где  $R^H$  – мера структурного сдвига при расширении (росте) масштабов водохозяйственной и водоохранной деятельности до их предельного значения  $\bar{\eta}$ .



## ВЫВОДЫ: ВЛИЯНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В РОССИИ НА ЭКОНОМИКУ СТРАНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ

Проведенные нами экспериментальные расчеты прогноза развития водного хозяйства России по модели МБЭР показали следующее. Характер влияния водохозяйственной и водоохранной деятельности на темпы роста экономики России соответствует монотонно убывающей функции (7). Однако рост затрат на эту деятельность влияет в перспективе на темпы экономического роста несущественно. Даже если прогнозировать весьма «жесткий» вариант развития водохозяйственной и водоохранной деятельности в России, направленный на достижение нормативного уровня устойчивого, безопасного водопользования и состояния объектов водного фонда России (при этом вызывается необходимость проведения водоохранных мероприятий во многих отраслях производства на уровне  $\rho$ , равном 0,8 и более), то соответствующий рост водохозяйственных и водоохранных затрат не оказывает существенного влияния на темпы экономического роста. Согласно проведенным расчетам предельное значение затрат на эту деятельность  $\bar{\eta}$  достаточно высоко и обеспечивает значительный запас снижения водоемкости в производственных отраслях в целом, намного превышающей практически необходимый уровень снижения  $\rho = 1$ . В то же время надо иметь в виду, что при использовании модельных расчетов по МБЭР определенные искажения расчетных уровней водохозяйственных и водоохранных затрат обуславливаются линейным коэффициентом снижения водоемкости производства. Известно, что при снижении водоемкости в отраслях производства на 90–100% происходит резкий скачок удельных водохозяйственных и водоохранных затрат. Тем не менее, по нашему мнению, полученный из расчета порядок абсолютных значений величин этих затрат в пределах 2–3% стоимости ВВП при реализации наиболее затратно-

го (нормативного) варианта водохозяйственной и водоохранной деятельности позволяет сделать оптимистический вывод о влиянии роста этих затрат на темпы экономического роста. Таким образом, осуществляя водохозяйственную и водоохранную деятельность в российской экономике в достаточно крупных масштабах, можно достичь значительного снижения водоемкости производства в целом и одновременно сохранить достаточно высокие темпы экономического роста, так как сами водохозяйственные и водоохранные затраты являются источником мультипликативного эффекта экономического роста.

Прогнозные экспериментальные расчеты также показали, что если отказаться от реализации широкомасштабной водохозяйственной и водоохранной деятельности в отраслях производства России, то даже относительно небольшое снижение темпов экономического роста на дальнюю перспективу не обеспечит снижения водоемкости (потребности в свежей воде и сброса загрязнения в водоемы) производства на современном уровне (хотя темпы роста водоемкости производства ниже, чем на современном этапе, и ниже темпов роста валового внутреннего продукта). Таким образом, решение проблемы охраны, рационального использования и восстановления ресурсов водного фонда России требует проведения в широких масштабах водохозяйственных и водоохранных мероприятий в отраслях производства. В целом объективной предпосылкой реализации водоохранной стратегии роста экономики России должна стать концепция дальнейшего развития ее отраслей производства, совершенствование их структуры и повышение уровня технологии водопользования (водопотребления).

При реализации широкомасштабной водохозяйственной и водоохранной деятельности в российской экономике (изменение элементов вектора  $\Gamma^H$ ) отмечается относительный рост объемов производства обрабатывающих отраслей и энергетики. При этом рост величин  $\gamma_i^H$  для отдельных обрабатывающих отраслей различен. Однако наибольший рост  $\gamma_i^H$  проис-

ходит в химической, целлюлозно-бумажной промышленности и машиностроении, что объясняется изменением роста межотраслевых потоков продукции указанных отраслей экономики при реализации водохозяйственных и водоохраных мероприятий. Относительно роста производства в химической и целлюлозно-бумажной отраслях промышленности можно отметить следующее: хотя эти отрасли весьма водоемки, тем не менее решение проблемы снижения водоемкости по всем отраслям производства в целом требует роста объемов производства и в этих отраслях.

Наконец, модельное исследование сдвигов отраслевой структуры, возникающих вследствие реализации широкомасштабной водохозяйственной и водоохранной деятельности, имеет значение для согласования всех видов природоохраных мероприятий. Отмеченный выше относительный рост объемов производства энергетики вследствие реализации широкомасштабной водохозяйственной и водоохранной деятельности сопровождается дополнительным выбросом загрязняющих веществ в атмосферу. Поэтому возникает потребность в расширении масштабов атмосферноохранных мероприятий, направленных на улавливание этого дополнительного выброса загрязняющих веществ в атмосферу.

В целом результаты экспериментальных расчетов по МБЭР в рамках имеющегося информационного обеспечения позволили сделать выводы о влиянии масштабов реализации возможных вариантов прогноза модернизации водного хозяйства как инфраструктурной отрасли на российскую экономику в целом и на изменение ее отраслевых пропорций. Эти выводы позволяют утверждать, что прогноз межотраслевых водоохраных потоков, возникающих в результате модернизации водного хозяйства страны посредством водохозяйственной и водоохранной деятельности, и анализ возникающих в этой связи возможных структур отраслевых сдвигов играют важную роль для разработки прогноза долгосрочного сбалансированного развития экономики России и оптимальных мас-

штабов водохозяйственной и водоохранной деятельности.

### Литература

- Лукьянчиков Н.Н., Потравный И.М. Экономика и организация производства. М.: Тройка, 2000.
- Макаров В.Л., Рубинов А.М. Математическая теория экономической динамики и равновесия. М.: Наука, 1973.
- Россия в цифрах. М.: Росстат, 2009.
- Сате Х., Хироэ Н. Магистральная модель общественного потребления и долгосрочное национальное планирование в Японии // Экономика и математические методы. 1980. Т. XVI. Вып. 4.
- Ушаков Е.П. Рентные отношения водопользования в России. М.: Наука, 2008.
- Ушаков Е.П. Экологически чистые технологии в преодолении экономического кризиса // Экономическая наука современной России. 2009. № 4.

*Рукопись поступила в редакцию 30.09.2010 г.*