

Анализ моделей научно-технического прогресса как фактора экономического развития

М.Н. Чечурина

*Факультет мировой экономики и международных отношений МГТУ,
кафедра международных экономических отношений*

Аннотация. В статье анализируются модели научно-технического прогресса с экзогенным характером прогресса, т.е. вызванным внешними фактами, независимыми от переменных состояния экономики, и эндогенным техническим прогрессом, т.е. внутренне присущим экономике. Кроме того, рассматривается неоднозначность связи "научно-технический прогресс – экономический рост".

Abstract. The paper has analyzed models of scientific and technological advance with the exogenous character of progress, i.e. caused by external factors independent of the economics state variables, and to the endogenous technical progress, i.e. internally peculiar to economics. The ambiguity of the link between "scientific and technological advance" and "economic growth" has been considered as well.

1. Введение

Экономический рост считается обобщающим показателем развития человеческого общества.

В современной зарубежной и отечественной литературе обычно экономический рост характеризуется некоторыми количественными показателями: объемом выпуска продукции, темпами прироста труда и капитала, темпами роста ВВП или ВВП на душу населения и т.п., или такими качественными, как показатель "качества жизни" и т.п.

Автор считает, что следует различать как разные экономические категории "экономический рост" и "экономическое развитие". Различие между ними определяется по критерию наличия или отсутствия качественного изменения в том или ином процессе воспроизводства.

Модель экономического роста предполагает процесс текущего производства благ для удовлетворения сложившегося спроса или уже имеющейся в данный момент структуры потребностей, в отношении которых стоит задача поддержать их насыщенность. Модель экономического развития предполагает динамику, то есть инновационное развитие на базе научно-технического прогресса.

Инновационное развитие сегодня возникает на всех стадиях воспроизводственного цикла и характерно для большинства систем. Направленность большинства научных и прикладных исследований определяется явлениями, происходящими в структуре рыночного спроса, общественных потребностей. Особенность современного экономического развития заключается и в том, что оно меняет и экономическое поведение субъектов хозяйствования.

Интересы компаний, связанные с инновационной активностью, особенно долгосрочные, сосредоточиваются не на высокой прибыли, а на повышении конкурентоспособности, обновлении производства, обеспечении финансовой устойчивости с целью снижения делового риска. Именно инновационная активность способствует успехам компании в современном деловом мире.

Инновационный тип экономического роста, т.е. экономическое развитие, меняет саму основу роста: из сферы массового промышленного производства, в среду индивидуализации производства продуктов и услуг вследствие более четкого следования структуре спроса.

В инновационном мире меняется структура отраслей в экономике, и ведущий сектор смещается.

Если на доиндустриальной стадии развития человечества центральной отраслью являлось сельскохозяйственное производство, на индустриальной стадии роль ведущего сектора заняла тяжелая промышленность, на постиндустриальной (информационной) это сфера услуг.

Так, в развитых странах мира уже в конце 90-х годов сфера услуг занимала более 60 %, а в США – более 70 % в структуре ВВП, причем сфера услуг, связанная, прежде всего, с интеллектуальной деятельностью: управленческое консультирование, наукоемкие и информационные структуры.

Современная модель экономического развития может быть названа "интеллектуалоемкой и услугоемкой".

Интеллектуальные процессы становятся основой инновационной деятельности.

Интеллектуальный потенциал сочетает как интеллектуальный процесс, так и интеллектуальный продукт. Появляется понятие интеллектуального капитала, имеющего свои закономерности воспроизводства. Появилось также понятия интеллектуальной собственности, интеллектуальных продуктов, возникли рынки с особыми экономическими отношениями продавцов и покупателей интеллектуальных продуктов. Эти рынки отличаются высокой динамикой и острой конкуренцией.

В результате инновационной и интеллектуальной деятельности появляется абсолютное приращение новизны и неотчуждаемой полезности, то есть общество обеспечивается интеллектуальными ресурсами, и значит, речь идет о расширенном воспроизводстве капитальных благ. Причем общественная потребность в интеллектуальных продуктах велика, что отражается в готовности потребителей возмещать затраты на расширенное воспроизводство интеллектуальных и инновационных благ.

Таким образом, инновационность систем, различные виды инноваций – наиболее перспективный фактор экономического развития. Но инновационность, по большому счету, имеет не только экономическую направленность, это особый вид восприятий и отношений, ценностных установок и мотиваций, близкий к человеческой потребности в новизне и самовыражении.

Критическим фактором экономического развития становится человек, его интеллектуальные активы: знания, стремление к обновлению, динамика целесообразной деятельности.

Таким образом, инновационность – это системный показатель экономического развития, и связана она, прежде всего, с результатами научно-технического прогресса.

2. Модели научно-технического прогресса

Для описания инновационности необходимо провести моделирование научно-технического прогресса. Технический прогресс мы рассматриваем как фактор, непрерывно повышающий эффективность общественного производства.

Технический прогресс находит материальное воплощение, прежде всего, в изменении технологии производства. Пусть технология производства описывается производственной функцией. Построить модель технического прогресса значит задать правило изменения производственной функции во времени.

Если изменение технологии во времени описывается независимо от переменных состояния экономики, то считаем, что построена модель экзогенного технического прогресса. Это значит, что в производственной функции переменная t является после капитала K и труда L третьим аргументом, т.е. объем выпуска задается правилом:

$$Y = \Phi(K, L, t).$$

Наиболее важным с практической точки зрения является случай, когда существуют функции двух аргументов F и положительные функции одного аргумента A_k и A_L , такие что

$$\Phi(K, L, t) = F[A_k(t)K, A_L(t)L], \text{ где } A_k(0) = A_L(0) = 1, \text{ причем } A_k > 0 \text{ и } A_L > 0. \quad (1)$$

Технический прогресс в этом случае выражается в повышении эффективности основных фондов и труда таким образом, что использование K единиц фондов и L единиц труда в момент времени t дает результат, для достижения которого в момент времени 0 потребовалось бы $A_k(t)K$ единиц фондов и $A_L(t)L$ единиц труда. Поэтому при выполнении равенства (1) технический прогресс является фактородобавляющим. Величины $A_k(t)K$ и $A_L(t)L$ называют затратами эффективных фондов и труда соответственно.

Если $A_k(t) = 1$ при всех значениях t , т.е. если $\Phi(K, L, t) = F[K, A_L(t)L]$, то технический прогресс называют трудодобавляющим.

Если для всех t выполняется $A_L(t) = 1$, т.е. если $\Phi(K, L, t) = F[A_k(t)K, L]$, то технический прогресс называют капиталодобавляющим.

Равнодобавляющий технический прогресс, если $A_k = A_L = A$. Если при этом F линейнооднородна, то

$$\Phi(K, L, t) = A(t)F(K, L).$$

Темпы роста функций A_k и A_L называются темпами технического прогресса.

Однако изменение технологии требует обновления структуры и качества основных фондов. Подготовка высококвалифицированных специалистов, способных обслуживать современное производство, невозможна без сложной и хорошо оснащенной системы образования. В этих условиях говорить об автономности (экзогенности) технического прогресса в целом нельзя.

Альтернативными по отношению к моделям с автономным техническим прогрессом являются модели, в которых переменные, описывающие состояние экономики, принимают активное участие в изменении производственной функции.

Это модели экономического роста с эндогенным техническим прогрессом, основанные на идее накопления человеческого капитала.

В широком смысле слова человеческий капитал формируется путем инвестиций (долгосрочных вложений капитала) в человека в виде затрат на образование и подготовку рабочей силы на производстве, на охрану здоровья, миграцию и поиск информации о ценах и доходах.

Рассмотрим модели НТП с эндогенным техническим прогрессом. Так, в известной модели К. Эрроу (*Arrow, 1962*) фактор обучения в процессе производства служит источником совершенствования технологии и организации производственной деятельности. Мерой накопленного опыта считается кумулятивный объем произведенной продукции. Фактором, лимитирующим выпуск продукции, является объем капитала, который определяет возможности производства.

Зависимость выпуска продукции от объема капитала определяется соотношением $dY = \alpha dK$, где $\alpha > 0$ характеризует выход продукции с единицы капитала.

Величина функционирующего в момент t капитала $K(t)$ зависит, во-первых, от объема освоенных к моменту t капиталовложений, причем предполагается, что $dK(t) = I(\tau)$, $\tau < t$, и, во-вторых, от возрастной структуры, поскольку предполагается известным возраст T , по достижении которого в силу экономических причин прекращается использование капитала. Таким образом,

$$K(t) = \int_{t-T}^t I(\tau) d\tau.$$

Капиталовложения I периода t сопряжены с привлечением дополнительного количества труда, которое требуется для обслуживания вновь созданного производственного аппарата, причем прирост затрат труда определяется не только освоенными капиталовложениями, но и накопленным к данному моменту производственным опытом. По этой причине коэффициент пропорциональности $m[K(t)]$, который связывает прирост затрат труда $dL(t)$ и капиталовложения $I(t)$, задается в виде функции от объема капитала

$$dL(t) = m[K(t)]I(t) = m[K(t)] dK(t).$$

К. Эрроу использовал зависимость вида $m[K(t)] = m K^{-h}(t)$, где $m > 0$ можно интерпретировать как некоторое начальное значение соответствующего коэффициента, а $h > 0$ показывает относительное замедление прироста опыта на единицу относительного увеличения объема накопленного капитала.

По условиям модели производство продукции осуществляется за счет использования капитала, возраст которого не превосходит T . Это означает, что в момент t выпуск продукции и количество задействованного в производстве труда определяются следующими соотношениями:

$$Y(t) = \alpha \int_{t-T}^t dK(t) = \alpha [K(t) - K(t-T)],$$

$$L(t) = \int_{t-T}^t m K^{-h}(t) dK(t) = m [K^{1-h} - K^{1-h}(t-T)] / (1-h).$$

Выразим $K(t-T)$ через $K(t)$ и $L(t)$:

$$K(t-T) = [K^{1-h}(t) - (1-h) \cdot L(t)/m]^{1/(1-h)},$$

и подставим полученное выражение в формулу для расчета $Y(t)$, получим

$$Y(t) = \alpha K(t) \{1 - [1 - (1-h) \cdot L(t)/(m \cdot K^{1-h}(t))]^{1/(1-h)}\}.$$

Построенная таким образом производственная функция выражает зависимость объема производства продукции от величины затрат труда $L(t)$ и используемого капитала $K(t)$. Она, в отличие от исходной производственной функции с фиксированными коэффициентами, имеет возрастающую эффективность от расширения масштаба производства, что обусловлено индуцированными капиталовложениями техническим прогрессом.

Технический прогресс оказывается нейтральным по Харроду, т.е. трудосберегающим.

Оценка влияния технического прогресса на эффективность производства по эмпирическим данным требует предварительного решения ряда содержательных, имеющих методологический характер вопросов.

В качестве примера, демонстрирующего конкретное решение комплекса методологических проблем, рассмотрим модель, построенную К. Оппенлендером для оценки технического прогресса в обрабатывающей промышленности ФРГ (*Оппенлендер, 1981*).

В основе модели лежит двухфакторная макроэкономическая производственная функция Кобба-Дугласа с нейтральным по Хиксу техническим прогрессом:

$$Y = A e^{\lambda \tau} L^a K^b.$$

Здесь Y представляет объем выпуска продукции, задаваемый показателем чистой годовой продукции; L – затраты труда (чел.-час.); K – величина основного капитала, исчисляемая полной стоимостью основного производственного капитала; τ – переменная, характеризующая технический прогресс; A, λ, a, b – параметры функции.

Предполагается, что труд и основной капитал используются в процессе производства оптимальным образом с точки зрения минимизации издержек на выпуск заданного объема продукции.

Это позволяет считать, что отношение эластичностей выпуска продукции по труду и капиталу определяется долей заработной платы в стоимости произведенной продукции.

Для функции Кобба-Дугласа это означает, что $e_L/e_K = \alpha / (1 - \alpha)$, где e_L, e_K – коэффициенты эластичности выпуска продукции по труду и капиталу; α – доля заработной платы в стоимости произведенной продукции. Далее в силу того, что функция Кобба-Дугласа является однородной степени $r = a + b$, получаем, что $a = \alpha r, b = (1 - \alpha) r$. Это значительно облегчает оценку параметров производственной функции, поскольку параметр α можно оценивать вне рамок модели по статистике величин стоимости произведенной продукции и выплаченной заработной платы.

Связанное с техническим развитием совершенствование производства трактуется в модели как результат процесса обучения в ходе выпуска продукции. Роль переменной, которая объясняет возникающий в результате материализации накопленного опыта экономической эффект, К. Оппенлендер отводит кумулятивным капиталовложениям. Это сделано с целью отразить долгосрочное воздействие капиталовложений каждого периода на уровень развития производства. Однако в каждом периоде времени совершенствование производства порождается не всем объемом осуществляемых капиталовложений, а лишь определенной его частью. Поэтому более адекватной переменной технического прогресса признается

$$\tau_t = \sum_{l=1}^t \chi_l I_l,$$

где χ_l – взвешивающий коэффициент, который показывает долю капиталовложений, индуцировавших в периоде l технический прогресс, в общем объеме осуществленных за этот период капиталовложений, $0 \leq \chi_l \leq 1$; I_l – объем осуществленных в периоде l капиталовложений. В модели используется индексная форма переменной технического прогресса:

$$\sum_{l=1}^t \chi_l I_l / \chi_1 I_1.$$

Степень загрузки производственных мощностей, имеющих при данной величине основного капитала, оказывает существенное влияние на выпуск продукции. Но колебания в эффективности производства, обусловленные изменением этого параметра производственной деятельности, не связаны с техническим развитием. Поэтому его влияние необходимо "вычистить" из производственной функции, предназначенной для моделирования технического прогресса. Это достигается за счет использования в качестве аргумента функции вместо K_t скорректированной величины основного капитала $c_t K_t$, где c_t – степень загрузки производственных мощностей в периоде $t, 0 < c_t < 1$.

Полученная К. Оппенлендером макроэкономическая производственная функция, отражающая материализованный технический прогресс, имеет следующий вид:

$$Y_t = A \exp[\lambda (\sum_{l=1}^t \chi_l I_l) / \chi_1 I_1] L_t^{\alpha r} (c_t \cdot K_t)^{(1-\alpha)r}.$$

Подлежащие оцениванию в рамках этой модели параметры A, λ и r отражают воздействие технического прогресса на описываемый производственный процесс. Значения параметров χ_t, c_t и α определяются на основе временных рядов величин Y, K, L и некоторой дополнительной информации о рассматриваемом процессе производства.

В середине 80-х годов появился ряд интересных подходов к построению моделей экономического развития, предусматривающих возможность генерации в макроэкономической системе внутренне присущих ей (эндогенных) технологических изменений. Дополнительные импульсы и рост при одном и том же соотношении фондов производства – труда и капитала – происходят благодаря накоплению человеческого капитала, индуцирующему увеличение эффекта от масштаба производства.

В качестве примера можно рассмотреть одну из таких моделей, предложенных П. Ромером (Romer, 1990). Ромер разделяет экономику на три основных сектора (рис. 1).

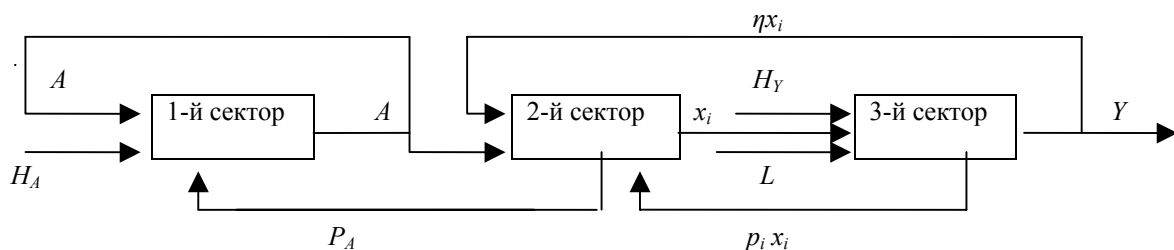


Рис. 1. Блок-схема модели экономического роста Ромера

В первом – исследовательском секторе – в результате использования сконцентрированного в нем человеческого капитала H_A и существующего запаса знаний A получается новое знание, которое затем материализуется в виде новых технологий. Прирост нового знания можно выразить формулой

$$\dot{A} = \delta H_A A, \quad (2)$$

где δ – параметр научной продуктивности.

Любопытно в связи с формулой (2) замечание Ромера о том, что выпускники инженерного вуза сто лет тому назад обладали тем же человеческим капиталом, что и нынешние выпускники, так как учились примерно столько же времени и не имели практического опыта работы. Однако производительность труда современного инженера должна быть существенно выше, так как он имеет доступ к гораздо большему запасу знаний, а знания рассматриваются здесь как неконкурентный производственный фактор, который равнодоступен в один и тот же момент времени для всех, кто может и желает им воспользоваться.

Фирмы второго (промежуточного) сектора экономики приобретают полученные в исследовательском секторе научные знания для производства средств производства (технологического оборудования). Каждая фирма этого сектора является монополистом: она обладает патентом на выпуск своей продукции и, следовательно, может извлекать монопольную прибыль от ее реализации. Предполагается, что патент действует бесконечно долго.

Третий сектор экономики на основе имеющихся средств производства, затрат труда L и человеческого капитала H обеспечивает выпуск конечной продукции потребительского назначения. Соответствующая производственная функция имеет вид

$$Y(H_Y, L, x) = H_Y^\alpha L^\beta \prod_{i=1}^{\infty} x_i^{1-\alpha\beta}, \quad (3)$$

где i – индекс, приписываемый каждому отдельному виду средств производства;

$$x = \{x_i\}_{i=1}^{\infty}$$

– список средств производства, используемых одной фирмой для выпуска конечной продукции; α и β – некоторые технологические параметры.

Фактически предлагаемая Ромером формула (3) задает ту же производственную функцию Кобба-Дугласа с одним-единственным отличием: капитал K представлен в ней не в виде одной переменной, а как сумма его составляющих x , затраченных на приобретение необходимых средств производства. Тем самым подчеркивается принципиальное значение структуры основного капитала (норма замещения основных фондов равна нулю).

Если P_A – цена новой технологической разработки, а W_H – плата за использование единицы человеческого капитала в исследовательском секторе, то между ними устанавливается соотношение

$$W_H = P_A \delta A. \quad (4)$$

Модель предполагает, что человеческий капитал распределяется между исследовательским сектором и сектором, выпускающим конечную продукцию,

$$H = H_Y + H_A. \quad (5)$$

Фирмы промежуточного сектора, обеспечивающего производство средств производства, не располагают, согласно описываемой модели, своим человеческим капиталом. Они оплачивают труд ученых по созданию новых технологических разработок в первом секторе и используют конечную продукцию третьего сектора.

Достигнутому уровню знаний A в модели Ромера соответствует определенный уровень технологического развития. Его показателем служит количество используемых технологий (различных наборов инструкций по осуществлению необходимых комбинаций сырьевых материалов). Этот показатель также обозначается через A . Величина A меняется по мере увеличения объема новых знаний и появления новых технологий. Соответственно изменяется и количество различных видов средств производства (технологий, наборов инструкций). Следовательно, всегда можно указать такое значение A , для которого $x_i = 0$ для всех $i \geq A$.

Технологическая компонента знания A является, согласно модели, неконкурентным товаром в отличие от конкурентной компоненты знания – человеческого капитала H . Однако если в исследовательском секторе каждый специалист имеет доступ к полному объему знаний A , то во втором и в третьем секторах использование той или иной идеи (разработки) регулируется действующим патентным законодательством. После того как фирма второго сектора приобретает и осваивает новую

перспективную технологическую идею i , она защищает патентом свое монопольное право на ее использование и налаживает выпуск соответствующих средств производства для фирм третьего сектора, специализирующихся на выпуске конечной продукции.

Модель предполагает, что на выпуск одной единицы производственного оборудования расходуется η единиц конечной продукции. Оборудование не продается, а предоставляется заинтересованным фирмам за арендную плату $p(i)$. Если оборудование для технологии i не производит ни одна фирма второго сектора, то считается, что $p(i) = \infty$.

Тогда общий капитал всей рассматриваемой трехсекторной системы определяется формулой

$$K = \eta \sum_{i=1}^{\infty} x_i = \eta \sum_{i=1}^A x_i,$$

а его изменение – выражением

$$K(t) = Y(t) - C(t), \tag{6}$$

где $C(t)$ – представляет агрегированную функцию потребления.

В рамках сформулированных условий фирмы, производящие конечную продукцию, строят свои отношения с фирмами, выпускающими средства производства, исходя из задачи максимизации прибыли (выпуск продукции минус затраты на оборудование; предполагается, что вся производимая продукция находит покупателя)

$$\max_x \int_0^{\infty} [H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{1-\alpha-\beta} - p(i)x(i)] di. \tag{7}$$

(Для удобства операция суммирования в формуле (2.2) заменена на интегрирование, а индекс i считается непрерывной переменной.)

Дифференцирование подинтегрального выражения в формуле (2.6) позволяет найти обратную функцию спроса на новые технологии в условиях рыночного равновесия

$$p(i) = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{-\alpha-\beta}. \tag{8}$$

Фирмы второго сектора, оплачивающие работу по созданию новых технологий в исследовательском секторе, определяют объем выпуска продукции для третьего сектора $x(i)$ с тем расчетом, чтобы максимизировать свой доход за вычетом издержек

$$\pi = \max_x p(x)x - r\eta x = \max_x (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} - r\eta x, \tag{9}$$

где r – норма процента на капитал.

Решение о выпуске нового технологического оборудования (средства производства) принимается каждой фирмой второго сектора в результате сопоставления затрат на приобретение новой технологической разработки P_A и дисконтированного потока чистого дохода от ее тиражирования и последующей сдачи в аренду фирмам третьего сектора:

$$\int_t^{\infty} \exp[-\int_t^\tau r(s)ds] \pi(\tau) dt = P_A(\tau). \tag{10}$$

В случае если $P_A = \text{const}$, условие (10) принимает более простую форму

$$\pi(t) = r(t)P_A. \tag{11}$$

Формула (11) показывает, что для любого момента времени t превышение дохода над предельными издержками в единицу времени должно покрывать процентные выплаты на величину инвестиций в разработку новой технологии.

Более детальный анализ модели для равновесной траектории сбалансированного роста, вдоль которой переменные A , K и Y увеличиваются экспоненциально с одинаковой постоянной скоростью g , а величины L , H_Y и среднее значение

$$\bar{x}^{1-\alpha-\beta} = (1/A) \int_0^{\infty} x(i)^{1-\alpha-\beta} di = K/\eta A$$

фиксированы, позволил Ромеру оценить ожидаемый темп роста в рассматриваемой системе:

$$g = \dot{C}/C = \dot{A}/A = \dot{Y}/Y = \dot{K}/K = \delta H_A = \delta H - Ar, \tag{12}$$

где $A = a/(1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)$ – некоторая постоянная, зависящая только от технологических параметров α и β .

Правая часть формулы (12) дает немалую пищу для размышлений.

Сразу же бросается в глаза присутствующая в ней и интуитивно принимаемая, а потому работающая в пользу модели Ромера зависимость темпа экономического роста под воздействием эндогенного научно-технического прогресса от ставки банковского процента. Подобная зависимость является следствием того, что компенсация затрат на проведение НИОКР растянута во времени и поэтому ее величина должна быть соответствующим образом дисконтирована. Чем выше процент, тем ниже относительная скорость технологических изменений, а значит, и темп экономического роста.

Из формулы (12) следует еще один вывод, очень важный для понимания макроэкономической функции науки: темп экономического роста находится в прямой зависимости от величины человеческого капитала H_A , сосредоточенного в сфере получения нового знания. Это реально означает, что сфера НИОКР влияет на экономику не только непосредственно через новые прикладные идеи и разработки. Само ее существование является в модели Ромера необходимым условием экономического роста, поскольку обеспечивает накопление человеческого капитала, условием необходимым, но не достаточным.

Таким образом, модель как бы подтверждает двойственную природу научного знания, его воздействие на производство, сферу услуг и одновременно внутреннюю самооценку. Не поощряя получения нового знания как такового, вряд ли можно рассчитывать на ощутимую практическую отдачу от науки в будущем.

Отсюда напрашивается и еще один вывод, очень важный с точки зрения проблем выбора национальных научно-технических приоритетов: любое искусственное сдерживание процесса получения нового знания по чисто экономическим мотивам отразится рано или поздно на показателях экономической динамики.

Появление нового класса моделей экономического роста с эндогенным технологическим прогрессом вызвало заметный прилив интереса к проблемам экономической динамики. Особую роль в этом сыграли три важных следствия из этих моделей, которые могли бы иметь серьезное практическое значение. Речь идет о:

- 1) предсказанном эффекте масштаба от увеличения ресурсов, вовлеченных в процесс получения нового знания;
- 2) возможности влиять на темпы долгосрочного экономического роста с помощью соответствующей политики государства, стимулирующей накопление человеческого капитала;
- 3) роли размеров экономического пространства, в частности, значении международной торговли, а также процессов глобализации и дезинтеграции.

3. Ускорится или замедлится НТП в перспективе?

Вопрос о том, ускорится или замедлится НТП в перспективе, и о том как это может сказаться на динамике экономического роста, представляется одним из наиболее сложных. Упрощенно-оптимистические сценарии будущего обычно предполагают продолжение поступательных тенденций НТП и увеличение его вклада в экономический рост. Пессимистические сценарии, делающие акцент на многочисленных негативных последствиях развития науки и техники, указывают прежде всего на удорожание научно-технических программ и на повышение социальных и экологических издержек НТП, сводящих к нулю возможные экономические выгоды.

Позитивная взаимосвязь НТП – экономический рост, считающаяся в целом доказанной, проявляется противоречиво и не всегда может быть подтверждена статистически. Так, официально регистрируемые темпы экономического роста в развитых странах снизились в 70-е, 80-е и в начале 90-х годов по сравнению с 60-ми, хотя подобное замедление произошло на фоне наиболее впечатляющего технологического взлета, переживаемого западным миром в последние десятилетия. Кроме того, существенно замедлилась динамика производительности труда и многофакторной производительности, показателей, наиболее точно отражающих динамику НТП. Вывод о том, что замедление экономического роста обусловлено замедлением НТП, не находил эмпирических подтверждений: росли масштабы сферы НИОКР, появлялись новые информационные технологии, возникали новые наукоемкие отрасли. Поскольку неоклассическая трактовка факторов экономического роста не могла предложить эконометрической модели для объяснения этих реальных процессов, *замедление динамики экономического роста было объявлено парадоксом.*

Неоднозначны и оценки взаимозависимости НИОКР – производительность труда. С одной стороны, существуют эмпирические доказательства того, что в некоторых наукоемких отраслях, где отношение стоимости затрат на исследование и разработки достигает наиболее высоких значений, темпы роста производительности труда также являются рекордными. Но эта зависимость не является универсальной, и в ряде отраслей с высокими темпами роста научных расходов наблюдаются довольно скромные показатели динамики производительности. Так, в американском автомобилестроении среднегодовые темпы прироста затрат на НИОКР за 25 лет (1970-1995 гг.) – 4,15 % – были выше средних

по обрабатывающей промышленности, а также выше, чем в авиа- и ракетостроении (соответственно, 2,00 % и 1,85 %). А темпы прироста часовой выработки в производстве автомобилей (1,9 %) были ниже, чем в обрабатывающей промышленности (3,05 %) и в авиа-ракетостроении (2,35 %).

Таким образом, различия в уровнях и динамике наукоемкости далеко не всегда могут объяснить динамику производительности труда. Более того, в ряде высоконаучекомких отраслей США и обрабатывающей промышленности в целом в конце 80-х – начале 90-х годов происходило абсолютное снижение научных расходов, пока никак не отразившееся на динамике производительности (табл. 1).

Таблица 1. Динамика производительности труда и расходов на НИОКР в обрабатывающей промышленности США, 1970-1995 гг.*

Среднегодовые темпы прироста, %	1971-1980	1981-1990	1991-1995	1971-1995
Затраты на НИОКР, всего	1,90	2,80	-0,40	2,00
в том числе затраты компаний	3,70	3,45	1,6	3,40
Часовая выработка	2,55	2,80	3,35	2,80

* Рассчитано по данным: *Monthly Labor Review*, "R & D in Industry", "Science and Engineering Indicators" за соответствующие годы.

Наиболее убедительные объяснения указанных противоречий могут быть объединены в три группы:

1) Методы измерения экономической деятельности и ее результатов не отражают тех стремительных изменений в ее современной структуре и содержании, которые вносит технический прогресс.

2) Парадокс реален, но имеет временный характер, так как связан со значительными лагами в широком освоении научно-технических достижений в различных отраслях, регионах, компаниях.

3) Никакого парадокса нет, замедление производительности действительно имеет место и объясняется снижением экономического эффекта технического прогресса, повышением затрат на компенсацию его негативных последствий.

По каждой группе причин ведутся интенсивные исследования, опубликованы десятки книг и статей. Сторонники каждой причины приводят убедительные свидетельства, подтверждающие их точку зрения. Так, сторонники "статистического парадокса" доказывают, что показатель ВВП не может адекватно отразить значение и роль сферы услуг, а также всех других видов нематериальных факторов, важность учета которых сегодня очевидна. Движение других стоимостных показателей также не отражает реального объема производимых благ, так как тенденция к быстрому снижению издержек на наиболее высокотехнологичные изделия неизбежно приводит к искусственному занижению темпов роста наукоемких отраслей и постиндустриальных экономик в целом (отчасти поэтому наиболее впечатляющих темпов экономического роста достигают страны, осваивающие стадию массового материального производства на основе применения не самых передовых технологий). Стоимостные показатели в нынешних условиях делают информационный продукт и другие виды интеллектуальной продукции искусственно недооцененными, а результаты традиционного производства оказываются переоцененными. Именно этот фактор, по оценке ряда специалистов, играет далеко не последнюю роль в образовании внешнеторгового дефицита развитых стран и объясняет большой внешнеторговый дефицит США, лидера информационных технологий и крупнейшего экспортера интеллектуальной собственности.

Не менее убедительными и доказанными на широком историческом материале можно считать аргументы сторонников второй группы причин.

Действительно, адаптация к новым технологиям, их широкое распространение вплоть до полного насыщения хозяйства и потребительской сферы занимает десятки лет, что хорошо продемонстрировано на примерах электричества, радио, телефона, транзистора, а в последнее время – электронной почты и Интернета. Очевидны и региональные, глобальные, отраслевые и корпоративные различия в лагах освоения и в степени воздействия на экономический рост этих и других научно-технических новинок.

Растет число сторонников третьей группы причин. Именно они доказывают необходимость "нулевого" экономического роста, наносящего минимальный ущерб окружающей среде, требуют запрещения ряда направлений исследований в области энергетики, биологии, медицинской генетики. Умеренные сторонники данной точки зрения разрабатывают концепции устойчивого экономического развития, как наиболее приемлемого компромисса между неисчерпаемостью роста потребностей и возможностей их удовлетворения на основе НТП и исчерпаемостью природных ресурсов Земли.

Итак, анализ экономических результатов, выраженных в стоимостной форме, неизбежно искажает реальные процессы воздействия технического прогресса на экономию живого труда. Это повышает интерес к альтернативным оценкам, которые позволяют обходиться без стоимостных индексов. Так, американским исследователем экономических проблем технического прогресса У. Нордхаузом (*Nordhaus*, 1994) были сделаны расчеты трудоемкости производства единицы

освещенности (в люменах, как это делают физики) за полтора века. Он показал, что эти затраты составили в 1800 г. 5,4 человеко-часа, в 1900 г. – 0,22 часа, в 1990 г. – 0,0006 часа. Следовательно, технический прогресс по данному направлению в XX веке по сравнению с XIX веком ускорился, если судить по приросту выработки (в 24 раза и в 366 раз, соответственно). Таким образом, экономические выгоды от прогресса данной технологии значительно больше, чем можно было бы предположить, опираясь на стандартные методы статистических расчетов и анализа.

Парадокс производительности ярко проявился в связи с распространением информационных технологий (ИТ). Он заключался в невозможности обнаружить четкую статистическую связь между быстро растущими инвестициями в ИТ и динамикой производительности в отраслях хозяйства, использующих эти технологии, хотя большинство исследований давало высокую позитивную оценку воздействия ИТ на конкурентоспособность и снижение издержек. Однако высокие темпы экономического роста и производительности в США в 90-е годы изменили эту картину, и, поскольку США существенно опережают ЕС и Японию именно по распространению информационных технологий, оптимизм экономистов в отношении перспектив вклада ИТ в экономический рост в начале XXI в. усилился.

Главное событие последних лет XX века в сфере коммерциализации технического прогресса – бурный рост сектора информационных технологий, беспрецедентно высокие котировки акций новых высокотехнологических компаний. Результат этого процесса – своеобразное разделение всей экономики на "старую" (традиционные производства и услуги) и "новую" (новые наукоемкие и специализирующиеся на работе в Интернете компании).

В табл. 2. приведены данные о различиях компаний старой и новой экономики.

Таблица 2. Сравнение показателей* компаний, представляющих "старую" и "новую" экономику

Компания	Рыночная капитализация (млрд долл.)	Численность занятых (тыс. чел.)	Компания	Рыночная капитализация (млрд долл.)	Численность занятых (тыс. чел.)
Дженерал моторс	52,7	594,0	Яху	92,9	0,803
Форд	62,5	345,2	Америка он лайн	141,0	12,1
Даймлер-Крайслер	76,9	441,5	Циско	368,0	21,0
Всего	192,1	1380,7	Всего	601,9	33,9

*По данным WWW.Yahoo.com, январь 2000 г.

Данные приведены с точки зрения масштабов реальной деятельности, что отражается в показателе численности занятых и ожиданий инвесторов, выраженных в рыночной стоимости акций (в таблицу намеренно не включены такие "динозавры" новой экономики как Майкрософт и Интел, размеры рыночной оценки которых в указанный период были еще больше).

Наиболее важным эффектом новой экономики может стать ее вклад в повышение эффективности компаний и производств старой экономики. Интернет делает экономическую деятельность более прозрачной, предоставляя продавцам и покупателям симметричный доступ к информации обо всех видах деятельности, содействует снижению транзакционных издержек, уменьшает размеры входных барьеров во всех отраслях. Таким образом, новая экономика приближает движение всей экономики к развитию по классическим моделям совершенной конкуренции.

Подтверждением этой возможности служат первые данные об эффективности электронной торговли: снижение уровня оптовых и розничных цен на ряд товаров, покупаемых в Интернете, по сравнению с ценами в обычных магазинах или на складах (даже с учетом стоимости доставки); снижение стоимости банковских услуг (снятие денег со счета с помощью банковского служащего обходится в среднем в 1,27 долл., с использованием банкомата – 0,27 долл., а через Интернет – 0,01 долл.) Кроме того, электронная коммерция позволяет компаниям снижать издержки в сфере материально-технического снабжения, снижать размеры запасов, повышать эффективность управления производственной деятельностью в целом. В начале 2000 г. о создании отделов электронной торговли объявили крупнейшие компании автомобильной промышленности, а затем и аэрокосмические фирмы США.

В результате накопления тенденций роста эффективности на микроуровне во второй половине 90-х годов в США произошло существенное ускорение как экономического роста, так и роста производительности труда.

Так, показатели среднегодовых темпов прироста часовой выработки в частном несельскохозяйственном секторе США возросли с 1,53 % в 1991-1995 гг. до 2,57 % в 1996-1999 гг. Более половины прироста производительности труда обусловлено вкладом информационных технологий. Аналогичные оценки получены другими авторами, в том числе специалистами министерства торговли, бюджетного управления конгресса, экономическими советниками президента США.

4. Заключение

Таким образом, главной чертой современного воспроизводства является инновация, которая обеспечивает удовлетворение перспективных потребностей. Этому соответствует модель НТП с эндогенным характером процесса. Не объемный монотонный рост является мерой развития той или иной страны, а качественное совершенствование ее воспроизведенного потенциала. Конечно, качественные характеристики трудно выразить в количественных показателях, поэтому динамический подход ориентируется не на результат, а на способы рационального эффективного достижения цели, то есть на удовлетворение новых, перспективных потребностей, преодоление ущерба от их неудовлетворенности. К числу таких потребностей относятся те, для удовлетворения которых новые продукты или услуги еще отсутствуют на рынке и которые пока что проявляются только в "узких местах" в структуре производственного и личного потребления.

В качестве перспективной потребности могут выступать и экономические противоречия в развитии любых экономических процессов во всех звеньях воспроизводства, включая технологические, социальные, духовные и т. п.

И чем динамичнее хозяйство, тем больше возникает там новшеств, рывков вперед, тем неизбежно больше и новых очагов напряжения, разрыва между вырвавшимися вперед и отстающими звеньями производства и потребления. Возникает объективная необходимость снять эти напряжения, ликвидировать разрыв, реализовать возможности новых выгод. Неиспользование этих возможностей будет ощущаться как хозяйственная диспропорция, прямая экономическая потеря, требующая своей ликвидации путем научно-технических, управленческих, социальных и др. инноваций.

Интересно, что при динамическом воспроизводстве качественный, а иногда и вызванный им количественный рост экономического потенциала может происходить и без изменений видимых показателей производства и производительности, например, в условиях структурной перестройки, качественных сдвигах в хозяйстве, сокращении продукции устаревших производств.

Так было, например, в середине 70-х – начале 80-х годов в США с показателями ВВП, когда происходило становление целого ряда новых наукоемких производств, осуществлялся переход на энергосберегающие технологии и начинались работы по нейтрализации вредных последствий научно-технического прогресса.

В отсутствии критериев качественного сдвига при оценке динамики экономического уровня страны есть опасность: можно либо принять застойное хозяйство за развивающееся при экстенсивном росте, либо не заметить крупные качественно-структурные сдвиги, которые не отражаются традиционными статистическими показателями.

Расхождения в оценках вклада НТП в экономический рост, ненадежность современных статистических методов измерения эффекта от научно-технических достижений, сложность и неоднозначность интерпретации взаимосвязей НТП – производительность, НТП – экономический рост делают прогнозирование тенденций в этой сфере на долгосрочную перспективу очень проблематичным. Представленные ретроспективные данные свидетельствуют в целом о позитивном значении этой взаимосвязи. Отдельные примеры замедления НТП или снижения его экономического эффекта не меняют общей позитивной картины. В долгосрочном аспекте высока вероятность выравнивания колебательных, конъюнктурных тенденций в наборе показателей, отражающих эту взаимосвязь. Переориентация многих направлений НТП на решение экологических, медицинских и других задач скорее приведет не к снижению его экономической отдачи в наиболее развитых странах, а к тому, что значение этой отдачи будет менее важным для них, чем решение других, неэкономических проблем научно-техническими средствами. Кроме того, несомненно, следует ожидать увеличения вклада НТП в экономический рост для большой группы стран, нынешних аутсайдеров мирового научно-технического развития. Тенденция межстранового и межрегионального выравнивания различий в уровне НТП распространится на большинство азиатских стран, охватит латиноамериканский регион, проявится в ряде государств Центральной и Восточной Европы. В целом все это приведет к усилению роли НТП в мировом экономическом развитии.

Литература

- Arrow K.Z.** The economic implications of learning by doing. *Review of Economic studies*, v.39, p.155, 1962.
Nordhaus W.D. Do real output and real wage measurements capture reality? *Cowles Foundation Discussion paper*, N 1078, 1994.
Romer P.M. Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, v.98, N 5, p.71, 1990.
Оппенлендер К. Технический прогресс: воздействие, оценки, результаты. М., Экономика, 176 с., 1981.