

РОЛЬ ИННОВАЦИЙ В МОДЕЛЯХ РОСТА И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФУНКЦИЯХ

Работа представлена кафедрой теоретической экономики РГПУ им. А. И. Герцена.

В статье рассмотрены методологические принципы использования инноваций (научно-технического прогресса) в моделях экономического роста и производственных функциях с целью выявления степени их соответствия задачам изучения инновационного развития. Предложен конструктивный подход к определению роли инноваций в экономике на основе рассмотрения механизма инноваций.

Ключевые слова: *инновации, экономический рост, производственные функции, научно-технический прогресс.*

E. Bogatova

ROLE OF INNOVATIONS IN ECONOMIC GROWTH MODELS AND PRODUCTION FUNCTIONS

The paper covers the methodological principles of using innovations (scientific and technological progress) in economic growth models and production functions in order to reveal the degree of their correspondence with the aims of studying the innovative development. The author proposes a constructive approach to determination of innovations' role in the economy in terms of the innovation mechanism.

Key words: *innovations, economic growth, production functions, scientific and technological progress.*

Оценка влияния инноваций в реальном секторе экономики (научно-технического прогресса) на экономический рост неоднократно производилась в моделях экономического роста с использованием (или без использования) производственных функций.

Родоначальниками первой модели роста принято считать Р. Харрода («Очерк теории экономической динамики». 1939) и Е. Домара (работы 1946–1947 гг.) [1], несмотря на то что основное содержание модели к 1939 г. было уже описано (Нейман, Рам-

сей Г. Кессель, Э. Лундберг). Харрод исходит из так называемого *нейтрального* характера научно-технического прогресса (НТП), при котором соотношение между средней и предельной производительностью труда не зависит от уровня технического прогресса. Принятые в модели ограничения относительно характера технического прогресса не позволяют трактовать его как самостоятельный (отличный от фактора времени) значащий фактор экономического роста. Без учета автономных инвестиций, связанных с новыми изобретениями, остается неясным механизм экспоненциального роста производительности труда, признаваемого в модели *de facto*. Технический прогресс в качестве самостоятельного фактора роста был впервые внесен в формулу Кобба-Дугласа Я. Тимбергеном в 1942 г. Это концептуально улучшило модель роста, но не приблизило к рассмотрению влияния *характера* научно-технического прогресса на экономический рост [5, с. 35].

Характер научно-технического прогресса в общем виде определяется в терминах нейтральности/ненейтральности. Понятие нейтральности НТП часто претерпевает различные модификации при рассмотрении моделей роста и гипотез относительно характера протекания НТП, а также спецификации производственных функций. Наряду с «академическим» понятием нейтральности по Харроду широко используется столь же общепринятое определение нейтральности НТП по Хиксу. Нейтральность по Хиксу совместима с нейтральностью по Харроду (например, в функции Кобба-Дугласа) [5, с. 46]. Наряду с этими понятиями нейтральности в экономической литературе при классификации технического прогресса и спецификации производственных функций применяются и другие подходы, среди которых наиболее популярна концепция фактороувеличения [5, с. 45; 4, с. 28–31]. В ней рассматриваются трудоувеличивающий, капиталоувеличивающий, продуктоувеличивающий или фак-

тороувеличивающий технический прогресс при соответствующих видах производственной функции. Проверка на практике подобных концепций вызывает непреодолимые трудности и, в частности, показывает, что статистические данные по обследуемым странам эмпирически подтверждают несовместимые между собой концепции [5, с. 46; 8, с. 27–28]. Однако для однородных производственных функций доказано, что технический прогресс нейтральный по Харроду, эквивалентен трудоувеличивающему [15, с. 46], что согласуется с общим снижением капиталоемкости производства в 1930-е гг. [8, с. 27]. Поэтому в целом при оценке НТП на основе функции Кобба-Дугласа наиболее целесообразным признано исходить из концепции нейтральности научно-технического прогресса по Хиксу, поскольку для этой функции нейтральность по Хиксу совпадает с нейтральностью по Харроду и тем самым снимается вопрос о трудо-, капиталоувеличивающем прогрессе и пр. Концепция фактороувеличения неприменима к функции Кобба-Дугласа – в ней эти типы прогресса просто неразличимы. Следует отметить, что априори нет свидетельств того, является ли технический прогресс в реальности нейтральным по Хиксу или нет. Признается, что, по всей вероятности, технический прогресс, который существует в действительности, является не нейтральным (по Хиксу). Но предположение о нейтральности технического прогресса приводит к удовлетворительным результатам, соответствующим результатам, полученным на базе более сложных, чем функция Кобба-Дугласа (с нейтральным техническим прогрессом) функций, несмотря на то что имеющиеся оценки для отдельных групп отраслей указывают на нейтральность прогресса как на исключительный случай. Тем не менее считается целесообразным при анализе не задавать заранее тип технического прогресса, а принимать простые допущения о производственной функции, которые вклю-

чают также гипотезу о его нейтральности (по Хиксу). Харрод и Хикс не обосновывали свою посылку о нейтральности НТП. Она была удобной при формировании Хиксом концепции распределения доходов, а для Харрода – при разработке теории сбалансированного роста экономики [5, с. 47; 1].

Таким образом, в моделях экономического роста, на основе функции Кобба-Дугласа, снимается вопрос о характере (нейтральности/ненейтральности) научно-технического прогресса. Или, вернее, не ставится вопрос о реальном характере этого процесса и *влиянии этого характера* на экономический рост. Понятие нейтральности НТП не выводится из закономерностей научно-технического прогресса. Модели роста безразличны к характеру инноваций.

Тем не менее характер технического прогресса часто пытаются эмпирически проверить на основании использования производственных функций. При этом спецификация производственных функций проводится исходя из теоретических представлений о самом техническом прогрессе. Поэтому макроэкономические производственные функции нередко определяются как «фиктивные», поскольку они не выводятся из наших знаний о конкретных производственных процессах и не отражают непосредственно естественно-технические закономерности производства. При этом допускается приблизительное существование макроэкономической производственной функции в том смысле, что она позволяет приблизительно описывать существующие взаимосвязи, но в действительности не существует в данной форме. Эмпирическая проверка производственных функций в большинстве случаев оказывается возможной для микроэкономических объектов. В 1970-е гг. было представлено доказательство того, что производственная функция, базирующаяся на технико-экономических данных микроуровня, в значительной мере соответствует линейно-однородной

функции Кобба-Дугласа, описывающей зависимости на уровне макроэкономики [5, с. 42]. При попытке оценки ненейтрального (в предпосылке) технического прогресса с помощью макроэкономической CES* функции выяснилось, что ее сложность не дает ей никаких преимуществ по сравнению с функцией Кобба-Дугласа. Несмотря на то, что технический прогресс за период 1951–1966 гг. был капиталосберегающим, относительно простая функция Кобба-Дугласа с нейтральным техническим прогрессом и постоянной отдачей от масштаба производства в основном, верно описывала различия в характере технического прогресса на отраслевом уровне. В 1980-е гг. было признано, что для практических целей в большинстве случаев следует принимать эластичность равной единице и применять функцию Кобба-Дугласа, а не CES-функцию. Но если признать постоянной эластичность замещения, то это означает, что на легкость замещения не оказывают влияния ни технический прогресс, ни соответствие между объемами включенных в производство труда и капитала, что, очевидно, не соответствует действительности. При этом сама производственная функция Кобба-Дугласа была подвергнута разнообразной критике, основное направление которой – в функции игнорируется технический прогресс.

Итак, типичный для моделей роста научно-технический прогресс – это зависимый от времени прогресс с постоянным темпом и постоянной отдачей от масштабов производства. Качественные улучшения, зависимые от размеров вовлеченных производственных ресурсов, и качественные улучшения, зависимые от времени (эффект от масштаба производства и технический прогресс), в моделях роста представляют собой единое неделимое целое. Таким образом, технический прогресс выступает в роли переменной, значение которой детерминировано временем. Подтвер-

ждением этому служит то, что эластичность замещения при эмпирических проверках не оказывает в целом существенного влияния на оценку технического прогресса и коэффициент масштаба.

Стремление приблизить модель к реальности (Дж. Робинсон, Н. Калдор, Л. Панизетти и др.) строилось на авторских *предпосылках относительно характера* (нейтральности) технического прогресса. Был сделан вывод (Робинсон) о том, что предел увеличения богатства в длительном периоде устанавливается не техническими границами, а отсутствием роста заработной платы, определяющей рост производительности.

Критика модели Харрода стимулировала создание альтернативных неоклассических моделей экономической динамики (Дж. Мид, 1960; Р. Солоу, модели 1956 и 1957 гг.), которые базировались на модернизированном варианте функции Кобба-Дугласа. С ее помощью были получены расчетные индексы роста объема производства в обрабатывающей промышленности США за 1899–1922 гг., которые оказались довольно близкими к индексам фактического роста продукции [8, с. 71]. Вместе с тем функция Кобба-Дугласа подразумевала неизменную эффективность и интенсивность использования труда и капитала. Но в двадцатом веке совокупный общественный продукт увеличивался в развитых странах более быстрыми темпами, чем затраты факторов производства. То есть технический прогресс все более проявлялся в качестве самостоятельного фактора роста. Технический прогресс неоклассики понимают широко. В него включается и эффект масштаба и новые эффективные формы организации труда и управления и собственно технический прогресс в узком смысле этого слова. В модели Солоу в соответствии с неоклассической теорией пропорции между трудом и капиталом переменны, поэтому вместо функции K/L Солоу использовал линейно-однородную производственную функцию. С по-

мощью этой модели оказалось возможным исследовать влияние на экономический рост различных модификаций производственных функций, технического прогресса и т. д. Были созданы модели, учитывающие «возраст» капитальных благ, поскольку разные их поколения обладают разной производительностью. Характер научно-технического прогресса был сформулирован в качестве предпосылки в духе конструктивизма, поэтому его роль свелась к «остатку Солоу», характеризующему эмпирическое влияние автономного технического прогресса на экономический рост. Решающим моментом в модели роста Солоу выступил фактор сбережения.

Таким образом, для моделей роста потребовалось обоснование на микроуровне. Оно было разработано в модели Кэсса с предпочтениями, как главным фактором сбережения (Кэсс в 1965 г. обобщил модель Рамсея) и в моделях выбора сбережений, помещенных в модель с поколениями (А. Алле 1947 г., П. Самуэльсон 1958 г.). Другим явлением, требовавшим включения его в модель, был технический прогресс. Наиболее известны в этом направлении работы К. Эрроу (статья о ноу-хау, 1962 г.) и Узавы (о накоплении человеческого капитала, 1965 г.), Ромера (1986 г.) и Лукаса (1988 г.), которые положили начало течению эндогенного роста**. Из неоклассических моделей следовало, что все страны, получившие равный доступ к современным технологиям должны иметь при выходе на траекторию равновесного роста сближающиеся между собой темпы повышения производительности труда (с поправкой на различные стартовые условия). Но в реальной экономике такая тенденция приблизительно соответствует наиболее индустриально развитым странам. Возникло течение протеста против свойственного неоклассической теории разделения технологических данных и общественно-экономических отношений, известное под

названием «Кембриджской критики». Оно отстаивало невозможность логического определения общей меры капитала и, следовательно, применения функции Кобба-Дугласа.

В 1970-е гг. интерес к моделям роста упал в связи с возрастающим интересом к резким циклическим колебаниям, происходящим в западной экономике этого периода. После модели Солоу прогресс в этом направлении шел по пути усложнения математического аппарата без каких-либо прорывов в области содержательной экономической интерпретации. Различные исследования, выполненные в рамках неоклассических моделей роста с производственной функцией на статистическом массиве показателей динамики развития экономики США в различные периоды времени дали не совпадающие, но всегда высокие оценки вклада НТП в экономический рост (от 33 до 78% 1909–1979 г.) [2; 4; 5]. Согласно П. Ромеру такую отдачу дают расходы на НИОКР, а согласно Р. Лукасу – инвестиции в человеческий капитал. В формуле ожидаемого темпа роста Ромера появляется аргумент, зависящий только от технологических параметров (в отличие от «остатка Солоу»). Из модели Ромера также следует, что темп экономического роста находится в прямой зависимости от величины человеческого капитала, сосредоточенного в сфере получения нового знания. Отсюда следовало, что одной из макроэкономических функций науки является поощрение получения знания ради знания. Без этого невозможно рассчитывать на практическую отдачу науки в будущем.

В теориях циклов предметом изучения стали не внутренние, органические, генетические причины экономических циклов, а их внешние причины (например, «ценовой сюрприз Лукаса»).

Ценность эндогенной теории и построенных на предпосылке эндогенности моделей заключается в том, что они пытаются

смоделировать эндогенный компонент научно-технического прогресса в качестве неотъемлемой части теории экономического роста. В рамках этого направления была предпринята попытка моделирования экономического сотрудничества, построенная на идеях Шумпетера и включающая ряд экономических систем, ведущих собственные НИОКР (Хоувитт). Интенсивность нововведений (важная характеристика инновационного процесса) подчинялась распределению Пуассона. Эффект конвергенции, который мог бы появиться в моделируемой системе при снижении темпов экономического роста в результате уменьшения предельного продукта, компенсируется повышением производительности труда вследствие освоения новых технологий.

Эндогенные модели имели два дискуссионных следствия. Эффект масштаба (1), возможность «экзогенного «регулирования» темпов роста (2). Эффект масштаба, предсказываемый моделями, не подтверждался эмпирически. Ч. И. Джонс [2, с. 47] предположил, что это происходит из-за предпосылки о неконкурентном характере научного знания. В дальнейшем исследование эффекта от масштаба привело к созданию новых моделей эндогенного роста, направленных на его нивелировку [2]. Для этой цели вводилась функция полезности нововведений для среднего потребителя; предположение (предпосылка) о сложности обнаружения идей, с идеями лежащими в основе базисных инноваций, нарушающей линейную зависимость между затратами человеческого фактора и конечными результатами; характеристики технологической системы; человеческого капитала, НИОКР, субсидии на образование, налоги***. Но массовые расчеты производственных функций с эндогенным техническим прогрессом практически не проводились.

В настоящее время инновационная деятельность рассматривается, по существу, как

экзогенная при определении параметров роста на макроуровне, а в случае исследования инновационной деятельности как таковой она признается эндогенной. В этой связи конструктивным представляется считать инновационную деятельность эндогенным фактором, динамика которого связана с общей динамикой всей макросистемы.

Второе по значимости после эффекта масштаба дискуссионное следствие большинства эндогенных моделей – это возможность «экзогенного» регулирования темпов роста. Здесь целесообразно обратить внимание на то, что сама структура построения моделей базируется на исторически сложившихся (в США после войны, а в Европе – в 1980-е гг.) структурах инновационной деятельности, имеющих свою специфику и поэтому не являющихся общепризнанными или общеупотребимыми.

В качестве альтернативы макроэкономической производственной функции, которая, по мнению Калдора, является спорной и искусственной, им была разработана концепция функции технического прогресса [5, с. 64]. В своей общей форме функция технического прогресса, соотносящая темп роста ожидаемого выпуска продукции с темпом роста капиталовложений в любой момент времени, не может быть трансформирована в макроэкономическую производственную функцию, хотя рядом математических преобразований может быть превращена в функцию Кобба-Дугласа. Ее отличие от последней состоит в том, что она содержит коэффициент, зависящий от начальных условий. Это обстоятельство предположительно играет роль лишь для моделирования переходных процессов. В случае долгосрочного экономического роста различия между макроэкономическими производственными функциями и функцией технического прогресса исчезают. Функция Калдора дает возможность четко различать движение в рамках неизменной производственной функции и изменениями

самой функции, (в неоклассической теории заложена невозможность такого четкого разграничения), но не дает возможность проводить различие между движением в рамках неизменной функции технического прогресса и сдвигами в ней самой. Это было бы возможно, если бы эффективность производства не зависела от масштабов, и параметры производственной функции были бы полностью определены. Невозможность проведения различия существует также и в силу того, что производственные функции отражают наилучшие результаты, которые могут быть достигнуты, и не отражают результаты неэффективных или плохо информированных экономических агентов; используемые при эмпирической проверке производственной функции статистические показатели содержат результаты как НТП, так и распространения новой техники, поскольку отражают работу не одних только передовых предприятий. Кроме того, главная проблема оценки параметров производственной функции, особенно эластичности выпуска по ресурсам, является мультиколлинеарная связь между аргументами функции, что сильно затрудняет идентификацию ее параметров, указывает на невозможность точной оценки влияния объясняющих переменных.

Элементарные технологии и отдельные производства в большинстве случаев не могут быть просто описаны при помощи производственной функции, описывающей рост на макроуровне. На более низком уровне агрегирования требуется определение конкретных факторов, параметров и форм производственной функции. Г. Б. Клейнером описаны 10 наиболее распространенных видов производственной функции, применяемых в зависимости от степени агрегации технологии и ее характера [3].

Выводы

1. Производственные функции, используемые для построения моделей экономического роста, являются малоприменимыми ин-

струментом для изучения инновационной деятельности как таковой ввиду принятия в них ограничений, существенно искажающих суть и формы протекания этой деятельности (постоянство отдачи от масштаба, нейтральность, совершенная конкуренция, игнорирование качества факторов производства, равнодоступность технологий, отсутствие инвестиционных лагов, совершенная конкуренция на рынке ресурсов, частный характер знаний и пр.). Снятие некоторых ограничений в различных функциях ведет к усложнению используемого математического аппарата и, как правило, не приводит к значимым результатам в области экономической теории.

2. Модели роста с научно-техническим прогрессом имеют дело с длительным периодом, в то время как для научно-технической политики и экономической политики в целом первоочередной интерес представляет короткий период.

3. В производственных функциях не отделяется научно-технический прогресс в виде новых методов организации производства от прогресса в виде новых видов продукции. Это важно отметить, поскольку использование многих научно-технических достижений возможно только через воплощение их в новом оборудовании.

4. Эндогенный экономический рост во всех моделях обусловлен научно-техническим прогрессом.

5. В моделях роста игнорируется возможное отрицательное влияние НТП на экономический рост.

6. Организационная структура инновационной деятельности в моделях эндогенного роста задается по умолчанию, исходя из сложившейся хозяйственной практики (страны, группы стран), что сужает поле их применения ввиду наличия институциональных особенностей различных экономических систем.

7. Производственные функции и факторный анализ, использующие традиционные статистические измерители технического прогресса (производительность, материалоемкость, фондовооруженность, капиталотдача), не дают возможность проследить чрезвычайно важный процесс зарождения научно-технического прогресса на микроуровне. Значительное внимание этому процессу уделяется в теории циклов, эволюционной экономической теории и различных инновационных концепциях.

В целом инновации в моделях роста и производственных функциях играют роль предпосылок, а не механизма развития. В силу этого следует признать неконструктивными использование моделей роста для анализа инновационной экономики. Конструктивный подход заключается в изучении и разработке *адекватного инновационной среде механизма инновационной деятельности* и определении его влияния на экономический рост.

ПРИМЕЧАНИЯ

* CES функция содержит меньше ограничительных условий, и эластичность в ней не задается заранее. Поэтому с теоретической точки зрения она предпочтительнее функции Кобба-Дугласа.

** В модели Р. Харрода 1939 г. присутствовала эндогенная функция инвестиций, основанная на мультипликаторе, акселераторе и модели ожидания предпринимателей. Динамическое равновесие было крайне неустойчивым, а научно-технический прогресс не играл в модели самостоятельной роли.

*** Попытка освободить темп эндогенного роста экономики от эффекта масштаба приводит к появлению этого эффекта на уровне доходов в расчете на душу населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История экономических учений / под ред. В. Автономова. М.: ИНФРА-М, 2002. 764 с.
2. *Дагаев А.* Новые модели экономического роста с эндогенным технологическим прогрессом // МэиМО. 2001. № 6. С. 40–51.
3. *Клейнер Г. Б.* Производственные функции: теория, методы, применение. М.: Финансы и статистика, 1986. 238 с.
4. *Мэнсфилд Э.* Экономика научно-технического прогресса. М.: Прогресс, 1970. 235 с.
5. *Оппенлендер Карл.* Технический прогресс. Воздействие. Оценки. Результаты. М.: Экономика, 1981. 171 с.
6. *Плакунов М. К., Шалабин Г. В.* Научно-технический прогресс в моделях экономического роста // Вестник СПбГУ. Серия 5. Вып. 2. 2002. С. 100–112.
7. *Райхлин Э.* Основы экономической теории. Валовой внутренний продукт и экономические циклы. М.: Наука, 1997. 138 с.
8. История экономических учений / под ред. А. Г. Худокормова. М.: ИНФРА-М, 1998. 773 с.

REFERENCES

1. Istoriya ekonomicheskikh ucheniy / pod red. V. Avtonomova. M.: INFRA-M, 2002. 764 s.
2. *Dagayev A.* Novye modeli ekonomicheskogo rosta s endogennym tekhnologicheskim progressom // MeïMO. 2001. N 6. S. 40–51.
3. *Kleyner G. B.* Proizvodstvennyye funktsii: teoriya, metody, primeneniye. M.: Finansy i statistika, 1986. 238 s.
4. *Mensfild E.* Ekonomika nauchno-tekhnicheskogo progressa. M.: Progress, 1970. 235 s.
5. *Oppenlender Karl.* Tekhnicheskiiy progress. Vozdeystviye. Otsenki. Rezul'taty. M.: Ekonomika, 1981. 171 s.
6. *Plakunov M. K., Shalabin G. V.* Nauchno-tekhnicheskyy progress v modelyakh ekonomicheskogo rosta // Vestnik SPbGU. Seriya 5. Vyp. 2. 2002. S. 100–112.
7. *Raykhlin E.* Osnovy ekonomicheskoy teorii. Valovoy vnutrenniy produkt i ekonomicheskiye tsikly. M.: Nauka, 1997. 138 s.
8. Istoriya ekonomicheskikh ucheniy / pod red. A. G. Khudokormova. M.: INFRA-M, 1998. 773 s.