

Для цитирования: Экономика региона. — 2016. — Т. 12, вып. 3. — С. 951–965  
doi 10.17059/2016-3-28  
УДК 519.876.5; 004.942

В. И. Суслов <sup>а)</sup>, Т. С. Новикова <sup>б)</sup>, А. А. Цыплаков <sup>б)</sup>

<sup>а)</sup> Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск, Российская Федерация)

<sup>б)</sup> Новосибирский национальный исследовательский государственный университет  
(Новосибирск, Российская Федерация; e-mail: tsnovikova@mail.ru)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОЛИ ГОСУДАРСТВА В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ <sup>1</sup>

*Статья посвящена дальнейшему развитию агент-ориентированной многорегиональной модели «затраты — выпуск» (АОМММ) российской экономики. Мы рассматриваем концепцию включения в модель государства и анализируем результаты экспериментальных расчетов для условного примера пространственной экономики.*

*В модели выделяется ряд новых агентов: федеральное и региональные правительства, пенсионный фонд, а также государственные предприятия, производящие общественные блага на федеральном и региональном уровнях. Деятельность государства связана с установлением четырех видов налогов (подходный налог, налог на прибыль, НДС и страховые взносы), обеспечением населения общественными товарами и предоставлением социальных, инвестиционных и межбюджетных трансфертов домашним хозяйствам, фирмам и бюджетам. Социальные трансферты включают социальную помощь и пособия по безработице. В функции полезности домашних хозяйств добавляются слагаемые, связанные с общегосударственными и региональными общественными благами. Бюджетная политика разрабатывается в соответствии с максимизацией изоэластичной функции общественного благосостояния, формализующей выбор между различными представлениями о социальной справедливости. Для мониторинга неравенства населения по доходам используется коэффициент Джини.*

*В статье представлены результаты экспериментальных расчетов по изучению сходимости нового варианта модели к состоянию квазиравновесия. Особое внимание уделяется поиску оптимального уровня налогообложения, при котором максимизируется функция общественного благосостояния. Определены оптимальные налоговые ставки в четырех вариантах: для трех основных налогов при заданном соотношении ставок и для каждого налога отдельно при нулевых ставках двух других налогов. Намечены дальнейшие направления развития модели, позволяющие исследовать пространственное развитие российской экономики с учетом принятия решений частными агентами в ответ на изменения государственной политики.*

**Ключевые слова:** агент-ориентированное моделирование, пространственная экономика, государственная политика, общественные блага, социальные трансферты, налогообложение, государственные предприятия, функция общественного благосостояния, экономическая эффективность, социальная справедливость, региональные правительства

### Введение

Агент-ориентированные модели (АОМ) относятся к быстро развивающемуся и относительно новому направлению экономических исследований, основанному на компьютерном моделировании автономных агентов и институциональной среды, в которой они взаимодействуют по определенным правилам. Знаменитый экономист К. Эрроу дал следующую оценку значимости данного направления: «Я убежден, что агент-ориентированный под-

ход в экономической науке станет основным инструментом» [1, с. 3].

Работы в этой области активизировались с 1990-х гг. За рубежом они связаны с именами Р. Аксельрода, Г. Джинтиса, А. Кирмана, Г. Майлза, Л. Тесфатсион, Д. Эпштейна и др. Общий обзор АОМ можно найти в статье Б. Хит и др. [2], обзор экономических АОМ — в статье Л. Тесфатсион [1], моделирования финансовых рынков — в работе М. Кристелли и др. [4]. С. Чен [5] обсуждает развитие идей, лежащих в основе экономических АОМ. В России агент-ориентированный подход начал разрабатываться в ЦЭМИ РАН и на текущий момент авторский коллектив во главе с академиком

<sup>1</sup> © Суслов В. И., Новикова Т. С., Цыплаков А. А. Текст. 2016.

В.Л. Макаровым [6, 7] и А.Р. Бахтизиным [8] остается лидером этого направления.

В Институте экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН под руководством В.И. Сулова ведется разработка агент-ориентированной межотраслевой многорегиональной модели (АОМММ), описывающей многорегиональное экономическое пространство России во взаимодействии с внешним миром [9, 10]. Основной особенностью модели является учет пространственного размещения агентов и транспортных издержек. В данной статье мы обсуждаем включение государства в АОМММ и анализируем результаты расчетов для условного примера экономического пространства.

В моделях, включающих только частных агентов микроэкономического уровня, государство может неявно присутствовать при задании институциональных рамок взаимодействия между ними. Однако особый интерес представляют те АОМ, в которых учитывается широкий круг государственных функций, соответствующий реалиям современной смешанной экономики.

Можно выделить два основных подхода, связанных с включением государства в экономические АОМ. Первый связан с моделированием производства различных общественных благ на микроэкономическом уровне отдельных государственных предприятий (организаций, учреждений, агентств). Второй соответствует макроэкономическому или региональному уровням и рассматривает взаимосвязь доходов (прежде всего налогов) и расходов (госзакупок и трансфертов) на соответствующих уровнях бюджетной системы и внебюджетных фондов. Такое деление соответствует традиционному для экономики общественного сектора обоснованию деятельности государства отдельными провалами рынка и их отражением в общественных финансах (например [11, 12]).

К первому направлению можно отнести исследования системы безопасности (А.Т. Крукс и др. [13]), предоставления образовательных услуг (Д.А. Гайнанов, Л.И. Мигранова [14]), пенсионного обеспечения (Р.Л. Акстелл и Д. Эпштейн [1], глава 7).

Одной из первых крупных АОМ второго направления стала модель экономики США ASPEN, разработанная в Sandia National Laboratories [15]. Наряду с домашними хозяйствами и фирмами в ней выделены финансовые агенты: частные банки и Федеральный резервный банк (ФРБ). Взаимодействие агентов

осуществляется как на товарном, так и на финансовом рынках. Бюджетный дефицит финансируется за счет выпуска облигаций. ФРБ, представляющий в модели федеральную резервную систему, может проводить денежно-кредитную политику, продавая и выкупая облигации. В целом, деятельность государства на финансовом рынке разработана в рассматриваемой модели достаточно детально.

Доходы государства в ASPEN формируются за счет трех налогов: на заработную плату, с продаж и подоходного, что позволяет учесть важную часть бюджетных поступлений. Однако государственные расходы не направлены на государственное конечное потребление и связаны с выплатой только одного вида трансфертов: пособий по безработице. Это отражает высокую социальную значимость данного вида расходов, но никак не позволяет адекватно отразить расходную часть бюджета. Поэтому общественные финансы представлены в данной модели достаточно абстрактно.

Аналогичный упрощенный подход к моделированию государства используется в группе моделей экономического роста Lagom, разработанных для изучения изменений климата [16]. В них учитывается только налог на доходы домашних хозяйств, который расходует на выплату пособий по безработице. В модели Lagom regiO [16] учитывается пространственный аспект, и ставки подоходного налога устанавливают региональные правительства. Полученные бюджетные средства также полностью используются на выплату указанных трансфертов.

Агент-ориентированная модель европейской экономики Eurase [18] является существенно более новой и глубоко проработанной во многих аспектах, включая и роль государства. Правительства стран — членов Европейского союза и Центральный банк выделяются наряду с традиционными частными агентами (домашними хозяйствами, фирмами и банками). Кроме того, в модели выделены несколько агентов-институтов (например, Евростат), собирающих и распространяющих информацию, представляющие сведения о 268 регионах 27 стран. Агенты взаимодействуют на следующих рынках: потребительских товаров, капитала, труда, кредитном и финансовом.

В модели Eurase учитываются подоходный налог, налог на прибыль корпораций и страховые взносы. Государственные трансферты и субсидии представлены достаточно широко, включая не только пособия по безработице, но

и различные субсидии фирмам и домашним хозяйствам, в том числе направленные на профессиональное обучение работников для повышения уровня квалификации. Возможный бюджетный дефицит покрывается за счет эмиссии государственных облигаций. Имеется возможность выбора определенного сочетания бюджетных доходов и расходов при оценке различных вариантов политики.

Бюджетный процесс учитывается в модели следующим образом. В начале каждого года государство прогнозирует бюджет, умножая доходы и расходы предыдущего периода на ожидаемые темпы роста и корректируя их для обеспечения бездефицитного бюджета. Затем в течение года бюджетная политика остается неизменной, но мониторинг фактического бюджета осуществляется ежемесячно. При возникновении профицита остаток средств перечисляется на счет Центрального банка.

В целом, модель Eurase располагает широкими возможностями учета разнообразных перераспределительных функций государства. Проблемы же отражения в рассматриваемой модели распределительных функций и реального общественного сектора экономики остаются нерешенными, а соответствующая значительная часть общественных расходов по существу не учитывается.

Системное представление роли государства в экономике теоретико-методологической направленности с выделением нескольких основных налогов и достаточно разнообразных трансфертов характерно для работ В.Л. Макарова и А.Р. Бахтизина (обобщенных в монографии [7]). При этом основные параметры бюджетной политики задаются в них экзогенно.

В гибридной модели, предложенной А.Р. Бахтизиным [8] и объединяющей АОМ, вычислимые модели общего равновесия и нейронных сетей, выделяется государственный сектор экономики на основе доли государства в собственности соответствующих предприятий (превышающей 50 %). В качестве отдельного агента рассматривается правительство, представленное совокупностью федерального, региональных и местных бюджетов, а также внебюджетными фондами. При распределении произведенного продукта в модели выделяется конечный продукт для этого агента, включая бесплатные услуги населению в области здравоохранения, образования и культуры, расходы на охрану правопорядка и оборону. При этом особенности потребления указанных услуг не рассматриваются, соответственно, и

свойство неконкурентности такой продукции не учитывается.

Проблемы учета общественных благ в АОМ рассматриваются через призму взаимодействия между агентами в работе В.Л. Макарова [19] (включенной позднее в разделе 4.2 монографии [7]) на упрощенном примере коллективного блага, состоящего в совместном проведении времени несколькими агентами (расчеты проводились для 50 участников). В результате взаимодействия агентов, максимизирующих функции полезности с включением параметра склонности к одиночеству и определяющих количество времени на совместные действия, образуются пары. В дальнейшем данный подход был использован в модели образования иерархических систем (в разделе 4.3 монографии [7]). В ней рассматриваются три коллективных блага и исследуется образование групп агентов на разных иерархических уровнях, объединяющихся для производства соответствующих благ.

Отдельное направление в экономических АОМ образуют исследования эффективности государственной политики в условиях неадекватного поведения агентов. К традиционным работам этого направления относится изучение особенностей агентов, легальным и нелегальными способами использующих возможности уменьшения своих налоговых обязательств. Одно из последних исследований в этой области базируется на моделях соблюдения налогового законодательства, разработанных в Исследовательском центре налогового управления Министерства экономики и финансов Великобритании Д. Майлзом и др. Авторы отмечают, что «в экономических АОМ агентам обычно приписываются определенные цели, такие как максимизация дохода или полезности, в соответствии с которыми ими делается выбор для достижения этих целей» [20, с. 3]. Они включают в целевую функцию налогоплательщика штраф на сумму укрытия от налогов и учитывают в ней фактор риска через задание вероятности аудита. Предлагается также усложненный вариант модели с учетом ожиданий и сетевого социального взаимодействия агентов (по принципу «кто с кем знаком»), следовательно, установления социальных норм принятия решений. В обеих моделях осуществляется выбор определенного поведения агентов, которое приводит к соответствующему выбору способа соблюдения налогового законодательства. Таким образом, агент-ориентированное моделирование используется для

исследования поведенческих и социальных аспектов в моделировании государственного вмешательства в экономику.

Пространственный аспект роли государства в АОМ обычно применяется при выделении регионального уровня бюджетной системы наряду с федеральным (или национальным). Т. Тсекерис и К. Вогиатзоглу [21] предложили концептуальную схему пространственной модели, в которой в качестве агентов присутствуют местные и центральные правительства. Правительства разных уровней устанавливают НДС и налоги на доходы домохозяйств и фирм. Важной особенностью модели является учет общественных инвестиций в транспортную инфраструктуру. Деятельность правительств эндогенизируется за счет принятия решений в соответствии с максимизацией функций благосостояния. Для центрального правительства это функция, взвешивающая критерии общей эффективности и территориального равенства городов, расположенных на соответствующей территории. Для каждого местного правительства это только его собственная функция благосостояния, зависящая от эффективности, экономического роста и процветания местных жителей и возрастающая за счет привлечения в город большего числа фирм и роста дохода домохозяйств.

В работе В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина, Е.Д. Сушко [22] предлагается использовать агентный подход для исследования проблем муниципальных образований в составе региона. В качестве отдельных агентов выделяются организации социальной сферы, к которым относятся образование, здравоохранение, наука и государственное управление. Их финансирование обеспечивается из муниципального бюджета в соответствии с нормативами бюджетной обеспеченности. Для всех агентов задаются целевые функции, в том числе для агентов-организаций — стремление к увеличению масштабов деятельности и обеспечению необходимого уровня квалификации работников. В модели учитывается только два вида налогов, которые устанавливаются на объемы производимой продукции и на заработную плату и распределяются между региональными и муниципальными бюджетами. Межбюджетные отношения представлены в модели достаточно детально. На региональном уровне образуются фонд финансовой поддержки и фонд компенсаций, направляемые на выравнивание бюджетной обеспеченности муниципальных образований.

## 1. Методология

### 1.1. Общая характеристика включения государства в АОМММ

В данной статье мы опишем только аспекты АОМММ, связанные с деятельностью государства. Описание остальных аспектов модели можно найти в статьях [9, 10].

Включение в модель государства приводит к появлению новых агентов и изменению в поведении существующих агентов. К агентам, действующим на микроэкономическом уровне (фирмам, домохозяйствам и внешним рынкам), добавляются государственные предприятия, обеспечивающие производство общественных благ. На макроэкономическом и региональном уровнях добавляются федеральное и региональное правительства, а также Пенсионный фонд.

Правительство каждого уровня финансирует из своего бюджета производство общественных благ (общественных товаров) соответствующего уровня на одном из государственных предприятий. Бюджетные расходы включают также различные трансферты. Доходы бюджетов формируются за счет налогов (НДС, подоходного налога и налога на прибыль). Доходы Пенсионного фонда образуются за счет целевых страховых взносов, полученные средства полностью расходуются на выплату пенсий.

Поведение государства частично эндогенизируется за счет выбора бюджетной политики в соответствии с функцией общественного благосостояния, формализующей выбор между различными представлениями о социальной справедливости. Структура расходов и ставки налогов задаются до начала работы модели на фиксированном уровне. В то же время, исследователь при проведении имитационных экспериментов с моделью имеет возможность следить за различными экономическими показателями (в том числе значениями функции общественного благосостояния и коэффициентом Джини) и, настраивая бюджетные параметры модели, находить баланс между целями экономической эффективности и социальной справедливости. В результате появляется возможность исследовать пространственное развитие экономики с учетом принятия решений частными агентами в ответ на изменения государственной политики.

### 1.2. Особенности государственных агентов

*Агенты «правительство».* На каждом уровне бюджетной системы  $r$  выделяется соответствующий агент — федеральное пра-

вительство (с номером  $r = 0$ ) или региональное правительство (с номерами  $r = 1, \dots, R$ ). Для достижения своих целей правительства осуществляют расходы в размере  $E_r$  и финансируют их за счет налоговых поступлений в размере  $T_r$ . Деятельность региональных правительств в целом аналогична деятельности федерального правительства. Каждое региональное правительство имеет собственный бюджет, пополняемый за счет той части налогов, которая относится к региональному уровню. Основное отличие состоит в том, что региональное правительство финансирует за счет поступающих к нему налогов производство регионального общественного блага, которое входит в функцию полезности только жителей данного региона.

Расходы  $r$ -го правительства включают государственное конечное потребление (государственные закупки товаров и услуг)  $G_r$  и трансферты  $S_r$ :

$$E_r = G_r + S_r. \quad (1)$$

Государственное конечное потребление на  $r$ -м уровне связано с предоставлением всем домашним хозяйствам обобщенных групп чистых общественных благ равном количестве  $g_r$ , измеренном в натуральном выражении. При этом общественные блага, финансируемые федеральным правительством, предоставляются в равном объеме на всей территории страны, а блага, финансируемые каждым региональным правительством, потребляются полностью и в одинаковом объеме домашними хозяйствами только этого региона. Правительства осуществляют закупки общественных благ у профильных государственных предприятий<sup>1</sup> по цене  $p_{gr}$ , так что количество общественного товара в денежном выражении определяется соотношением

$$G_r = p_{gr} g_r. \quad (2)$$

**Трансферты.** Правительства выплачивают домохозяйствам социальные трансферты, включающие социальную помощь и пособия по безработице. В модели предусмотрены и другие виды трансфертов. В частности, это могут быть межбюджетные трансферты и инвестиционные трансферты, выплачиваемые фирмам. (На первом этапе экспериментальных расчетов инвестиционные трансферты не учитывались, а межбюджетные трансферты использовались для обеспечения текущей сбалансированности бюджетов различных уров-

ней). Из различных трансфертов складывается соответствующая часть бюджетных расходов на  $r$ -м уровне бюджетной системы:

$$S_r = Sc_r + Sb_r + Si_r = \sum_h Sc_{hr} + Sb_r + \sum_f Si_{fr}, \quad (3)$$

где  $Sc_r$  и  $Sc_{hr}$  — суммарные и предоставляемые домохозяйству  $h$  социальные трансферты на  $r$ -м уровне,  $Sb_r$  — межбюджетные трансферты на  $r$ -м уровне,  $Si_r$  и  $Si_{fr}$  — суммарные и предоставляемые фирме  $f$  инвестиционные трансферты на  $r$ -м уровне.

Планируемый уровень расходов на каждом  $r$ -м уровне бюджетной системы равен планируемому налоговому поступлению:

$$E_r^e = T_r^e. \quad (4)$$

Если не учитывать инвестиционные трансферты, то структура расходов на  $r$ -м уровне определяется коэффициентами  $\alpha_{gr}$  для государственного конечного потребления и  $\alpha_{cr} = 1 - \alpha_{gr}$  для социальных трансфертов. Коэффициенты задаются экзогенно. При этом планируемые уровни расходов равны  $G_r^e = \alpha_{gr} E_r^e$  и  $Sc_r^e = \alpha_{cr} E_r^e$  соответственно. (На первом этапе экспериментальных расчетов на региональном уровне учитывались только расходы на приобретение общественных благ соответствующего уровня).

На этапе бюджетного планирования правительства ориентируются на некоторый ожидаемый уровень цены общественного блага  $p_{gr}^e$  и размещают на государственных предприятиях  $r$ -го уровня заказы объемами  $g_r = G_r^e / p_{gr}^e$ . Из-за того, что реализовавшиеся величины не совпадают с планируемыми, фактические расходы отличаются от запланированных.

В текущем варианте модели федеральное правительство выполняет также дополнительные функции, связанные с предоставлением транспортных услуг, балансированием внешних рынков и покрытием убытков фирм. Соответствующие денежные потоки не учитываются в бюджетных расчетах. При дальнейшем развитии модели данные функции планируются частично передать другим агентам.

Доходы бюджетов различных уровней формируются за счет четырех налогов: двух видов налогов на доходы (подходного со ставкой  $tin$  и налога на прибыль со ставкой  $tpr$ ), страховых взносов со ставкой  $tss$  и одного вида налогов на товары (НДС) со ставкой  $tva$ . Подходные налоги относятся к прямым и устанавливаются на доходы каждого из двух групп частных агентов: подходный налог — на доходы  $h$ -го домашнего хозяйства за вычетом пенсий и социальных трансфертов  $Inc_h^*$ ; налог на прибыль — на фактическую прибыль  $f$ -й фирмы  $Profit(y_f, p)$ .

<sup>1</sup> Цена включает налог на конечное потребление (см. далее).

НДС собирается в модели при приобретении частных товаров домохозяйствами и общественных благ правительствами разных уровней. Таким образом, если  $p_i$  — цена покупки товара  $i$ , то домохозяйство все расчеты проводит в соответствии с ценой  $(1 + tva)p_i$ . Аналогично, если  $c_{gr}$  — себестоимость единицы общественного блага, то его цена для правительства равна  $p_{gr} = (1 + tva)c_{gr}$ . Экспорт этим налогом не облагается.

Для каждого налога  $t$  устанавливаются доли зачисления в бюджет  $r$ -го уровня  $b_{tr}$ , так что  $\sum_t b_{tr} = 1$ .

*Прочие агенты, связанные с общественным сектором. Пенсионный фонд* создается как особый агент для реализации пенсионных выплат со своим автономным бюджетом. Финансирование выплат пенсий  $Sp_h$  соответствующим домохозяйствам обеспечивается за счет страховых взносов, которые целиком направляются в пенсионный фонд. Они устанавливаются в процентах к заработной плате работников  $f$ -й фирмы  $w_f a_{if} y_f$  и государственных служащих  $w_{gr} a_{igr} g_r$ , где  $w_f$  и  $w_{gr}$  — ставки заработной платы на  $f$ -й фирме и в государственных учреждениях  $r$ -го уровня,  $a_{if}$  и  $a_{igr}$  — коэффициент трудоемкости на  $f$ -й фирме и в государственных учреждениях  $r$ -го уровня,  $y_f$  и  $g_r$  — объемы выпуска продукции на  $f$ -й фирме и производства общественных товаров на соответствующем уровне  $r$ :

$$\sum_h Sp_h = \sum_f tss \cdot w_f a_{if} y_f + \sum_r tss \cdot w_{gr} a_{igr} g_r. \quad (5)$$

Сумма взносов поровну делится между домохозяйствами-пенсионерами.

*Государственные предприятия.* В качестве покупателя на товарном рынке наряду с домохозяйствами, фирмами и внешними рынками выступают госпредприятия, приобретающие необходимые для государственного конечного потребления частные товары и участвующие в итерациях торговли наряду с другими покупателями. Они представляют собой упрощенный вариант фирмы, которая формирует спрос на отдельные виды частных товаров и труд, необходимые для запланированного объема государственного конечного потребления. Для моделирования производства общественных благ используется производственная функция леонтьевского типа:

$$g_r = \min \left\{ \min \left\{ \frac{x_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}}}{a_{\frac{1}{2}\frac{1}{2}}}, \frac{L}{a_{lg}}, \frac{K}{a} \right\}, \frac{L}{a_{lg}}, \frac{K}{a} \right\}, \quad (6)$$

где  $g_r$  — объемы выпуска общественных товаров в натуральном выражении на  $r$ -м уровне;  $x_{igr}$  — количество затрачиваемой продукции  $i$ -го сектора на производство общественных товаров на  $r$ -м уровне;  $a_{igr}$  — технологический коэффициент прямых материальных затрат при производстве общественных товаров на  $r$ -м уровне;  $L_{gr}$  — труд, используемый для производства общественных товаров на  $r$ -м уровне;  $a_{lgr}$  — коэффициент трудоемкости при производстве общественных товаров;  $K_{gr}$  — капитал, используемый для производства общественных товаров на  $r$ -м уровне;  $a_{kg}$  — коэффициент капиталоемкости при производстве общественных товаров на  $r$ -м уровне. Правительство оплачивает предприятию произведенное общественное благо по себестоимости.

### 1.3. Изменения в поведении негосударственных агентов

Изменения в описании негосударственных агентов связаны, в первую очередь, с общественными благами, трансфертами и налогами.

*Домашние хозяйства.* В функции полезности домашних хозяйств добавляются слагаемые, связанные с общегосударственными и региональными общественными товарами. При этом в модели используется изоэластичная функция CES с коэффициентом  $\sigma$ . Соответствующая функция полезности для  $h$ -го домашнего хозяйства  $r$ -го региона зависит от потребления двух групп товаров: частных в объемах  $x_{ih}$ ,  $i = 1, \dots, N$  и общественных в объемах  $g_0$  и  $g_r$ :

$$U(x_{1h}, \dots, x_{Nh}, g_0, g_r) = \left( \sum_{i=1}^N k_{ch}^\sigma x_{ih}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + k_{g_0}^\sigma g_0^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + k_{grh}^\sigma g_r^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}. \quad (7)$$

Доходы  $h$ -го домашнего хозяйства  $Inc_h$  формируются за счет различных источников, характерных для нескольких типов домохозяйств:

- 1) собственников предприятий с доходом в форме дивидендов в размере  $D_h$ ;
- 2) работающих на фирмах или в государственных учреждениях с доходом от заработной платы в размере

$$W_h = w_f a_{if} y_f, \text{ или } W_h = w_g a_{ig} g_r,$$

где  $w_f$  и  $w_g$  — ставки заработной платы на  $f$ -й фирме и в государственных учреждениях;  $a_{if}$  и  $a_{ig}$  — коэффициент трудоемкости на  $f$ -й фирме и в государственных предприятиях;  $y_f$  и  $g_r$  — объемы выпуска продукции на  $f$ -й фирме и государственном предприятии, соответственно;

- 3) пенсионеров с доходом от пенсий в размере  $Sp_h$ ;

4) получающих социальные трансферты, в том числе безработных, с доходом  $Sc_h$ .

Тогда общая сумма доходов  $h$ -го домашнего хозяйства  $Inc_h$  рассчитывается следующим образом:

$$Inc_h = D_h + W_h + Sp_h + Sl_h. \quad (8)$$

К налоговой базе для подоходного налога относится часть доходов домохозяйств: дивиденды и заработная плата. Тогда располагаемый доход равен

$$\begin{aligned} Inc_{\delta}^* &= Inc_h - tin(D_h + W_h) = \\ &= (1 - tin)(Inc_h - Sp_h - Sl_h) + \\ &\quad + Sp_h + Sl_h. \end{aligned} \quad (9)$$

Бюджетное ограничение для  $h$ -го домашнего хозяйства можно представить следующим образом:

$$\sum_i (1 + tva)p_i x_{ih} = Inc_h^*. \quad (10)$$

В левой части оно включает потребительские расходы на покупку частных товаров с учетом НДС, в правой части — доходы за вычетом подоходного налога. При этом доходы домашних хозяйств от социальных выплат государства и пенсионного фонда, равные  $Sp_h + Sl_h$ , в налогооблагаемую базу подоходного налога не включаются. Общественные товары предоставляются бесплатно.

*Фирмы.* С учетом страховых взносов издержки производства фирмы  $f$  равны

$$\sum_i p_i a_{if} y_f + (1 + tss) \cdot w_f a_{if} y_f, \quad (11)$$

где  $y_f$  — объем производства;  $p_i$  — цена производственного фактора;  $a_{if}$  — коэффициент материалоемкости;  $w_f$  — ставка заработной платы;  $a_{if}$  — коэффициент трудоемкости. Аналогичная формула верна для государственного предприятия.

#### 1.4. Порядок событий в модели с выделением государства

Работа модели происходит по периодам. Перечислим основные события, происходящие в течение одного периода.

Сначала объявляется начало периода, агенты устанавливают некоторые переменные на тех уровнях, которые соответствуют началу периодов (обнуляют переменные, в которых накапливается статистика и т. д.).

Государство разрабатывает проект бюджета.

Правительство каждого уровня делает заказ госпредприятию на производство общественного блага на основе того количество средств,

которое оно может потратить на эту статью расхода. Оно информирует домохозяйства о количестве общественного блага.

Госпредприятия формируют спрос на отдельные виды частных товаров и труд, необходимые для производства заказанного объема общественного блага.

Домохозяйства строят планы с учетом доступных для них общественных товаров, трансфертов и налоговых выплат, выбирая доли потребления по секторам. Фирмы строят планы, выбирая цены на свою продукцию и объемы производства, выставляют пакеты на рынки также с учетом налоговых выплат и бюджетных трансфертов.

Осуществляется этап торговли. Фирмы делают заказы на поставки продукции других фирм. Домохозяйства делают заказы на пакеты фирм. При формировании этих заказов они учитывают социальные выплаты и вклад в их целевые функции предложения государства по количеству общественных благ. Домохозяйствам сообщают о приобретенных ими частных товарах. При наличии избытков на рынке происходит возврат к этапу заказов.

Выплачивается заработная плата домохозяйствам. Распределяются пенсии. Пенсионный фонд рассылает пенсии всем домохозяйствам со статусом «пенсионер» в конце каждого периода после получения страховых взносов. Распределяются дивиденды по долям собственности.

Правительства всех уровней выплачивают трансферты. Перечисление трансфертов происходит с учетом социального статуса домохозяйства. Пособия по безработице рассылаются всем домохозяйствам со статусом «неработающий», социальная помощь предоставляется по запросу: если доход домохозяйства меньше, чем минимально допустимый, то оно запрашивает средства у государства.

Объявляется конец периода. Статистическая отчетность частных агентов заполняется с выделением налоговых платежей и бюджетных трансфертов. Государство заполняет отчет о фактическом исполнении бюджета. Система обрабатывает отчетность с выделением доходов и расходов государства. Начинается новый период.

#### 1.5. Разработка бюджетной политики

В каждой серии экспериментов параметры общественных финансов, в частности, налоговые ставки, остаются неизменными. Между периодами в другой серии расчетов правила взаимодействия агентов и институтов могут

изменяться, в частности в связи с налогообложением и выплатой разнообразных трансфертов. Для разработки бюджетной политики результаты социально-экономического развития оцениваются государством в соответствии с общественными приоритетами, что служит основанием для ее корректировки. При этом государство действует в интересах общества в целом, что формализуется с помощью максимизации соответствующей целевой функции общественного благосостояния (ФОБ).

Это обобщенный показатель, основанный на значениях функции полезности отдельных потребителей или домохозяйств. Если  $U_h$  — полезность для домохозяйства  $h$  ( $h = 1, \dots, H$ ), то функция общественного благосостояния имеет вид

$$\text{ФОБ} = F(U_1, \dots, U_p, \dots, U_H). \quad (12)$$

В АОМММ в основе действий каждого из домохозяйств лежит функция полезности. Таким образом, имеется возможность рассчитать значение ФОБ для каждого периода. В качестве базового варианта используется модифицированный вариант изоэластичной ФОБ:

$$\text{ФОБ} = \left( \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H U_h^{1-\nu} \right)^{1/(1-\nu)}. \quad (13)$$

Это среднее степенное отдельных полезностей со степенью  $1 - \nu$ , где  $\nu > 0$ . Величина  $\nu$  интерпретируется как параметр неприятия неравенства. При задании параметра  $\nu$  в пределах от 0 до бесконечности данная функция позволяет учитывать весь спектр представлений о справедливости от утилитаристского до роулсианского. В каждом цикле расчетов по АОМ данный коэффициент остается неизменным. При  $\nu = 0$  ФОБ равняется среднему арифметическому полезностей, что соответствует утилитаристскому критерию. В пределе при  $\nu \rightarrow 1$  это среднее геометрическое, что соответствует критерию Бернулли — Нэша. При  $\nu = 2$  это среднее гармоническое. В пределе при  $\nu \rightarrow \infty$  формула дает минимальную полезность, что соответствует роулсианскому критерию. В каждом цикле расчетов по АОМ данный коэффициент остается неизменным. В наших расчетах он задавался равным 2.

Одной из важных особенностей агент-ориентированных моделей экономики является то, что исследователь имеет потенциальную возможность отследить динамику любого интересующего его социально-экономического показателя. При этом могут анализироваться такие показатели, которые в реальной жизни не могут быть рассчитаны государственными

статистическими агентствами. За счет мониторинга соответствующих показателей, рассчитываемых по результатам компьютерного моделирования, появляется возможность проводить эксперименты с фиксированными параметрами, изучая последствия для моделируемой экономики изменения управляющих параметров. С помощью рассматриваемой функции ФОБ предлагается исследовать проблему выбора оптимальной бюджетной политики, в частности, оптимального налогообложения, за счет изучения последствий изменения налоговых ставок налогов (подробнее см. в следующем разделе).

Для мониторинга неравенства населения по доходам может использоваться также вспомогательный показатель — коэффициент Джини. Пусть  $Inc_h$  — доход домохозяйства  $h$  ( $h = 1, \dots, H$ ), а  $r_h$  — ранг этого дохода по порядку возрастания (то есть самому низкому доходу присваивается ранг 1, а самому высокому — ранг  $H$ ). Тогда по определению коэффициент Джини равен

$$\sum_{h=1}^H (2r_h - H - 1) Inc_h / \left( H \sum_{h=1}^H Inc_h \right). \quad (14)$$

Близкое к нулю значение коэффициента означает равномерное распределение доходов.

## 2. Результаты экспериментальных расчетов

Рассмотренная модель была реализована в экспериментальных расчетах на условном малоразмерном примере. Географическая структура привязана в нем к условной карте России, на верхнем уровне включающем три макрорегиона (Запад, Центр и Восток) в границах сгруппированных федеральных округов и обычных регионов.

Основные экономические показатели, в том числе и индикаторы деятельности государства, в новых экспериментах достаточно быстро стабилизируются и свидетельствуют о сходимости к квазиравновесию аналогично исходной версии модели [10]. Это наглядно видно на рисунке 1, на котором показаны графики функции общественного благосостояния, расходов на общественные блага и трех основных налогов (НДС, налога на прибыль и подоходного налога) в зависимости от числа периодов. Приведенные показатели общественных финансов измеряются во внутренних ценах модели, показатель ФОБ — в единицах соответствующей полезности.

На рис. 2 приводится траектория изменения налоговой базы на примере налога на при-



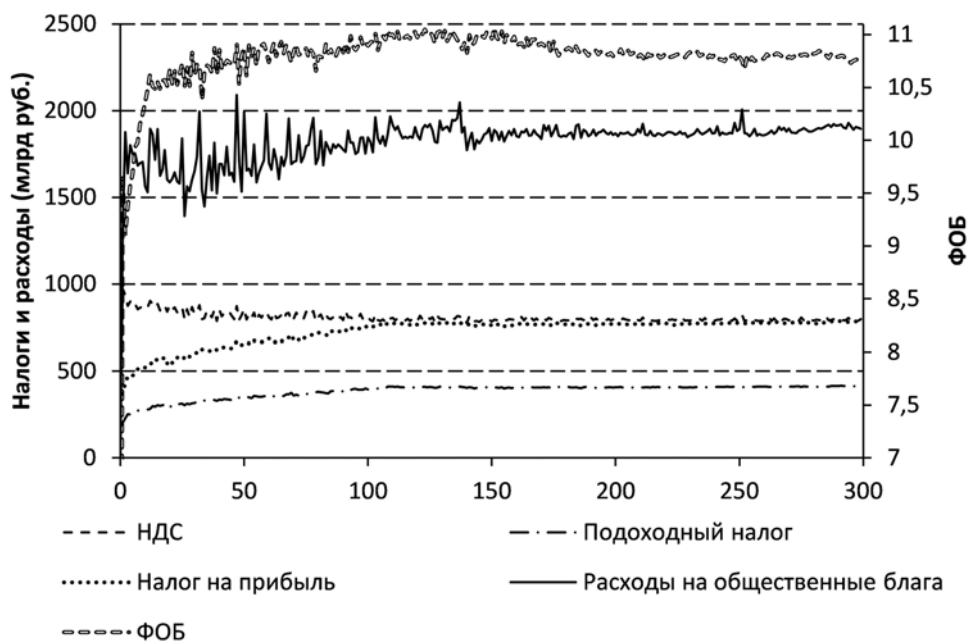


Рис. 1. Траектория ФОБ и показателей общественных финансов при исходных налоговых ставках

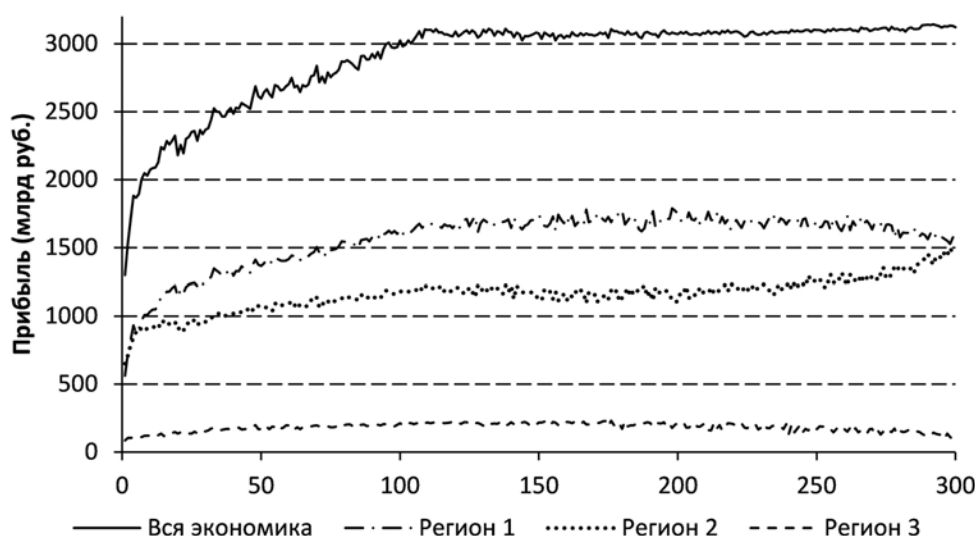


Рис. 2. Траектория прибыли по основным регионам

быль. На графике ясно видно, как существенно различаются по регионам уровни и траектории изменения прибыли. В частности, на последних итерациях для второго региона характерна устойчивая тенденция к росту прибыли фирм, а для первого и третьего регионов, наоборот, к ее снижению. В результате устойчивая стабильная траектория суммарной прибыли в течение последних 50 шагов является результатом двух противоположных и взаимно компенсирующихся тенденций. Это, в частности, подчеркивает необходимость исследования соответствующих экономических процессов в региональном разрезе.

Для результатов рассматриваемых расчетов характерна стабилизация суммарных показателей бюджетной системы. Об этом, в частно-

сти, свидетельствуют траектории бюджетных доходов на федеральном и региональном уровнях, которые приводятся на рис. 3.

В экспериментальных расчетах проверялась гипотеза о наличии оптимального уровня налогообложения. Для оценки влияния тяжести налогового бремени на основные социально-экономические показатели использовался коэффициент пропорциональности  $k$ , на который умножались ставки различных налогов. В качестве исходных с соответствующим единичным значением коэффициента  $k$  использовались налоговые ставки, равные 13 % для подоходного налога, 20 % для налога на прибыль и 18 % для НДС. Для определения результирующего значения показателей использовалось их среднеарифмети-

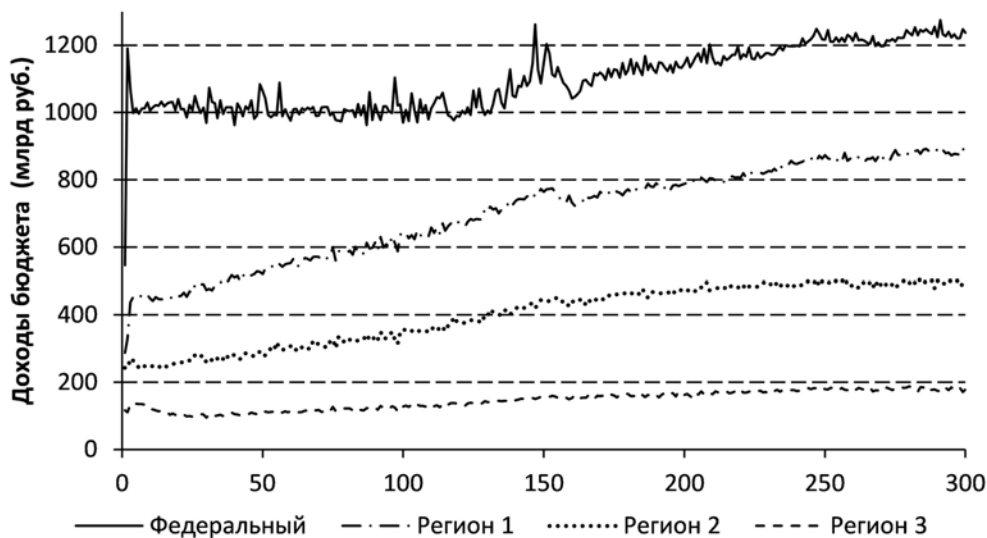


Рис. 3. Траектория бюджетных доходов на федеральном и региональном уровнях

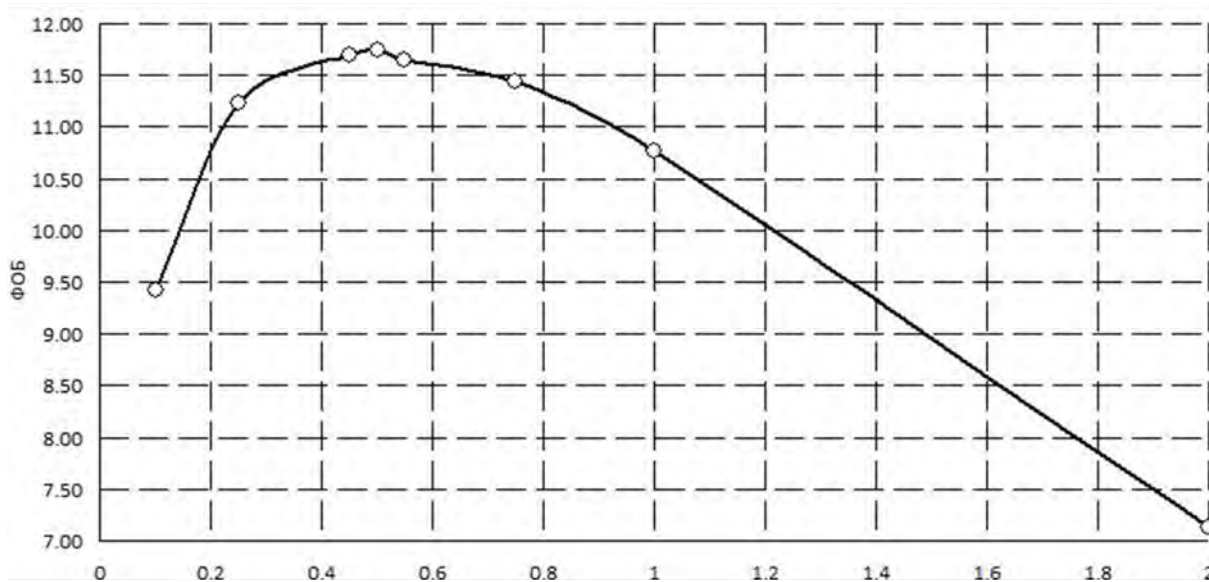


Рис. 4. Значения функции общественного благосостояния при одновременном пропорциональном изменении трех налоговых ставок

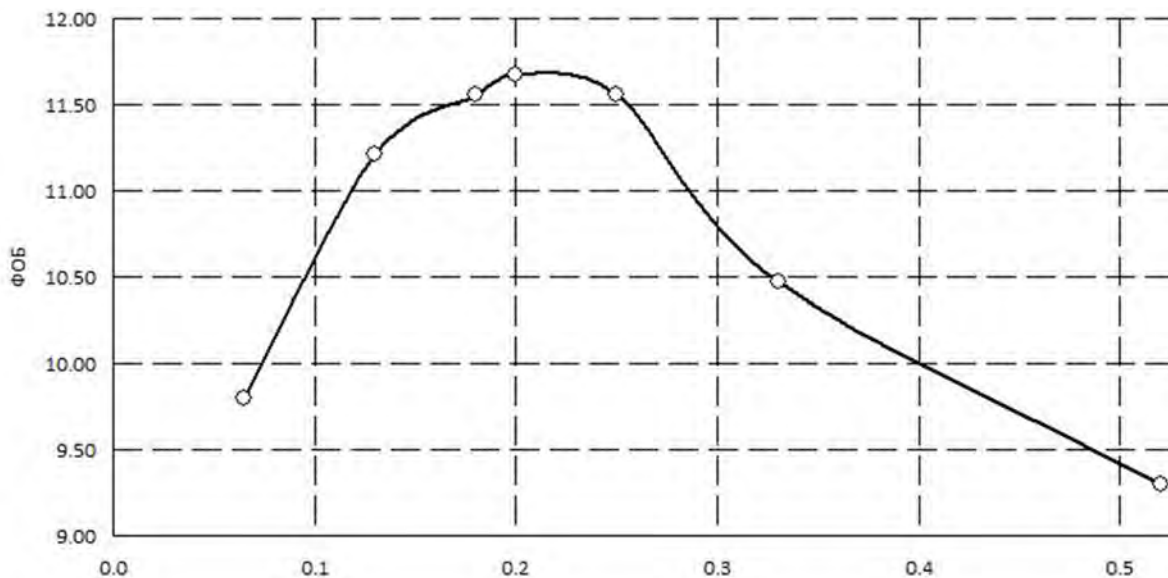


Рис. 5. Значения ФОБ при изменении ставки подоходного налога

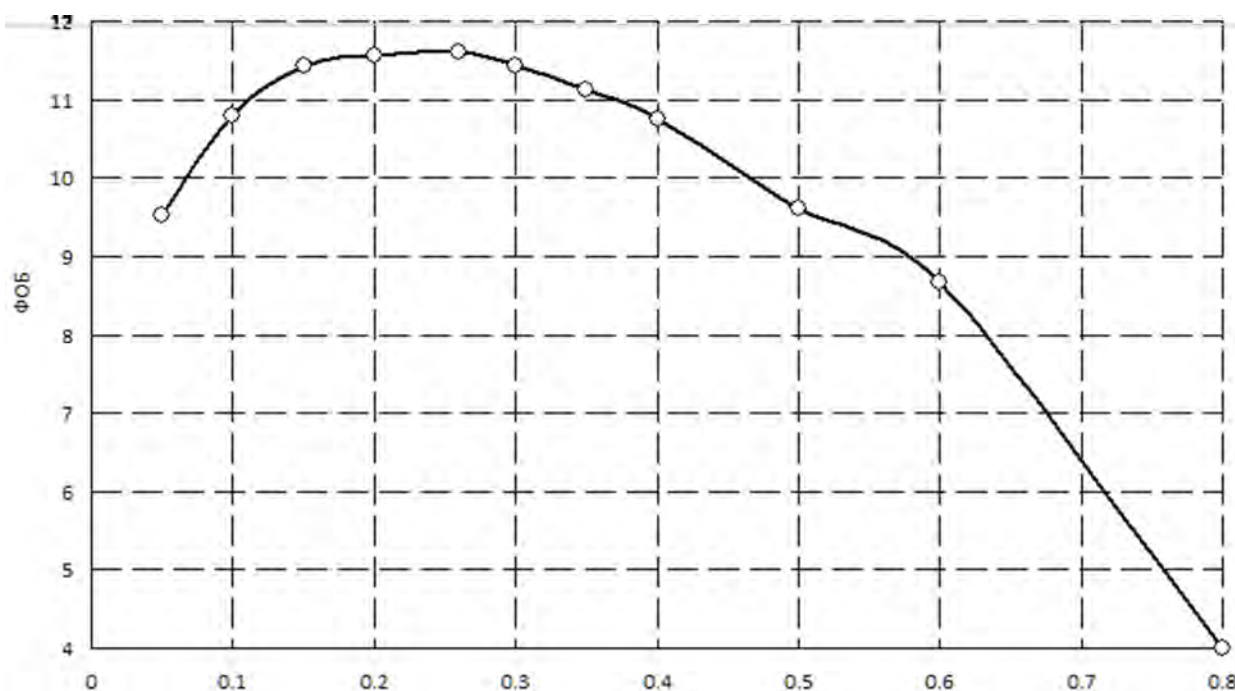


Рис. 6. Значения ФОб при изменении ставки налога на прибыль

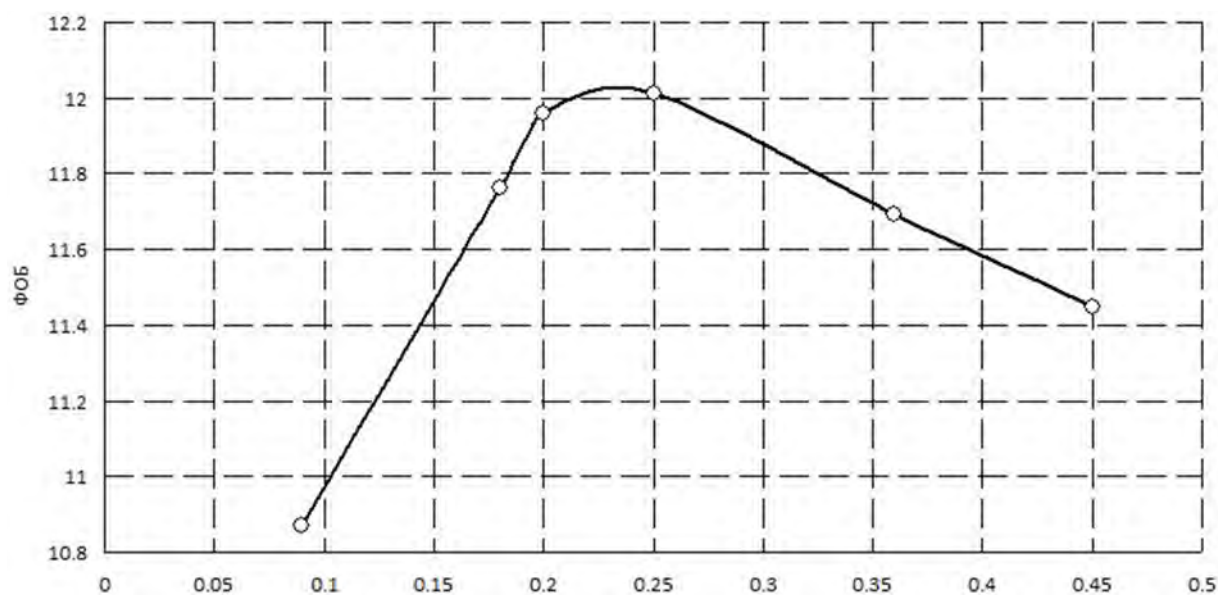


Рис. 7. Значения ФОб при изменении ставки НДС

ческие значения за последние 11 периодов экспериментов.

На рис. 4 представлены результаты соответствующих экспериментов при изменении коэффициента уровня налогообложения от 0,25 до 2. В качестве основного результирующего показателя рассматривались величины ФОб. Как видно на графике, зависимость ФОб от уровня налогообложения достаточно монотонная, при этом возникает локальный максимум соответствующей функции при значении коэффициента  $k$ , равного 0,5. Соответствующий уровень налоговых ставок, равных 7,5 % для подоходного налога, 10 % для налога на при-

быль и 9 % для НДС можно рассматривать в качестве оптимальных.

Аналогичная задача определения оптимальных налоговых ставок ставилась для каждого из трех налогов при задании налоговых ставок остальных налогов на нулевом уровне. Результаты приводятся на соответствующих рисунках (рис. 5–7). На всех графиках наглядно виден оптимальный уровень налоговых ставок, составляющий 20 % для подоходного налога и для налога на прибыль и 25 % для НДС.

Механизм возникновения оптимальных ставок можно объяснить следующим образом.

При небольших ставках налоговая нагрузка получается низкой, но и общественного блага практически не производится. В результате средние значения, к которым сходится траектория ФОБ на последних итерациях, устанавливаются на низком уровне. При повышении ставки общественного блага становится больше, и ФОБ растет. Однако при большом увеличении ставки налоговая нагрузка становится слишком высокой. Общественные блага предоставляются в значительном количестве, но полезность домохозяйств в меньшей степени зависит от их потребления по сравнению с потреблением частных товаров. На выплату налогов идет большая часть доходов, и потребление частных благ становится слишком маленьким. Поэтому при больших налогах результат сходимости ФОБ тоже падает. Такой механизм действует для всех налогов.

### 3. Заключение

Представленная в статье концепция включения государства в агент-ориентированную мультирегиональную модель «затраты — выпуск» свидетельствует о возможности более глубокого исследования пространственного развития российской экономики с учетом взаимодействия частного и общественного секторов, включая анализ деятельности федерального и региональных правительств, пенсионного фонда и государственных предприятий, выделение производства и потребления общественных благ на федеральном и региональном уровнях, изменение функций полезности домашних хозяйств за счет включения общегосударственных и региональных общественных товаров, формирование бюджетных доходов при установлении подоходного налога, налога на прибыль, НДС и страховых взносов, выявление механизма возникновения оптимальных ставок, моделирование предоставления социальных, инвестиционных и межбюджетных трансфертов домашним хозяйствам, фирмам и бюджетам, расчет коэффициента Джини для мониторинга неравенства населения по доходам; применение изоэластичной функции общественного благосостояния для формализации выбора между различными представлениями о социальной справедливости при разработке бюджетной политики.

Экспериментальные расчеты свидетельствуют о сходимости к квазиравновесию с учетом деятельности государства, в том числе региональных различий траекторий бюджетных доходов на федеральном и региональном уровнях.

В результате расчетов были определены оптимальные налоговые ставки для трех основных налогов (подоходного налога, налога на прибыль и НДС) как в условиях одновременного пропорционального изменения ставок, так и для каждого отдельного налога.

Дальнейшее развитие рассматриваемого подхода связано со следующими направлениями исследований.

1. Выделение местного уровней бюджетной системы наряду с федеральным и региональным.

2. Более детальное представление различных видов общественных благ и соответствующих государственных предприятий (учреждений, организаций). Условно на федеральном уровне предполагается выделять безопасность, здравоохранение, образование, на региональном уровне — строительство инфраструктурных объектов, защиту окружающей среды, на местном — благоустройство территорий.

3. Распределение социальных трансфертов между домашними хозяйствами не поровну, исходя из максимизации функции общественного благосостояния. Например, в случае роулсианской ФОБ социальные трансферты выделяются наиболее бедным семьям. При этом социальные трансферты направлены на решение проблем дифференциации доходов и бедности.

4. Учет влияния инвестиционных трансфертов на производственные функции фирм. Государственное стимулирование инновационной деятельности фирм за счет предоставления бюджетных ассигнований предлагается учитывать через изменение технологических коэффициентов материалоемкости, а также трудо- и капиталоемкости. Например, можно рассчитать значение инвестиционных трансфертов, при котором эластичность коэффициента материалоемкости по величине инвестиционного трансферта максимальна по абсолютной величине.

5. Моделирование дифференциации налогового потенциала регионов во взаимосвязи с формированием собственных доходов бюджетов каждого уровня и соответствующим изменением межбюджетных трансфертов.

6. Более детальное представление общественных благ, связанных с образованием, и соответствующий учет формирования человеческого капитала. Одновременно предполагается включить в производственные функции фирм и госпредприятий составляющие, связанные с человеческим капиталом.

7. Моделирование денежно-кредитной политики государства, базирующееся на новой

модификации АОМ с учетом финансовых рынков и выделением четырех новых групп агентов: двух частных (акционерных обществ и коммерческих банков) и двух государственных (Центрального банка и банков развития).

8. Моделирование политического процесса и соответствующий учет обратной связи государства и домохозяйств в результате выборов. С определенной периодичностью предлагается проводить избирательную кампанию, в которой участниками голосования являются домашние хозяйства, а голосование проводится по принципу простого большинства. Альтернативы для голосования формируются на основе изменения каждого отдельного инструмента бюджетной политики (от-

дельной налоговой ставки или структурного коэффициента государственных расходов), проводится цикл расчетов в изменившихся условиях и оценивается изменение полезности домашних хозяйств. Если у большинства домашних хозяйств полезность увеличивается, предложение принимается, если нет — отклоняется. В результате формируется новая политика государства на период после избирательной кампании.

В целом, предложенная модификация пространственной АОМ создает возможность использования для проведения экспериментов и имитаций взаимодействий экономических субъектов при изучении и прогнозировании экономики России.

### Благодарность

Статья выполнена в рамках Программы РАН IX.84.2., Проект IX.84.2.1. Авторы благодарят за помощь Ибрагимов Н. М. и Гусак М. А., которые принимали участие в подготовке исходной информации, обсуждении модели и написании кода.

### Список источников

1. *Epstein J. M.* Generative Social Science. Studies in Agent-Based Computational Modeling. — Princeton : Princeton University Press, 2006. — 249 p.
2. *Heath B., Hill R., Ciarallo F.* A Survey of Agent-Based Modeling Practices. January 1998 to July 2008 // *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. — 2009. — Vol. 12. — No. 4. — P. 1–9.
3. *Tesfatsion L.* Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory // *Tesfatsion L. and Judd K. L. (Eds.) Handbook of Computational Economics, Vol. II*. — Amsterdam: North-Holland, 2006. — 830 p. — P. 831–880.
4. *Cristelli M., Pietronero L., Zaccaria A.* Critical Overview of Agent-Based Models for Economics // *Proceedings of the School of Physics “E. Fermi”*. — Varenna: Course CLXXVI, 2010. — pp. 128–154.
5. *Chen S.-H.* Varieties of Agents in Agent-Based Computational Economics: A Historical and an Interdisciplinary Perspective // *Journal of Economic Dynamics & Control*. — 2012. — Vol. 36. — P. 1–25.
6. *Макаров В. Л.* Вычислимая модель российской экономики. — М.: ЦЭМИ РАН, 1999. — 93.
7. *Макаров В. Л., Бахтизин А. П.* Социальное моделирование — новый компьютерный прорыв. Агент-ориентированные модели. — М.: Экономика, 2013. — 295.
8. *Бахтизин А. П.* Агент-ориентированные модели экономики. — М.: Экономика, 2008. — 234.
9. Опыт агент-ориентированного моделирования пространственных процессов в большой экономике / Сулов В. И., Доможиров Д. А., Ибрагимов Н. М., Костин В. С., Мельникова Л. В., Цыплаков А. А. // *Регион: экономика и социология*. — 2014. — № 4. — С. 32–54.
10. Агент-ориентированная многорегиональная модель «затраты–выпуск» российской экономики / Сулов В. И., Доможиров Д. А., Ибрагимов Н. М., Костин В. С., Мельникова Л. В., Цыплаков А. А. // *Экономика и математические методы*. — 2016. — Том 52. — № 1. — С. 112–131.
11. *Myles G.* Public Economics. — Cambridge: Cambridge University Press, 2002. — 546.
12. *Новикова Т. С.* Краткий курс экономики общественного сектора. — Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2012. — 201 с.
13. *Crooks A. T., Castle C. J. E., Batty, Key M.* Challenges in Agent-Based Modelling for Geo-Spatial Simulation // *Computers, Environment and Urban Systems*. — 2008. — Vol. 32. — P. 417–430.
14. *Гайнанов Д. А., Мигранова Л. И.* Агент-ориентированный подход к сбалансированному взаимодействию региональных рынков труда и образовательных услуг // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 8–2. — С. 394–398.
15. *Basu N., Pryor R., Quint T.* ASPEN: A Microsimulation Model of the Economy // *Computational Economics*. — 1998. — Vol. 12. — P. 223–241.
16. *Lagom Generic: an Agent-Based Model of Growing Economies / Mandel A., Furst S., Lass W., Meissner F., Jaeger C.* // *ECF Working Paper 1*. — 2009. — P. 1–21.
17. *Multi-Agent Model of Several Economic Regions / Wolf S., Furst S., Mandel A., Lass W., Lincke D., Pablo-Marti F., Jaeger C. A.* // *Environmental Modelling & Software*. — Vol. 44. — 2013. — P. 25–43.
18. *Dawid H., Gemkow S., Harting P., van der Hoog S., Neugart M.* The Eurace@Unibi Model: An Agent-Based Macroeconomic Model for Economic Policy Design. — *Bielefeld Working Papers in Economics and Management*. — No. 05–2012. — 2012. pp. 1–37. [Electronic resource]. URL: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2408969> (date of accesse: 02.02.2016).

19. Макаров В. Л. Коллективные блага в АОМ // Искусственные общества. — 2007. — Т. 2. — № 1. — С. 6–15.
20. Myles G. D., Hashimzade N., Rablen M. D., Page F. The Use of Agent-Based Modelling to Investigate Tax Compliance / Discussion Paper: 004–13. — HM Treasury, ESRC, TARC, 2013. — P. 1–31.
21. Tsekeris T., Vogiatzoglou K. Spatial Agent-Based Modeling of Household and Firm Location with Endogenous Transport Costs // *Netnomics*. — Vol. 12. — 2011. — P. 77–98.
22. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Компьютерное моделирование взаимодействия между муниципалитетами, регионами, органами государственного управления // *Проблемы управления*. — 2013. — Вып. 6. — pp. 31–40.

### Информация об авторах

**Суслов Виктор Иванович** — доктор экономических наук, член-корреспондент РАН, профессор, заместитель директора, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17; e-mail: ieie@ieie.nsc.ru).

**Новикова Татьяна Сергеевна** — доктор экономических наук, профессор, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет; ведущий научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2; пр. Академика Лаврентьева, 17; e-mail: tsnovikova@mail.ru).

**Цыплаков Александр Анатольевич** — кандидат экономических наук, доцент, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет; ведущий научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2; пр. Академика Лаврентьева, 17; e-mail: tsy@academ.org).

For citation: *Ekonomika regiona [Economy of Region]*. — 2016. — Vol. 12, Issue 3. — pp. 951–965

**V. I. Suslov<sup>a)</sup>, T. S. Novikova<sup>b)</sup>, A. A. Tsyplakov<sup>b)</sup>**

<sup>a)</sup> Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of RAS (Novosibirsk, Russian Federation)

<sup>b)</sup> Novosibirsk National Research State University (Novosibirsk, Russian Federation; e-mail: tsnovikova@mail.ru)

### Simulation of the Role of Government in Spatial Agent-Based Model

*The paper describes the further development of an agent-based multiregional input-output model of the Russian economy. We consider the idea of incorporating the government into the model and analyse the results of experimental calculations for the conditional example of spatial economy. New agents are included into the model such as the federal and regional governments, pension fund and also the state enterprises producing public goods at the federal and regional levels. The government sets four types of taxes (personal and business income taxes, VAT and payroll taxes), ensures the provision of public goods and provides social, investment and interbudgetary transfers to households, firms and budgets. Social transfers consist of social assistance and unemployment benefits. The utility functions of households are expanded by the terms associated with national and regional public goods. The budget policy is designed in accordance with the maximization of isoelastic function of social welfare that formalizes the choice between the different concepts of social justice. The Gini index is used for the monitoring the inequality of income distribution. The results of experimental calculations present the convergence of the new version of the model to the state of quasi-equilibrium. The special attention is paid an optimal level of the taxation maximizing the social welfare function. Four variants of the optimal tax rates are defined: for three major taxes at a fixed proportion of rates and for each of the tax separately at zero rates of two other taxes. The further directions of modelling are identified, they allow to investigate the spatial development of the Russian economy taking into account the decision-making by private agents in responding to government policies.*

**Keywords:** agent-based modelling, spatial economy, government policy, public goods, social transfers, taxation, state enterprises, social welfare function, economic efficiency, social justice, regional governments

### Acknowledgements

*The article is prepared within the Program of the Russian Academy of Sciences IX.84.2., Project IX.84.2.1. The authors thank for Ibragimov N. M. and Gusak M. A., who took part in the preparation of initial information, the discussion of the model and the code writing of a code.*

### References

1. Epstein, J. M. (2007). *Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton: Princeton University Press, 249.
2. Heath, B., Hill, R. & Ciarallo, F. A (2009). Survey of Agent-Based Modeling Practices (January 1998 to July 2008). *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(4), 1–9.
3. Tesfatsion, L. (2006). Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. In: Tesfatsion L. and Judd K.L. (Eds.) *Handbook of Computational Economics, Vol. II*. Amsterdam: North-Holland, 831–880, 830.
4. Cristelli, M., Pietronero, L. & Zaccaria, A. (2010). Critical Overview of Agent-Based Models for Economics. *Proceedings of the School of Physics "E. Fermi"*. Varenna: Source CLXXVI, 128–154.

5. Chen, S.-H. (2012). Varieties of Agents in Agent-Based Computational Economics: A Historical and an Interdisciplinary Perspective. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 36, 1–25.
6. Makarov, V. L. (1999). *Vychislimaya model Rossiyskoy ekonomiki [Computable model of russia economy]*. Moscow, CEMI RAN, 93.
7. Makarov, V. L. & Bahtizin, A. R. (2013). *Sotsialnoye modelirovanie — novyy kompyuternyy proryv. Agent-orientirovannyye modeli [Social modeling — new computer breakthrough. The agent-focused models]*. Moscow: Ekonomika Publ., 295.
8. Bahtizin, A. R. *Agent-orientirovannyye modeli ekonomiki [The agent-focused models of economy]*. Moscow: Ekonomika Publ., 234.
9. Suslov, V. I., Domozhirov, D. A., Ibragimov, N. M., Kostin, V. S., Melnikova, L. V. & Tsyplakov, A. A. (2014). Opyt agent-orientirovannogo modelirovaniya prostranstvennykh protsessov v bolshoy ekonomike [The experience of agent-based multiregional input-output model of the russian economy]. *Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: economy and sociology]*, 4, 32–54.
10. Suslov, V. I., Domozhirov, D. A., Ibragimov, N. M., Kostin, V. S., Melnikova, L. V. & Tsyplakov, A. A. Agent-orientirovannaya mnogoregionalnaya model “zatraty-vypusk” rossiyskoy ekonomiki [Agent-based multiregional input-output model of the russian economy]. *Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and mathematical methods]*. V pechati [In press].
11. Myles, G. (2002). *Public Economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 546.
12. Novikova, T. S. (2012). *Kratkiy kurs ekonomiki obshchestvennogo sektora [the brief course of the economics of public sector]*. Novosibirsk: Novosibirskiy gosudarstvennyy universitet Publ., 201.
13. Crooks, A. T., Castle, C. J. E & Batty, M. Key (2008). Challenges in Agent-Based Modelling for Geo-Spatial Simulation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32, 417–430.
14. Gaynanov, D. A. & Migranova, L. I. (2013). Agent-orientirovannyy podkhod k sbalansirovannomu vzaimodeystviyu regionalnykh rynkov truda i obrazovatelnykh uslug [Agent-based approach to balanced interaction of labour markets and educational services]. *Fundamentalnyye issledovaniya [Fundamental research]*, 8–2, 394–398.
15. Basu, N., Pryor, R. & Quint, T. (1998). ASPEN: A Microsimulation Model of the Economy. *Computational Economics*, 12, 223–241.
16. Mandel, A., Furst, S., Lass, W., Meissner, F. & Jaeger, C. (2009). Lagom Generic: an Agent-Based Model of Growing Economies. *ECF Working Paper 1*, 1–21.
17. Wolf, S., Furst, S., Mandel, A., Lass, W., Lincke, D., Pablo-Marti, F. & Jaeger, C. A. (2013). Multi-Agent Model of Several Economic Regions. *Environmental Modelling & Software*, 44, 25–43.
18. Dawid, H., Gemkow, S., Harting, P., van der Hoog, S. & Neugart, M. (2012). The Eurace@Unibi Model: An Agent-Based Macroeconomic Model for Economic Policy Design. *Bielefeld Working Papers in Economics and Management*, 05–2012. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2408969>, 1–37.
19. Makarov, V. L. (2007). Kollektivnyye blaga v AOM [Public goods in ABM]. *Iskusstvennyye obshchestva [The artificial societies]*, 2(1), 6–15.
20. Myles, G. D., Hashimzade, N., Rablen, M. D. & Page, F. (2013). The Use of Agent-Based Modelling to Investigate Tax Compliance. *Discussion Paper: 004–13*. HM Treasury, ESRC, TARC, 1–31.
21. Tsekeris, T. & Vogiatzoglou, K. (2011). Spatial Agent-Based Modeling of Household and Firm Location with Endogenous Transport Costs. *Netnomics*, 12, 77–98.
22. Makarov, V. L., Bahtizin, A. R. & Sushko, E. D. (2013). Kompyuternoye modelirovanie vzaimodeystviya mezhdu munitsipalitetami, regionami, organami gosudarstvennogo upravleniya [Computer modelling of the interaction between municipalities, regions, public authorities]. *Problemy upravleniya [Problems of management]*, 6, 31–40.

### Authors

**Viktor Ivanovich Suslov** — Doctor of Economics, Corresponding Member of RAS, Professor, Deputy Director, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of RAS (17, Ac. Lavrentyeva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; e-mail: ieie@ieie.nsc.ru).

**Tatyana Sergeevna Novikova** — Doctor of Economics, Professor, Novosibirsk National Research State University; Leading Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2, Pirogova St., 630090; 17, Ac. Lavrentyeva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; e-mail: tsnovikova@mail.ru).

**Aleksandr Anatolyevich Tsyplakov** — PhD in Economics, Associate Professor, Novosibirsk National Research State University; Leading Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (2, Pirogova St., 630090; 17, Ac. Lavrentyeva Ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation; e-mail: tsy@academ.org).