

Дементьев Виктор Евгеньевич
член-корреспондент РАН, доктор экономических наук
Центральный экономико-математический институт РАН
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова
vedementev@rambler.ru

ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ И КОНДРАТЬЕВСКИЕ ЦИКЛЫ

Аннотация. Рассматривается влияние технологий предшествующих циклов Кондратьева на формирование технологий нового цикла. Оценивается экономическая целесообразность использования технологий предшествующих длинных волн после подъема очередной длинной волны. Обсуждаются возможности снижения амплитуды длинноволновых колебаний, остроты связанных с этими колебаниями экономических кризисов.

Ключевые слова: длинные волны экономики, инфраструктура, технологии широкого применения, пересекающиеся поколения, логистическая функция.

Keywords: long waves of economy, infrastructure, general purpose technology, overlapping generations, logistic function

Для повышения качества управления российской экономикой на разных ее уровнях важно учитывать немонотонность экономического развития. Каждая технологическая революция, придающая волнообразность развитию экономики, имеет своеобразные черты. Тем не менее, общей чертой технологических революций является связь их с распространением новых технологий широкого применения (general purpose technology). Это технологии, которые внедряются во множество других отраслевых технологий, позволяя тем перейти на новый уровень и повысить свою эффективность, открывают широкий спектр новых возможностей для прибыльных инвестиций [10; 11]. Такие свойства позволяют характеризовать технологии широкого применения как «двигатели роста». Технологии широкого применения фактически являются той материальной основой технологических революций, с которыми связывают смену длинных волн экономического развития.

Сам характер такого рода технологий, все усложняющаяся отраслевая структура экономики позволяют заключить, что в ходе этого развития новая длинная волна не гасит полностью предшествующие волны. Можно говорить о сосуществовании в экономике, пусть в изменяющихся пропорциях и с элементами модернизации, но разных технологических укладов. При этом часть традиционных отраслей временно или на постоянной основе обретает второе дыхание за счет комбинирования старых и новых технологий. Возможности такого комбинирования наглядно проявились в автомобилях с двигателями внутреннего сгорания. В стоимости таких автомобилей все возрастающую долю занимают электронные компоненты. Ожидается, что скоро автомобилестроение станет сферой активного применения и нанотехнологической продукции.

Большой шаг сделан в последние годы в анализе и математическом моделировании длинноволновой динамики [1; 8]. Вместе с тем, дополнительного внимания в моделях экономического развития требует учет инфраструктурных обстоятельств длинноволновой динамики. Такие инфраструктурные объекты как сухопутные транспортные сети могут служить иллюстрацией и инноваций отдельных длинных волн, и длительного наложения технологий разных волн [9].

Как известно, объекты производственной инфраструктуры – весомая составляющая основных капитальных благ, которым Н.Д. Кондратьев отвел ключевую роль в формировании циклов конъюнктуры. Инфраструктурные обстоятельства фигурируют и в современных исследованиях в качестве одного из принципиальных факторов длинноволновой динамики наряду с факторами, связанными с внедрением инноваций,

обновлением финансовой системы и ее институтов, сменой моделей ресурсопотребления и технологий получения информации [2].

Не только человеческие ресурсы, но и разные составляющие инфраструктуры приобретают все возрастающее значение в социально-экономическом развитии [6]. Однако зависимость степени реализации потенциала технологического уклада от состояния необходимой для этого инфраструктуры, специфика влияния инфраструктурных объектов на выпуск продукции, на цикличность экономического развития пока слабо отражена в моделях экономического роста.

Недостаточно представлены в этих моделях и эффекты взаимовлияния наслаивающихся технологий широкого применения при становлении нового технологического уклада. В известной модели Даймонда пересекающиеся поколения людей имеют фиксированный срок жизни [7, С.110-130]. Экзогенная фиксация продолжительности существования отдельных технологий существенно ограничивает анализ их взаимовлияния.

Рассматривается экономическая система, в которой возможности выпуска продукции за фиксированный период (год) на основе технологий отдельной длинной волны описываются логистической функцией. Использование логистических кривых – достаточно стандартный прием для описания динамики технологических укладов [5]. Логистические кривые описывают кумулятивный рост с насыщением, наблюдаемый и в биологических, и в экономических системах. В экономике насыщение может соответствовать постепенному исчерпанию потенциала используемой технологии. Обычно логистическая функция используется для описания роста системы во времени.

Однако в логистической форме может рассматриваться зависимость годового выпуска y от количества вовлеченных в производство ресурсов z (где z – цена этого количества ресурсов):

$$y(z) = \frac{A}{1 + de^{-bz}}$$

Здесь A характеризует потенциал роста системы (наращивания выпуска при данной технологической базе производства), d – задает стартовые позиции при начале выпуска продукции, b влияет на скорость исчерпания потенциала.

При этом в логистической функции в качестве z фигурирует только часть ресурсов, непосредственным образом определяющая количество произведенной продукции/услуг. Отдельно предлагается учитывать ресурсы c (где c – цена ресурсов) в виде инфраструктуры производства, создание которой рассматривается как предварительное условие для его начала. Так, объем услуг железнодорожного транспорта опосредованно связан с протяженностью железных дорог, а непосредственно – с количеством эксплуатируемого подвижного состава. Объем выпускаемой продукции промышленного предприятия прямо зависит от количества используемого оборудования, опосредовано – от затрат на возведение (аренду) производственных зданий.

При таких допущениях годовой экономический эффект от использования некоторой технологии можно представить следующим образом:

$$y(z) - r(z + c) = \frac{A}{1 + de^{-bz}} - r(z + c),$$

где $r(z+c)$ – годовые расходы на использование соответствующих ресурсов. Если исходить из отсутствия жестких ограничений на привлечение финансовых ресурсов, то можно допустить формирование ресурсной базы производства за счет кредитных ресурсов, а параметр r в рассматриваемой формуле годового экономического эффекта интерпретировать как ставку процента по соответствующим кредитам. Другая возможная трактовка этой формулы – экономический эффект при аренде производственных ресурсов, а r – годовые ставки арендной платы.

Величина c общих затрат на создание инфраструктуры принимается фиксированной на уровне, позволяющем обеспечить раскрытие потенциала соответствующей технологии. Чем сильнее влияние сетевых эффектов на использование некоторой технологии, тем

проблематичней достижение успехов в ее применении при плавном наращивании необходимой инфраструктуры.

Допустим, что потенциальные возможности технологий, представляющих две смежные длинные волны, уже определились: A_1 – потенциал первой из рассматриваемых волн, A_2 – второй. Пусть финансовые возможности привлечения ресурсов K , необходимых для технологий разных волн, ограничены величиной rK :

$$r(z_1 + c_1) + r(z_2 + c_2) \leq rK.$$

rK можно интерпретировать и как арендные платежи за ресурсы K , и как проценты по кредиту K .

Обозначив z_1+c_1 через x_1 , а z_2+c_2 через x_2 , задачу оптимального распределения ресурсов между технологиями двух волн можно представить следующим образом:

$$\frac{A_1}{1 + de^{-b(x_1-c_1)}} - rx_1 + \frac{A_2}{1 + de^{-b(K-x_1-c_2)}} - r(K-x_1) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 \leq K, \quad x_1 \geq c_1, \quad x_2 \geq c_2.$$

Обозначим через H соотношение A_2/A_1 . Тогда необходимым условием экстремума в точке x_1 при $0 < x_1 < K$ и $x_2 = K - x_1$ является:

$$e^{bx_1} = \frac{e^{b(K-c_2)} - dH^{0,5} e^{0,5b(K+c_1-c_2)}}{dH^{0,5} e^{0,5b(K-c_1-c_2)} - d^2}.$$

Отсюда
$$x_1 = b^{-1} \ln Q,$$

где
$$Q = \frac{e^{b(K-c_2)} - dH^{0,5} e^{0,5b(K+c_1-c_2)}}{dH^{0,5} e^{0,5b(K-c_1-c_2)} - d^2}.$$

Выражение для Q позволяет представить, как соотношение потенциалов длинных волн ($H=A_2/A_1$) влияет на активность использования технологий предшествующей длинной волны и, соответственно, на меру переключения экономики на технологии следующей волны. Перераспределение ресурсов в пользу новой технологии усиливается по мере увеличения этого соотношения.

Предложенная модель наложения технологий разных длинных волн имеет весьма упрощенный характер. За рамками рассмотрения остались весьма важные эффекты не просто наложения, а симбиоза уже вполне освоенных и новых технологий широкого применения. Такой симбиоз способен, с одной стороны, заметно повысить потенциал старых технологий (отраслей), с другой стороны, запустить процесс применения новых технологий (как улучшающих в этих отраслях) еще до формирования инфраструктуры, необходимой для раскрытия потенциала очередной длинной волны.

Представленный вариант формирования этих волн выходит за рамки схемы, соответствующей «технологическому детерминизму» в объяснении экономических циклов [3]. Часть фигурирующих в моделях параметров отражает институциональные условия развития экономики и их влияние на цикличность экономического развития [4]. В частности, от государственной научно-технической политики зависят темпы формирования потенциала очередной длинной волны (параметр s), от финансовой политики – условия кредитования бизнеса (параметр r), а с ними и скорость приближения новых технологий широкого применения к состоянию, привлекательному для инвесторов.

Учет немонотонности экономического развития важен для ослабления кризисных явлений, возникающих в ходе смены фаз кондратьевских циклов. От конкурентной политики зависит, насколько спрос существующих отраслей на новые технологии обеспечит плавность смены кондратьевских циклов. Однако усиление конкуренции не является универсальным средством повышения инновационной активности национального бизнеса. Инновационный эффект конкурентного давления зависит как от структуры рынка, так и от дистанции до мировых технологических лидеров. При большом отставании обострение конкуренции чревато угнетающим влиянием на инновационную активность национальных компаний.

Вместе с тем, конкурентный прессинг весьма полезен при относительной близости к лидерам. Переход к такому прессингу оправдан после модернизации производства.

Зарубежный опыт дает примеры действий в следующей последовательности: национализация – модернизация за государственный счет – приватизация.

Требуют учета при проведении конкурентной политики и особенности фаз длинной (кондратьевской) волны, характер определяющих эти особенности инноваций. Так во время быстрого подъема длинной волны разворачивается соперничество стран в сфере радикальных нововведений. Форсированный рост соответствующих производств сулит захват преобладающей доли и новых рынков, и технологической (инновационной) ренты. По мере насыщения новых рынков соперничество на них часто приобретает весьма острый характер, свойственный олигополистической конкуренции. При этом стремление к реализации эффекта масштаба в производстве, к опережению соперников в соперничестве за доли рынка чревато гипертрофированным наращиванием мощностей, кризисом перепроизводства. Конкурентная политика в этих условиях должна учитывать эффективные масштабы производства на отдельных предприятиях, достаточное для насыщения рынка количество мощностей. Инструментом конкурентной политики здесь может выступать лицензирование создания новых крупных производств. Тем самым сдерживается чрезмерный размах амплитуды экономических колебаний в верхних поворотных точках длинной волны.

Другая ситуация, когда при высокой насыщенности новых рынков на первый план выходят улучшающие инновации. Фаза зрелости длинной волны открывает такие возможности для малого и среднего бизнеса, которые связаны с индивидуализацией запросов потребителей и отсутствием у крупного бизнеса желания действовать в мелких рыночных нишах. В такой ситуации на первый план в конкурентной политике выходит поддержка соперничества малых и средних предприятий (МСП), действующих «в порах» крупного бизнеса.

Поддержка МСП, тестирующих перспективные технологические направления, - важная составляющая промышленной политики в переходный период между кондратьевскими циклами.

Принципиальным препятствием для снижения глубины кризиса в нижней точке длинной волны, для активизации созидательных процессов на фоне спада в старых отраслях способна стать недостаточная скоординированность действий экономических субъектов. Сам характер технологий широкого применения обуславливает повышенное влияние фактора координации на реализацию потенциала таких технологий. Решиться на радикальные инновации особенно сложно, когда они требуют координации действий многих бизнес-партнеров. К значительно усложняющим проблемы координации относят ситуации, когда инновации ведут к возникновению рынков, на которых привлекательность новых продуктов, услуг зависит от численности уже пользующихся этими продуктами, услугами, т.е. рынков с сетевыми эффектами. Для рынков с сетевыми эффектами характерно существование критической массы покупателей, – то есть такого порогового уровня их численности, – после превышения которого предлагаемый товар (услуга) становится привлекательным для широкой массы потребителей и спрос быстро нарастает.

Хотя о сетевых свойствах много говорится относительно рынков информационно-коммуникационных технологий, проблемы, связанные с недобором критической массы, можно обнаружить при анализе инновационных трудностей во многих сферах, включая разные инфраструктурные отрасли. Для рынков с сетевыми эффектами правомерна постановка вопроса о критической массе инновационных инвестиций. Имеется в виду способность инноватора мобилизовать в ограниченное время такой объем инвестиций, который позволит действовать на опережение в формировании критической массы покупателей и, как следствие, – захватить лидирующие позиции на соответствующем рынке.

Однако наличие сетевых эффектов способно стать труднопреодолимым препятствием на пути коммерциализации результатов этих НИОКР. В таких условиях государственный спрос на инновационную продукцию – одно из средств достижения критической массы в производстве, разрыва того порочного круга, когда ограниченность спроса не позволяет

реализовать эффект масштаба в производстве, а его высокие издержки приводят к неприемлемой для потребителя цене.

Для активизации инвестиционных и инновационных процессов в сетевой экономике важно снизить риски первопроходцев, регулируя выход на рынок новых участников. Государство способно выступать в роли своего рода гаранта для инвесторов, используя свои полномочия в виде спецификации прав собственности (выдача лицензий) и установления платы за ограниченные ресурсы (в случае мобильной связи - выделяемые радиочастоты). Через условия выдачи лицензий государство влияет на число участников рынка и, таким образом, на уровень цен (тарифов) и величину получаемых участниками доходов, на ресурсные возможности перехода к новым технологиям, на размер критической массы покупателей. Установление платы за ограниченные ресурсы стимулирует к эффективному использованию этих ресурсов.

На качество государственной стратегии и на реализующую ее промышленную политику сильное влияние оказывает дефицит информации о том, какова будет реакция экономических агентов на правительственные меры. Средством преодоления такого дефицита является вовлечение бизнеса в подготовку стратегических решений. Особенно при планировании структурных изменений в экономике, меняющих прежние тенденции ее развития, без обращения к бизнесу, без учета его отношения к таким изменениям трудно добиться сбалансированности производства, выработать действенные меры, позволяющие реализовать принимаемые планы.

В условиях догоняющего развития взаимодействие отраслевых ассоциаций бизнеса друг с другом и с правительством позволяет скоординировать заимствование технологий и создать обстановку доверия. Система такого интерактивного планирования служит преодолению двух препятствий на пути модернизации экономики. Одним из них является комплементарность технологий: изменение технологии в одной отрасли требует изменений у смежников. Рыночный механизм обнаруживает недостаточную эффективность в согласовании таких изменений, что позволяет говорить о ловушке отраслевой координации. Второе препятствие – обычно сопровождающее технологическую отсталость - низкое качество институтов, проявляющееся во взаимном недоверии агентов. Оно способно привести к «закупорке» каналов обратной связи от бизнеса к власти и торможению экономического роста вследствие повышения инвестиционных рисков.

В качестве одной из причин волнообразности экономического развития фигурируют циклические колебания уровня тех запасов технологических изобретений и разработок, к которым обращаются предприниматели в поисках новых эффективных комбинаций факторов производства. Господдержка научных исследований важна для снижения вероятности возникновения инновационных пауз, связанных с дефицитом готовых к эффективной коммерциализации знаний о новой технологии широкого применения.

Когда очередная длинная волна еще только формируется, странам, имеющим шансы активно участвовать в ожидаемой технологической революции, приходится действовать в условиях неопределенности перспектив новых технологических направлений. Не удивительно, что риски развития таких направлений во многом берет на себя государство, финансируя соответствующие исследования и разработки.

Для устойчивого успеха в соперничестве за технологическую ренту России, кроме концентрации усилий на некоторых прорывных направлениях, необходимо поддерживать высокий уровень компетенции по широкому спектру фундаментальных исследований. Наличие такой науки важно для восприятия чужих открытий, накопления собственных заделов в соответствующих областях знаний, создания кадрового потенциала для прикладных НИОКР. Это может иметь критическое значение для комбинирования собственных лидирующих разработок с дополняющими нововведениями, учитывающими зарубежные достижения.

Список литературы:

1. Акаев А.А., Румянцева С.Ю., Сарыгулов А.И. и др. Экономические циклы и экономический рост. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 456 с.
2. Акаев А.А., Румянцева С.Ю., Сарыгулов А.И., Соколов В.Н. Причины длинных волн и проблема неравномерного экономического развития мировой экономики // Кондратьевские волны: Аспекты и перспективы: ежегодник / Отв. ред. А.А. Акаев, Р.С. Гринберг, Л.Е. Гринин, А.В. Коротаев, С.Ю. Малков. - Волгоград: Издательство "Учитель", 2012. - С.110–135.
3. Лавров С.Ю. Макроэкономическая основа цикличности экономического развития в современных условиях // Журнал экономической теории. — 2014. — № 1. — С.122-134.
4. Малкина М.Ю., Лавров С. Ю. Институциональные аспекты современных циклов и кризисов // Журнал экономической теории. — 2012. — № 1. — С.69-78.
5. Нижегородцев Р.М. Логистическое моделирование экономической динамики. Ч.1. // Проблемы управления. – 2004. - №1. - С.46-53.
6. Пыхов П.А., Кашина Т.О. Инфраструктура как объект экономических исследований // Журнал экономической теории. – 2016. - №1. - С.39-46.
7. Ромер Д. Высшая макроэкономика. Второе издание. – М.: Издательский дом Высшей школы экономики, 2015. – 855 с.
8. Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В. и др. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. — М.: ИСПИ РАН, 2012. – 359 с.
9. Светлов Н.М. Эконометрический анализ развития сухопутных транспортных сетей // Экономика и математические методы. – 2016. - № 2 – С.60-74.
10. Helpman Elhanan, Trajtenberg Manuel. A Time to Sow and a Time to Reap: Growth Based on General Purpose Technologies / Helpman Elhanan (ed.). General Purpose Technologies and Economic Growth. - Cambridge, MA: MIT Press, 1998. - P.55-83.
11. Lipsey Richard G., Bekar Cliff and Carlaw Ken. What Requires Explanation? / Helpman Elhanan (ed.). General Purpose Technologies and Economic Growth. - Cambridge, MA: MIT Press, 1998. - P.15-54.