

“У нас, бывало, фею гнали в шею, а ныне бес вопит “Христос Воскрес!” Вот это называется прогресс!” (Б. Заходер)

### Доклад о ходе работы над диссертацией

**Тема:** Моделирование влияния инновационного сектора на темпы экономического роста.

- 1) Расчеты по методу Солоу и причинно-следственный подход.
- 2) Гибридная модель: эффективность каналов экономического роста.
- 3) Калибровка гибридной модели.
- 4) Расширение гибридной модели.

### Расчеты по методу Солоу и причинно-следственный подход [1]

Согласно расчетам по методу Солоу [2-6], значительная часть роста производительности труда статистически связана с накоплением капитала.

$$\text{Функция выпуска: } Y = A^{1-\alpha} K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1)$$

$$\text{Прирост TFP: } \dot{y}/y - \alpha(\dot{k}/k) \quad (2)$$

Притом, что экономический рост генерируется только за счет НТП, темп прироста TFP должен составлять  $1 - \alpha$  от темпа прироста производительности труда. В зависимости от трактовки капитала эта доля составляет от 30% до 70%.

### Гибридная модель: эффективность каналов экономического роста.

*Aghion P., Howitt P. (2007)*

*Производственный сектор*

$$Y(t) = \left[ \int_0^1 A(v, t) x^\alpha(v, t) dv \right] L^{1-\alpha}, \quad (3)$$

где  $x(v, t)$  - количество оборудования в секторе  $v$ , используемое в момент времени  $t$ ,  $A(v, t)$  отражает уровень технологии, качество оборудования в секторе  $v$  в момент времени  $t$ . Модель устроена так, что возможен переход к стандартной производственной функции Кобба-Дугласа (1).

Чистый прирост капитала в экономике описывается, как в модели Солоу

$$\dot{K}(t) = sY(t) - \delta K(t) \quad (4)$$

Производство оборудования в каждом секторе сконцентрировано в руках одного производителя-монополиста. Если обозначить уровень капиталовооруженности на единицу эффективного труда в момент времени  $t$  за  $m(t)$ , то прибыль, получаемую каждым монополистом, можно выразить как

$$\pi(v, t) = A(v, t) \alpha (1 - \alpha) m^\alpha(t) L \quad (5)$$

*Инновационный сектор*

Вероятность изобретения инновации в секторе  $v$  в момент времени  $t$  равна

$$\lambda n(v, t), \quad (6)$$

где  $n(v, t)$  - это затраты на НИОКР  $N(v, t)$ , скорректированные на уровень технологий

$$n(v, t) = \frac{N(v, t)}{A(v, t)} \quad (7)$$

Так как существует вероятность появления оборудования нового поколения, которое вытеснит утвердившегося производителя с рынка, дисконтированный поток ожидаемой прибыли монополиста составляет

$$\frac{\pi(v, t)}{r(t) + \lambda n(v, t)}. \quad (8)$$

В равновесии не зависимо от  $v$  уровень затрат на инновации  $n(t)$  является возрастающей функцией от капиталовооруженности на единицу эффективного труда  $m(t)$

$$n(t) = \alpha(1 - \alpha)m^\alpha(t)L - r(t)/\lambda \quad (9)$$

### Экономический рост

Осуществление инновации в секторе  $v$  в момент времени  $t$  повышает качество оборудования с  $A(v, t)$  до  $\gamma A(v, t)$ , где  $\gamma > 1$ . Поэтому темпы роста составляют

$$g(t) = \dot{A}(t)/A(t) = (\gamma - 1)\lambda n(t). \quad (10)$$

В соответствии с (9) и отрицательной связи  $r(t)$  и  $m(t)$  получаем, что темпы роста НТП положительно связаны с уровнем капиталовооруженности на единицу эффективного труда

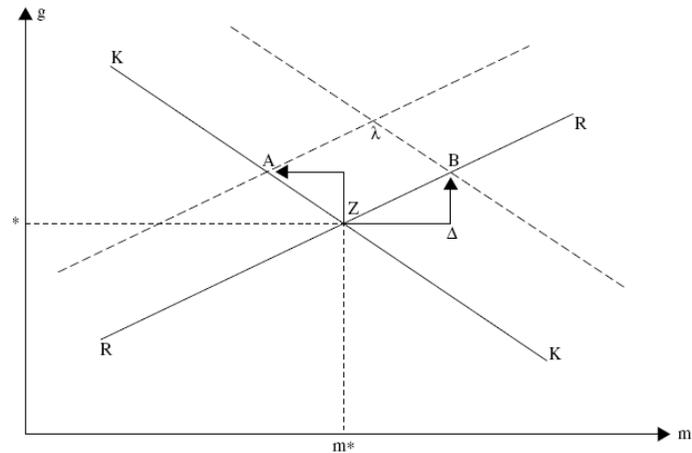
$$g(t) = (\gamma - 1)(\lambda\alpha(1 - \alpha)m^\alpha(t)L - \alpha^2 m^{\alpha-1} + \delta). \quad (11)$$

В то время как в сфере накопления  $g$  и равновесный уровень  $m$  связаны отрицательно

$$m = \left( \frac{s}{\eta + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}. \quad (12)$$

Иллюстрация равновесия модели представлена на графике 1. Решение инновационного сектора (11) представлено на графике в виде прямой RR. Равновесие в сфере накопления (12) представлено прямой KK. Независимо от того, изменились параметры инновационного сектора или сферы накопления, метод Солоу будет все так же приписывать долю  $\alpha$  факторам накопления и  $1 - \alpha$  научно-техническому прогрессу, совершенно не отражая вклад реальных причин.

График 1. Равновесие в гибридной модели



источник:

Aghion, Howitt (2007)

### Эффективность каналов экономического роста

Переход от модели Солоу к гибридной модели напрямую связан с возможностью увеличения вероятности технологических открытий за счет дополнительных расходов на НИОКР.

Модифицируем уравнение (6). Пусть параметр  $\lambda$  оригинальной модели убывает с ростом расходов на НИОКР:

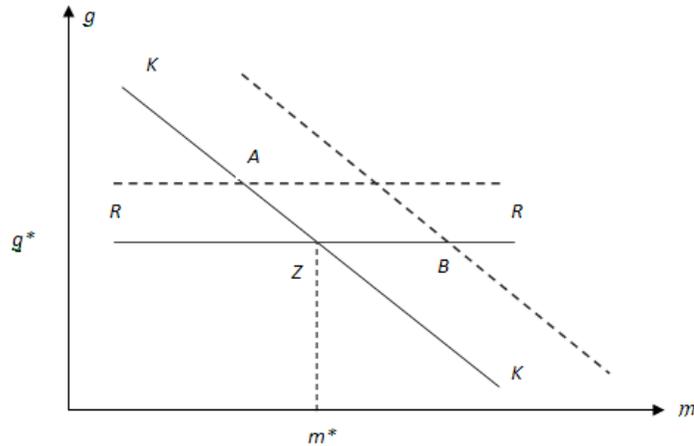
$$\lambda = \tilde{\lambda} n^{-\mu}, \quad (13)$$

Когда  $\mu = 1$ ,  $\tilde{\lambda}$  - вероятность создания инноваций, а динамика системы описывается моделью Солоу. Так как модификация уравнения (10) приводит к тому, что темпы роста зависят только от параметров инновационного сектора:

$$g(t) = (\gamma - 1)\tilde{\lambda}. \quad (14)$$

Канал нормы сбережения будет совершенно неэффективен (график 2). Чем больше  $\mu$ , тем менее эффективным будет канал сферы накопления при прочих равных.

**График 2. Равновесие в гибридной модели, случай  $\mu = 1$ .**



источник: *построен автором*

Случай  $\mu = 1$  предполагает, что темпы роста НТП упираются в ограничения, связанные с научным процессом, при этом с необходимостью находятся средства для финансирования ведения исследовательской работы. Этот случай, скорее, подходит для описания развитых стран. То есть для них более релевантна модель Солоу.

Эффект блокировки. Пусть столкновение фирмы, внедряющей новые технологии, с группами интересов, связанными со старыми технологиями, приводит к тому, что она получает только  $1/\theta$  часть потенциальной прибыли. Перепишем уравнение (9) с учетом этих условий

$$n(t) = \alpha(1 - \alpha)m^\alpha(t)L/\theta - r(t)/\lambda. \quad (15)$$

Чем большее сопротивление испытывают новаторы, тем меньше расходы на инновации и ниже темпы экономического роста. Здесь слабость общественных институтов потворствует эффекту блокировки. В случае  $\mu = 1$  эти проблемы могут быть не столь приоритетными.

*Золотое правило*

Решение задачи

$$\max_s (1 - s) m^\alpha \quad (16)$$

при ограничении, которое получается в результате пересечения (11) и (12)

$$sm^\alpha - [\eta + (\gamma - 1)[\lambda\alpha(1 - \alpha)m^\alpha(t)L - \alpha^2m^{\alpha-1} + \delta] + \delta]m = 0 \quad (17)$$

Можно показать, что  $s^{**}$  отрицательно связана с  $\lambda$ ,  $\gamma$  и  $1/\theta$ . Улучшения эффективности инновационного сектора и институциональной среды, позволяют перераспределить часть дохода в пользу потребления, не снижая темпов роста.

### Калибровка гибридной модели

- 14 стран ОЭСР (Австралия, Бельгия, Дания, Финляндия, Франция, Германия, Ирландия, Италия, Япония, Нидерланды, Испания, Швеция, США, Великобритания)

- период с 1987 по 2007 гг.

При этом на основе (10) параметр  $\lambda$  был исключен из системы уравнений

$$\lambda = \frac{g}{(\gamma - 1) \cdot n}. \quad (18)$$

Поэтому динамика системы описывалась следующими уравнениями

$$\begin{cases} \dot{m} = sm^\alpha - [\delta + g + \eta] \cdot m \\ g = \frac{\delta - \alpha^2 \cdot m^{\alpha-1}}{1 - \frac{\gamma \alpha (1-\alpha) m^\alpha}{n}} \end{cases} \quad (19)$$

Производилась калибровка параметров  $\gamma$  и  $A_0$  на основе суммы квадратов отклонений модельных и реальных значений производительности труда. неявно предполагалось, что в инновационном секторе меняется вероятность появления инноваций при фиксированной продуктивности  $\gamma$ .

После получения оценок  $\hat{\gamma}$  и  $\hat{A}_0$ , расчета динамики всех показателей, была определена траектория  $\hat{\lambda}$  по формуле (18). Была проведена межстрановая регрессия для объяснения среднего уровня  $\hat{\lambda}$  за счет среднего уровня  $n$ :

$$\lambda = 0,044n^{-1,06}, R^2 = 0,969. \quad (20)$$

Выполняется гипотеза о том, что  $\mu = 1$ . Случай  $\mu > 1$  не имеет под собой причинно-следственной интерпретации.

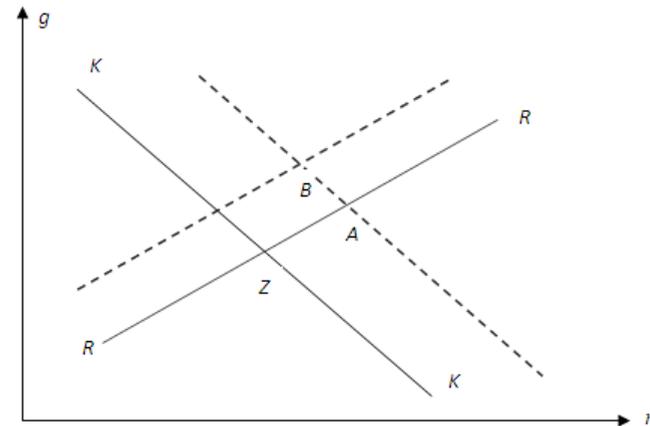
Релевантность модели Солоу для развитых стран, например, показана в известной работе Мэнкью, Ромера и Вэйла [8]. Еще более близкие результаты приведены недавней работе Агийона, Комина, Хоуитта и Теку (Aghion, Comin, Howitt, Tesu) [7]. Согласно этой работе, норма сбережения не влияет на темпы экономического роста в развитых странах, но при этом является значимым фактором для развивающихся. Интерпретация результатов основана на модели технологической границы. Новые знания приходят в страну с прямыми иностранными инвестициями в совместные венчурные проекты. При этом национальные сбережения выступают важным фактором для привлечения иностранных инвесторов, для решения проблемы “принципал-агент”.

### Расширение гибридной модели.

Различия подходов к интерпретации влияния нормы сбережения на экономический рост проиллюстрированы на графике 3. Рост нормы сбережения в оригинальной гибридной модели приводит к переходу экономики в новое

равновесие из точки Z в точку A. В то время как Агийон, Комин, Хоуитт и Теку фактически утверждают, что рост нормы сбережения приведет к улучшению параметров инновационного сектора: переход из точки A в точку B.

**График 3. Равновесие в гибридной модели: привлечение иностранных инвестиций.**



источник:

построен автором

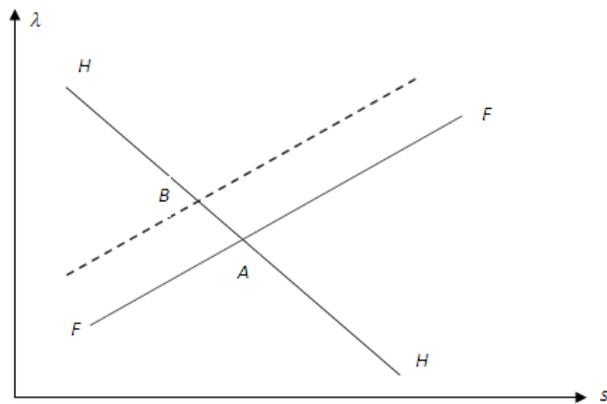
На основе этой идеи проведем расширение гибридной модели для развивающихся стран. Пусть норма сбережения определяется по золотому правилу оригинальной гибридной модели

$$s = f(\lambda, \theta). \quad (21)$$

Не теряя общности, из инновационных параметров будем рассматривать только  $\lambda$ . В соответствии с решением задачи (16)  $s'(\lambda) < 0$  и  $s'(\theta) > 0$ .

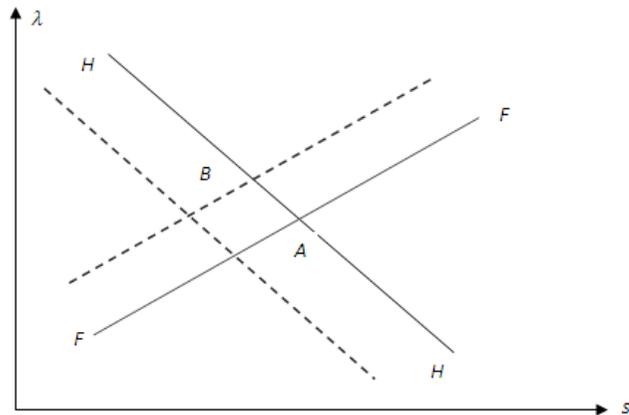
Страна получает новые технологические знания в форме прямых иностранных инвестиций, поэтому эффективность инновационного сектора

График 4. Равновесие в расширенной модели: рост  $\varepsilon_r$ .



источник: построен автором

График 5. Равновесие в расширенной модели: улучшение институтов.



источник: построен автором

$$\lambda = f(s, \varepsilon_r, \theta). \quad (22)$$

будет функцией от нормы сбережения, реального обменного курса и развития институциональной среды, сдерживающей эффект блокировки. При этом  $\lambda'(s) > 0$ ,  $\lambda'(\theta) < 0$  и  $\lambda'(\varepsilon_r) > 0$ .

Согласно работе аналитиков Мирового Банка Монтиэля и Сервена (Montiel, Servén) [9], есть два направления для объяснения этой связи. Первое предполагает существование эффекта обучения на опыте (learning by doing) и схожих с ним эффектов в экспортных отраслях, получающих преимущество при снижении реального курса национальной валюты. Второе основывается на стимулировании сбережений за счет улучшения счета текущих операций при снижении реального обменного курса.

Однако эмпирические исследования не обнаруживают влияния реального обменного курса на экономический рост посредством канала нормы сбережения. Выводы, полученные в рамках расширенной гибридной модели, представляют потенциальное объяснение этому факту.

### Выводы

- 1) Существование связи экономического роста и нормы сбережения объясняется возможностью осуществления технологических прорывов за счет роста расходов в инновационном секторе. Поэтому для развитых стран более релевантна модель Солоу.
- 2) Улучшения эффективности инновационного сектора и институциональной среды, позволяют перераспределить часть дохода в пользу потребления, не снижая темпов роста.
- 3) Калибровка для развитых стран подтвердила гипотезу из пункта 1.
- 4) Расширение гибридной модели раскрывает механизмы влияния реального обменного курса и институциональной среды на экономический рост: рост реального курса и улучшение институтов ведут к перераспределению ресурсов в пользу потребления без снижения темпов экономического роста.

## Литература

- 1) Aghion P., Howitt P.(2007) Capital, innovation and growth accounting// Oxford Review of Economic Policy, Volume 23, Number 1, 2007, pp.79–93
- 2) Young, Alwyn (1998) “Growth Without Scale Effects.” Journal of Political Economy, 106, pp. 41-63.
- 3) Young, Alwyn (1998) “Growth Without Scale Effects.” Journal of Political Economy, 106, pp. 41-63.
- 4) Z. Griliches (1994) 'Productivity, R&D, and the data constraint,' American Economic Review 84, 1-24
- 5) Prescott, E.C., (1998) 'Needed a theory of total factor productivity,' International Economic Review 39, 525-51
- 6) Lipsey, R. G. and Carlaw, K. I. (2004). ‘The measurement of technological change’, The Canadian Journal of Economics, vol. 37(4), pp. 1118–50.
- 7) Philippe Aghion & Diego Comin & Peter Howitt & Isabel Tecu, 2009. "When Does Domestic Saving Matter for Economic Growth?" Harvard Business School Working Papers 09-080, Harvard Business School.
- 8) Mankiw, N. G., Romer, D., and Weil, D. (1992), ‘A Contribution to the Empirics of Economic Growth’, Quarterly Journal of Economics, 107, 407–37.
- 9) Peter J. Montiel, Luis Servén (2008), ‘Real Exchange Rates, Saving and Growth: Is There a Link?’, The World Bank Policy Research Working Paper 4636
- 10) Solow, R. The last 50 years in growth theory and the next 10// Oxford Review of Economic Policy, Volume 23, Number 1, 2007, pp.3–14