

РОССИЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

NEW ECONOMIC SCHOOL

Семенов А.С.

**ИННОВАЦИИ В ЭКОНОМИКЕ
С РЕСУРСОДОБЫВАЮЩИМ
СЕКТОРОМ**

Россия, 117418, Москва, Нахимовский проспект, 47

Suite 1721, Nakhimovsky Prospekt, 47, 117418, Moscow, Russia

Tel: (7)(095) 129-3911 or 129-3722 fax: (7)(095)129-3722 E-mail nes@nes.ru <http://www.nes.ru/>

Семенов А.С.

Инновации в экономике с ресурсодобывающим сектором.

Препринт # BSP/2004/

Эта работа была написана на основе магистерских тезисов в РЭШ в 2004 году в рамках исследовательского проекта “Некоторые аспекты деятельности российских предприятий: потребление электроэнергии и инновационная активность” под руководством проф. Н.А.Волчковой (Ph.D., ЦЭФИР), проф. К.В. Юдаевой (Ph.D.,ЦЭФИР).

Проект осуществлен при поддержке Фонда Форда, Всемирного Банка и Фонда Джона и Кэтрин МакАртуров.

Москва
2004

Семенов А.С. Инновации в экономике с ресурсодобывающим сектором. / Препринт # BSP/2003/073 . - М.: Российская Экономическая Школа, 2004. - 34с. (Рус.)

Данная работа представляет собой анализ инновационного роста экономики в условиях нарастания объемов добычи природных ресурсов, проводимый в рамках моделей. Исходным стилизованным фактом анализа является тот факт, что рост российской экономики в 1999-2003 годах был неравномерен, и существенная его часть была обусловлена высокими ценами на природные ресурсы. С другой стороны, в целом ряде секторов (в особенности, ориентированных на внутренний рынок) также наблюдался устойчивый рост, причем в последние годы многие предприятия провели технологическое перевооружение и увеличили собственный НИОКР. Тем самым, встает вопрос, является ли рост российской экономики устойчивым в долгосрочной перспективе, и сможет ли Россия догнать передовые страны по уровню технологической оснащенности. С помощью описанных моделей изучается возможная динамика инновационного развития экономики, подобной российской, и эффективность различных стимулирующих мер со стороны государства. Модели строятся в рамках теории эндогенного роста, на базе теории, развитой в работах Aghion, Acemoglu, Zilibotti (2002) и Polterovich, Tonis (2003), и являются многосекторным расширением модели Солоу с постоянной нормой сбережения.

Ключевые слова: имитации, инновации, технологический уровень, ловушка отсталости, технологическая граница, переток капитала, природные ресурсы, сырьевая зависимость.

Semenov Alexander. The Innovations in the Economy with Exhaustible Resource Sector / Working Paper # BSP/2004/073. – Moscow, New Economic School, 2004. – 34p. (Rus.)

This work analyzes in the model framework the innovation growth in an economy in condition of an increase of natural resource extraction. The main stylized fact for the model is that the economical growth in Russia in 1999-2003 was probably not balanced and a sufficient part of which was due to high prices of natural exhaustible resources (oil and gas). On the other side, there was also a sufficient and stable growth in many other sectors (especially those oriented towards internal market) and in the last years many enterprises have made technological adjustments and have increased their R&D spending. These facts lead to the question, if the growth of Russian economy is stable in the long run, and if Russia will come along with the developed countries by the level of technologies. The models give the framework for studying the possible development dynamics of economies like Russian and take into account the innovation stimulating policies of the state. They are developed in the framework of endogenous growth theory on the basis of works of Aghion, Acemoglu, Zilibotti (2002) and Polterovich, Tonis (2003) and can be considered as multi-sector enlargements of the Solow model with constant saving rate.

Key words: imitations, innovations, technological level, underdevelopment trap, technological frontier, capital flow, natural resources, resource dependence.

ISBN

©Семенов А.С., 2004 г.

© Российская экономическая школа, 2004 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Теоретический обзор	5
Эндогенный рост	5
Иновационное развитие и рост	7
Двухсекторная модель	11
Основные уравнения модели	12
Технологический прогресс	13
Динамика модели. Ловушка отсталости	18
Государственная политика	22
Трехсекторная модель	25
Заключение	31
Литература	33

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 1999 года, в российской экономике наблюдается рост во многих секторах. Однако вопрос, насколько этот рост является стабильным и самоподдерживающимся, остается по-прежнему актуальным.

Общеизвестно, что сегодня экспорт России имеет сырьевую направленность. Доля сырьевого сектора в экспорте в 2003 году была свыше 80% (World Bank Report (2004)). Рентабельность сырьевого сектора намного превысила рентабельность многих других отраслей, что, вероятно, может создать благоприятные условия для возникновения эффекта «голландской болезни», когда быстрорастущий сырьевой сектор подавляет все другие сектора (из-за перетока инвестиций и ресурсов) и становится доминирующим в экономике. И в действительности, за последние годы наблюдалась интенсификация добычи полезных ископаемых и их продажи за рубеж, что может привести к быстрому истощению ресурсов и ухудшению положения страны в будущем. В то же время, при грамотной макроэкономической политике наличие сырья и сырьевого экспорта может стать серьезным конкурентным преимуществом.

Помимо сырьевого экспорта, одним из основных источников экономического роста в России может являться и уже является внутренний рынок. В 2000 году доля внутреннего рынка в ВВП составляла около 60%, а в 2003 – порядка 70%. И в действительности, рост таких секторов, как пищевая промышленность, торговля, развлечения, недвижимость, является весьма значительным и стабильным. Потенциал этого роста по-прежнему очень велик, так как потребительский сектор советской экономики очень сильно отставал от мировых стандартов. Однако и этот тип роста не полностью задействует человеческий и технологический капитал, имеющийся в России, поскольку значительная часть производств и технологий в этих сегментах непосредственно заимствуется с мирового рынка.

Кроме того, все вышеперечисленные быстрорастущие секторы производят товары, который реализуются в основном внутри страны и имеют малый экспортный потенциал, что позволяет говорить о них, как о секторах неторгуемых товаров. Из теории известно, что рост неторгуемого сектора является следствием роста общего благосостояния населения и роста спроса и цен на неторгуемые товары. Начальный рост благосостояния, в свою очередь, может быть обусловленным как ростом производительности труда и технологического потенциала страны, так и благоприятной сырьевой конъюнктурой. В последнем случае «голландская болезнь» только усиливается, поскольку факторы производства начинают перетекать не только в сырьевой сектор, но и в сектор неторгуемых товаров, что только усиливает подавление высокотехнологического экспортноориентированного производства. Другими словами, рост сектора неторгуемых товаров, может сопутствовать углублению сырьевой ориентации экономики.

Еще одной, самой качественной и независимой от конъюнктуры, компонентой роста является продвижение инновационных и высокотехнологичных продуктов на внутренний и мировой рынки. Эта компонента роста наиболее полно использует конкурентные преимущества и научно-технологический потенциал экономики. В России уже имеются некоторые, очень впечатляющие, примеры такого продвижения. Это как старые, еще с советским заделом, проекты (космос, истребители, атомные электростанции), так и проекты, возникшие в результате адаптации предприятий к новым экономическим условиям (поставки титановых деталей за рубеж, сборка комплектующих для европейских авиастроительных компаний), и продукция новых предприятий, с самого возникновения ориентированных на глобальный рынок и международную конкуренцию (программные продукты, биотехнологии, новые технологии нефтепереработки).

Одним из основных неблагоприятных факторов, отрицательно влияющих на развитие России, является недостаточный приток зарубежных стратегических инвестиций и неразвитость кредитного рынка. Основным источником средств на развитие являются собственные средства предприятий, а также государственные кредиты и субсидии. Впрочем, в последнее время стали активизироваться процессы перетока капитала между отраслями, в частности, в рамках крупных межотраслевых ФПП. Отсутствие большого притока зарубежных стратегических инвестиций из-за рубежа позволяет говорить о преимущественно внутреннем финансировании инвестиционных проектов.

Эти стилизованные факты о России стали основой для построения модели эндогенного инновационного роста экономики с ресурсодобывающим сектором с постоянной нормой сбережения и отсутствием внешнего притока инвестиций. Предлагаемая модель является попыткой распространить модель Солоу на многосекторную экономику с учетом перетока факторов производства. В рамках данной модели показано, что высокие цены на природный ресурс могут, в некоторых случаях, привести к технологическому отставанию страны, и «голландская болезнь» может дать негативный эффект не только на объем выпуска, но и на рост технологической оснащенности экономики.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Эндогенный рост

Одной из отправных точек теории роста является модель Солоу, увязывающая рост ВВП в экономики с величиной нормы сбережения, при предположении, что все сбережения переходят в инвестиции. В базовой модели отсутствует технологический прогресс, а экономика предполагается однородной, то есть состоящей из одного единственного сектора. Основным результатом модели является доказательство существования стационарного состояния роста, в которое стремиться

экономика. Темп роста в стационарном состоянии равен темпу естественного роста населения. Параметры экономики в стационарном состоянии зависят от нормы сбережения, производственной функции и темпа роста населения.

Модель Солоу является далеко не полной, и она не учитывает многие важные факторы. Критика модели основывается на том очевидном факте, что в мире не наблюдается равномерного схождения основных параметров экономики (ВВП на душу населения, капиталовооруженность) к общим среднемировым значениям, предсказываемым моделью. В реальности, скорее, имеет место «клубная сходимост», когда схождение наблюдается к различным значениям внутри разных групп стран (например, Евросоюз, «молодые индустриальные страны» Юго-Восточной Азии, нефтедобывающие арабские страны, Восточная Европа).

Кроме того, эмпирическая проверка модели Солоу показала, что экономический рост не может объясняться лишь ростом населения и капиталовооруженности, так как при регрессии роста экономики на рост труда и капитала выявляется дополнительная компонента, так называемый «остаток Солоу». Естественное объяснение «остатка Солоу» - наличие технологического прогресса, который влечет за собой дополнительный рост экономики.

Небольшая модификация модели Солоу позволяет ввести в экономику технический прогресс, растущий с постоянным темпом. В стационарном состоянии темп роста экономики становится равным сумме темпа роста населения и темпа технического прогресса. Это позволяет объяснить различие в темпах роста между разными группами стран, поскольку интенсивность НИОКР в разных регионах мира существенно отличается.

Тем не менее, модель Солоу с технологическим прогрессом не учитывает эндогенность технического прогресса и его зависимость от текущего уровня развития страны, то есть удаленности страны от технологической границы. Постоянный темп технического прогресса не может объяснить особенности развития многих стран, например, быстрый рост «новых индустриальных стран» в Юго-Восточной Азии, замедление темпов роста экономики Японии в 1990-х годах, серьезные экономические проблемы стран, проводивших политику импортзамещения. Возможной гипотезой о причине всех вышеописанных явлений является предположение о непостоянном темпе технического прогресса в экономике и его частичной или полной эндогенности.

Еще одним возможным объяснением стабилизации технологического отставания и даже деиндустриализации в ряде стран являются искажения экономики, возникающие из-за увеличения интенсивности разработки исчерпаемого природного ресурса, например нефти или газа. Из-за более высокой рентабельности капитал начинает перетекать из наукоемких отраслей, обеспечивающих рост технологического уровня экономики в целом, в сектор добычи ресурса. Этот эффект может

усугубляться тем, что в связи с ростом благосостояния населения, вызванного увеличением выручки от продажи природного ресурса, спрос на неторгуемый товар внутри страны увеличится, цены на него вырастут, и факторы производства будут перетекать также и в сектор неторгуемого товара. Эти два эффекта и представляют собой «голландскую болезнь», результатом которой становится угасание наукоемкого обрабатывающего сектора и усиление зависимости экономики от экзогенной цены на ресурсы.

В работе (Куралбаева, Эйсмонт (1999)) посторены модели, описывающие процесс сползания экономики в «голландскую болезнь». В рамках этих моделей доказывается, что в случае высоких цен на природный ресурс деиндустриализации не происходит лишь при высоких темпах технологического прогресса. Кроме того, показано, что в долгосрочном периоде в экономике может произойти снижение темпов роста совокупного ВВП.

Другим подходом к анализу неравномерности развития экономики в различных странах является представление о технологическом прогрессе, как о последовательности имитаций и инноваций, и необходимости замены на определенной стадии развития имитационного роста инновационным. Этот подход помогает объяснить многие тенденции, имевшие место в реальных экономиках. Например, провал импортзамещающей политики во многих странах может быть объяснен ловушкой «переинвестирования», когда темпы технологического развития страны становятся недостаточными из-за неконкурентной среды в экономике.

Инновационное развитие и рост

Существует большое количество работ посвященных инновационному развитию экономики как развитых, так и развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

В рамках теории инновации подразделяются на локальные (в пределах одной страны) и глобальные (на мировых рынках), продуктные и процессные, малые и масштабные. Очень важным также является противопоставление инновации (собственного НИОКР) и имитации (простого заимствования технологии за рубежом).

Подробный анализ инноваций в экономиках развитых стран дан в работе (Morck, Yeung (2000)). В ней подчеркивается, что основным типом конкуренции в современной экономике знаний является не ценовая конкуренция, а конкуренция по скорости инноваций. Поскольку предприятие, первым сделавшее инновацию, (временно) становится монополией, то экономика перестает описываться законами чистой конкуренции. Следовательно, инновационный процесс должен моделироваться в рамках монополистической конкуренции или олигополии. Для развивающихся и переходных стран подробный анализ инноваций в экономике дан в работе (Carlin, Seabright (2003)).

Ключевой особенностью анализа инноваций является рассмотрение **эффекта перелива**: предприятие получает не всю прибыль от проведенного НИОКР, поскольку доступ к разработанной технологии получают и другие фирмы (возможно, с временным лагом). По этой причине многие фирмы склонны недоинвестировать в НИОКР. Эффект перелива служит обоснованием для введения субсидий предприятиям-инноваторам. Кроме того, существует и **кэш-эффект** – эффект наличия больших свободных средств у крупной монополистической фирмы, что облегчает ей финансирование инноваций и инвестиций.

Важное место в анализе инновационного развития занимает изучение взаимосвязи инноваций и конкуренции, описанная в работах (Morck, Yeung(2000)), (Aghion, Bloom, Blundell(2002)), (Carlin, Seabright (2003)). Как подчеркивается в работе (Morck, Yeung (2000)), эта связь неоднозначна. С одной стороны, конкуренция побуждает фирмы делать больше инноваций, с другой же, в условиях сильной конкуренции, стимулы к инновациям пропадают, так как фирма не ожидает долгосрочную прибыльность от своих инновационных проектов из-за перелива технологий (**эффект Шумпетера**). В работе (Carlin, Seabright (2003)) также подчеркивается важность эффекта Шумпетера, но при этом отмечается, что усиление конкуренции может дать и положительный эффект сокращения времени, затрачиваемого на инновации. В последней работе также упоминают и **эффект избегания конкуренции**: при усилении конкуренции фирма начинает делать больше инноваций для упрочнения своего положения на рынке.

Основным результатом всех работ, посвященных взаимосвязи инноваций и конкуренции, является четко установленная **обратная U-зависимость** между конкуренцией и инновациями. Смысл этой зависимости заключается в том, что влияние увеличения конкуренции на производительность (и инновации) не является монотонным: в начале оно положительное, но, начиная с некоторого уровня, начинает сказываться чрезмерное давление на предприятие, и вступает в силу обратная тенденция. Объяснение этому состоит в следующем: на рынке с небольшим числом игроков идет конкуренция по качеству (что создает благоприятную почву для инноваций), а на рынке с большим числом игроков преобладает конкуренция по цене.

Теория **обратной U-зависимости** между инновациями и конкуренцией очень хорошо применима для изучения ситуации на отдельных рынках. Тем не менее, подобная теория является недостаточной для моделирования инновационного развития экономики в целом, поскольку она не учитывает неравномерность структуры и развития экономики. Однако, взаимосвязь инноваций и конкуренции является хорошим отправным пунктом для дальнейшего анализа. В работе (Carlin, Seabright (2003)) эта взаимосвязь рассматривается с учетом неоднородности экономики (на примере развивающихся стран, внутри которых предприятия могут очень сильно различаться по структуре и уровню развития даже в рамках одной экономики). Вследствие этого, конкуренция не только

стимулирует увеличение производительности всех фирм, но и осуществляет отбор самых эффективных структур. Этот отбор и его эффективность зависят от состояния экономических институтов. В случае «недостаточно конкурентной» среды эффект от усиления конкуренции на инновации весьма слаб. В работе подробно анализируется роль эффекта масштаба и издержек на инновации, в том числе затрат на НИОКР, на динамику развития отрасли. Основным выводом является утверждение о том, что бедные страны нуждаются не в увеличении интенсивности НИОКР, а в инвестициях, упрощающих имитацию уже готовых технологий с развитых рынков. Это утверждение совпадает с основным выводом теории, рассматривающей технологический прогресс как последовательность **имитаций и инноваций**.

Теория имитаций и инноваций служит хорошей базой для анализа инноваций в рамках эндогенной теории роста и очень хорошо подходит для изучения инновационной динамики развивающихся и переходных экономик. В последние годы она получила большое развитие и прошла многочисленные эмпирические проверки. Основным положением данной теории является допущение о том, что рост экономики состоит из двух стадий: **имитационной** и **инновационной**. Считается, что фирмы могут делать как имитации (прямые заимствования) передовых технологий, так и собственные разработки. Фундаментальная модель (Acemoglu, Aghion, Zilibotti (2002)) описывает рост экономики, состоящий из двух стадий. На первом этапе (при значительной удаленности страны от технологической границы) оптимальной является стратегия наращивания инвестиций с опорой на уже существующие фирмы, а основным типом развития является имитационный. На втором этапе (по мере преодоления отсталости) роль объемов инвестиций сокращается, и решающими факторами становятся **изменчивость рынка** и **конкурентный отбор** наиболее эффективных фирм. Основными препятствиями на пути роста и преодоления технологической отсталости являются **ловушки недо- и переинвестирования**. Первая заключается в попытке слишком быстрого перехода на инновационную стадию и отказа от политики поощрения инвестиций в традиционные отрасли. Ловушка «переинвестирования», в свою очередь возникает тогда, когда страна или отрасль уже созрела для перехода на инновационный этап, но по-прежнему проводится политика инвестиционного этапа (налоговые послабления для наиболее сильных отраслей, ограничение конкуренции, чрезмерная доля инвестиций в традиционные проекты). Доказательство существования этих ловушек основано на двух эффектах: **эффект нерентабельности инвестиций** в инновации (**appropriability effect**) (дополнительная прибыль от инвестирования не очень существенна) и **эффект защищенности (rent-shield effect)** (крупные ресурсы в руках инсайдеров защищают их от появления новых конкурентов). Первый эффект может привести к ловушке недоинвестирования (большинство фирм не видят стимула проводить крупные инвестиционные проекты из-за их неполной рентабельности), а второй – к ловушке переинвестирования (положение фирм-инсайдеров очень прочно, и они предпочитают не заниматься высокорисковыми проектами в отсутствие давления).

В работе (Polterovich, Popov (2003)) приводятся эмпирические результаты межстрановых регрессий, подтверждающие теорию двух стадий роста (Acemoglu, Aghion, Zilibotti (2002)). Утверждается, что импорт технологий характерен для бедных стран и безусловно выгоден для них. Для стран со средним и высоким доходом на душу населения импорт технологий должен дополняться внутренним НИОКР, причем чем выше уровень доходов, тем выше должна быть доля внутреннего НИОКР.

Работа (Polterovich, Tonis (2003)) также дополняет и развивает теорию двух стадий роста (Acemoglu Aghion, Zilibotti (2002)). В приведенной модели эндогенного роста инновации делятся на **глобальные** и **локальные**, и отбрасывается предположение о том, что имитируются лишь самые продвинутые технологии. В отличие от модели (Acemoglu Aghion, Zilibotti (2002)), здесь имеются три режима роста: имитационный (характерный для слаборазвитых стран), инновационный (характерный для развитых стран) и смешанный, где присутствует как имитационная, так и инновационная компоненты роста. Улучшая качество институтов, страна, стартовав с имитационного этапа, может перейти сначала к смешанному, а затем и к инновационному режиму. В работе приводится эмпирическое разделение стран по группам в зависимости от типа роста. Также приведена гипотеза о том, что значительная часть средств, выделяемых на НИОКР, затрачивается на локальные инновации.

На основе теории противопоставления имитаций и инноваций могут быть получены и практические выводы, например, соображения относительно оптимального патентного законодательства. В работе (Polterovich, Popov (2003)) утверждается, что сильное патентное законодательство (по стандарту ВТО) не выгодно развивающимся и переходным экономикам, так как оно затрудняет распространение технологий (на имитационной стадии). Это вполне соответствует выводам (Carlin, Seabright (2003)) о том, что проблема защиты интеллектуальной собственности актуальна, в основном, для развитых стран. В (Morck, Yeung (2000)) также отмечается неоднозначная роль патентного законодательства. С одной стороны, оно усиливает монопольную власть, а, следовательно и увеличивает доходы компаний, сделавших инновации. Но в то же время, оно позволяет монополисту меньше заботиться о дальнейших инновациях. Важность последнего фактора подтверждена недавними эконометрическими исследованиями.

Поскольку при развитии экономики возможны ловушки, то на некотором этапе развития вмешательство государства (или институциональные реформы) представляются обоснованной мерой. Этот вопрос изучается в работе (Tonis(2003)). В ней приведены модели эндогенного роста с опорой на инновации, основанные на сходных идеях. Рассматривается возможность попадания страны в **ловушку отсталости**. В односекторной модели рассматривается выбор между необходимостью частичного субсидирования НИОКР и искажающим влиянием субсидии на экономику. Во второй, особенно актуальной для России, модели экономика состоит из двух секторов: инновационного и традиционного. Также, как и в предыдущей модели, здесь целью исследования является вопрос, при

каком оптимальном режиме субсидирования страна может миновать ловушку отсталости. Аргумент «**новых отраслей**» экономики предполагает наличие субсидий на НИОКР для предприятий высокотехнологического сектора. Необходимость субсидирования мотивирована **эффектом перелива**. С другой стороны, объем субсидий должен быть жестко ограничен, поскольку в данном случае основным фактором деятельности предприятий становится поиск дополнительного субсидирования и использование своего влияния на государство (**аргумент поиска ренты**). Вывод работы состоит в том, что размер субсидирования высокотехнологического сектора должен увеличиваться по мере роста его прибыльности.

Теория имитаций-инноваций в большинстве случаев неплохо объясняет особенности роста экономики, однако в случае России при анализе должны браться особые начальные условия. Во-первых, рост России в значительной степени основан на экстенсивном росте сырьевого сектора, для поддержания темпов роста которого не требуется увеличения количества инноваций. Во-вторых, наиболее вероятная точка «инновационного роста» России – это высокотехнологический сектор, который давно находится в инновационной стадии, и изучение его «имитационной динамики» не является актуальным. Рост же предприятий, работающих на внутренний потребительский рынок (например, пищевая промышленность), вполне адекватно описывается теорией двух стадий – вначале происходили большие закупки зарубежных технологий и перевооружение предприятий, а затем происходил переход к инновационной деятельности, в частности, создание НИОКР-подразделений.

В данной работе рассматриваются двухсекторная и трехсекторная модели эндогенного роста, соединяющие в себе элементы моделей теории имитаций и инноваций из работ (Polterovich, Tonis (2003)), (Acemoglu Aghion, Zilibotti(2002)) и многосекторных моделей с ресурсодобывающим сектором, описанных в работе (Куралбаева, Эйсмонт (1999)). В рамках этих моделей будет рассмотрен вопрос достижения страной мирового технологического уровня при наличии ресурсодобывающего сектора с экзогенной мировой ценой. Особенностью моделей является постоянная норма сбережения, что сближает ее с моделью Солоу, а также отсутствие внешнего притока капитала. Основным механизмом моделей – перераспределение инвестиций между секторами и переток капитала в самый прибыльный сектор.

ДВУХСЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ

Предлагаемая модель описывает экономику, которая состоит из двух секторов: обрабатывающего сектора и сектора добычи исчерпаемого ресурса. Запасы природного ресурса в модели предполагаются очень большими, однако добыча каждой единицы ресурса вызывает потерю в полезности из-за того, что этот ресурс уже нельзя будет использовать в будущем.

Модель предполагается дискретной и многопериодной. Все уравнения модели описывают динамику перехода от момента времени t к моменту $t+1$.

Экономика предполагается открытой для торговли. Обрабатывающий сектор производит товар M , а добывающий – товар R . Товары M и R могут продаваться на внешнем и внутреннем рынке. Цена товара M предполагается постоянной и равной 1, а цена R подвержена мировой конъюнктуре и составляет p_t в момент времени t .

Из факторов производства данной модели используется только капитал. Это соответствует случаю, когда количество трудоспособного населения в экономике постоянно, а мобильность труда между секторами в экономике отсутствует. В реальности этот факт соответствует малому количеству работников в добывающем секторе (по сравнению с остальной экономикой).

Также делается предположение о том, что институциональные и политические риски в описываемой экономике очень велики, и, как следствие, все инвестиции (и инновации) финансируются внутренними сбережениями. Для России, ввиду малого объема стратегических иностранных инвестиций, это предположение выглядит реалистичным.

Основные уравнения модели

Рассмотрим случай свободного рынка. Агентами являются фирмы обрабатывающего сектора и фирмы, добывающие природный ресурс. Цена капитала на нем эндогенна и равна $1+r$ (так как капитал живет один период, то, кроме процента, владелец должен получить назад и его начальную стоимость).

Пусть Y_t обозначает совокупный выпуск в денежном выражении, а K_t - совокупный капитал. Далее, $Y_{R,t}, Y_{M,t}$ - выпуски в каждом секторе в денежном, а $Q_{R,t}, Q_{M,t}$ - в натуральном (количественном) выражении. Количество капитала в различных секторах экономики обозначается как $K_{R,t}, K_{M,t}$.

Полезность обрабатывающего сектора равна его прибыли $Q_{M,t} - (1+r)K_{M,t} = Y_{M,t} - (1+r)K_{M,t}$ а полезность ресурсного сектора равна $(p_t - \beta)Q_{R,t} - (1+r)K_{R,t} = Y_{R,t} - \beta Q_{R,t} - (1+r)K_{R,t}$, то есть модифицированной прибыли с учетом потери ресурса: ненулевой множитель β обозначает потерю в полезности от того, что единица ресурса, добытая в момент времени t , будет недоступна в последующие моменты времени. Большие значения β соответствуют тому случаю, когда владелец ресурса «заботится о будущем», то есть

учитывает невозполнимость ресурса при определении текущих объемов добычи. В данной модели считается, что $p_t > \beta$, то есть, несмотря на существенные колебания, мировая цена на ресурс всегда превышает минимальный уровень β , начиная с которого добыча становится рентабельной.

Производственные функции секторов М и R имеют вид:

$$Y_{M,t} = Q_{M,t} = A_t \sqrt{K_{M,t}},$$

$$Y_{R,t} = p_t Q_{R,t} = p_t B \sqrt{K_{R,t}}.$$

Здесь A_t – множитель, соответствующий технологической вооруженности обрабатывающего сектора, которая меняется от периода к периоду, B – константа, отвечающая уровню производительности в сырьевом секторе (например, качество месторождений). Такой вид производственных функций обусловлен тем, что при данных предположениях модель может быть полностью решена аналитически.

Если $K_{M,t} > 0$, $K_{R,t} > 0$, то выполнено следующее условие первого порядка:

$$\frac{\partial Y_{M,t}}{\partial K_{M,t}} = \frac{1}{2} \frac{A_t}{\sqrt{K_{M,t}}} = 1 + r$$

$$\frac{(p_t - \beta) \partial Q_{R,t}}{\partial K_{R,t}} = \frac{1}{2} \frac{B(p_t - \beta)}{\sqrt{K_{R,t}}} = 1 + r$$

В экономике предполагается постоянная норма сбережения s , а все сбережения переходят в инвестиции:

$$K_{M,t+1} + K_{R,t+1} = K_{t+1} = s(Y_{M,t} + Y_{R,t}) = sY_t.$$

Тогда, в предположении, что $p_t > \beta$, внутреннее решение всегда существует.

Данная задача эквивалентна задаче максимизации ВВП при ограничениях на общий объем капитала:

$$Y_{M,t} + Y_{R,t} - \beta Q_{R,t} = A_t \sqrt{K_{M,t}} + (p_t - \beta) B \sqrt{K_{R,t}} \longrightarrow \max_{K_{M,t}, K_{R,t}}$$

$$s.t. \quad K_{M,t} + K_{R,t} = sY_{t-1}.$$

Лагранжиан данной задачи равен:

$$A_t \sqrt{K_{M,t}} + (p_t - \beta) B \sqrt{K_{R,t}} + \lambda (K_{M,t} + K_{R,t} - sY_{t-1})$$

Если $p_t > \beta$, то условие первого порядка для задачи имеет вид:

$$\frac{A_t}{\sqrt{K_{M,t}}} = \frac{B(p_t - \beta)}{\sqrt{K_{R,t}}},$$

или

$$\left(\frac{A_t}{B(p_t - \beta)} \right)^2 = \frac{K_{M,t}}{K_{R,t}}$$

(В случае $p_t \leq \beta$ имеется краевое решение с $K_{R,t} = 0$.)

Поскольку $K_{M,t} + K_{R,t} = sY_{t-1}$, то решение всегда существует. Далее

$$K_{M,t} = \left(\frac{A_t}{B(p_t - \beta)} \right)^2 K_{R,t}.$$

$$\left(\left(\frac{A_t}{B(p_t - \beta)} \right)^2 + 1 \right) K_{R,t} = sY_{t-1}$$

Доли капитала в обрабатывающем и сырьевом секторе равны:

$$K_{R,t} = sY_{t-1} \left(\left(\frac{A_t}{B(p_t - \beta)} \right)^2 + 1 \right)^{-1} = sY_{t-1} \left(\frac{B^2 (p_t - \beta)^2}{B^2 (p_t - \beta)^2 + A_t^2} \right),$$

$$K_{M,t} = sY_{t-1} \left(\frac{A_t^2}{B^2 (p_t - \beta)^2 + A_t^2} \right).$$

Следствием этих равенств является то, что чем больше величина β , тем большая доля инвестиций поступает в обрабатывающий сектор. Совокупный ВВП экономики в денежном выражении на окончание промежутка t равен

$$Y_t = A_t \sqrt{K_{M,t}} + p_t B \sqrt{K_{R,t}} = \left(\frac{A_t^2}{\sqrt{B^2 (p_t - \beta)^2 + A_t^2}} + \frac{p_t B^2 (p_t - \beta)}{\sqrt{B^2 (p_t - \beta)^2 + A_t^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

В случае неэкономного использования ресурса ($\beta=0$), динамическая система принимает вид:

$$Y_t = A_t \sqrt{K_{M,t}} + p_t B \sqrt{K_{R,t}} = \sqrt{B^2 p_t^2 + A_t^2} \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

Для чисто обрабатывающей экономики выпуск равен

$$Y_t = A_t \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

Технологический прогресс

Особенностью данной модели является эндогенность технического прогресса в обрабатывающем секторе. При решении задачи максимизации на период t константа A_t предполагается заданной. Однако, поскольку в обрабатывающем секторе идет накопление знания и технологий, то A_t меняется со временем. Эволюция технологического уровня A_t имеет сложную структуру и зависит от экзогенных и эндогенных факторов.

Мировой экзогенный технологический прогресс (следуя (Polterovich, Tonis (2003))) задается уравнением

$$\bar{A}_{t+1} = \bar{A}_t (1 + g),$$

где g – постоянный темп мирового технологического прогресса. Определяющим фактором эффективности инвестиций в обрабатывающий сектор является **уровень развитости страны** a_t . Он может быть определен как отношение технологического уровня страны к мировому технологическому уровню

$$a_t = \frac{A_t}{\bar{A}_t}.$$

По мере развития производства обрабатывающий сектор накапливает знания и технологии (потенциал развития) H_t . Потенциал развития, накопленный к концу периода t , равен

$$H_t = (\delta_H + (1 - \delta_H)C(a_t)\sigma_{M,t})H_{t-1}.$$

Первое слагаемое отвечает той части потенциала развития, которая осталась с предыдущего периода, а второе – знания и технологии, приобретенные и освоенные за период t . Здесь δ_H ($0 \leq \delta_H \leq 1$) - доля H , переходящая с предыдущего периода, $C(a_t)$ – экзогенно заданная функция, соответствующая уровню образования в стране, а $\sigma_{M,t} = \frac{K_{M,t}}{K_{M,t} + K_{R,t}}$ - доля капитала в обрабатывающем секторе во всем капитале в период t (считается, что единственным источником и потребителем технологического прогресса является обрабатывающий сектор). Начальное значение H_0 задается экзогенно.

Имеющийся потенциал развития может быть затрачен как на заимствование и адаптацию новых зарубежных технологий (имитация), так и на проведение собственных НИОКР и их внедрение (инновации). Имитации и инновации вызывают рост технологического уровня A_{t+1} по сравнению с A_t . Новое значение A_{t+1} становится известным на начало периода $t+1$. Динамика технологического уровня удовлетворяет уравнению

$$A_{t+1} = \delta_A A_t + im(a_t)h_{1,t} \bar{A}_t + inn(a_t)h_{2,t} A_t.$$

Коэффициент δ_A ($0 \leq \delta_A \leq 1$) соответствует имитациям и инновациям, не выработавшим свой ресурс к предыдущему периоду. Слагаемое $im(a_t)h_{1,t} \bar{A}_t$ соответствует имитационной, а $inn(a_t)h_{2,t} A_t$ - инновационной составляющим технологического роста. Переменные $h_{1,t}$, $h_{2,t} = H_t - h_{1,t}$ соответствуют долям потенциала развития, затрачиваемым на имитации и инновации. Отличительной чертой данной модели обрабатывающего сектора является тот факт, что с ростом технологической вооруженности и уровня развитости страны имитации становятся менее эффективными для экономики, а инновации – более эффективными, то есть функция $im(a)$ является убывающей, а $inn(a)$ – возрастающей по a . Это свойство является основным в работе (Polterovich, Tonis (2003)) и подтверждается эмпирическими данными, согласно которым, по мере развития страны роль внутреннего НИОКР должна усиливаться (Polterovich, Popov (2003)).

Предполагается, что все страны, находящиеся на передовой технологической границе ($a = 1$), имеют чисто инновационный тип развития, то есть $im(1) = 0$.

Еще одним естественным ограничением на технологический рост является тот факт, что никакая страна, в том числе и страна-лидер, находящаяся на инновационной стадии, не может «обогнать» мировой технологический прогресс, то есть существует добавочное ограничение

$$A_{t+1} \leq \bar{A}_{t+1} = (1 + g) \bar{A}$$

или

$$a_{t+1} \leq 1.$$

Задача оптимального распределения потенциала развития выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} A_{t+1} = \delta_A A_t + im(a_t) \bar{A} h_{1,t} + inn(a_t) A_t h_{2,t} &\longrightarrow \max_{h_{1,t}, h_{2,t}} \\ s.t. \quad A_{t+1} &\leq \bar{A}_{t+1} \\ s.t. \quad h_{1,t} + h_{2,t} &= H_t \end{aligned}$$

Нужно отметить, что для решения данной задачи максимизации нужно найти в явном виде функцию $A_{t+1}(H_t, A_t)$, то есть решить задачу:

$$\begin{aligned} A_{t+1}^* = \delta_A A_t + im(a_t) \bar{A} h_{1,t} + inn(a_t) A_t h_{2,t} &\longrightarrow \max_{h_{1,t}, h_{2,t}} \\ s.t. \quad h_{1,t} + h_{2,t} &= H_t \end{aligned}$$

и найти A_{t+1} по формуле.

$$A_{t+1}(H_t, A_t) = \min\{\bar{A}_{t+1}, A_{t+1}^*\}.$$

Решение максимизационной задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} A_{t+1}^* &= \delta_A A_t + im(a_t) \bar{A} H_t, \quad \text{если } im(a_t) \bar{A} \geq inn(a_t) A_t \\ A_{t+1}^* &= \delta_A A_t + inn(a_t) A_t H_t, \quad \text{если } im(a_t) \bar{A} < inn(a_t) A_t \end{aligned}$$

Далее будут рассмотрены динамика технологического развития экономики и эффект попадания экономики в ловушку отсталости.

Динамика модели. Ловушка отсталости

Рассмотрим случай чисто обрабатывающей экономики, находящейся на границе технологического роста в момент времени t . Тогда $\sigma_{M,t} = 1$, $A_t = \bar{A}_t$ и уравнение на потенциал развития имеет вид:

$$H_t = (\delta_H + (1 - \delta_H)C(1))H_{t-1}$$

Тогда эволюция технологического прогресса имеет вид:

$$A_{t+1} = \min\{\bar{A}_{t+1}, A_{t+1}^*\}$$

$$A_{t+1}^* = \delta_A A_t + inn(1)A_t H_t$$

Страна сохранит технологическое лидерство, если

$$\delta_A + inn(1)H_t \geq (1 + g).$$

Следствием этого неравенства является тот факт, что потенциал развития H и уровень образования C должны оставаться достаточно высокими на протяжении всей эволюции системы.

Пусть уровень образования является постоянным и равным единице, то есть $C=const=1$, а экономика технологическим лидером не является. Потенциал развития подчинен уравнению

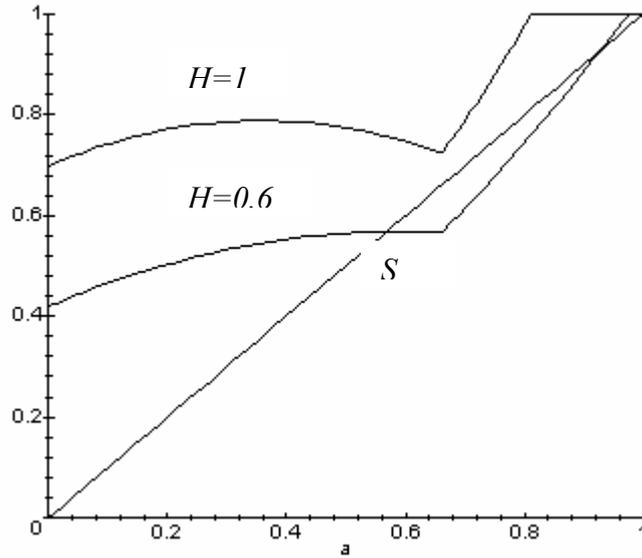
$$H_t = (\delta_H + (1 - \delta_H)C)H_{t-1} = H_{t-1} = H.$$

Технологический уровень имеет динамику

$$a_{t+1} = \min\left\{1, \frac{\delta_A a_t + \max\{inn(a_t)a_t, im(a_t)\}H}{1 + g}\right\}.$$

Можно видеть, что при определенных (малых) значениях H экономика никогда не достигнет технологической границы. При больших же значениях H экономика быстро выйдет на мировой технологический уровень. Проиллюстрируем это на конкретном примере. Пусть $g=0.001$, $\delta_A=0.5$, $\delta_H=0.5$, $im(a)=0.7(1-a^2)$, $inn(a)=0.9*a^2$, $C(a)=1$. Рассмотрим уровни $H=1$ и $H=0.6$.

Рис 1. Ловушка отсталости при малых значениях H (зависимость a_{t+1} от a_t).



Верхний график соответствует уровню $H=1$, а нижний - уровню $H=0.6$. Можно видеть, что для случая $H=0.6$ существует стационарный уровень a в точке S , не равный единице. Это означает, что в перспективе уровень отсталости страны стабилизируется и не будет сокращаться.

Далее будет рассмотрен общий случай, когда в экономике присутствует добывающий сектор, а страна в целом не является технологическим лидером, и $im(a_t)$ и $inn(a_t)$ не равны 0. Тогда

$$a_{t+1}^* = \frac{A_{t+1}^*}{A_{t+1}} = \delta_A \frac{a_t}{1+g} + \frac{im(a_t)}{1+g} H_t, \quad \text{если } im(a_t) \bar{A} \geq inn(a_t) A_t$$

$$a_{t+1}^* = \frac{A_{t+1}^*}{A_{t+1}} = \delta_A \frac{a_t}{1+g} + \frac{inn(a_t) a_t}{1+g} H_t, \quad \text{если } im(a_t) \bar{A} < inn(a_t) A_t$$

Иначе это можно переписать как

$$a_{t+1}^* = \frac{A_{t+1}^*}{A_{t+1}} = \delta_A \frac{a_t}{1+g} + \frac{\max\{inn(a_t) a_t, im(a_t)\}}{1+g} H_t,$$

$$a_{t+1} = \min\{1, a_{t+1}^*\}.$$

Пусть $a_t < 1$. Необходимое условие технологического роста экономики может быть записано как

$$a_{t+1}^* = \delta_A \frac{a_t}{1+g} + \frac{\max\{inn(a_t)a_t, im(a_t)\}}{1+g} H_t > a_t.$$

Это неравенство равносильно

$$\max\{inn(a_t)a_t, im(a_t)\} H_t > a_t(1+g-\delta_A),$$

или

$$H_t > \frac{a_t(1+g-\delta_A)}{\max\{inn(a_t)a_t, im(a_t)\}}.$$

В случае невыполнения этого неравенства на конец периода t отставание экономики от мировых технологических лидеров не уменьшится. При усилении отставания экономики она может попасть в ловушку отсталости, когда преодоление технологической отсталости становится невозможным в принципе из-за малых значений H (что было показано в предыдущем примере).

Доля капитала обрабатывающего сектора в общей капиталовооруженности экономики составляет:

$$\sigma_{M,t} = \frac{K_{M,t}}{K_{M,t} + K_{R,t}} = \left(\frac{A_t^2}{B^2(p_t - \beta)^2 + A_t^2} \right) = \frac{1}{\frac{B^2(p_t - \beta)^2}{A_t^2} + 1}.$$

Уравнение на потенциал развития имеет вид:

$$H_t = \left[\delta_H + (1 - \delta_H) \frac{C(a_t)}{\frac{B^2(p_t - \beta)^2}{A_t^2} + 1} \right] H_{t-1}.$$

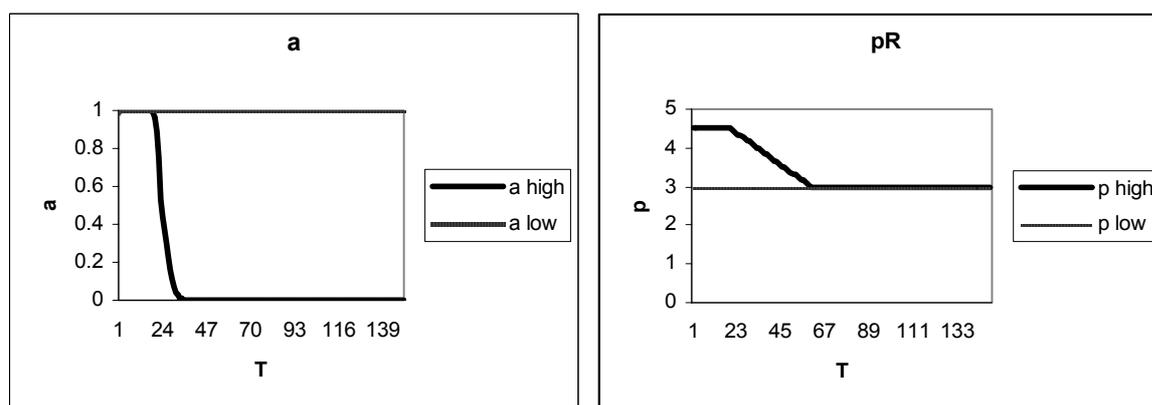
Пусть H_0 – таково, что при этом значении чисто обрабатывающая экономика с уровнем образования $C(a_t) > 1$ не попадает в ловушку недоразвития. Если цены на ресурс достаточно близки к β , то H_t будет возрастать со временем и экономика также приблизится к уровню лидера. Если же цена на ресурс растет слишком быстро, то в определенный момент времени экономика может попасть в ловушку отсталости.

Также нужно отметить, что чем выше β , тем меньше будет влияние цены на ресурс на экономику. Большое β означает, что владельцы ресурсов готовы отказаться от части сегодняшней прибыли ради возможности получить больше прибыли в будущем.

Из формулы видно, что экзогенные высокие цены на ресурс при низких технологическом уровне, потенциале развития и уровне образования могут привести к усилению зависимости экономики от сырьевого фактора. При стабильно высоких ценах страна начнет утрачивать потенциал развития (согласно формуле), начнут убывать A_t и a_t , и в экономике будет преобладать сырьевая составляющая. Затем, в случае падения цен на ресурс, большинство инвестиций в экономике вновь перейдет в обрабатывающий сектор, который, однако будет иметь потенциал развития, недостаточный для ликвидации отставания экономики. К тому же может существенно понизится и уровень образования C (если он – непостоянен), что сделает выход экономики на мировой уровень невозможным.

Проиллюстрируем этот эффект на конкретном примере. Рассмотрим динамику экономики за $T=150$ периодов. Пусть $g=0.001$, $\delta_A=0.5$, $\delta_H=0.5$, $im(a)=0.7(1-a^2)$, $inn(a)=0.9a^2$, $C=1.2$, $s=0.17$, $B=1$, $K_I=10$, $\beta=0.7$. По уровню развития экономика близка к мировым технологическим лидерам ($A_1=6.9$, $\bar{A}_1=7$). Рассмотрим случай стабильно низкой экзогенной цены на ресурс. В этом случае экономика быстро выходит на лидирующий уровень. Далее рассмотрим случай, когда цена на ресурс является изначально высокой, но снижающейся со временем. В этом случае на участке высоких цен происходит спад технологического уровня, а затем деиндустриализация экономики. Ниже приводятся графики, иллюстрирующие динамику цены на ресурс и технологического уровня.

Рис. 2. Динамика двухсекторной экономики без государственного вмешательства (на правом графике приведены экзогенные колебания цены на ресурс).



Данный пример показывает, что в условиях высокой цены на ресурс условия свободного рынка (и эквивалентная им задача максимизации ВВП) не всегда могут обеспечить стабильный рост технологического уровня a_t . Это означает, что для предотвращения неблагоприятных тенденций, связанных с экзогенными колебаниями мировых цен на ресурс, требуются дополнительные

регулирующие механизмы. Одним из методов регулирования может стать активная экономическая политика государства.

Государственная политика

Будем считать, что единственная политика доступная регулирующему органу – это политика пропорционального налога $0 < f < 1$ на природный ресурс. В этом разделе β полагается равным 0.

Тогда в случае введения налога владелец ресурса решает задачу для цены $p_t(1-f)$. Тогда совокупный ВВП экономики (в денежном выражении) равен:

$$Y_t = Q_{M,t} + p_t Q_{R,t} = A_t \sqrt{K_{M,t}} + p_t B \sqrt{K_{R,t}} = \left(\frac{A_t^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2}} + \frac{B^2 p_t^2 (1-f)}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

Из него частный сектор получает:

$$\begin{aligned} Y_{t,pr} &= Q_{M,t} + p_t(1-f)Q_{R,t} = A_t \sqrt{K_{M,t}} + p_t(1-f)B \sqrt{K_{R,t}} = \\ &= \left(\frac{A_t^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2}} + \frac{B^2 p_t^2 (1-f)^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}} = \\ &= \sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2} \sqrt{s Y_{t-1}}. \end{aligned}$$

Доходы государства от налога на ресурс равны:

$$Y_{t,state} = f p_t Q_{R,t} = f p_t B \sqrt{K_{R,t}} = \left(\frac{B^2 f (1-f) p_t^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + A_t^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

Помимо осуществления налоговой политики, государство субсидирует обрабатывающий сектор, а именно оно доплачивает q за каждую единицу товара, произведенную в обрабатывающем секторе.

Совокупный ВВП экономики равен в этом случае:

$$Y_t = Q_{M,t} + p_t Q_{R,t} = A_t \sqrt{K_{M,t}} + p_t B \sqrt{K_{R,t}} =$$

$$= \left(\frac{A_t^2 (1+q)}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} + \frac{p_t^2 B^2 (1-f)}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}$$

Частный сектор при этом имеет:

$$Y_{t,pr} = A_t (1+q) \sqrt{K_{M,t}} + p_t (1-f) B \sqrt{K_{R,t}} =$$

$$= \left(\frac{(A_t(1+q))^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} + \frac{B^2 p_t^2 (1-f)^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

$$= \sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2} \sqrt{s Y_{t-1}}$$

Доход государства в этом случае равен:

$$Y_{t,state} = f p_t B \sqrt{K_{R,t}} - A_t q \sqrt{K_{M,t}} =$$

$$= \left(\frac{B^2 f (1-f) p_t^2}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}} - \left(\frac{q A_t^2 (1+q)}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}} =$$

$$= \left(\frac{f(1-f) B^2 p_t^2 - q A_t^2 (1+q)}{\sqrt{B^2 (p_t(1-f))^2 + (A_t(1+q))^2}} \right) \sqrt{s Y_{t-1}}.$$

Считается, что бюджет бездефицитный, то есть выполнено условие $Y_{t,state} \geq 0$.

Это ограничение равносильно условию:

$$f(1-f) B^2 p_t^2 \geq q A_t^2 (1+q).$$

В модели предполагается, что государство руководствуется двумя целями: максимизацией дохода частного сектора (а, следовательно, и текущего благосостояния всей экономики) и технологическим ростом экономики (зависящем от размера и динамики обрабатывающего сектора). Компромисс между данными подходами достигается посредством использования функции взвешенного ВВП, которую и максимизирует государство:

$$Y_{t+1}(w) = \omega(1+q)Q_{M,t+1} + p_{t+1}(1-f)Q_{R,t+1} =$$

$$= \left(\frac{\omega(A_{t+1}(1+q))^2}{\sqrt{B^2(p_{t+1}(1-f))^2 + (A_{t+1}(1+q))^2}} + \frac{B^2 p_{t+1}^2 (1-f)^2}{\sqrt{B^2(p_{t+1}(1-f))^2 + (A_{t+1}(1+q))^2}} \right) \sqrt{sY_t}.$$

Здесь ω – вес выпуска обрабатывающего сектора во взвешенном ВВП. Поскольку у государства других целей нет, то максимум достигается на границе, то есть при $f(1-f)B^2 p_t^2 = qA_t^2(1+q)$. Задача имеет вид:

$$\left(\frac{\omega(A_{t+1}(1+q))^2}{\sqrt{B^2(p_{t+1}(1-f))^2 + (A_{t+1}(1+q))^2}} + \frac{B^2 p_{t+1}^2 (1-f)^2}{\sqrt{B^2(p_{t+1}(1-f))^2 + (A_{t+1}(1+q))^2}} \right) \sqrt{sY_t} \longrightarrow \max_{f,q}$$

$$s.t. f(1-f)B^2 p_{t+1}^2 = qA_{t+1}^2(1+q)$$

Дополнительное условие позволяет найти явный вид q в зависимости от f :

$$q_{t+1} = \sqrt{\frac{f(1-f)B^2 p_{t+1}^2}{A_{t+1}^2} + 0.25} - 0.5$$

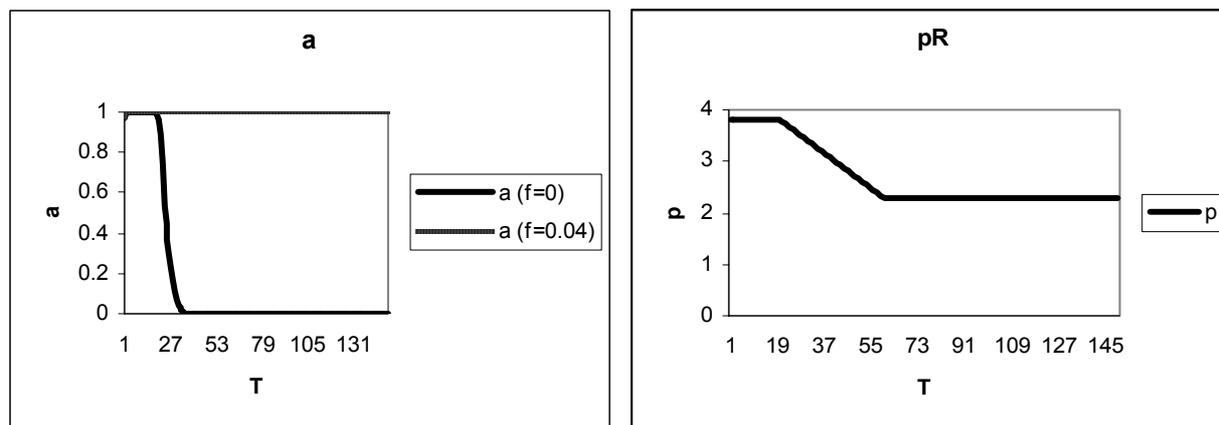
Аналитическое решение этой задачи и нахождение оптимальных налога и субсидии в общем случае нетривиально, поэтому изучение модели происходило на численных примерах.

В рамках данной модели были рассмотрены две стратегии государственной политики: адаптивная политика, в которой задачей государства в период t является максимизация роста взвешенного ВВП в данном периоде (и государство устанавливает f_t на один период), и долгосрочная политика, в которой государство устанавливает $f_t = const$ на все T периодов.

Рассмотрим динамику экономики за $T=150$ периодов. Пусть $g=0.001$, $\delta_A=0.5$, $\delta_H=0.5$, $im(a)=0.7(1-a^2)$, $inn(a)=0.9a^2$, $C=1.2$, $s=0.17$, $B=1$, $K_t=10$. По уровню развития экономика в начале близка к мировым технологическим лидерам ($A_1 = 6.8, \bar{A}_1 = 7$). При долгосрочной политике

государства, то есть при назначении f на все T периодов, наилучшим значением f , максимизирующим рост взвешенного ВВП ($\omega=3$) за T периодов, будет $f=0.04$. При этом значении ловушки отсталости и деиндустриализации удастся избежать.

Рис.3. Динамика двухсекторной экономики при долгосрочной государственной политике (на правом графике приведены экзогенные колебания цены на ресурс).



Рассмотрим адаптивную политику (в первом периоде максимизируется не взвешенный рост, а сам взвешенный ВВП). Результаты численного эксперимента показывают, что при данных значениях параметров f равно 0 в любом периоде. Это означает, что поскольку правительство ориентируется в большей мере на текущий экономический рост, то оно склонно не вмешиваться в рынок. Однако если приоритетом становится индустриализация страны (например, $\omega=10$), то в данных условиях оптимальный налог будет иметь большую величину. (например, $f \approx 0.5$ в случае $\omega=10$ при этих же начальных данных).

ТРЕХСЕКТОРНАЯ МОДЕЛЬ

Негативное влияние увеличения зависимости экономики от экзогенных цен на природные ресурсы хорошо просматривается уже в рамках двухсекторной модели. Однако, известно, что увеличение поступлений от продажи ресурса влечет рост спроса на все товары, в том числе и неторгуемые. Как следствие, цены на неторгуемый товар начинают расти. Это приводит к повышению рентабельности сектора неторгуемых товаров, что может вызвать дальнейший отток капитала из обрабатывающего сектора. В излагаемой ниже модели будет рассмотрен вопрос о влиянии этого эффекта на технологический прогресс.

Предлагаемая модель описывает экономику, которая состоит из трех секторов: обрабатывающего сектора, сектора добычи исчерпаемого природного ресурса, сектора неторгуемых услуг. Как и в двухсекторной модели, запасы природного ресурса предполагаются очень большими,

однако добыча каждой единицы ресурса вызывает потерю в полезности из-за того, что уже этот ресурс нельзя будет использовать в будущем.

Модель предполагается дискретной и многопериодной. Все уравнения модели описывают динамику перехода от момента времени t к моменту $t+1$.

Экономика предполагается открытой для торговли. Обрабатывающий сектор производит товар M , добывающий – товар R , а сектор неторгуемых услуг - товар N . Товары M и R могут продаваться на внешнем и внутреннем рынке. Цена товара M предполагается постоянной и равной 1, а цена R подвержена мировой конъюнктуре и составляет $p_{R,t}$ в момент времени t .

В обрабатывающем секторе используются два фактора производства – капитал и труд. Ресурсодобывающий сектор использует только капитал, поскольку добыча природных ресурсов требует больших капитальных затрат, и в ней занято сравнительно небольшое число работников. В секторе неторгуемых товаров (секторе услуг) используется только труд, что тоже может соответствовать реальному положению дел (большинство услуг являются трудоинтенсивными).

Также делается предположение о том, что институциональные и политические риски в описываемой экономике очень велики, и, как следствие, инвестиции (и инновации) финансируются внутренними сбережениями.

Цена капитала r формируется эндогенно.. Пусть Y_t обозначает совокупный выпуск в денежном выражении, а K_t - совокупный капитал, L – совокупное постоянное предложение труда. Далее, $Y_{R,t}, Y_{M,t}, Y_{N,t}$ - выпуски в каждом секторе в денежном, а $Q_{R,t}, Q_{M,t}, Q_{N,t}$ - в натуральном (количественном) выражении. Количество капитала в различных секторах экономики обозначается как $K_{R,t}, K_{M,t}, K_{N,t}$. Норма сбережения s предполагается постоянной.

Производственные функции секторов M, R и N имеют вид:

$$Y_{M,t} = Q_{M,t} = A_t \sqrt{K_{M,t} L_{M,t}},$$

$$Y_{R,t} = p_{R,t} Q_{R,t} = p_{R,t} B \sqrt{K_{R,t}},$$

$$Y_{N,t} = p_{N,t} Q_{N,t} = p_{N,t} G \sqrt{L_{N,t}}.$$

Цена на неторгуемый товар формируется эндогенно. Репрезентативный потребитель имеет функцию полезности Кобба-Дугласа вида

$$U = T^\alpha N^{1-\alpha},$$

где T – количество потребляемого торгуемого, а N – неторгуемого товара.

Задача потребителя решается при следующих ограничениях (считаем, что цена торгуемого товара равна 1, и он может быть приобретен на внешнем рынке в неограниченном количестве):

$$T + p_{N,t}N = (1-s) * (Y_{M,t} + Y_{R,t} + Y_{N,t}),$$

$$N = Q_{N,t}.$$

В данной модели считается, что к началу периода t цена $p_{N,t}$ является уже заданной. За промежуток времени t происходит производство всех товаров, а затем из решения задачи потребителя находится цена неторгуемого товара на следующий период $p_{N,t+1}$, которая считается исходя из равновесия на конец периода t .

$$T + p_{N,t+1}N = (1-s) * (Y_{M,t} + Y_{R,t} + Y_{N,t})$$

Решение проблемы максимизации дает

$$\alpha p_{N,t+1}N = (1-\alpha)T.$$

Отсюда находится равновесная цена, служащая ориентиром для следующего периода:

$$p_{N,t+1} = \frac{(1-\alpha)T}{\alpha N} =$$

$$= \frac{(1-\alpha)((1-s)(Q_{M,t} + p_{R,t}Q_{R,t} + p_{N,t+1}Q_{N,t}) - p_{N,t+1}Q_{N,t})}{\alpha Q_{N,t}}.$$

$$p_{N,t+1} = \frac{(1-\alpha)(1-s)(Q_{M,t} + p_{R,t}Q_{R,t})}{(1-(1-\alpha)(1-s))Q_{N,t}}$$

В модели капитал работает один период. В экономике предполагается постоянная норма сбережения s , и все сбережения переходят в инвестиции, а также полная занятость и постоянное предложение труда.

$$K_{M,t+1} + K_{R,t+1} = K_{t+1} = s(Y_{M,t} + Y_{R,t} + Y_{N,t}) = sY_t,$$

$$L_{M,t+1} + L_{N,t+1} = L.$$

Цена капитала и зарплата на рынке эндогенны и равны r и w , соответственно. Поскольку капитал является действительным на один период, то, кроме процента, владелец должен получить и его начальную стоимость. Как и в двухсекторной модели, в задаче максимизации ресурсного сектора из общей прибыли вычитается величина $\beta Q_{R,t}$. В двух других секторах агенты максимизируют прибыль.

Если $K_{M,t} > 0$, $K_{R,t} > 0$, то для них выполнено следующее условие первого порядка:

$$\frac{\partial Y_{M,t}}{\partial K_{M,t}} = \frac{1}{2} \frac{A_t \sqrt{L_{M,t}}}{\sqrt{K_{M,t}}} = 1 + r,$$

$$\frac{B(p_{R,t} - \beta) \partial Q_{R,t}}{\partial K_{R,t}} = \frac{1}{2} \frac{B(p_{R,t} - \beta)}{\sqrt{K_{R,t}}} = 1 + r.$$

Если $L_{M,t} > 0$, $L_{N,t} > 0$, то для них выполнено следующее условие первого порядка:

$$\frac{\partial Y_{M,t}}{\partial L_{M,t}} = \frac{1}{2} \frac{A_t \sqrt{K_{M,t}}}{\sqrt{L_{M,t}}} = w, \quad \frac{p_{N,t} G \partial Q_{N,t}}{\partial L_{N,t}} = \frac{1}{2} \frac{p_{N,t} G}{\sqrt{L_{N,t}}} = w.$$

Найдем уравнение на капитал и труд:

$$\left(\frac{A_t \sqrt{L_{M,t}}}{B(p_{R,t} - \beta)} \right)^2 = \frac{K_{M,t}}{K_{R,t}}, \quad \left(\frac{A_t \sqrt{K_{M,t}}}{p_{N,t} G} \right)^2 = \frac{L_{M,t}}{L_{N,t}}.$$

$$K_{M,t} = K_t \left(\frac{A_t^2 L_{M,t}}{B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 + A_t^2 L_{M,t}} \right),$$

$$L_{M,t} = L \left(\frac{A_t^2 K_{M,t}}{(p_{N,t} G)^2 + A_t^2 K_{M,t}} \right).$$

При подстановке второго уравнения в первое, можно получить

$$1 = \left(\frac{K_t A_t^4 L}{B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 ((p_{N,t} G)^2 + A_t^2 K_{M,t}) + A_t^4 K_{M,t} L} \right),$$

$$B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 ((p_{N,t} G)^2 + A_t^2 K_{M,t}) + A_t^4 K_{M,t} L = K_t A_t^4 L,$$

$$K_{M,t} = \frac{K_t A_t^4 L - B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 (p_{N,t} G)^2}{B^2 (p_{N,t} - \beta)^2 A_t^2 + A_t^4 L}.$$

Аналогично, по симметрии задачи можно получить, что

$$L_{M,t} = \frac{K_t A_t^4 L - (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2}{(p_{N,t} G)^2 A_t^2 + A_t^4 K_t}.$$

Из данных уравнений можно видеть, что решение с $K_{M,t}$, $L_{M,t}$ существует не всегда. При

$$K_t A_t^4 L \leq (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2$$

экономика попадает в **ловушку деиндустриализации**, когда производство в обрабатывающем секторе в период t прекращается полностью.

Далее, рассмотрим изменение доли капитала обрабатывающего сектора в общей капиталовооруженности экономики.

Она равна:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{M,t} = \frac{K_t A_t^4 L - (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2}{K_t (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 A_t^2 + K_t A_t^4 L}, \quad K_t A_t^4 L > (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2 \\ \sigma_{M,t} = 0, \quad K_t A_t^4 L \leq (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2 \end{array} \right.$$

Перепишем дробь в виде

$$\begin{aligned} \sigma_{M,t} &= 1 - \frac{K_t (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 A_t^2 + (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 (p_{N,t} G)^2}{K_t (p_{R,t} - \beta)^2 B^2 A_t^2 + K_t A_t^4 L} = 1 - \frac{K_t A_t^2 + (p_{N,t} G)^2}{K_t A_t^2 + K_t A_t^4 L / (B^2 (p_{R,t} - \beta)^2)} \\ &= 1 - \frac{1 + (p_{N,t} G)^2 / K_t A_t^2}{1 + A_t^2 L / (B^2 (p_{R,t} - \beta)^2)} \end{aligned}$$

Аналогично двухсекторному случаю, рассмотрим изменение потенциала развития за один период (в случае $C=const$).

$$\left\{ \begin{array}{l} H_t = \left[\delta_H + (1 - \delta_H) C \left(1 - \frac{1 + (p_{N,t} G)^2 / K_t A_t^2}{1 + A_t^2 L / (B^2 (p_{R,t} - \beta)^2)} \right) \right] H_{t-1}, \quad K_t A_t^4 L > B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 (p_{N,t} G)^2 \\ H_t = \delta_H H_{t-1}, \quad K_t A_t^4 L \leq B^2 (p_{R,t} - \beta)^2 (p_{N,t} G)^2 \end{array} \right.$$

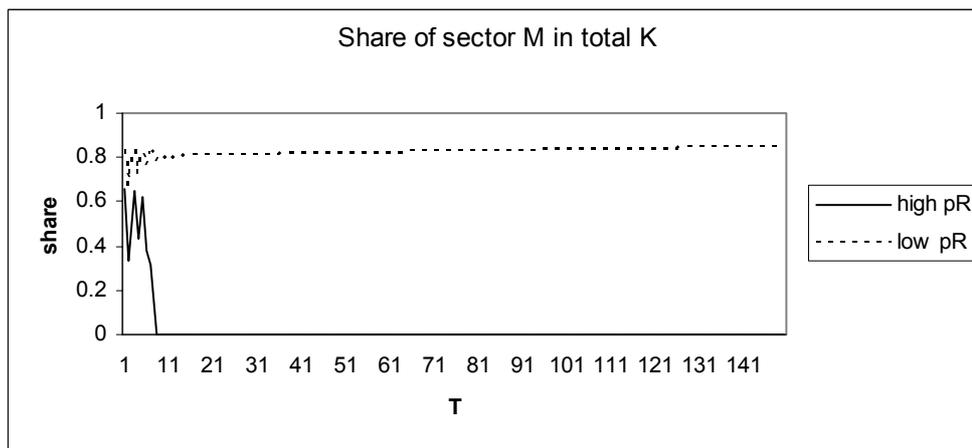
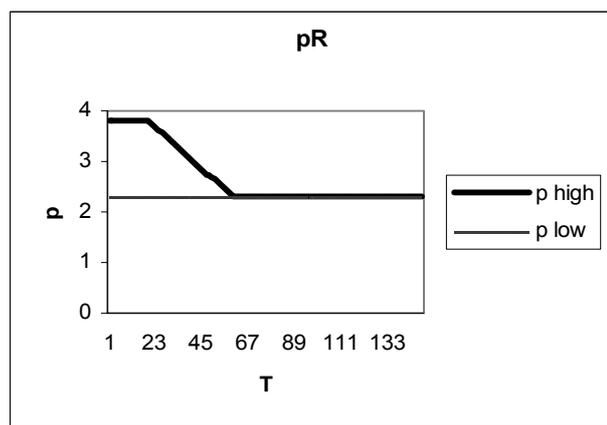
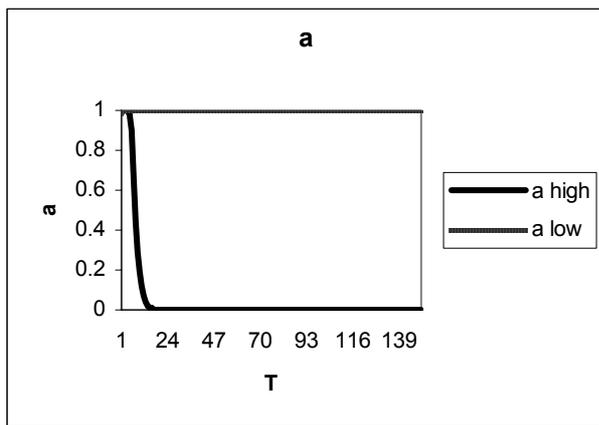
Считаем, что динамика технологической вооруженности такая же, как и в двухсекторном случае. Вспоминая уравнения на a из двухсекторной модели, имеем

$$a_{t+1} = \min \left\{ 1, \frac{\delta_A a_t + \max \{ inn(a_t) a_t, im(a_t) \}}{1 + g} H_t \right\}.$$

Из формул на H_t можно заключить, что рост цены на неторгуемый товар сокращает долю обрабатывающего сектора в общей капиталовооруженности экономики.

Изучим данную модель на примере конкретной симуляции. Пусть $g=0.001$, $\delta_A=0.5$, $im(a)=0.7(1-a^2)$, $inn(a)=0.9a^2$, $L=10$, $K_I=10$; $s=0.17$, $B=4$, $G=5$, $C=1.35$, $\alpha=0.7$, $\beta=0$, $A_I=6.9$, $\bar{A}_1 = 7$.

Рис 4. Динамика трехсекторной экономики (на втором графике приведена динамика цен на ресурсе)



При данных значениях параметров, как и для двухсекторной экономики, высокая цена на природный ресурс может привести к деиндустриализации экономики, падению H и A . Основное отличие от двухсекторного случая заключается в том, что деиндустриализация здесь может происходить за один период (в данном примере, при $t \approx 11$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе было построено расширение модели Солоу при следующих дополнительных предположениях:

- наличие нескольких секторов в экономике (ресурсодобывающий сектор, сектор неторгуемых товаров)
- частичная эндогенность технологического прогресса
- технологический прогресс создается одним из секторов экономики
- выделение имитационного и инновационного этапов в развитии экономики
- введение в модель институционального фактора (образование), благоприятствующего технологической модернизации

Важной особенностью приведенной модели является непостоянный темп изменения технологического уровня и его частичная эндогенность. Эта особенность делает возможным появление «ловушек отсталости», когда уровень технологической оснащенности страны возрастает, но темпы его роста недостаточны для того, чтобы выйти на мировой уровень. В результате может наблюдаться стабилизация уровня развития a_t на определенном, меньшем единицы, уровне, что эквивалентно перманентной отсталости страны.

В рамках данного подхода был проведен анализ эффектов «голландской болезни» и деиндустриализации в случае высоких цен на природный ресурс. Было показано, что высокие цены на природный ресурс создают экстерналии, в результате которых, при неблагоприятном сочетании параметров, рынок может выйти на нестабильную в долгосрочном периоде траекторию развития, существенно зависящую от цен на ресурс. Тем больше β , то есть «бережливость», в ресурсодобывающем секторе, тем меньше масштаб подобных искажений.

Выявлен еще один отрицательный эффект «голландской болезни»: замедление технического прогресса в экономике, что влечет за собой дальнейшее падение рентабельности обрабатывающего сектора и усугубление сырьевой зависимости.

Изучение конкретных примеров показало, что в условиях недостаточной технологической развитости экономики введение налога на добычу природного ресурса и перераспределение собранных средств в целях субсидирования обрабатывающего сектора может благоприятствовать преодолению технологической отсталости. Главная функция этого налога – не в прямой поддержке обрабатывающих отраслей, генерирующих технологический прогресс, а в снижении масштабов искажений в экономике, вызванных высокой экзогенной ценой на природный ресурс.

В случае трехсекторной модели, при введении в модель трудоемкого сектора неторгуемого товара (услуг) появляется дополнительный **эффект деиндустриализации**, также связанный с «голландской болезнью». В результате роста цен на ресурсы у потребителей становится больше средств, цены на неторгуемый товар растут, и в этот сектор перетекает труд. При определенном уровне цен на ресурс и на неторгуемые товары инвестиции в обрабатывающий сектор резко прекращаются. В двухсекторной модели (без сектора услуг) такого эффекта не наблюдалось и спад в обрабатывающем секторе был постепенным. Это можно объяснить увеличением совокупной конкуренции секторов за факторы производства: обрабатывающему сектору приходится конкурировать не только за капитал, но и за труд. Основные выводы, справедливые для двухсекторной модели остаются справедливыми и в случае трех секторов.

Данные модели представляют собой лишь первый шаг на пути анализа роста и развития многосекторной экономики в условиях эндогенного технического прогресса и присутствия

экзогенных цен на один из производимых в экономике продуктов (в данном случае, на ресурс). В условиях многосекторности и эндогенной динамики технического прогресса характер связи между секторами усложняется и, в некоторых случаях, для ее изучения приходится прибегать к методу численного моделирования. Однако, представляется весьма вероятным, что при наложении дополнительных условий и предположений о видах функций, динамику модели можно будет изучать и в непрерывном времени при помощи применения принципа максимума или принципа Беллмана. В моделях работы (Куралбаева, Эйсмонт (1999)) аналитические решения были получены, но динамика технического прогресса в экономике предполагалась однородной (имеющей постоянный темп или же описываемой одним дифференциальным уравнением). Это условие для данных моделей не выполняется, и применение аналитических методов становится значительно более сложным.

Еще одним улучшением модели мог бы стать переход от частного случая производственных функций Кобба-Дугласа ($A\sqrt{KL}, p_R\sqrt{K}, Cp_N\sqrt{L}$) к функциям Кобба-Дугласа общего вида $AK^\alpha L^{1-\alpha}, p_R K^\nu, Cp_N L^{1-\omega}$. Это представляется весьма непростой задачей, поскольку даже нахождение статических равновесий в данном случае сводится к нелинейным уравнениям, не решаемым аналитически.

Интересным вопросом является и изучение модели при возможности динамического изменения параметра институциональной среды (уровня образования) в экономике. В частности, можно рассматривать такие варианты государственной политики, когда государство тратит полученные средства не на субсидии обрабатывающему сектору, а на создание климата, более благоприятного инновациям, в частности, на повышение образовательного уровня или увеличения конкурентной среды.

ЛИТЕРАТУРА

Инновации в России

Dezhina I., Graham L. (2002) Russian Basic Science After Ten Years of Transition and Foreign Support. Carnegie Endowment for International Peace.

Krasnochtchekova P. (2000) Industrial Structure in Transition: The Case of the Russian Federation. DRUID Winter Conference 6-9 January.

World Bank Report (2004) From Transition to Development.

Дежина И. Г. (2001) Обеспечение эффективных механизмов осуществления инновационной деятельности в российской экономике. М., ИЭПП.

Доклад Всемирного Банка (2002) От знаний к благосостоянию: преобразование российской науки и технологии с целью создания современной экономики, основанной на знаниях.

Паппэ Я.Ш. (2000). Олигархи, М., ГУ-ВШЭ.

Иновации в целом и модели инновационной экономики

Aghion P., Howitt P. Endogenous Growth Theory. The MIT Press, 1999

Aghion P., Bloom N., Blundell R. (2002) Competition and Innovation. An Inverted U Relationship.

Aghion Ph., Carlin W., Schaffer M. (2002) Competition, Innovation, and Growth in Transition: Exploring the Interactions between Policies; William Davidson Working Paper #501.

Acemoglu D., Aghion P., Zilibotti F. (2002) Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth. NBER Working Paper No. 9066.

Carlin W., Seabright P. (2003) The Importance of Competition in Developing Countries for Productivity and Innovation. Background paper for World Development Report (not for citations).

Morck R., Yeung B. (2000) The Economic Determinants of Innovation.

Polterovich V., Popov V. (2003) Stages of Development and Economic Growth. Manuscript.

Polterovich V., Tonis A. (2003) Innovation and Imitation at Various Stages of Development. New Economic School.

Tonis A. (2003) Promoting Growth: Rent-Seeking as a Cause of Failure, M., NES.

Куралбаева К., Эйсмонт О. (1999) Истощение природных ресурсов и долгосрочные перспективы российской экономики. EERC №7.