

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

А.И. Арефьева

**ЭФФЕКТ МАСШТАБА
В МОДЕЛЯХ ЭНДОГЕННОГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА**

Препринт WP12/2009/04

Серия WP12

Научные доклады лаборатории
макроэкономического анализа

Москва
Государственный университет – Высшая школа экономики
2009

Редактор серии WP12

«Научные доклады лаборатории макроэкономического анализа»

Л.Л. Любимов

А80 **Арефьева А.И. Эффект масштаба в моделях эндогенного экономического роста:** Препринт WP12/2009/04. — М.: Государственный университет — Высшая школа экономики, 2009. — 32 с.

Модели эндогенного экономического роста предсказывают наличие эффекта, получившего в литературе название эффекта масштаба. Эффект масштаба состоит в том, что при увеличении количества ресурсов, направляемых в R&D, темпы роста выпуска на душу населения должны вырасти. Однако, как отметил Джонс, анализ временных рядов по развитым странам не подтверждает существование эффекта масштаба. Несоответствие эмпирических свидетельств с предсказанием о существовании эффекта масштаба мы назовем загадкой Джонса. Несмотря на то, что существуют работы, в которых ученые пытались разрешить данное противоречие, в разделе 4 мы показываем, что существующие решения загадки Джонса являются неудовлетворительными. В данной работе вместо традиционной предпосылки о том, что новые технологии создаются исследователями в секторе R&D, мы полагаем, что новые технологии создают предприниматели, используя знания, накопленные в секторе R&D. Данная гипотеза позволяет решить загадку Джонса.

УДК 338.121
ББК 65.012.2

Препринты Государственного университета — Высшей школы экономики размещаются по адресу: <http://new.hse.ru/C3/C18/preprintsID/default.aspx>

© Арефьева А.И., 2009
© Оформление. Издательский дом
Государственного университета —
Высшей школы экономики, 2009

1. Введение

Модели эндогенного экономического роста¹ обладают привлекательной структурой. Во-первых, они являются микроэкономически обоснованными. Количество R&D, с одной стороны, определяется из задачи максимизации прибыли фирмами, а с другой — задает темпы экономического роста. Во-вторых, экономическая политика в таких моделях может влиять на долгосрочные темпы экономического роста. Следовательно, эти модели могут быть использованы для разработки экономической политики, стимулирующей рост.

Тем не менее, как показывает Jones (1995), модели эндогенного роста не вполне согласуются с эмпирическими данными. Модели эндогенного роста, основанные на R&D, предсказывают, что при увеличении количества ресурсов, задействованных в R&D, темпы роста на душу населения должны вырасти, однако это не подтверждается временными рядами за вторую половину XX в. для развитых стран. Указанное несоответствие предсказания моделей эндогенного роста и данных мы назовем загадкой Джонса, по имени ученого, который впервые отметил этот факт.

Данная работа посвящена поиску разрешения загадки Джонса. Мы предлагаем модель, в которой сохраняются указанные достоинства моделей эндогенного роста, но которая при этом не противоречит эмпирическим данным. В предложенной нами модели отсутствует влияние количества ресурсов, задействованных в R&D, на темпы экономического роста как минимум в краткосрочном периоде. Таким образом, наша модель позволяет решить загадку Джонса.

Наше решение основано на проведении различия между созданием знаний и созданием инноваций. В действительности получения новых знаний недостаточно для того, чтобы в экономике вырос выпуск. Для того чтобы знания увеличили выпуск, необходим предприниматель, который использует существующий запас знаний, чтобы внедрить инновацию в производство конечной продукции.

¹ См.: Romer (1990), Grossman и Helpman (1991) и Aghion, Howitt (1992).

В истории можно найти множество примеров, когда даже готовая технология ждала своего предпринимателя, чтобы быть воплощенной в жизнь. Так, разработка первого компьютера началась в 1945 г., но широкое распространение компьютеры начали получать лишь в 1980-е годы. Преимущества специализации были отмечены Адамом Смитом еще в 1776 г.², однако конвейер, использующий преимущества специализации, был создан Генри Фордом в начале XX в. Термос был изобретен в 1892 г. Джеймсом Деваром, но компания, продающая термосы, была создана другим человеком (Рейнальдом Бергером) лишь в 1904 г.³ Можно привести еще миллионы таких примеров⁴.

В реальности предприниматель создает новые виды бизнеса, основываясь не только на результатах самых последних исследований, но и на всем запасе знаний, когда-либо созданном в экономике. Если мы принимаем данную гипотезу, то пропадает непосредственное влияние количества исследователей, занятых в R&D, на темпы экономического роста как минимум в краткосрочном периоде. Если мы учтем этот факт при построении модели, то модель больше не будет противоречить эмпирическим данным, о которых говорил Джонс. Таким образом, нам удастся решить загадку Джонса.

В исследованиях, посвященных моделям эндогенного роста, было предложено несколько других решений загадки Джонса, которые мы обсуждаем в разделе 4. Однако данные решения нас не устраивают, так как их авторы конструируют такие модели, в которых количество людей, задействованных в R&D, не влияет на темпы роста выпуска на душу населения лишь на траектории сбалансированного роста. В действительности Jones (1995) говорил о несоответствии моделей эмпирическим фактам в краткосрочном периоде. Поскольку скорость конвергенции к траектории сбалансированного роста в моделях эндогенного роста составляет менее 1% в год, у нас пока нет никаких эмпирических данных, которые позволили бы судить о поведении экономики на траектории сбалансированного роста. В краткосрочном периоде в данных моделях зависимость темпов выпуска на душу населения от количества исследователей, работающих в

² См.: Смит А. Исследование о природе и причине богатства народов. М.: Эксмо, 2007.

³ Туманов С.Н. Формируй рынок, либо будь аутсайдером // Бренд-менеджмент. 2004. № 5.

⁴ Кынин А. Эти неслучайные «случайные» изобретения. URL: <http://metodolog.ru/01200/01200.html>.

R&D, остается. Таким образом, предложенные модели не решают загадку Джонса.

В модели, которая предложена в этой работе, краткосрочная динамика характеризуется отсутствием зависимости темпов роста выпуска на душу населения от количества исследователей, в то время как в долгосрочном периоде возможны различные случаи. В зависимости от параметров модели траектория сбалансированного роста может не существовать, а если она существует, то темп роста выпуска на душу населения может как зависеть, так и не зависеть от доли рабочей силы, вовлеченной в R&D. У нас пока нет эмпирических данных, которые позволили бы с уверенностью утверждать, какой случай соответствует реальности.

Таким образом, наша модель решает загадку Джонса. Данная модель является моделью эндогенного роста и не противоречит эмпирике. В краткосрочном периоде темп роста выпуска на душу населения не зависит от количества людей, занимающихся R&D, тогда как долгосрочные зависимости, ненаблюдаемые нами, могут быть различными.

Настоящая работа организована следующим образом. В разделе 2 представлен обзор литературы по теории экономического роста. Акцент сделан на привлекательности моделей эндогенного роста с точки зрения поиска ответов на фундаментальные вопросы теории роста. В разделе 3 мы раскрываем понятие эффекта масштаба и демонстрируем, что эффект масштаба существует в моделях эндогенного роста, а также обсуждаем загадку Джонса. В разделе 4 рассматриваются решения загадки Джонса, предложенные в литературе, и показывается, почему существующие решения являются неудовлетворительными. В разделе 5 строится модель, основанная на разделении знаний и инноваций, которая решает загадку Джонса. Итог данной работы представлен в Заключении.

2. На пути к моделям эндогенного роста

Более 90% доходов, полученных в развитых странах, созданы после 1820 г.⁵ Данный факт поражает воображение и приводит нас к вопросу об источниках и причинах экономического роста.

⁵ Истерли (2006). С. 80.

Теория экономического роста занимается поиском ответа на два вопроса: почему одни страны растут быстрее других⁶ и в чем причины мирового экономического роста.

Первой моделью экономического роста считается модель Harrod (1939) и Domar (1946), согласно которой увеличение инвестиций приводит к росту. Однако данная модель основывалась на нереалистичном предположении о том, что производственные мощности пропорциональны запасу капитала⁷. В 1957 г. Domar отказался от своей модели, поддержав недавно появившуюся модель Solow (1956) и Swan (1956).

Данная модель изменила взгляд экономистов на рост. Основной вывод модели Solow&Swan состоит в том, что инвестиции в физический капитал не влияют на долгосрочные темпы экономического роста. Как отмечает Solow (1957), значимость накопления капитала для роста можно оценить по доле дохода капитала в общем доходе, которая составляет лишь одну треть ВВП США⁸. В модели Solow источником экономического роста является технический прогресс, который помогает решить проблему снижающейся предельной производительности труда и капитала, используемых в производстве.

Модель Solow имела несколько очевидных достоинств. Первое достоинство состояло в том, что модель была достаточно простой и прозрачной, второе – в том, что модель соответствовала стилизованным фактам Kaldor⁹. Но у модели Solow был и существенный недостаток. Поскольку темп технического прогресса задается экзогенно, а темп экономического роста совпадает с темпом технического прогресса, то экономический рост является не результатом модели, а ее предпосылкой. Таким образом, модели, в которых темп технического прогресса задается экзогенно (модели экзогенного роста), могут служить лишь отправной точкой в исследовании причин и источников экономического роста.

Следующим логичным шагом в поисках ответа на фундаментальные вопросы теории экономического роста является эндогенизация

⁶ Вопрос, который впервые был сформулирован Дюрлафом Кахом, см.: Шараев (2006).

⁷ См. обсуждение модели Harrod – Domar в Истерли (2006), гл. 2.

⁸ Данная оценка остается верной и сейчас.

⁹ См. Kaldor (1961) или Шараев (2006).

технического прогресса. Romer (1986) подошел к этой задаче следующим образом. Он задался вопросом: при какой структуре модели темпы экономического роста будут определяться эндогенно и будут зависеть от экономической политики. Ответом на этот вопрос была модель типа АК. В моделях АК ключевой предпосылкой является то, что производственная функция конечной продукции обладает постоянной отдачей от масштаба по капиталу, т.е. $Y = AK$, где А включает в себя все остальные факторы производства, не зависящие от капитала. Модели такого типа интерпретируют капитал в широком смысле: под капиталом понимают все факторы производства, которые могут накапливаться (физический, человеческий, социальный капитал, знания, инфраструктура и т.д.). В качестве примеров моделей типа АК можно привести модель Lucas (1988), в которой внимание акцентируется на накоплении человеческого капитала, а также модель Barro (1991), концентрирующей на социальной инфраструктуре. Заметим, что более ранние модели Arrow (1962) и Uzawa (1965) также допускают случай $Y = AK$, но не концентрируют на нем внимание. Заслуга работы Romer (1986) состоит в том, что он обратил внимание именно на случай постоянной отдачи от масштаба по капиталу.

Итак, если модель экономического роста можно свести к форме $Y = AK$, то темпы экономического роста будут определяться внутри модели, и политика будет оказывать влияние на темпы роста, что было хорошей новостью для тех, кто проводит экономическую политику. Но, задав такой вопрос, Romer не пытался найти источник экономического роста, а скорее «подогнал» модель под желаемые свойства.

Первые попытки сделать технический прогресс эндогенным, принятые Arrow (1962) и Uzawa (1965), не помогли продвинуться в понимании источников экономического роста. Дальнейшие поиски привели к появлению работ Romer (1987, 1990), в которых обсуждалась роль идей и инноваций в производстве. В этих работах была предложена обоснованная на микроэкономическом уровне модель экономического роста. Romer полагал, что источником экономического роста являются проведение R&D, которые предпринимателями максимизирующими прибыль фирмами.

Однако Romer столкнулся с тем, что инновации отличаются от обычных товаров и услуг. Инновации обладают свойством неконку-

рентности¹⁰. Создание инноваций сопровождается положительными и отрицательными внешними эффектами. В разделах 3 и 4 мы обсудим, как различные попытки решения загадки Джонса связаны с различными гипотезами относительно внешних эффектов, поэтому мы остановимся на них чуть подробнее.

В литературе выделяют два положительных эффекта от создания инноваций. Первый эффект состоит в том, что создатели инноваций могут контролировать их использование в производстве конечной продукции, но не могут запретить другим людям использовать инновацию для создания следующей инновации. Второй эффект называется эффектом излишка потребителя. Он подразумевает, что, поскольку новаторы не могут использовать совершенную ценовую дискриминацию, то потребители и другие фирмы получают часть излишка от созданной инновации. Но создатели инноваций также при принятии решения не учитывают отрицательный эффект R&D. Создание инновации означает увеличение сложности проведения R&D, поскольку наиболее очевидные идеи используются в первую очередь¹¹.

В модели Romer (1990) предполагается, что положительные эффекты от создания R&D в точности компенсируют отрицательный эффект. Работы Grossman и Helpman (1991) и Aghion и Howitt (1992) появились примерно в то же время, что и работа Romer (1990). В данных работах получила дальнейшее развитие идея, впервые высказанная еще Шумпетером: предприниматель, который создает инновации, является движущей силой экономического роста.

Модели эндогенного роста, разработанные в работах Romer (1990), Grossman и Helpman (1991) и Aghion и Howitt (1992) (далее модели R/GH/АН) обладают привлекательной структурой. Они имеют микроэкономическое обоснование, и темпы экономического роста в таких моделях определяются эндогенно. Тем не менее модели R/GH/АН не согласуются с эмпирическими данными.

В частности, одним из предсказаний моделей эндогенного роста, основанных на R&D, является то, что при увеличении количества ресурсов, направляемых на R&D, темпы роста выпуска на душу на-

¹⁰ Благо называется неконкурентным, если полезность от потребления данного блага одним человеком не снижает его полезность для другого человека.

¹¹ Более подробное обсуждение см. в: Barro и Sala-i-Martin (1995), Segerstrom (1998) и Romer, D. (2006, p. 118–119).

селения вырастут. Впоследствии данное предсказание было названо эффектом масштаба (иногда эффект масштаба называют эффектом размера рынка, поскольку при увеличении размера рынка¹² отдача от создания инновации увеличивается, так как большее количество людей может получить выгоды от созданной инновации). Jones (1995a, 1995b) заметил, что данное предсказание не подтверждается анализом временных рядов по развитым странам.

3. Проблема эффекта масштаба

Экономисты прошли долгий путь от модели Harrod – Domar до моделей эндогенного роста в поисках ответов на фундаментальные вопросы роста: почему одни страны растут быстрее других и в чем причины мирового экономического роста. И, несмотря на то, что модели эндогенного роста, как казалось, вплотную приблизили нас к ответам на эти вопросы, существует проблема, присущая моделям эндогенного роста. Она заключается в следующем: существующее предсказание моделей эндогенного роста о наличии эффекта масштаба не подтверждается данными за вторую половину XX в. Это ставит под сомнение выводы и применимость моделей эндогенного роста, а именно моделей АК и R&D.

В данном разделе мы подробно обсудим эффект масштаба, покажем, что модели эндогенного роста предсказывают наличие эффекта масштаба, но данные не подтверждают присутствие данного эффекта. Начнем с обсуждения эффекта масштаба.

Эффект масштаба или, другими словами, эффект размера рынка подразумевает, что увеличение количества ресурсов, направляемых на накопление факторов производства (для моделей АК) или на R&D (для моделей R&D), приводит к повышению темпов экономического роста на душу населения.

Существование эффекта масштаба впервые отметил Romer (1990), но он считал, что, если в R&D из ресурсов задействован только человеческий капитал, то эффект масштаба, наоборот, помогает нам ответить на вопрос о различии в доходах между странами. Действительно, если увеличение человеческого капитала приводит к повы-

¹² Размер рынка можно измерять, например, количеством потребителей.

шению темпов роста на душу населения, то низкие темпы роста на душу населения можно объяснить недостаточным количеством человеческого капитала в стране. Как показано в статье Kremer (1993), предсказание моделей эндогенного роста о наличии эффекта масштаба согласуется с данным до XX в. Но, как уже было упомянуто, Jones (1995a, 1995b) показал, что эффект масштаба противоречит временным рядам за XX в. Назовем данное противоречие загадкой Джонса. Таким образом, загадка Джонса – противоречие предсказания моделей эндогенного роста о наличии эффекта масштаба временным рядам за XX в.

Покажем, что модели эндогенного роста предсказывают наличие эффекта масштаба.

3.1. Эффект масштаба в моделях АК

Проиллюстрируем предсказание о наличии эффекта масштаба, характерные для моделей АК, на простой модели, представленной в статье Jones (1995)¹³. Следуя методологии Jones (1995), рассмотрим задачу социального планера¹⁴, состоящую в максимизации приведенной полезности репрезентативного агента от потребления c_t при ограничениях ресурсов. Конечная продукция y_t производится с использованием физического k_t и человеческого h_t капитала (A , – параметры производственной функции). Доли выпуска, которые инвестируются на поддержание физического капитала и человеческого капитала, составляют соответственно i_t^k и i_t^h , при этом норма амортизации составляет δ . Остальная часть выпуска потребляется.

Задача максимизации приведенной полезности при ограничениях на ресурсы выглядит следующим образом:

$$\max_{i_t^k, i_t^h} \int_{t=0}^{\infty} e^{-\rho t} u(c_t) dt \quad (1)$$

при ограничениях

$$c_t = (1 - i_t^k - i_t^h) y_t \quad (2a)$$

$$y_t = A k_t^\alpha h_t^{1-\alpha} \quad (2b)$$

$$\dot{k}_t = i_t^k y_t - \delta k_t \quad (2c)$$

$$\dot{h}_t = i_t^h y_t - \delta h_t \quad (2d)$$

Подставим ограничение (2b) в (1) и (2):

$$\max_{i_t^k, i_t^h} \int_{t=0}^{\infty} e^{-\rho t} u((1 - i_t^k - i_t^h) A k_t^\alpha h_t^{1-\alpha}) dt \quad (3)$$

при ограничениях

$$\dot{k}_t = i_t^k A k_t^\alpha h_t^{1-\alpha} - \delta k_t \quad (4a)$$

$$\dot{h}_t = i_t^h A k_t^\alpha h_t^{1-\alpha} - \delta h_t \quad (4b)$$

Переменные контроля – i_t^k, i_t^h , переменные состояния – h, k . Гамильтониан текущей стоимости для этой задачи:

$$H = u((1 - i_t^k - i_t^h) y_t) + \lambda (i_t^k y_t - \delta k_t) + \mu (i_t^h y_t - \delta h_t) \quad (5)$$

В соответствии с принципом Понтрягина,

$$\frac{\partial H}{\partial i_t^k} = u'(c_t)(-y_t) + \lambda y_t = 0 \quad (6a)$$

$$\frac{\partial H}{\partial i_t^h} = u'(c_t)(-y_t) + \mu y_t = 0 \quad (6b)$$

$$\frac{\partial H}{\partial k_t} = u'(c_t)(1 - i_t^k - i_t^h) \alpha \frac{y_t}{k_t} + \lambda (i_t^k \alpha \frac{y_t}{k_t} - \delta) \quad (6c)$$

$$+ \mu i_t^h \alpha \frac{y_t}{h_t} = \lambda \rho - \dot{\lambda}$$

$$\frac{\partial H}{\partial h_t} = u'(c_t)(1 - i_t^k - i_t^h)(1 - \alpha) \frac{y_t}{h_t} + \lambda i_t^k \alpha \frac{y_t}{h_t} \quad (6d)$$

$$+ \mu (i_t^h (1 - \alpha) \frac{y_t}{h_t} - \delta) = \mu \rho - \dot{\mu}$$

¹³ Здесь и далее точка над переменной означает производную по времени.

¹⁴ Вывод не зависит от того, рассматривается ли задача социального планера или задача на поиск равновесия.

Из уравнений (6a) и (6b) следует, что $\lambda = \mu = u'(c_t)$. Следовательно, можно приравнять левые части уравнений (6c) и (6d), получаем:

$$(1 - i_t^k - i_t^h)\alpha \frac{y_t}{k_t} + i_t^k \alpha \frac{y_t}{k_t} - \delta + i_t^h \alpha \frac{y_t}{h_t} =$$

$$= (1 - i_t^k - i_t^h)(1 - \alpha) \frac{y_t}{h_t} + i_t^k \frac{y_t}{h_t} + i_t^k (1 - \alpha) \frac{y_t}{h_t} - \delta.$$

После преобразования данное выражение принимает вид:

$$\frac{h_t}{k_t} = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \equiv \psi. \quad (7)$$

Из решения задачи социального оптимума мы получили, что отношение $\frac{h_t}{y_t}$ должно быть постоянным. Перепишем производственную функцию в укороченном виде с учетом (7):

$$y_t = \tilde{A}k_t, \quad (8)$$

где $\tilde{A} = A\psi^{(1-\alpha)}$, что показывает, что наша модель принадлежит к классу моделей типа АК.

Для демонстрации эффекта масштаба в данной модели найдем темпы роста, логдифференцировав уравнение (8):

$$g_y = -\delta + \tilde{A}i_t^k. \quad (9)$$

Уравнение (9) говорит о том, что темпы экономического роста являются аффинной трансформацией доли инвестиций в физический капитал. Это означает существование эффекта масштаба в данной модели: чем больше доля инвестиций в физический капитал, тем больше темп экономического роста.

Итак, мы показали, что в моделях типа АК при увеличении доли инвестиций в физический капитал происходит увеличение темпов экономического роста.

Для того чтобы выяснить, согласуется ли (9) с эмпирическими фактами, Jones (1995) оценил регрессию вида

$$g_t = A(L)g_{t-1} + B(L)i_t + \varepsilon_t, \quad (10)$$

где $A(L)$ и $B(L)$ – лаговые полиномы. Оценка коэффициентов регрессии (10) показала, что нет свидетельств о том, что коэффициент в лаговом полиноме при i_t является положительным $B(1) > 0$. Это означает, что значимой зависимости между долей инвестиций в физический капитал и темпом экономического роста не было обнаружено.

После того, как мы показали наличие эффекта масштаба в моделях типа АК, посмотрим, присутствует ли эффект масштаба в моделях эндогенного роста, основанных на R&D.

3.2. Эффект масштаба в моделях R&D

Рассмотрим упрощенную и обобщенную модель R/GH/АН, которая была представлена в конце раздела 2. Данная модель подробно обсуждается в работе Jones (1999). В этой статье модели, обладающие свойствами моделей R/GH/АН, представляют собой модели первого поколения. Они выделяются в первое поколение, потому что это первые модели эндогенного роста и потому что в данных моделях присутствует эффект масштаба. О моделях второго и третьего поколения будет рассказано в следующем разделе.

Перейдем к описанию предпосылок модели типа R/GH/АН. В экономике два сектора: сектор производства конечной продукции и сектор R&D. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

Для производства конечной продукции Y используются знания, которые производятся в секторе R&D, A и рабочие L_Y :

$$Y = A^\sigma L_Y. \quad (11)$$

Данная производственная функция обладает постоянной отдачей от масштаба по труду, который является неконкурентным благом, тогда как отдача от масштаба по знаниям определяется параметром $\sigma > 0$. Данный параметр определяет отдачу от масштаба производственной функции по знаниям. Если $\sigma > 1$, тогда производственная функция обладает свойством возрастающей отдачи от масштаба по A .

Знания A появляются в секторе R&D, где L_A человек занимаются исследованиями. Производственная функция в секторе R&D имеет следующий вид:

$$\dot{A} = \delta A L_A, \quad (12)$$

где δ – параметр технологии в секторе R&D. В моделях R/GH/АН, как видно из (12), производственная технология в секторе R&D обладает возрастающей отдачей от масштаба в целом и постоянной по каждому из факторов.

Предположим также, что доля рабочей силы, направляемая на производство конечной продукции, постоянна, т.е. $L_Y = sL$, где $0 < s < 1$ – константа, и, следовательно, доля рабочей силы, направляемая в сектор R&D, тоже постоянна: $L_A = (1 - s)L$. Общая численность населения растет с постоянным темпом, т.е. $\dot{L} = nL$.

После перечисления всех предпосылок приступим к поиску темпов роста выпуска на душу населения. Мы хотим показать, что в моделях эндогенного роста, основанных на R&D, темп роста выпуска на душу населения увеличится при росте количества исследователей L_A в R&D.

Найдем g_y – темпы роста выпуска на душу населения. Используя определение $g_y = \left(\frac{\dot{Y}}{Y}\right)$ и тот факт, что $g_y = \frac{\dot{Y}}{Y} = \sigma \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}_Y}{L_Y}$, что следует из логдифференцирования¹⁵ (11), получаем¹⁶:

$$g_y = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \sigma \delta L_A = \sigma \delta s L. \quad (13)$$

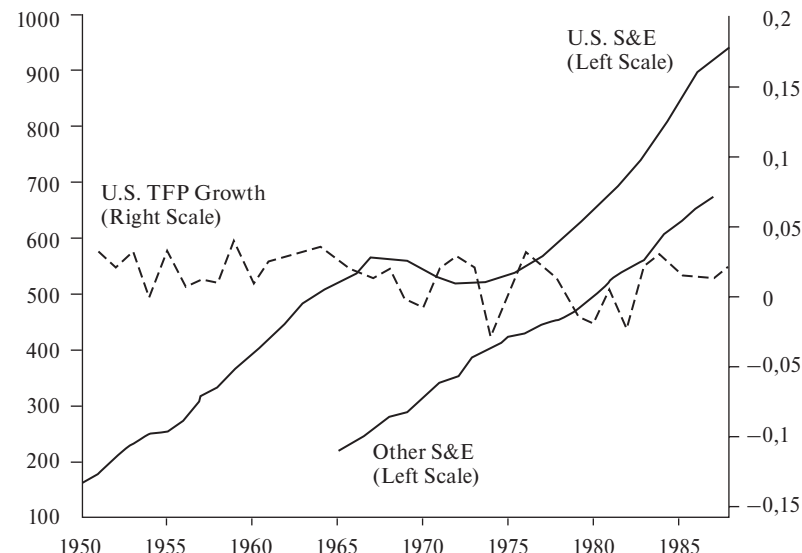
Из (13) следует, что при увеличении количества занятых в производстве R&D произойдет рост выпуска на душу населения. Данная простая модель демонстрирует, что в первых моделях эндогенного роста, основанных на R&D, (в моделях R/GH/АН) присутствует эффект масштаба.

В работе Jones (1995a) объясняется, почему предсказание о наличии эффекта масштаба противоречит эмпирике. На рис. 1 показана динамика темпа роста выпуска на душу населения и доли рабочей силы, задействованной в R&D, в США за период с 1950 по 1990 г.

¹⁵ Сначала берем логарифм от обеих частей уравнения (11), затем дифференцируем по времени.

¹⁶ $\frac{\dot{L}_Y}{L_Y} = \frac{\dot{L}}{L} = n$, поскольку доля труда, используемого в производстве конечной продукции, является постоянной, а численность рабочей силы растет постоянными темпами.

Темп роста выпуска на душу населения обозначен на рис. 1 пунктирной линией и подписан U.S. TFP¹⁷ Growth. Значения темпа роста выпуска на душу населения отмечаются на правой вертикальной оси. Доли труда, задействованного в R&D, показаны сплошной линией, причем на рис. 1 изображена динамика доли рабочей силы, вовлеченной в R&D, как в США (U.S. S&E¹⁸), так и в других развитых странах (Others S&E). Значения доли исследователей в рабочей силе отмечаются по левой вертикальной оси.



Источник: Jones (1995).

Рис. 1. Доля рабочей силы, занятой в R&D, и темпы экономического роста на душу населения в США

Как видно из рис. 1, темп роста выпуска на душу населения в США был примерно постоянным, тогда как динамика доли рабочей силы, задействованной в R&D, имеет положительный тренд, если не считать временного спада в начале 1970-х годов. В других странах наблюдалась аналогичная картина: при увеличении доли рабочей силы,

¹⁷ TFP – Total Factor Productivity.

¹⁸ S&E – Scientists and Engineers.

задействованной в R&D, темпы роста TFP практически не изменялись.

Так, данные рассуждения показывают, что даже простой визуальный анализ динамики темпов роста на душу населения и доли рабочей силы, задействованной в R&D, в развитых странах дает основания утверждать, что эффект масштаба, скорее всего, отсутствует в краткосрочном периоде.

В данном разделе мы обсудили понятие эффекта масштаба, показали, что одним из предсказаний моделей типа АК и моделей, основанные на R&D, является наличие эффекта масштаба и объяснили, почему данное предсказание не подтверждается анализом данных за вторую половину XX в.

Противоречие между предсказаниями моделей эндогенного роста и данными за вторую половину XX в. представляет собой загадку, которую мы назвали загадкой Джонса.

4. Способы решения загадки Джонса (классификация Джонса)

В исследовательской литературе, посвященной моделям эндогенного роста, существует ряд работ, авторы которых предлагают свое решение загадки Джонса. Для того чтобы изложить суть решений, предлагаемых исследователями, выделим, следуя Jones (1999), несколько поколений работ, посвященных проблеме эффекта масштаба в моделях эндогенного роста.

К первому поколению относятся работы, в которых были построены первые модели эндогенного роста. В моделях этого поколения существует эффект масштаба, который представляет собой основной недостаток моделей эндогенного роста. Модели данного типа были кратко охарактеризованы в разделе 3.2.

Второе поколение работ пытается решить загадку Джонса. Ко второму поколению работ относятся статьи Jones (1995a), Kortum (1997), Segerstrom (1998), которые в дальнейшем будут обозначаться как J/K/S. В моделях данного типа ослабляется предпосылка о том, что производственная функция в секторе R&D обладает постоянной отдачей от масштаба по знаниям, как показывает (12). Ослабление дан-

ной предпосылки приводит к тому, что модель перестает предсказывать наличие эффекта масштаба. Но при этом пропадает и одно из основных достоинств моделей эндогенного роста. Экономическая политика в моделях J/K/S не может повлиять на долгосрочные темпы экономического роста. Из-за того что в моделях второго поколения отсутствует возможность влияния экономической политики на долгосрочные темпы экономического роста, модели второго поколения часто называют моделями полуэндогенного роста.

Данный досадный факт привел к появлению моделей третьего поколения. К третьему поколению относятся работы Young (1998), Peretto (1998), Aghion и Howitt (1998) и Dinopoulos и Thompson (1998b), которые далее мы будем обозначать аббревиатурой Y/P/AN/DT. В моделях третьего поколения вводится гипотеза о том, что исследования могут как увеличивать производительность факторов производства, так и создавать новые виды благ. Введение такой предпосылки позволяет им показать, что долгосрочный темп экономического роста не зависит от количества ресурсов, выделяемых на R&D. И в моделях третьего поколения вновь появляется отличительное свойство моделей эндогенного роста – возможность влияния экономической политики на долгосрочные темпы экономического роста.

Авторы моделей второго и третьего поколения стремятся сконструировать такую модель, в которой темпы экономического роста не зависят от количества ресурсов, задействованных в R&D, на траектории сбалансированного роста¹⁹. Как уже было отмечено, предложенные решения являются неудовлетворительными. Для того чтобы объяснить, чем именно данные решения нас не устраивают, проиллюстрируем логику работ второго и третьего поколения с помощью простых моделей, представленных в Jones (1999). Начнем с моделей второго поколения.

4.1. Второе поколение

В моделях второго поколения производственная функция в секторе R&D (12) меняется на следующую:

$$\dot{A} = \delta A^\theta L_A, \quad (14)$$

¹⁹ На траектории сбалансированного роста все эндогенные переменные растут постоянными (в том числе и нулевым) темпами роста.

причем вводится ограничение на параметр $\phi < 1$. Различные значения параметра ϕ позволяют получить как убывающую ($\phi < 0$), так и возрастающую ($\phi > 0$) отдачу от масштаба в секторе R&D. В моделях первого поколения предполагалось, что $\phi = 1$, что означало постоянную отдачу от масштаба по знаниям.

Найдем траекторию сбалансированного роста. Из производственной функции в секторе R&D (14) находим темп роста знаний на траектории сбалансированного роста²⁰:

$$g_A = \frac{n}{1 - \phi}. \quad (15)$$

Как и в предыдущем случае, из определения темпа роста выпуска на душу населения получаем, что $g_y = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L}$ ²¹, где из производственной функции (11) следует, что $g_y = \frac{\dot{Y}}{Y} = \sigma \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}_y}{L_y}$. Следовательно, темп роста выпуска на душу населения равен:

$$g_y = \frac{\sigma n}{1 - \phi}. \quad (16)$$

Модели данного поколения не предсказывают наличия эффекта масштаба на траектории сбалансированного роста: в уравнении (16) темп роста выпуска на душу населения не зависит от количества ресурсов, выделяемых на R&D. С одной стороны, модели полуэндогенного роста имеют ряд плюсов. Преимущества моделей второго поколения состоит в том, что они являются микроэкономически обоснованными²², и в том, что на траектории сбалансированного роста эффект масштаба отсутствует. С другой стороны, есть и два недостатка. Во-первых, одно из основных достоинств моделей эндогенного роста – возможность влияния государственной политики на темпы экономического роста – исчезает. А во-вторых, эффект мас-

²⁰ Логдифференцируем уравнение (14).

²¹ $y = \frac{Y}{L}$.

²² Доказательство данного утверждения не входит в задачи данной работы, поэтому модели рассматриваются только на макроэкономическом уровне, но доказательства могут быть найдены в первоисточниках (Jones (1995a), Kortum (1997), Segerstrom (1998)).

штаба отсутствует лишь на траектории сбалансированного роста. Если же найти темпы роста выпуска на душу населения в краткосрочном периоде, то мы увидим, что в модели присутствует эффект масштаба, что противоречит динамике временных рядов, представленной на рис. 1. Это говорит о том, что модели данного поколения не решают загадку Джонса.

Итак, темп роста знаний находится по определению из производственной функции (14):

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \delta A^{\phi-1} L_A. \quad (17)$$

Темп роста выпуска на душу населения ищем по определению из производственной функции (11):

$$g_y = \sigma g_A = \sigma \delta A^{\phi-1} L_A. \quad (18)$$

Для получения выражения (18) использовались только определения, следовательно, они должны выполняться всегда. Как видно из (18), темп роста выпуска на душу населения зависит от количества ресурсов, занятых в R&D в краткосрочном периоде. Следовательно, модель не дает удовлетворительного решения загадки Джонса.

4.2. Третье поколение

Указанные недочеты моделей второго поколения привели к появлению работ, в которых содержится другой способ, с помощью которого авторы пытаются устранить эффект масштаба. Рассмотрим, как рассуждают авторы моделей Y/P/AH/DT.

Предположим, что агрегированное потребление²³ является функцией CES от разных благ:

$$C = \left(\int_0^B Y_i^{1/\theta} di \right)^\theta, \quad (19)$$

где B – доступное разнообразие благ, Y_i – количество блага вида i , и $\theta > 1$ определяет эластичность замещения между благами. Пусть Y_i производятся в соответствии с (11) и (12)²⁴. Предположим, что

²³ Или агрегированный выпуск.

²⁴ Соответствует моделям первого поколения.

B – разнообразие благ (количество различных благ) определяется как

$$B = L^\beta. \quad (20)$$

Для простоты анализа модели предположим, что все промежуточные блага $Y_i = Y$ производятся в одинаковых количествах. Тогда уравнение (19) принимает вид

$$C = YB^\theta \quad (21)$$

Тогда выпуск на душу населения $c = \frac{C}{L}$ равен

$$c = B^\theta y, \quad (22)$$

где $y = \frac{Y}{L}$ – потребление блага определенного вида на душу населения.

Теперь разберемся, существует ли эффект масштаба в моделях третьего поколения. Для этого найдем темп роста выпуска на душу населения g_c , логдифференцируем выражением (22):

$$g_c = \theta g_B + \sigma g_A = \theta \beta n + \sigma g_A, \quad (23)$$

где g_B – темп роста видов благ, который мы нашли из уравнения (20), задающего динамику количества продуктов, и g_A – темп технологического прогресса.

Предположив, что знания изменяются в соответствии с производственной функцией (12), которая используется в моделях R/GH/АН, но с учетом продуктового разнообразия (число работников, занимающихся на R&D, L_A будет делиться на продуктивное разнообразие B), получаем темп технологического прогресса:

$$g_A = \delta \frac{L_A}{B} = \delta s L^{1-\beta}. \quad (24)$$

Если мы последуем логике авторов и найдем темпы роста выпуска на душу населения на траектории сбалансированного роста, то получим, что долгосрочные темпы роста не зависят от количества ресурсов, направляемых на R&D. Но уравнение (24) показывает, что в краткосрочном периоде, на котором акцентировал внимание Jones (1995a), темпы экономического роста пропорциональны количеству людей, занятых в R&D. Таким образом, несмотря на то, что в моделях третьего поколения государственная политика вновь может оказывать влияние на темпы экономического роста, они не решают загадку Джонса.

4.3. Критика решений загадки Джонса

Итак, мы рассмотрели решения загадки Джонса, которые были предложены в литературе по моделям эндогенного роста. В основе решения, предлагаемого моделями второго поколения, лежит предпосылка о том, что производственная функция в секторе R&D имеет убывающую отдачу от масштаба по знаниям. Модели третьего поколения пытаются устранить эффект масштаба с помощью введения предпосылки о том, что исследования влияют не только на количество знаний в экономике, но и на количество благ разных видов.

Тем не менее, с нашей точки зрения, данные модели не решают загадку Джонса, потому что, как было показано в работе Jones (1995), модели эндогенного роста не соответствуют эмпирическим фактам именно в краткосрочном периоде. В то время как мы показали, что, хотя темпы экономического роста в моделях второго и третьего поколения не зависят от количества ресурсов, выделяемых на R&D, на траектории сбалансированного роста, эффект масштаба присутствует в краткосрочном периоде.

Как уже упоминалось, краткосрочный период имеет достаточно большую продолжительность в моделях эндогенного роста. По расчетам в модели Jones (1995), чтобы экономика, изначально находящаяся не на траектории сбалансированного роста, прошла бы половину пути до нее, необходимо от 50 до 150 лет. Следовательно, изучить свойства экономики на траектории сбалансированного роста представляется весьма проблематичной задачей. И нам пока неизвестно, как именно реагируют долгосрочные темпы экономического роста на увеличение ресурсов, направляемых на R&D.

В реальной экономике существование траектории сбалансированного роста не гарантируется. И в случае, когда траектория сбалансированного роста все же существует, темпы долгосрочного роста могут реагировать самым различным образом на увеличение ресурсов, задействованных в R&D.

В работе мы приводим модель, которая, по нашему мнению, может позволить решить загадку Джонса и учесть упомянутые факты.

5. Модель вне классификации Джонса

Ключевое отличие нашей модели, которая позволяет решить загадку Джонса, заключается в следующем. Вместо традиционной предпосылки о том, что новые технологии создаются исследователями в секторе R&D, мы полагаем, что новые технологии создают предприниматели, используя знания, накопленные в секторе R&D. В результате темп экономического роста определяется не *потоком* новых исследований, а накопленным *запасом* знаний, что решает загадку Джонса.

Действительно, увеличение запаса знаний в экономике не увеличивает ее выпуск, поскольку сначала знания должны быть применены для производства конечной продукции. Следовательно, должен существовать предприниматель, который применит существующие знания для производства продукции или, другими словами, создаст инновацию. Накопление знаний увеличивает темпы экономического роста лишь в той мере, в которой они помогают предпринимателям создавать новые виды бизнеса.

Помимо этого, в данной модели изучаются не только долгосрочные свойства экономики, но и переходная динамика.

5.1. Предпосылки модели

В соответствии с вышеприведенными рассуждениями в экономике три сектора – сектор производства конечной продукции, сектор производства технологий и сектор производства знаний (сектор R&D).

Производственная функция в секторе производства конечной продукции обладает постоянной отдачей от масштаба. Данная предпосылка является стандартной в теории роста и впервые была использована в работе Solow (1956).

В данном секторе труд L_Y , капитал K и технологии (инновации) T используются для производства конечной продукции Y .

$$Y = K^\alpha (TL_Y)^{1-\alpha}, \quad (25)$$

где α – параметр производственной функции.

Динамика капитала задается следующим образом:

$$\dot{K} = sY - \delta K, \quad (26)$$

где s – норма сбережений, δ – норма амортизации.

Технологии создаются предпринимателями, численность которых составляет L_E . При создании новой технологии предприниматели опираются на весь доступный объем знаний A и информацию об уже реализованных технологиях T . Таким образом, производственная функция в секторе производства технологий:

$$\dot{T} = \phi A^\beta L_E^\theta T^\xi, \quad (27)$$

где $\phi > 0$, β , ξ – параметры.

В секторе R&D L_A человек проводят исследования, используя существующий запас знаний, следовательно, производственная функция в секторе производства знаний выглядит следующим образом:

$$\dot{A} = \gamma A^\lambda L_A^\mu, \quad (28)$$

где γ – параметр технологии производства знаний, λ , μ – параметры. Гипотеза о том, что производственная функция в секторе производства знаний имеет такой вид, является типичной для моделей эндогенного роста²⁵.

Условие равновесия на рынке труда:

$$L = L_Y + L_A + L_E. \quad (29)$$

Мы предполагаем, что доли труда, задействованные в каждом из секторов, постоянны, а именно:

$$L_Y = s_Y L, \quad (a)$$

$$L_A = s_A L, \quad (b) \quad (30)$$

$$L_E = s_E L, \quad (c)$$

где s_Y – доля труда, занятого в производстве конечной продукции, s_E – доля труда, задействованного в производстве технологий (предприниматели), s_A – доля труда, занятого производством знаний.

Население растет с постоянным темпом роста $n > 0$:

$$\frac{\dot{L}}{L} = n. \quad (31)$$

²⁵ См. обсуждение данной производственной функции, например, в: Romer D. (2006, p. 101–103); Jones (1995).

5.2. Анализ краткосрочной динамики модели

Мы хотим показать, что в модели отсутствует зависимость темпов роста выпуска на душу населения от количества ресурсов, задействованных в секторе R&D, т.е. в модели не наблюдается эффект масштаба в краткосрочном периоде.

Найдем темп роста выпуска на душу населения, логдифференцировав производственную функцию в секторе конечной продукции (25):

$$g_y \equiv \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \alpha g_K + (1 - \alpha) \left(\frac{\dot{T}}{T} + \frac{\dot{L}_Y}{L_Y} - n \right). \quad (32)$$

Упростим данное выражение, чтобы можно было понять, зависят ли темпы роста выпуска на душу населения от количества ресурсов, направляемых на R&D.

Заметим, что $\frac{\dot{L}_Y}{L_Y} = n$, поскольку доля труда, занятого в производстве конечной продукции, постоянна, а темп роста технологий найдем из (27):

$$g_T \equiv \frac{\dot{T}}{T} = \phi A^\beta L_E^\theta T^{\xi-1}. \quad (33)$$

Из уравнения динамики капитала (26) находим, что

$$g_K = s \frac{Y}{K} - \delta. \quad (34)$$

Следовательно, можно переписать выражение (32) для темпа роста выпуска на душу населения как

$$g_y = \alpha \left(s \frac{Y}{K} - \delta \right) + (1 - \alpha) \left(\phi A^\beta L_E^\theta T^{\xi-1} \right). \quad (35)$$

Из выражения (35) видно, что в данной модели эффект масштаба отсутствует в краткосрочном периоде, потому что темп роста выпуска не зависит явным образом от количества ресурсов, задействованных в R&D. Рост L_A количества исследователей, занимающихся R&D, не влияет напрямую на темп роста выпуска на душу населения g_y . Увеличение L_A отразится на g_y только в долгосрочном периоде, когда рост исследователей приведет к численно значимому росту знаний A . Таким образом, в краткосрочном периоде наша модель не противоречит временным рядам для развитых стран во второй половине XX в.

5.3. Траектория сбалансированного роста

Покажем, что модель, разработанная нами, может учесть различные случаи, упомянутые в разделе 4.3. Мы выделяли три случая. Первый состоит в том, что траектории сбалансированного роста не существует и экономика демонстрирует взрывную динамику. Во втором случае траектория сбалансированного роста существует, но долгосрочный темп роста не зависит от количества ресурсов, задействованных в R&D. В третьем случае траектория сбалансированного роста также существует, но долгосрочный темп роста зависит от количества ресурсов, вовлеченных в R&D.

В данной модели четыре эндогенных переменных — Y , K , T и A . Следовательно, чтобы найти траекторию сбалансированного роста, мы должны найти условия, при которых данные переменные растут с постоянным темпом.

На траектории сбалансированного роста темп роста знаний должен быть постоянен, т.е. $\dot{g}_A = 0$, получаем:

$$\frac{\dot{g}_A}{g_A} = (\lambda - 1)g_A + \mu n. \quad (36)$$

Из (36) следует, что стационарное состояние существует только, если $\lambda < 1$. В противном случае в модели будет взрывная динамика. На траектории сбалансированного роста темп роста знаний равен

$$g_A = \frac{\mu n}{1 - \lambda}. \quad (37)$$

Найдем **темп роста капитала** на траектории сбалансированного роста.

На траектории сбалансированного роста темп роста капитала должен быть постоянным²⁶. Чтобы найти условие, при котором g_K будет постоянным, логдифференцируем выражение (34), откуда получаем:

$$\frac{\dot{g}_K}{g_K} = s \left(\frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{K}}{K} \right) = s(g_Y - g_K). \quad (38)$$

Из выражения (38) следует, что темп роста капитала будет постоянным, если $g_Y = g_K$.

²⁶ То есть $\dot{g}_K = 0$.

Перейдем к **темпу роста технологий**. Мы уже нашли выражение, которое задает темп роста технологий, — уравнение (33). Теперь найдем условия, при которых темп роста технологий постоянен, для этого логдифференцируем уравнение (33):

$$\frac{\dot{g}_T}{g_T} = \beta \frac{\dot{A}}{A} + \theta \frac{\dot{L}_E}{L_E} + (\xi - 1)g_T, \quad (39)$$

где $\frac{\dot{L}_E}{L_E} = n$, поскольку доля людей, занимающихся предпринимательством, постоянна, и $g_A \equiv \frac{\dot{A}}{A}$ — темп роста знаний.

Траектория сбалансированного роста существует, если в уравнении (39) $\xi < 1$, и, если она существует, то из (39) следует, что для постоянства темпов роста технологий g_T на траектории сбалансированного роста должно выполняться соотношение

$$g_T = \frac{\beta g_A + \theta n}{1 - \xi}. \quad (40)$$

Из приведенных выше рассуждений следует, что траектория сбалансированного роста может не существовать. Траектория сбалансированного роста существует, если $\lambda < 1$ и $\xi < 1$, причем темпы экономического роста могут как зависеть, так и не зависеть от количества ресурсов, направляемых в сектор R&D. В результате мы построили модель эндогенного роста, которая обладает следующими достоинствами. Во-первых, она сохраняет все преимущества моделей эндогенного роста (микрообоснование и возможность влияния политики на долгосрочные темпы роста). И во-вторых, она решает загадку Джонса, поскольку не противоречит эмпирическим данным, представленным в Jones (1995).

Заключение

В разделе 2 данной работы мы проследили путь экономистов в поиске ответов на два фундаментальных вопроса теории роста: в чем причины мирового экономического роста и почему одни страны растут быстрее других. Модели эндогенного роста, казалось, были способны ответить на вопросы теории роста. Несмотря на то, что моде-

ли эндогенного роста имеют несколько преимуществ перед другими моделями экономического роста, они имеют и существенный недостаток. Недостаток состоит в том, что предсказание о наличии эффекта масштаба моделей эндогенного роста не соответствует зависимостям, которые наблюдаются во временных рядах для развитых стран конца XX в.

В разделе 3 подробно обсуждается значение эффекта масштаба, демонстрируется наличие эффекта масштаба в моделях эндогенного роста, а также показывается, что эффект масштаба отсутствует в краткосрочном периоде в развитых странах в конце XX в. В разделе 4 обсуждается, какие попытки были предприняты для того, чтобы элиминировать эффект масштаба. Рассматриваются модели двух поколений и показывается, почему, с нашей точки зрения, данные модели не являются удовлетворительными. В разделе 5 представлена модель, в которой мы решаем загадку Джонса. Наша модель сохраняет достоинства, присущие моделям эндогенного роста, и не противоречит временным рядам для развитых стран во второй половине XX в.

Литература

- Истерли В. В поисках роста: Приключения и злоключения экономистов в тропиках: пер. с англ. М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006.
- Смит А. Исследование о природе и причине богатства народов. М.: Эксмо, 2007.
- Шараев Ю.В. Теория экономического роста. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2006.
- Aghion Ph., Howitt P. Endogenous growth theory. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- Barro R. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth // Journal of Political Economy. XCVIII (1991). S103–S125.
- Romer D. Advanced Macroeconomics. 3rd ed. N. Y.: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2006.
- Aghion P., Howitt P. A Model of Growth through Creative Destruction // Econometrica. March 1992. 60 (2). P. 323–351.

Arrow K.J. The Economic Implications of Learning by Doing // Review of Economic Studies. XXM (1962). P. 155–173.

Barro R., Sala-i-Martin X. Economic Growth. N. Y.: McGraw-Hill, 1995.

Dinopoulos E., Thompson P. Scale Effects in Schumpeterian Models of Economic Growth // Journal of Evolutionary Economics, 1998a.

Dinopoulos E., Thompson P. Schumpeterian Growth without Scale Effects // Journal of Economic Growth. December 1998b. 3 (4). P. 313–335.

Domar E. Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment // Econometrica. 1946. Vol. 14. P. 137–147.

Grossman G., Helpman E. Quality Ladders in the Theory of Growth // Review of Economic Studies. LVIII (1991). P. 43–61.

Jones Ch.I. R&D-Based Models of Economic Growth // Journal of Political Economy. August 1995a. 103 (4). P. 759–784.

Jones Ch.I. Time Series Tests of Endogenous Growth Models // Quarterly Journal of Economics. May 1995b. 110 (2). P. 495–525.

Jones Ch.I. Growth: With or without Scale Effects? // American Economic Review. May 1999. 89. P. 495–525.

Kaldor N. Capital Accumulation and Economic Growth // The theory of capital / F.A. Lutz, D.C. Hague (eds.). N. Y.: St. Martin's Press, 1961. P. 177–222.

Harrod R. An Essay in Dynamic Theory // Economic Journal. 1939. Vol. 49. P. 14–33.

Kortum S. Research, Patenting, and Technological Change // Econometrica. 1997. 65 (6). P. 1389–1419.

Kremer M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990 // Quarterly Journal of Economics. August 1993. 108 (4). P. 681–716.

Li Chol-Won. Endogenous vs. Semiendogenous Growth in a Two-R&D-Sector Model // The Economic Journal. Vol. 110. No. 462. Conference Papers. (Mar., 2000). P. C109–C122.

Lucas Robert E., Jr. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22.

Peretto P. Technological Change and Population Growth // Journal of Economic Growth. December 1998. 3 (4). P. 283–311.

Romer P. Increasing Returns and Long-Run Growth // Journal of Political Economy. October 1986. 94 (5). P. 1002–1037.

Romer P. Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization // American Economic Review Papers and Proc. 77 (May 1987). P. 56–62.

Romer P. Endogenous Technological Change // Journal of Political Economy. October 1990. 98 (5). P. S71–S102.

Segerstrom P. Endogenous Growth without Scale Effects // American Economic Review. December 1998. 88 (5). P. 1290–1310.

Solow R.M. A Contribution to the Theory of Economic Growth // Quarterly Journal of Economics. February 1956. 70 (1). P. 65–94.

Solow R.M. Technical Change and the Aggregate Production Function // Review of Economics and Statistics. August 1957. 39 (3). P. 312–320.

Swan T. Economic Growth and Capital Accumulation // Economic Record. 1956. Vol. 32. No. 2. P. 334–361.

Young A. Growth without Scale Effects // Journal of Political Economy. February 1998. 106 (1). P. 41–63.

Uzawa H. Optimal Technological Change in an Aggregate Model of Economic Growth // International Economic Review. 1965. Vol. 6. P. 18–31.

Препринт WP12/2009/04

Серия WP12

«Научные доклады лаборатории макроэкономического анализа»

Арефьева Алина Ильинична

**Эффект масштаба в моделях эндогенного
экономического роста**

Публикуется в авторской редакции

Зав. редакцией *А.В. Заиченко*

Технический редактор *Ю.Н. Петрина*

ЛР № 020832 от 15 октября 1993 г.

Отпечатано в типографии Государственного университета –
Высшей школы экономики с представленного оригинал-макета.
Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Тираж 150 экз. Уч.-изд. л. 1,94.
Усл. печ. л. 1,86. Заказ № . Изд. № 1107

Государственный университет – Высшая школа экономики.
125319, Москва, Кочновский проезд, 3
Типография Государственного университета – Высшей школы экономики.
125319, Москва, Кочновский проезд, 3
Тел.: (495) 772-95-71; 772-95-73

Для заметок
