

**В.Е. Дементьев**

Центральный экономико-математический институт РАН, Москва

## Обновление технологической базы экономики и реальные процентные ставки

**Аннотация.** В статье обосновывается положение, согласно которому влияние реальных процентных ставок на экономику зависит от того, на каком этапе технологического развития она находится. Предложена концептуальная модель технологических изменений, допускающая использование заемного капитала в качестве средства ускоренного обновления технологической базы производства. Основные утверждения поясняются с помощью расчетов по этой дискретной модели, в которой выделены последовательные фазы технологического развития экономической системы. В период активного освоения новых технологий широкого применения наращивание инвестиций в такие технологии может сочетаться с ростом процентных ставок. Обращается внимание на то, что политика низких процентных ставок не способна компенсировать исчерпание возможностей старых технологий широкого применения, когда новые еще не обеспечивают радикального обновления технологической базы производства. Траектории, полученные из расчетов по модели, сопоставляются с эволюцией реальной процентной ставки и доли частных жилищных инвестиций в ВВП США в период 1961–2021 гг. Динамика рассматриваемых показателей свидетельствует о том, что, когда в повестке дня – структурные сдвиги в производстве, от экономической политики требуется дифференцированный подход к отдельным звеньям экономики.

**Ключевые слова:** технологическое развитие, инвестиции, реальная ставка процента, исследования и разработки, модель IS-LM.

Классификация JEL: E43, E52, E66, O23, O41.

Для цитирования: **Дементьев В.Е.** (2023). Обновление технологической базы экономики и реальные процентные ставки // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 3 (60). С. 104–119.

DOI: 10.31737/22212264\_2023\_3\_104-119

EDN: LBKSGQ

### Введение

Многие рекомендации в области экономической политики исходят из того, что активизация инвестиций происходит по мере удешевления кредитов. У таких рекомендаций есть разные теоретические оправдания. В частности, снижение инвестиций/выпуска при росте процентных ставок может аргументироваться удорожанием фирм (Jorgenson, 1963; Tobin, 1969), ростом стоимости невозвратных инвестиций (Bertola, Caballero, 1994).

На существование обратной зависимости между процентными ставками и инвестициями в производство обычно ориентировано изложение макроэкономики в учебниках (например, (Blanchard, 2017)). Такой предстает связь инвестиционного спроса и процентных ставок при стандартном объяснении экономической активности с помощью модели IS-LM<sup>1</sup>, даже в продвинутых курсах макроэкономики, например в (Ромер, 2015).

Однако реальная связь между процентными ставками и инвестициями намного сложнее. Так, весьма продолжительный период сохранения в Японии низких процентных ставок часто из-за затяжной рецессии называют потерянными 30 годами (Yamaguchi Y., Yamaguchi K., 2022). После 2008 г. и до 2017 г.

<sup>1</sup> Модель IS-LM – неокейнсианская макроэкономическая модель, которая описывает общее макроэкономическое равновесие в закрытой экономике как результат одновременного равновесия на товарном (кривая IS) и денежном (кривая LM) рынках.

включительно подобная ситуация наблюдалась во многих странах ОЭСР. При этом на низком уровне оставалась доля инвестиций в ВВП. Как констатируется в (Drobyshevsky et al., 2017, p. 3), «механизмы и направление взаимосвязей между процентными ставками и экономической активностью чрезвычайно трудно исследовать». При этом «особый интерес представляет ответ на вопрос о том, действительно ли только низкие процентные ставки могут сопутствовать экономическому росту или же в условиях высоких ставок рост также возможен» (Дробышевский и др., 2016, с. 30).

Учебник Н.Г. Мэнкью в редакции 1992 г. (российское издание 1994 г.) обращает внимание на то, что «экономисты, которые рассматривают макроэкономические данные, обычно не могут обнаружить очевидную связь между инвестициями и процентными ставками. В те годы, когда ставки процента высокие, инвестиции не всегда оказываются низкими. В те же годы, когда ставки низкие, инвестиции не обязательно высокие» (Мэнкью, 1994, с. 134–135). Возникновение таких ситуаций объясняется, в частности, изменениями в технологической сфере. Появление новой технологии способно повысить инвестиционный спрос, а с ним – и процентные ставки. Н.Г. Мэнкью пишет о сложности установления зависимости между переменными, если связи между ними многообразны, как о проблеме идентификации (*identification problem*). В более поздних изданиях учебника Н.Г. Мэнкью, в частности в девятой редакции (Mankiw, 2016), такой комментарий отсутствует, а о проблеме идентификации даже не упоминается.

Анализ модели IS-LM обычно охватывает последствия сдвигов кривой IS. При этом речь идет о сдвигах экзогенной природы, что оправдано ориентацией модели на выявление краткосрочных эффектов изменения экономических условий. Однако задачи исследования факторов экономического развития выходят за рамки анализа его чувствительности к экзогенным шокам. Процессы эндогенного технологического развития производства пока слабо представлены в современных исследованиях макроэкономических эффектов изменения процентных ставок. Сохраняется дистанция между теоретическими основаниями таких исследований и концепциями, связывающими экономическую динамику с последовательным формированием все новых технологий широкого применения со сменой доминирующих технологических укладов. Д. Ромер следующим образом комментирует исключение этих концепций из макроэкономического анализа: «Поскольку в динамике выпуска не наблюдается никакой регулярности, современная макроэкономика больше не рассматривает колебания как комбинацию детерминированных циклов разной длины» (Ромер, 2015, с. 231).

В настоящей статье речь идет о том, что при анализе влияния процентных ставок необходимо учитывать долговременные закономерности технологического развития, не жестко детерминированное, но периодическое обновление технологической базы производства. В этой связи на примере экономики США рассматриваются периоды однонаправленного изменения процентных ставок и доли частных нежилищных инвестиций в ВВП. Предложена концептуальная модель технологического развития, в которой заемный капитал представлен как средство ускоренного обновления технологической базы производства. Выполнены иллюстративные расчеты по этой модели.

## 1. Обзор литературы

В значительной части труда Дж.М. Кейнса «Общая теория занятости, процента и денег» анализ связи процентных ставок и инвестиций ведется преимущественно в краткосрочном аспекте, т.е. в предположении, что не происходит смещения графика инвестиционного спроса, или иначе – графика предельной эффективности капитала. Вместе с тем, сам Кейнс обращает внимание на «воздействие, которое оказывают на предельную эффективность капитала ожидаемые в будущем изменения издержек производства – будь то в результате изменений в цене труда (т.е. в единице заработной платы) или в результате нововведений и перестройки технологии» (Кейнс, 1978, с. 205). Рассматривая побуждение к инвестированию, Кейнс пишет, что «предельная эффективность капитала определяется здесь с точки зрения ожидаемого дохода и текущей цены предложения капитального имущества. Она зависит от нормы дохода, которую рассчитывают получить, вкладывая деньги во вновь произведенное имущество...» (там же, с. 200). Когда имущество приобретает за счет заемных средств, норма дохода оказывается в зависимости от нормы процента.

Следует заметить, что Кейнс в ряде положений учитывает сложную систему связей, в которую встроена норма процента, что придает ее влиянию неоднозначный характер. Рассматривая сопряженность результатов действия таких определяющих факторов, как склонность к потреблению, график предельной эффективности капитала и норма процента, Кейнс отмечает, что «указанные факторы сами очень сложны, и каждый из них может испытывать влияние предполагаемых изменений других параметров» (там же, с. 250). В связи с ожидаемыми эффектами падения нормы процента Кейнс пишет, что «некоторое депрессивное влияние все же возможно» (там же, с. 208).

Концепция Кейнса, в принципе, допускает увеличение масштабов инвестиций на фоне повышения нормы процента при условии, что отдача от инвестиций растет быстрее нормы процента. «Стимул к расширению выпуска определяется тем, насколько предельная эффективность капитала растет относительно нормы процента» (там же, с. 207), а не абсолютным значением этой нормы. Важно как меняется дистанция между предельной эффективностью капитала, определяющей условия, на которых предъявляется спрос на ссудные капиталы, необходимые для новых инвестиций, и нормой процента, характеризующей условия, на которых в данный момент предлагаются эти капиталы.

С технологической точки зрения увеличение этой дистанции может быть следствием появления капитального имущества с высоким потенциалом роста капиталоотдачи. При наличии разных видов капитального имущества в качестве предельной эффективности капитала в целом Кейнс принимает предельную эффективность капитала того вида имущества, у которого эта эффективность наибольшая (там же, с. 199–200). Когда технологическая структура экономики, а с ней и график предельной эффективности капитала фиксированы, при последовательном увеличении инвестиций они «подтягиваются к точке, в которой предельная эффективность капитала становится равной норме процента» (там же, с. 251). Стимулы для дальнейшего наращивания инвестиций за счет ссудного капитала исчезают.

У Кейнса можно найти и институциональные основания для возникновения рассматриваемой дистанции. Он отличает инвестора-спекулянта от инвестора-предпринимателя. Кейнс применяет «термин спекуляция для обозначения действий, имеющих целью прогноз психологии рынка, и термин предпринимательство для обозначения действий, имеющих целью прогноз ожидаемого дохода от имущества за весь срок его службы...» (там же, с. 223). О спекулянтах говорится, что они больше заняты «предвосхищением ближайшего изменения настроений рынка, чем обоснованной оценкой будущей доходности капитальных товаров» (с. 388). «В отношении долгосрочных капиталовложений вполне естественно и разумно, что расчеты на перспективу играют доминирующую роль при определении оптимальных размеров новых инвестиций» (с. 388).

С тех пор как Хикс в 1937 г. представил ряд взаимосвязей теории Кейнса в виде модели IS-LM, модель претерпела несколько изменений. Эволюция этих изменений охарактеризована, в частности, в (Szomolányi, Lukáčik, Lukáčiková, 2016; Vercelli, 1999). Модель стала учитывать ожидания экономических агентов уровня инфляции и выпуска продукции, расхождение между номинальной и реальной процентными ставками. В представленной в (King, 2000) новой трактовке кривой IS ожидаемые будущие доходы (будущий объем производства) являются ключевым фактором, определяющим текущий объем производства. Вместе с тем и в модифицированном виде кривая IS сохраняет отрицательную зависимость выпуска от реальной процентной ставки. При этом новая модель IS-LM абстрагируется от инвестиций и капитала. Одновременно высказывается опасение, что отсутствие инвестиций и капитала в новой модели IS-LM может быть важным, если не фатальным, недостатком, что требует более детального анализа.

Как известно, недостаточный учет роли денежных факторов вызвал критику модели IS-LM со стороны представителей монетаризма (Bordo, Schwartz, 2003). Еще в 1960-е и 1970-е годы К. Бруннер и А. Мельцер в ряде публикаций представили разные варианты модели, существенно отличающейся от стандартной IS-LM. Так, модель в (Brunner, Meltzer, 1972) охватывает кредитный рынок, два рынка активов и три цены – цены на реальные активы, финансовые активы и текущую продукцию. Экономические агенты могут выбирать между деньгами, облигациями, реальным капиталом и текущими расходами. Рост спроса или предложения на рынке продукции вызывает повышение или снижение цен, но не приводит к мгновенному восстановлению равновесия. При всех отличиях модели Бруннера–Мельцер от стандартной модели IS-LM их объединяет то, что в обеих моделях эластичность реального выпуска частного сектора по рыночной норме процента является отрицательной, изменения производительности происходят в результате случайных событий.

В современных представлениях о механизме влияния процентных ставок большое место занимают динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE). В ходе своего развития эти модели эволюционировали от теории реального делового цикла (Kydland, Prescott, 1982) к новой кейнсианской теории. Примером такой модификации может служить модель, содержащаяся в (Galí, Gertler, 2007). Некейсианские DSGE-модели приобрели к настоящему времени значительную популярность, чему способствовало их использование центральными банками. Так, Европейский центральный банк (ЕЦБ) для ана-

лиза экономики еврозоны использует модель DSGE, представленную в (Smets, Wouters, 2003). Демонстрируемая этими моделями отрицательная связь между выпуском и реальной процентной ставкой фактически воспроизводит характер влияния этой ставки на инвестиции в стандартной модели IS-LM.

После кризиса 2007 г. на DSGE-модели обрушилась критика, сосредоточенная на неспособности этих моделей предсказывать кризис. Как сказано в (Galí, 2018, p. 1), «тонны боеприпасов были выпущены против современной макроэкономики в целом и против динамических стохастических моделей общего равновесия, которые основаны на новой кейнсианской концепции в частности <...> Несмотря на эти критические замечания, новая кейнсианская модель, возможно, остается доминирующей основой в обучении, в академических исследованиях и в моделировании политики». Приходится, однако, констатировать, что эндогенное технологическое развитие в моделях DSGE, как правило, не представлено. Технологический прогресс в этих моделях может приниматься во внимание в рамках анализа шоков производительности, может экзогенно закладываться в модель в виде технологического тренда как, например, в (Крепцов, Селезнев, 2018). Как следствие, модели DSGE в существующем виде не позволяют выяснить концептуальную совместимость эндогенного радикального обновления технологической базы экономики и роста процентных ставок.

Необходимость осмысления такой совместимости видна из ряда эмпирических исследований, обнаруживающих увеличение инвестиций в бизнес на фоне роста стоимости капитала. Эти исследования, в частности, показали, что движущей силой однонаправленного изменения рассматриваемых параметров в начале 1980-х годов было повышение доходности капитала (Barro, Martin, 1990). Несмотря на имеющиеся вполне однозначные теоретические ориентиры, в эмпирических работах сообщается о трудностях в определении чувствительности инвестиций к процентной ставке или, в более общем плане, – к стоимости капитала для пользователя (Baldi, Lange, 2019). Согласно результатам этого же исследования шоки, связанные с повышением процентных ставок, в прошлом стимулировали реальные инвестиции, а в последние десятилетия такое воздействие стало неоднозначным. Эмпирический анализ влияния процентных ставок на инвестиции в китайской провинции Цзянсу показал, что оно существует, но весьма слабое, и это влияние различается в зависимости от отрасли (Su-yuan, Khurshid, 2015).

В (Дробышевский и др., 2016) обобщение зарубежного опыта привело к выводу о том, что высокие номинальные и реальные ставки процента могут не препятствовать экономическому росту в условиях низких инфляционных ожиданий, привлекательности экономики для внешних инвесторов, эффекта технологического трансферта, накопления внутренних сбережений. Представленные там же эконометрические расчеты на российских данных показали, что повышение фактически реализованных (ex post) ставок процента не влияет на динамику выпуска и его составляющих.

Снижение в последнее время чувствительности экономики к процентным ставкам отмечается в (Cao, Willis, 2015). Анализ австралийских фирм показал, что решения многих из них о капитальных затратах напрямую не зависят от изменений процентных ставок, поскольку изначально принимаются из рас-

чета высокой нормы прибыли. Вместе с тем отмечается, что процесс принятия решений часто очень субъективен, так что «животный дух» (animal spirits) может играть важную роль (Lane, Rosewall, 2015). В еще одном исследовании компаний Австралии утверждается, что «существует значительная отрицательная взаимосвязь между процентными ставками конкретных компаний и их инвестициями, взаимосвязь, которую трудно установить с помощью агрегированных данных временных рядов» (Hamburg, La Cava, 2018, p. 20).

Снижение чувствительности инвестиций к процентным ставкам особенно заметно для Соединенных Штатов Америки (Baldi, Lange, 2019). Опросы финансовых директоров о влиянии на их инвестиционные планы ожидаемых изменений процентных ставок показали, что для большинства фирм инвестиции крайне не чувствительны к снижению процентных ставок и лишь незначительно более чувствительны к повышению. Сами фирмы в качестве объяснения такого поведения указывают на достаточные запасы наличных средств (Sharpe, Suarez, 2021).

Что касается анализа влияния процентных ставок с помощью моделей экономического роста, то лишь в немногих из этих моделей представлен механизм кредитования производственного сектора экономики. Некоторые из таких моделей нацелены на описание не шумпетеровской динамики технологического развития, а на анализ экономического роста при неизменных технологиях производителей. При этом фиксированным может приниматься и процент по займам — как в (Голубовский, Поманский, 1994). В (Балацкий, 2003) ставка процента за кредит является объектом оптимизации, однако взятый кредит расходуется только для наращивания массы основных фондов и не используется для их реконструкции, модернизации или обновления. Важным результатом является то, что при включении в модель процессов кредитования производителей (Балацкий, 2003) или потребителей (Reisenbichler, Wiedemann, 2022) экономический рост может усиливаться.

Однако в шумпетеровской модели экономического развития (Aghion, Howitt, 1992; Acemoglu, Cao, 2015; Leonidov, Vasilyeva, 2020), как правило, не представлена кредитная составляющая его финансирования. Однако большим достоинством ряда таких моделей (Полтерович, Хенкин, 1988; Хенкин, Шананин, 2014; Полтерович, 2017) является описание смены технологической базы производства с помощью логистических функций. Использование этих функций позволяет существенно приблизить к реальности моделирование процесса распространения инноваций.

В настоящей статье предлагается упрощенная модель технологического обновления производства, в которой переход производства на новую технологическую базу, наращивание выпуска продукции, соответствующего этой базе, обеспечивается как путем реинвестирования бизнесом части собственных доходов, так и за счет привлечения кредитных ресурсов при меняющейся процентной ставке. Когда рост капиталоотдачи сменяется ее снижением, это служит сигналом для инвестирования в исследования и разработки, ведущие к радикальным инновациям. С формированием таким образом нового технологического потенциала начинается очередной этап (цикл) шумпетеровской динамики. Модель демонстрирует, что в такой динамике возможно существование периодов, когда наращивание инвестиций происходит при росте процентных ставок.



Кроме того, модель позволяет сопоставить две траектории развития, одна из которых формируется при использовании заемных средств, другая – без их привлечения.

## 2. Описание модели технологического обновления производства

Модель имеет дискретный характер, причем единичные циклы группируются в последовательные фазы развития экономической системы.

*Фаза 1:* форсированное освоение новой технологической базы, в рамках которой для ускоренного наращивания производственного капитала привлекаются кредитные ресурсы.

*Фаза 2:* увеличение выпуска продукции на основе имеющегося технологического потенциала без использования заемных средств.

*Фаза 3:* продолжение производства с перемещением накапливаемых ресурсов в сферу исследований и разработок.

*Фаза 4:* повторение фазы 1, но уже на основе новых технологий, полученных на предшествующей фазе 3.

При описании как сферы производства, так и сферы исследований и разработок используются логистические функции.

Технологической базе, с которой начинается моделируемый процесс развития, соответствует логистическая функция

$$Y_1(t) = A_1 / (1 + d e^{-bK_1(t)}),$$

где  $A_1$  – характеризует технологический потенциал производства;  $Y_1(t)$  – выпуск продукции в момент  $t$ ;  $K_1(t)$  – используемый для этого выпуска капитал;  $d, b$  – фиксированные параметры производственной функции.

При описании динамики капитала для простоты изложения допустим, что он не изнашивается.

В рамках фазы 1 эту динамику определяют следующие соотношения:

$$K_1(t) = \Phi_1(t) + m_1(t),$$

где  $m_1(t)$  – часть капитала  $K_1(t)$ , сформированная за счет кредита соответствующей величины;  $\Phi_1(t)$  – часть капитала  $K_1(t)$ , формируемая по результатам деятельности в предшествующем единичном цикле:

$$\Phi_1(t) = K_1(t-1) - (1 + r_1(t-1))m_1(t-1) + sY_1(t-1),$$

$s$  – доля выпуска, направляемого на накопления, принимается фиксированной;  $r_1(t-1)$  – ставка процента по кредиту, использованному для выпуска  $Y_1(t-1)$ . Кредит предоставляется на один цикл.

Ставка по кредиту  $r_1(t)$  определяется на уровне, соответствующем предельной отдаче капитала при его величине  $\Phi_1(t)$ , т.е. до получения нового кредита

$$1 + r_1(t) = dbA_1 e^{b\Phi_1(t)} / (d + e^{b\Phi_1(t)})^2.$$

Использование заемных средств помогает получить эффект масштаба производства. С этих позиций привлечение кредитных ресурсов оправдано, если только объемы выпуска еще не достигли уровня, с которого производство характеризуется убывающей эффективностью масштабов. Смена возрастающей эффективности масштабов производства на убывающую эффективность происходит в точке перегиба логистической кривой.

Фаза 2 начинается, когда выпуск достигает или начинает превышать уровень  $0,5A_1$ , соответствующий этой точке перегиба.

Предельную отдачу в точке перегиба производственной функции с потенциалом  $A_1$  обозначим через  $R_1$ :  $R_1 = bA_1 / 4$ . Обозначим  $r_1 = R_1 - 1$ .

Объем привлекаемых кредитных ресурсов определяется с учетом разницы между текущей предельной отдачей и предельной отдачей в точке перегиба производственной функции  $m_1(t) = (r_1 - r_1(t))\Phi_1(t)$ .

Фаза 2 соответствует динамика капитала  $K_1(t) = K_1(t-1) + sY_1(t-1)$ . Фаза 2 завершается, когда предельная отдача от капитала опускается ниже единицы, т.е. при  $1 > dbA_1 e^{bK_1(t)} / (d + e^{bK_1(t)})^2$ .

Фаза 3 начинается со следующего цикла и характеризуется переориентацией инвестиций на исследования и разработки, призванные обеспечить переход производства на более высокий технологический уровень  $A_2$ .

Формирование нового технологического потенциала вследствие наращивания результатов деятельности сферы НИОКР моделируется с помощью логистической функции  $A_2(t) = A_2 / (1 + d_n e^{-b_n K_n(t)})$ , где  $d_n$ ,  $b_n$  – фиксированные параметры производственной функции;  $K_n(t)$  – капитал сферы НИОКР. Его накопление происходит согласно формуле  $K_n(t) = K_n(t-1) + sY_1(t-1)$ .

Фаза 3 завершается, когда значение  $A_2(t)$  становится достаточно близким к  $A_2$ . Обозначим такое  $A_2(t)$  через  $A_2(\tau)$ . После этого наступает перерыв в пополнении капитала сферы исследований и разработок.

Накапливаемая часть продукции  $sY_1(t)$  последнего цикла фазы 3 направляется уже на формирование капитала производства по технологии  $A_2$ .

Фаза 4 в принципе соответствует фазе 1 и характеризуется развитием производства на новой технологической базе

$$Y_2(t) = A_2(\tau) / (1 + d_2 e^{-b_2 K_2(t)}).$$

Сохраняется производство и на старой технологической базе, однако его капитал не пополняется, а все накопление направляется в производство по новой технологии. При учете в модели выбытия капитала (износа основных производственных фондов) производство по старой технологии будет сокращаться.

На практике часть старых производств с появлением новых технологий широкого применения радикально меняют свой технологический характер. Так происходит, в частности, при роботизации традиционных отраслей, при смене их базовых технологий (переход на электрическую тягу железнодорожного и автомобильного транспорта). Такая трансформация может быть учтена в модели через перемещение части капитала из  $K_1$  в  $K_2$ .

### 3. Иллюстративные расчеты по модели

Значения исходных данных указаны в таблице, представляющей динамику рассчитываемых параметров иллюстративной модели (табл. 1).

Результаты расчетов по модели, когда заемные средства не привлекаются, частично представлены в табл. 2. Все фиксированные параметры имели в этих расчетах такие же значения, какие указаны в табл. 1.

Суммарный выпуск за 17 циклов по траектории с привлечением заемных средств (траектория 1) составил 243,5. При этом подрос ресурсный потенциал кредиторов. Суммарно в качестве процентов они получили 0,743.

Суммарный выпуск за 17 циклов по траектории с технологическим обновлением производства, но без использования заемных средств (траектория 2),





Таблица 2

Траектория технологического развития без использования заемных средств

Цикл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$K_1(t)$	2,50	3,14	3,92	4,89	6,14	7,75	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82	9,82
$Y_1(t)$	3,21	3,90	4,86	6,22	8,07	10,34	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53	12,53
$A_2(t)$								6,43	12,79	20,08	25,40	28,13	29,29
Цикл	14	15	16	17									
$Y_1(t)$	12,53	12,53	12,53	12,53									
$A_2(\tau)$	29,29	29,29	29,29	29,29									
$K_2(t)$	2,51	5,01	8,79	13,12									
$Y_2(t)$	6,32	9,15	14,40	20,41									

составил 224,7. Оцениваемый только по выпуску продукции эффект привлечения кредитов для ускорения технологического развития составил 18,8.

Если бы все 17 циклов использовался потенциал только первой технологии, то, даже с привлечением заемных средств на начальных циклах, совокупный выпуск составил бы 208,3.

#### 4. Обсуждение модели и расчетов по ней

Предложенная модель допускает интерпретации в качестве описания развития объектов микро-, мезо- и макроэкономики.

Сопоставление полученных траекторий 1 и 2 позволяет прокомментировать гипотезу о нейтральности денег (neutrality of money). В соответствии с этой гипотезой рост денежного предложения в долгосрочном периоде не воздействует на реальную экономическую активность (экономический рост и занятость), а лишь ведет к повышению общего уровня цен и заработных плат.

Одним из источников прироста денежной массы является кредитный канал. В рассматриваемой модели в результате использования этого канала был получен долгосрочный эффект в виде прироста выпуска продукции. Это позволяет заключить, что ограниченный прирост денежного предложения (в модели он был не краткосрочным, а продолжался четыре цикла в фазе 1) способен позитивно влиять на экономический рост. Вместе с тем расчеты по модели показывают, что попытка более активно использовать кредитный канал в конце фазы 1 приводит к ухудшению экономических результатов. Модельные аргументы в пользу ненейтральности денег уже были представлены в (Маевский, Малков, Рубинштейн, 2019). На нарушение нейтральности денег обращается внимание и при изложении новой кейнсианской модели (Gali, 2018).

Модель технологического обновления производства соответствует ситуации, когда в экономике действует два типа агентов: во-первых, рантье, в качестве которых могут рассматриваться и кредиторы, во-вторых, предприниматели. Если для рантье ориентиром служит текущая доходность капитала, то предприниматель исходит из возможностей очередного шага в реализации потенциала используемой технологии. Для предпринимателей эти возможности уже не просто рациональные ожидания, а фактически — руководство к действию.

В модели не представлен в явном виде потребительский сектор, однако учитывается, что часть продукции предназначена для этого сектора. Реализация растущих объемов выпуска предполагает увеличение денежной массы, включая (по Кейнсу) ее транзакционную и спекулятивную составляющие.

Эволюция кейнсианской модели привела к формированию модели IS-LM с ожиданиями (expectational IS-LM model), в которой изменения макроэкономических переменных отражают влияние рациональных ожиданий (King, 2000). Так, текущее изменение уровня цен может быть связано с ожидаемой будущей инфляцией и с ожидаемым изменением уровня загрузки мощностей.

Если следовать подобной логике, то допустимо представить, что динамика цен в модели технологического обновления производства формируется под влиянием фактического роста денежной массы и ожидаемого роста выпуска:

$$\frac{p(t)}{p(t-1)} = \delta \left[ \frac{M(t)}{M(t-1)} - \gamma \left( \frac{Y(t+1)}{Y(t)} \right) \right],$$

где  $M(t)$  – денежная масса;  $p(t)$  – цены;  $\delta$  – параметр инерционности цен;  $\gamma$  – параметр влияния соответствующих ожиданий.

Снижение капиталоотдачи в период активизации сферы исследований и разработок можно рассматривать как иллюстрацию парадокса Солоу, но применительно не к производительности труда, на что указал Р. Солоу, а к капиталоотдаче. Ее падение сказывается на цене активов. Инерционность ожиданий относительно динамики капиталоотдачи играет, как известно, весьма существенную роль в формировании финансовых кризисов. При этом стремление снизить процентные ставки, чтобы предотвратить резкий крах этих ожиданий и стимулировать экономический рост в условиях исчерпания потенциала освоенных технологий, способно привести к противоположному результату.

Обычно изложение стилизованных фактов предшествует их модельному обобщению. В настоящей статье обращение к реальным данным происходит после моделирования экономической динамики, поскольку фактическая информация ограничивается данными по одной стране, а именно США. Фокусирование внимания на экономике этой страны связано с тем, что моделирование шумпетеровской динамики хотя и охватывает процессы имитации (Lucas, Moll, 2014), преимущественно ориентировано на эндогенный экономический рост. С точки зрения эндогенного технологического развития экономика США является в настоящее время наиболее подходящим объектом анализа эмпирических данных. Динамика доли частных нежилищных инвестиций и реальной процентной ставки в США представлена на рисунке.

На рисунке хорошо видно существование в экономике США периодов, когда доля частных нежилищных инвестиций в ВВП увеличивалась на фоне роста реальной процентной ставки. Один из таких периодов приходится на вторую половину 1970-х годов, когда нефтяные шоки побудили использовать энергосберегающие технологии, а микроэлектроника стала широко внедряться во многие существующие отрасли, в частности активизировалось вытеснение электронных ламп транзисторами. Вторая половина 1990-х – период, когда микроэлектронные технологии послужили основой для радикальных, а не только для улучшающих, инноваций, когда рынки новых продуктов и услуг (мобильные телефоны,

**Рисунок**

Реальная процентная ставка и доля частных нежилищных инвестиций в ВВП США, %

Источник: рассчитано по данным US Bureau of Economic Analysis, World Development Indicators.

Интернет и др.) приобрели массовый характер. Эти периоды соответствуют фазам 1 и 4 в модели технологического обновления производства, иллюстрирующей возможность роста инвестиций на фоне повышения реальных процентных ставок. Понятно, что расчеты по модели имеют условный характер, но, как показано в (Дементьев, 2021), использование многофазной модели технологического развития позволяет получить траекторию фондоотдачи, весьма близкую по конфигурации к реальной траектории фондоотдачи частных основных производственных фондов в экономике США.

### Заключение

С помощью расчетов по предложенной модели легко убедиться в том, что, даже если уже имеются технологии, способные в принципе обеспечить высокий темп роста, существует уровень процентных ставок, при превышении которого заемные средства теряют привлекательность для расширения производства. Как следствие, утрачивается возможность его форсированного наращивания на основе этих технологий. Очевидно, что использование кредитов теряет смысл, если ставка по ним соответствует предельной отдаче в точке перегиба производственной функции, т.е. если  $1+r(t) = R$ .

Однако все усилия активизировать экономический рост с помощью снижения процентных ставок окажутся безуспешными, если потенциал имеющейся технологической базы близок к исчерпанию, а запас готовых к коммерциализации научно-технических разработок недостаточен для принципиального обновления этой базы. Вялые темпы развития при весьма низких процентных ставках стали своего рода визитной карточкой *инновационных пауз*, возникающих с исчерпанием возможностей старых и запаздыванием новых технологий широкого применения (Полтерович, 2009). Фактором, сдерживающим радикальные инновации, может быть стремление окупить вложения в устаревающую технологическую базу производства (Дементьев, 2011), чему способствуют низкие процентные ставки.

Экономия на развитии собственного сектора исследований и разработок какое-то время позволяет поддерживать экономический рост, используя заим-

ствование технологий, – важный ресурс догоняющего развития. Однако на пути приближения к передовым технологическим рубежам догоняющие страны поджидает ловушка среднего дохода. Существование этой ловушки чаще всего связывают с ростом заработной платы, который сказывается на конкурентоспособности продукции. Следует иметь в виду, что в основе возникновения такой ситуации находится ловушка технологического иждивенчества, ставка на технологические заимствования (Дементьев, 2006).

Когда в повестке дня структурные сдвиги в производстве, требуется дифференцированный подход к отдельным звеньям экономики, что невозможно реализовать унифицированными мерами экономической политики. Ввиду ограниченных возможностей таких мер необходимо сочетание структурной промышленной политики с мерами селективной кредитной и бюджетно-налоговой политики, что предполагает высокий уровень координации между этими направлениями экономической политики.

#### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Балацкий Е.В.** (2003). Динамика производства в модели роста с кредитом. В сб.: «Теоретические и эмпирические подходы в экономико-математических методах». Круглый стол журнала “Экономика и математические методы”. М.: РГНФ, ЦЭМИ. С. 110–132. [**Balatsky E.V.** (2003). Dynamics of production in a growth model with credit. In: “Theoretical and empirical approaches in economic and mathematical methods”. Journal Round table “Economics and Mathematical Methods”. Moscow: RHSF, SEMI, 110–132 (in Russian).]
- Голубовский В.В., Поманский А.Б.** (1994). Простая динамическая модель роста с кредитным механизмом // *Экономика и математические методы*. Т. 30. № 3. С. 155–168. [**Golubovsky V.V., Pomansky A.B.** (1994). A simple dynamic growth model with a credit mechanism. *Economics and Mathematical Methods*, 30 (3), 155–168 (in Russian).]
- Дементьев В.Е.** (2006). Ловушка технологических заимствований и условия ее преодоления в двухсекторной модели экономики // *Экономика и математические методы*. Т. 42. № 4. С. 17–32. [**Dementiev V.E.** (2006). The trap of technological borrowing and the conditions for overcoming it in a two-sector model of the economy. *Economics and Mathematical Methods*, 42 (4), 17–32 (in Russian).]
- Дементьев В.Е.** (2011). Инвестиционные проблемы инновационной паузы в экономике // *Проблемы прогнозирования*. № 4. С. 13–27. [**Dementiev V.E.** (2011). Investment problems of innovation pause in the economy. *Studies on Russian Economic Development*, 22 (4), 354–364 (in Russian).]
- Дементьев В.Е.** (2021). Модель интерференции длинных волн экономического развития // *Компьютерные исследования и моделирование*. Т. 13. № 3. С. 649–663. [**Dementiev V.E.** (2021). The model of interference of long waves of economic development. *Computer Research and Modeling*, 13 (3), 649–663 (in Russian).]
- Дробышевский С.М., Трунин П.В., Божечкова А.В., Синельникова-Мурyleва Е.В.** (2016). Влияние ставок процента на экономический рост // *Деньги и кредит*. № 9. С. 29–40. [**Drobyshevsky S.M., Trunin P.V., Bozhechkova A.V., Sinelnikova-Muryleva E.V.** (2016). The impact of interest rates on economic growth. *Russian Journal of Money and Finance*, 9, 29–40 (in Russian).]

- Кейнс Дж.М.** (1978). Общая теория занятости, процента и денег. Пер. с англ. Под ред. А.Г. Милейковского и И.М. Осадчей. М.: Прогресс. [**Keynes J.M.** (1978). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Transl. from English by A.G. Mileikovskiy, I.M. Osadchaja. Moscow: Progress (in Russian). Originally published in 1936 by N.Y.: Harcourt, Brace and Company].
- Крепцев Д., Селезнев С.** (2018). Прогнозирование российской экономики с использованием DSGE-моделей с малым количеством уравнений // *Деньги и кредит*. № 2. С. 51–67. [**Kreptsev D., Seleznev S.** (2018). Forecasting for the Russian economy using small-scale DSGE models. *Russian Journal of Money and Finance*, 77 (2), 51–67 (in Russian).]
- Маевский В.И., Малков С.Ю., Рубинштейн А.А.** (2019). Анализ связи между эмиссией, инфляцией и экономическим ростом с помощью модели переключающегося режима воспроизводства // *Вопросы экономики*. № 8. С. 45–66. [**Mayevsky V.I., Malkov S. Yu., Rubinstein A.A.** (2019). Analysis of the relationship between issuing money, inflation and economic growth with the help of the SMR-model. *Voprosy Ekonomiki*, 8, 45–66 (in Russian)].
- Мэнкью Н.Г.** (1994). Макроэкономика. Пер. с англ. М.: Изд-во МГУ. [**Mankiw N.G.** (1994). *Macroeconomics*. Transl. from English. Moscow: Lomonosov Moscow State University (in Russian). Originally published in 1992 by N.Y.: Worth Publishers Inc.]
- Полтерович В.** (2009). Гипотеза об инновационной паузе и стратегия модернизации // *Вопросы экономики*. № 6. С. 4–23. [**Polterovich V.** (2009). The innovation pause hypothesis and the strategy of modernization. *Voprosy Ekonomiki*, 6, 4–23 (in Russian).]
- Полтерович В.М.** (2017). Теория эндогенного экономического роста и уравнения математической физики // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 2 (34). С. 193–201. [**Polterovich V.** (2017). The theory of endogenous economic growth and equations of mathematical physics. *Journal of the New Economic Association*, 2 (34), 193–201 (in Russian).]
- Полтерович В.М., Хенкин Г.М.** (1988). Эволюционная модель взаимодействия процессов создания и заимствования технологий // *Экономика и математические методы*. Т. 24. № 6. С. 1071–1083. [**Polterovich V.M., Henkin G.M.** (1988). An evolutionary model of interaction between the processes of creating and borrowing technologies. *Economics and Mathematical Methods*, 24 (6), 1071–1083 (in Russian).]
- Ромер Д.** (2015). Высшая макроэкономика: учебник. Пер. с англ. Науч. ред. В.М. Полтерович. 2-е изд. М.: Изд. дом Высшей школы экономики. [**Romer D.** (2015). *Advanced macroeconomics*. 2<sup>nd</sup> ed. Transl. from English. V.M. Polterovich (sci. ed.). Moscow: HSE University (in Russian). Originally published in 2001 by Boston, IL: McGraw-Hill].
- Хенкин Г.М., Шананин А.А.** (2014). Математическое моделирование шумпетеровской инновационной динамики // *Математическое моделирование*. Т. 26. № 8. С. 3–19. [**Henkin G.M., Shaninin A.A.** (2014). Mathematical modeling of the Schumpeterian dynamics of innovation. *Mathematical Modeling*, 26 (8), 3–19 (in Russian).]
- Acemoglu D., Cao D.** (2015). Innovation by entrants and incumbents. *Journal of Economic Theory*, 157, 255–294.
- Aghion P., Howitt P.** (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60, 323–351.



- Baldi G., Lange A.** (2019). The interest rate sensitivity of investment. *Credit and Capital Markets*, 52 (2), 173–190.
- Barro R.J., Martin S.J.X.** (1990). World real interest rates. *NBER Working Paper*, no. 3317.
- Bertola G., Caballero R.J.** (1994). Irreversibility and aggregate investment. *The Review of Economic Studies*, 61 (2), 223–246.
- Blanchard O.J.** (2017). *Macroeconomics*. 7<sup>th</sup> ed. Boston: Pearson.
- Bordo M.D., Schwartz A.J.** (2003). IS-LM and monetarism. *NBER Working Paper*, no. 9713.
- Brunner K., Meltzer A.H.** (1972). Money, debt, and economic activity. *Journal of Political Economy*, 80 (5), 951–977.
- Cao G., Willis J.L.** (2015). Has the U.S. economy become less interest rate sensitive? *Economic Review*, Q II, 5–36.
- Drobyshevsky S., Trunin P., Bozhechkova A., Sinelnikova-Muryleva E.** (2017). The effect of interest rates on economic growth. Moscow: *Gaidar Institute for Economic Policy*, wpaper-2017–303. Available at: <https://www.iep.ru/files/RePEc/gai/wpaper/wpaper-2017-300.pdf>
- Gali J.** (2018). The state of new Keynesian economics: A partial assessment. *NBER Working Paper*, no. 24845.
- Galí J., Gertler M.** (2007). Macroeconomic modeling for monetary policy evaluation. *Journal of Economic Perspectives*, 21 (4), 25–45.
- Hambur J., La Cava J.** (2018). Do interest rates affect business investment? Evidence from Australian company-level data. Reserve Bank of Australia. *Research Discussion Paper*, 2018–05.
- Jorgenson D.** (1963). Capital theory and investment behavior. *American Economic Review*, 53 (2), 247–259.
- King R.G.** (2000). The new IS-LM model: Language, logic, and limits. *Economic Quarterly*, 86 (3), 45–103.
- Kydland F.E., Prescott E.C.** (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica*, 50 (6), 1345–1370.
- Lane K., Rosewall T.** (2015). Firms' investment decisions and interest rates. *RBA Bulletin*, June, 1–8.
- Leonidov A., Vasilyeva E.** (2020). Schumpeterian evolution of firms' capital-labor ratio distribution // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 4 (48). С. 12–40. [Leonidov A., Vasilyeva E. (2020). Schumpeterian evolution of firms' capital-labor ratio distribution. *Journal of the New Economic Association*, 4 (48), 12–40 (in English).]
- Lucas Jr.R.E., Moll B.** (2014). Knowledge growth and the allocation of time. *Journal of Political Economy*, 122 (1), 1–51.
- Mankiw N.G.** (2016). *Macroeconomics*. 9<sup>th</sup> ed. New York: Worth Publishers Inc.
- Reisenbichler A., Wiedemann A.** (2022). Credit-driven and consumption-led growth models in the United States and United Kingdom. In: M. Blyth, J. Pontusson, L. Baccaro (eds). *Diminishing returns: The new politics of growth and stagnation*. New York: Oxford University Press.
- Sharpe S.A., Suarez G.A.** (2021). Why isn't business investment more sensitive to interest rates? Evidence from surveys. *Management Science*, 67 (2), 720–741.
- Smets F., Wouters R.** (2003). An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 1 (5), 1123–1175.

- Su-yuan L., Khurshid A.** (2015). The effect of interest rate on investment: Empirical evidence of Jiangsu province, China. *The Journal of International Studies*, 8 (1), 81–90.
- Szomolányi K., Lukáčik M., Lukáčiková A.** (2016). Dynamic IS-LM-AS model augmented by the inflation expectations. *International Journal of Mathematical and Computational Methods*, 1, 207–213.
- Tobin J.** (1969). A general equilibrium approach to monetary theory. *Money Credit Bank*, 1 (1), 15–29.
- Vercelli S.** (1999). The evolution of IS-LM models: Empirical evidence and theoretical presuppositions. *Journal of Economic Methodology*, 6 (2), 199–219.
- Yamaguchi Y., Yamaguchi K.** (2022). The endogenous money IS-LM Model of the debt money system (Part II). Loanable Funds vs. Endogenous Money. *JFRC Working Paper*, no. 02-2022.  
Поступила в редакцию 13.02.2023

Received 13.02.2023

V.E. Dementiev

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia

## Updating the technological base of the economy and real interest rates

**Abstract.** The article substantiates that the impact of real interest rates on the economy depends on what stage of technological development it is at. A conceptual model of technological changes is proposed, it allows using borrowed capital as a means of accelerated renewal of the technological base of production. The main statements are explained with calculations based on this discrete model, in which successive phases of technological development of the economic system are highlighted. At the stage of active development of new general purpose technologies, increased investment in these technologies can be combined with an increase in interest rates. Attention is drawn to the fact that the policy of low interest rates is not able to compensate for the exhaustion of the possibilities of old general purpose technologies, when the new ones do not yet provide a radical renewal of the technological base of production. The trajectories obtained from the model calculations are compared with the evolution of the real interest rate and the share of private non-residential investments in the US GDP in the period 1961–2021. The dynamics of the indicators under consideration shows that when structural shifts in production are on the agenda, a differentiated approach to individual parts of the economy is required as part of economic policy.

**Keywords:** *monetary policy, technological development, investments, real interest rate, research and development, IS-LM model.*

JEL Classification: E43, E52, E66, O23, O41.

For reference: **Dementiev V.E.** (2023). Updating the technological base of the economy and real interest rates. *Journal of the New Economic Association*, 3 (60), 104–119 (in Russian).

DOI: 10.31737/22212264\_2023\_3\_104-119

EDN: L BKSGQ