

СВЕТЛОВ НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ
SVETLOV NIKOLAI MIKHAILOVICH

БУДУЩЕЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ В СВЕТЕ ТЕОРИИ ИНФРАТРАЕКТОРИЙ¹ THE FUTURE OF TRANSPORTATION NETWORKS IN THE LIGHT OF THE THEORY OF INFRA-TRAJECTORIES

На материалах сухопутных транспортных сетей США (1871-2013 гг.) подтверждена неравновесная воспроизводственная теоретическая модель инфратраекторий, учитывающая смену технологических укладов и инвестиционный лаг. Эконометрическое моделирование показало, что экономическая эффективность железнодорожных сетей и сетей автодорог с твердым покрытием США практически одинакова, что свидетельствует в пользу её выравнивания под действием конкурентных сил вследствие изменения протяженности сетей. На основе проверенной теоретической модели и сведений об инновационном зле в транспортных технологиях определены вероятные тенденции долгосрочного развития транспортных сетей России: стабилизация протяженности железных дорог при качественном улучшении структуры сети, ускоренное развитие сети автодорог с твердым покрытием.

A disequilibrium reproduction-oriented theoretical model of infratrajectories allowing for technological paradigm shifts and investment lag is supported by the data on land transportation networks in the USA (1891-2013). Econometric modelling demonstrates that the economic efficiencies of railroads and paved motor roads are very close, suggesting that the efficiency of different networks tends to mutually converge under the pressure of competition over the changes in network extension. On the base of the adopted theoretical model and publications on innovation backlog in transportation technologies probable tendencies of long-term extension of Russian transportation networks are outlined: railroad network extension will remain stable meanwhile positive qualitative changes in the network structure will take place; extension of the paved motor road network will accelerate.

Ключевые слова: инновации, сухопутные транспортные сети, воспроизводство, неравновесие, технологические уклады, инвестиционный лаг, автодороги, железные дороги, США, Россия.

Keywords: innovations, land transportation networks, reproduction, disequilibrium, technological paradigms, investment lag, motor roads, railroads, USA, Russia.

В национальном докладе об инновациях в России² определена иерархия приоритетов государственной инновационной политики. Она имеет следующий вид:

1. Общественные, политические и экономические институты.
2. Среднее, высшее и послевузовское образование, запас исследовательских способностей.
3. Культурная модель, направленная на поддержку учёных, исследователей, предпринимателей со стороны общества.
4. Физическая, энергетическая, информационная и логистическая инфраструктура.
5. Рынки капитала, труда, предпринимательских способностей, инновационных продуктов, интеллектуальной собственности, талантов.
6. Финансирование фундаментальных исследований.
7. Финансирование коммерческих инновационных проектов.

Смысл этой иерархии в том, что финансирование инновационной деятельности не принесёт ожидаемого эффекта в отсутствие адекватных институтов и инфраструктуры. Настоящая статья из всего комплекса приоритетов, изложенных в докладе, выделяет логистическую инфраструктуру, а в её составе — транспортную составляющую. Обращение к этой проблематике обусловлено, во-первых, отставанием России от её геополитических конкурентов в уровне развития транспортной инфраструктуры; во-вторых, длительным временем, потребным на её существенное улучшение. С большой вероятностью *негативное влияние уровня развития транспортной инфраструктуры России на инновационное развитие будут ощущать одно-два следующих поколения*. Научный поиск, результаты которого представлены в статье, направлен на то, чтобы свести к минимуму действие этого фактора.

¹ Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №16-06-00243). Финансовая поддержка участия во II Санкт-Петербургском экономическом конгрессе предоставлена оргкомитетом конгресса.

² Национальный доклад об инновациях в России 2015 [Проект] / Составители: Е.Б. Кузнецов и др.; Минэкономразвития России. С. 15-16.

Исследование развивает подходы Й. Шумпетера³ и ряда других авторов австрийской школы. Они полагают творческую деятельность предпринимателя главной движущей силой экономического роста и приходят к заключению об имманентной долгосрочной цикличности экономической конъюнктуры. Н.Д. Кондратьев, работы которого посвящены эмпирическим свидетельствам такой цикличности, рассматривает две её гипотетические причины: распространение технологических новшеств⁴ и периодическое нарушение баланса спроса и предложения, обусловленное инвестиционными процессами⁵. Действие первой причины вызывает периодичность эффективности, второй — эффекта.

Синтез этих причин приводит к обобщённому теоретическому описанию долгосрочной экономической динамики:

$$\mathbf{g}_{t+1} = \text{diag}(\mathbf{g}_t) \delta_t \quad (1)$$

$$\mathbf{p}_t = \mathbf{f}_s \left(\frac{\mathbf{u}' \mathbf{g}_t}{s_t} \right); \quad \mathbf{q}_t = \mathbf{f}_q \left(\frac{q_{t-1}}{q_t} \right); \quad \delta_t = \mathbf{1} + \mathbf{f}_l (q_{t-1} (\mathbf{p}_{t-1} \mathbf{u})^{-1} - \mathbf{1}), \quad (2)$$

где $\mathbf{g}_t = (g_{kt})$ — вектор выпуска по технологии k в году t ; $\delta_t = (\delta_{kt})$ — вектор темпов роста выпуска по технологии k в году t ; $\mathbf{u} = (u_k)$ — вектор потребности в агрегированном ресурсе на единицу выпуска по технологии k ; s_t — количество агрегированного ресурса в году t ; p_t — цена ресурса, d_t — потребность в выпуске, q_t — цена продукции в году t ; l — лаг; \mathbf{i} — вектор, состоящий из единиц.

Модель (1...2) *неравновесная*: использование ресурса и удовлетворение потребности в полном объёме не предполагаются (такой подход имеет основания в работах Н.Д. Кондратьева⁶ и Й. Шумпетера⁷); *воспроизводственная*: темпы прироста технологий каждого уклада зависят от нормы прибыли на капитал, что также согласуется с теорией, развиваемой Й. Шумпетером⁸.

Величина u_k не может представлять прямые затраты агрегированного ресурса, поскольку ресурс расходуется на производство продукции всех видов, а не только данного. Чтобы пояснить её смысл, агрегируем матрицу прямых затрат экономики до порядка 2×2 по процедуре, предложенной В. Леонтьевым⁹, оставив лишь два блага: g_{kt} и благо, задающее единицу измерения¹⁰ для s_t . Параметр u_k по смыслу соответствует коэффициенту полученной матрицы, отражающему затраты второго блага на производство единицы первого.

М. Хироока из гипотезы Н.Д. Кондратьева о дисбалансах, обусловленных длительностью инвестиционных циклов, и из теоретической длительности (12-13 лет) инвестиционного лага, порождающего колебания конъюнктуры полувековой периодичности, делает вывод, что инвестиции, вызывающие полувековые циклы конъюнктуры — это преимущественно инвестиции в инфраструктуру¹¹. Как следствие, его внимание обращается к *инфратраекториям* — рядам динамики показателей развития инфраструктуры. В недавнем исследовании¹² показано на примере сухопутных транспортных сетей США, что вышеописанная теоретическая модель применима к инфратраекториям, если принять лаг равным одному году.

Из представленной теоретической модели следует, что транспортные сети конкурируют за удовлетворение потребности в перевозках. Когда потребность существенно превышает по-

³ Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М., 2008.

⁴ Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. М., 1989. С. 200-202.

⁵ Кондратьев Н.Д. Большие циклы экономической конъюнктуры // Большие циклы экономической конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды. М., 2002. С. 390-391.

⁶ Кондратьев Н.Д. Проблемы экономической динамики. М., 1989. С. 200-202.

⁷ Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М., 2008. С. 53.

⁸ Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. М., 2008. С. 269, 408–410.

⁹ Леонтьев В. Альтернатива агрегированию в анализе «затраты — выпуск» и системе национальных счетов // Экономические эссе. М., 1990. С. 318-338.

¹⁰ Это благо может быть выбрано произвольно при единственном ограничении: его чистый выпуск должен быть равен нулю.

¹¹ Hirooka M. Innovative dynamism and economic growth. A nonlinear perspective. 2006.

¹² Светлов Н.М. Эконометрический анализ развития сухопутных транспортных сетей // Экономика и математические методы (в печати).

тенциал имеющихся сетей, возможен одновременный рост сетей различных типов, включая менее эффективные. Это объясняется эффектом присоединения: в условиях развитых конкурирующих сетей велика вероятность того, что найдутся такие пары проектов присоединения к сетям разных типов, что присоединение к менее эффективной сети окажется выгоднее в силу особенностей её сложившейся топологии. Есть и другая причина: сравнительная эффективность транспортировки по разным сетям зависит от особенностей конкретной партии товара. Подробнее этот вопрос изучается В.Г. Соколовым и соавторами¹³. Когда потребность в транспортных услугах близка к насыщению, рост протяжённости одних сетей сопровождается сокращением других. Так, в США протяжённость железных дорог неуклонно сокращается с 1916 г. на фоне устойчивого роста протяжённости автодорог с твёрдым покрытием.

Эконометрическое моделирование по данным США за 1871-2013 гг. на основе вышеописанной теоретической модели привело к следующим результатам¹⁴: прямые и косвенные потребности 1 тыс. чел. населения в транспортных услугах удовлетворяют 12,4 км железных дорог или 39,2 км автодорог с твёрдым покрытием, связывая при этом, соответственно, 8,55 и 8,59 млн. долл. ВВП (в ценах 2009 г.). Эффективность сетей обоих типов, таким образом, почти одинакова. Этот факт свидетельствует в пользу вывода о том, что в длительных горизонтах времени эффективность транспортных сетей регулируется их протяжённостью, стремясь под действием конкуренции к равным уровням. Модель с хорошей точностью описывает смену тренда инфратраектории сети железных дорог в начале XX в., а также динамику сетей автодорог различных типов.

Аналогичные оценки для России в имеющейся литературе отсутствуют. Можно охарактеризовать российские транспортные сети прямыми расходами на перевозки грузов в расчёте на 1 тыс. тонно-километров (данные ЕГИСС, 2010 г.). Они составляют, в порядке возрастания, 286 руб. для морского транспорта, 358 руб. для трубопроводного, 362 руб. для автомобильного, 394 руб. для железнодорожного, 542 руб. для речного. Данные согласуются с наблюдаемой динамикой развития транспортных сетей. Автодорожная инфраструктура развивается высокими темпами — только с 2012 по 2014 г. протяжённость автодорог общего пользования с твёрдым покрытием увеличилась на 9,2% до 1023 тыс. км, в то время как длина железнодорожных путей общего пользования почти не менялась. Стабилизировалась и протяжённость внутренних судоходных путей после быстрого роста в период с 1996 по 2001 г.

В силу вышеприведённых данных и большей капиталоемкости железнодорожных перевозок в сравнении с автомобильными можно предвидеть, что, несмотря на низкую плотность железнодорожной сети России в сравнении с другими развитыми странами, развитие сухопутного транспорта будет происходить в основном за счёт автодорог. В обозримом будущем драйвером развития транспортной инфраструктуры станут инновационные технологии эксплуатации существующих сетей. Распространение таких инноваций весьма вероятно, под них имеется основательный опытно-конструкторский задел. Перспективы автодорог сегодня выглядят оптимистичней, чем, например, четверть века назад, благодаря множеству значительных инноваций: геоинформационным технологиям; новым типам катализаторов для топливных элементов и существенным улучшениям эксплуатационных характеристик аккумуляторов¹⁵; внедрению искусственного интеллекта с перспективой преобладания на дорогах беспилотных автомобилей; оптимизации загрузки транспортных средств с использованием интернет-технологий. Име-

ются определённые перспективы применения передовых строительных технологий¹⁶. Всё это может ускорить повышательную динамику инфратраектории автодорожных сетей, снизив затраты агрегированного ресурса экономики на удовлетворение потребности в транспортных услугах.

Именно с этими улучшениями связаны возможности сокращения негативного действия дефицита транспортной инфраструктуры на перспективы инновационного развития страны в целом. Поскольку распространение перечисленных инноваций фактически предпринято, уже сегодня следует оценивать проекты развития автодорожных сетей с учётом их влияния.

Инновационный потенциал железнодорожного транспорта, по-видимому, ниже. Ожидается информационно-технологические решения, направленные на рост пропускной способности сети, на сокращение сроков доставки грузов и продолжительности поездки пассажиров. В частности, будут продолжены мероприятия по электрификации железных дорог и повышению путевой скорости, в том числе сооружение путей для высокоскоростного сообщения. Однако нет достаточных оснований ожидать в ближайшие десятилетия существенного роста суммарной протяжённости железных дорог под влиянием этих факторов. Появление новых линий, в том числе высокоскоростных, будет примерно компенсироваться снятием путей с линий, не выдерживающих конкуренции с инновационным развитием автотранспорта.

Подведём три итога проведённого исследования.

Первый: конкуренция между транспортными сетями за ресурсы и за потребителя их услуг приводит к выравниванию их экономической эффективности в процессе изменения протяжённости сетей.

Второй: негативное влияние дефицита транспортной инфраструктуры России на перспективы инновационного развития её экономики не может быть преодолено в ближайшие десятилетия, однако актуальна задача его сокращения в максимально возможной степени.

Третий: перспективы улучшения транспортной инфраструктуры России связаны преимущественно с ускорением развития автодорожной сети ввиду ожидаемого распространения прорывных инноваций в автотранспорте.

Светлов Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН. Адрес: Москва, Нахимовский проспект, 47. Телефон +7-499-724-2536.

E-mail nikolai.svetlov@gmail.com. <http://svetlov.timacad.ru>.

¹³ Соколов В.Г., Владимирова Т.А., Серьезнов А.Н., Шадринцева А.Н. Концепция инновационного развития транспортной системы региона: надёжность, гибкость, эффективность (на примере Новосибирской области) // Управление развитием крупномасштабных систем. М., 2012. С. 395-406.

¹⁴ Расчёты по данным статьи: Светлов Н.М. Эконометрический анализ развития сухопутных транспортных сетей // Экономика и математические методы (в печати).

¹⁵ Этот вопрос изучается в статье: Митрова Т., Кулагин В., Грушевенко Д., Грушевенко Е. Технологические инновации как фактор спроса на энергоносители в секторе автомобильного транспорта // Форсайт. 2015. №4. С. 18–30.

¹⁶ Соколов В.Г., Владимирова Т.А., Серьезнов А.Н., Шадринцева А.Н. Концепция инновационного развития транспортной системы региона: надёжность, гибкость, эффективность (на примере Новосибирской области) // Управление развитием крупномасштабных систем. М., 2012. С. 395-406.