

А.Г. Шульгин

Волго-Вятское ГУ Банка России, Нижний Новгород

С.Г. Шульгин

РАНХиГС, Москва

Инвестиции в инфраструктуру Сибири и Дальнего Востока.

Анализ макроэкономических эффектов на основе модели общего равновесия

Аннотация. В статье приведена модель общего равновесия, относящаяся к классу моделей реального бизнес-цикла малой экспортирующей природные ресурсы открытой экономики, позволяющая учитывать влияние инвестиций в инфраструктурные проекты. Модель была калибрована, и на ее основе была проведена детерминистическая симуляция комплексного проекта инвестиций в строительство новых участков железной дороги и связанных с ними предприятий по добыче и первичной переработке природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока. Все расчеты проведены на основе информации, доступной на момент 2018 г. К 2050 г. вклад инфраструктурного проекта, общим размером 2,3% ВВП, в увеличение ВВП оценен в 4,0%, а наибольший вклад в размере 2,7% ВВП вносит рост экспорта природных ресурсов на 31,6 млрд долл. США. За счет реального укрепления рубля на 5,4% к 2050 г. на 29,4 млрд долл. США увеличивается импорт, на 7,2% – потребление. Долгосрочная эквивалентная вариация потребления проекта составляет +8,36% в год. Анализируемый проект приводит к обострению голландской болезни экономики России: увеличивается специализация страны на производстве и экспорте природных ресурсов, снижается экспорт остальных товаров, растут импорт и потребление, укрепляется валюта, снижается предложение труда.

Ключевые слова: *инвестиции в инфраструктуру; инфраструктурный проект; общее равновесие; голландская болезнь; Сибирь и Дальний Восток.*

Классификация JEL: E37, E65, O11, O22, O53.

DOI: 10.31737/2221-2264-2021-49-1-3

1. Введение

Вопрос влияния государственных инвестиций в инфраструктуру на процесс экономического роста является одним из ключевых в плане возможности управления процессом экономического развития страны. В большинстве случаев инфраструктура является классическим примером общественных благ, создание которых рыночными методами часто оказывается затрудненным, вследствие чего государство естественным образом берет на себя функцию их производства. Такие инфраструктурные объекты, с одной стороны, прямо положительно влияют на производственные возможности экономики, с другой стороны – в большинстве порождают положительные экстерналии. При этом ресурсы общества отвлекаются от других производственных проектов, поэтому возникает вопрос об эффективности инфраструктурных инвестиций. Данный вопрос является более актуальным в развива-

¹ Настоящая статья выражает личную позицию авторов, которая может не совпадать с официальной позицией Банка России. Банк России не несет ответственности за содержание статьи.

ющихся странах, так как государственные инвестиции в большинстве случаев доминируют над частными и часто служат основным двигателем экономического развития.

В данной работе приводится анализ макроэкономических последствий масштабных инвестиций в инфраструктуру транспортных путей Сибири и Дальнего Востока, запланированных правительством РФ на период 2018–2025 гг. Анализ проводится в рамках модели общего равновесия, которая дает возможность контролировать различные аспекты взаимодействия инфраструктурных инвестиций с другими отраслями экономики. В то же время моделирование приводится на агрегированном уровне и не касается отраслевого разреза экономики.

Мы используем модель общего равновесия малой открытой экономики, позволяющую анализировать введение новых инфраструктурных благ. Свойства инфраструктурных благ очень близки к капиталу, поэтому простейшая идея анализа вклада инфраструктуры в экономический рост состоит во включении данного типа ресурса в состав капитала в экономике. В этом случае модель, описывающая динамику ВВП, сводится к базовой неоклассической модели Солоу–Свана (Solow, 1956; Swan, 1956). Две экзогенные нормы сбережений (частная и государственная) складываются, и далее в модели фигурирует общая норма сбережений. Государство получает рычаг управления экономикой через общую норму сбережений и может с помощью данного инструмента оптимизировать потребление на душу населения. При этом долгосрочный рост ВВП определяется темпами роста технологического фактора и темпами роста населения и не зависит от государственной нормы сбережения. Однако появившаяся у государства возможность влиять на общие сбережения в экономике нивелируется, если допустить, что оптимизацию потребления и сбережения совершают частные агенты. В модели оптимального неоклассического роста Рэмси–Касса–Купманса (Ramsey, 1928; Cass, 1965; Koopmans, 1965) установление государством определенной нормы сбережений приведет к тому, что частные агенты корректируют свои решения о частных сбережениях, чтобы добиться оптимальной траектории экономического роста. Государственные инвестиции полностью вытеснят частные инвестиции и окажутся инвариантными не только к долгосрочным темпам роста, но и к определению оптимальной траектории выхода на сбалансированный рост. Таким образом, концепция включения инфраструктуры в состав капитала оказывается непродуктивной, так как не позволяет подчеркнуть особую роль инфраструктуры в создании благ.

Необходимость более тщательного моделирования вклада инфраструктурных благ в производственный процесс стала очевидной после работ (Aschauer, 1989a, 1989b, 1989c). В своих работах Ашауэр, а за ним и многие другие исследователи² связали снижение темпов роста производительности в США и других развитых странах в 1970–1980-е

² См. обзор в работе (Gramlich, 1994).

годы, в том числе со снижением инвестиций в инфраструктурные проекты. Например, Ашауэр вводит инфраструктурный капитал в производственную функцию симметрично частному капиталу, предполагая как возможность замещения двух типов капитала между собой, так и их комплементарность. Это позволяет анализировать прямой канал воздействия инфраструктурного капитала на экономический рост: введение в строй новой инфраструктуры повышает производительность имеющихся факторов производства. Прямой канал усиливается в случае высокой степени комплементарности инфраструктуры и частного капитала. Например, строительство дорог, мостов, элементов электрификации и телекоммуникации позволяют связать в единую сеть несколько географических зон, а инвестиции в инфраструктурные проекты становятся жизненно необходимым фактором привлечения частных инвестиций.

Производственную функцию, в которую входит прямой эффект, можно записать в виде

$$Y_t = A_t F(L_t, K_t, \Phi(KI_t)), \quad (1)$$

где A_t – общая факторная производительность; L_t – задействованные в производстве трудовые ресурсы; K_t – запас частного капитала; KI_t – запас инфраструктурного капитала; Φ – некоторая неубывающая функция, $\Phi' \geq 0$.

Однако действие инфраструктуры на факторы экономического роста нельзя ограничить только прямым эффектом на производительность частного капитала и труда, что заставляет включать также и косвенный эффект, который обычно вводится в модель с помощью функции общей факторной производительности

$$A_t = \Psi(KI_t), \quad \Psi' \geq 0. \quad (2)$$

Существуют разнообразные обоснования воздействия инфраструктурного капитала на объем производства через косвенный эффект. Например, в работе (Estache, Fay, 2009) выделяются следующие каналы воздействия инфраструктуры:

- снижение издержек подстройки капитала. Данный эффект действует через снижение издержек на перемещение капитала между отраслями, например логистических. Авторы (Agenor, Moreno-Dobson, 2006) также приводят обоснование снижению данных издержек через снижение расходов на поддержание бесперебойной работы оборудования, которые уменьшаются при качественной инфраструктуре;

- увеличение долговечности частного капитала. Существует проблема «затрат ниже оптимального уровня на поддержание уже построенного инфраструктурного капитала» (Rioja, 2003). Данная проблема проявляется в том, что недостаточные расходы уменьшают срок службы частного капитала: изношенные и часто ломающиеся коммуникации, электрические линии, плохие дороги являют хороший пример возможности с помощью государственных инвестиций увеличивать общую производительность факторов;

- позитивные эффекты воздействия на человеческий капитал, возникающие в результате увеличения спроса и предложения услуг здравоохранения и образования (Galiani, Gertler, Schargrodsky, 2005). Высокие затраты на инфраструктуру увеличивают производительность работников как в краткосрочной перспективе (меньше времени, чтобы добраться до работы, более качественный отдых и др.), так и в долгосрочной перспективе (более качественное здравоохранение, образование и др.).

В (Straub, 2008) отмечается, что дополнительным каналом воздействия транспортной инфраструктуры на общую факторную производительность является эффект масштаба, который может проявляться в различных аспектах агломерации (Baldwin, Martin, 2004), приводящих к увеличению доступа к рынкам, сетевым эффектам, оживлению конкуренции и эффективным рынкам в результате улучшений в процессах передачи информации (Jensen, 2007).

В работе (Aschauer, 2000) показано, что при анализе воздействия инвестиций в инфраструктуру на экономику необходимо учитывать возникающие негативные эффекты отвлечения ограниченных ресурсов государства, связанных прежде всего с вытеснением частных инвестиций и/или накоплением дополнительного государственного долга. Данный негативный эффект наиболее разумно исследовать с помощью модели общего равновесия, в которой анализируется распределение произведенного ВВП, а негативные эффекты отвлечения ресурсов от других видов экономической деятельности можно рассмотреть в полном объеме. В этом случае ключевым является результативность вложений в инфраструктурные проекты по сравнению с производительностью других факторов производства, которые подавляются при государственном инвестировании.

Таким образом, в создаваемую модель вводится канал влияния инфраструктуры на общую факторную производительность, который совместно с эффектами, возникающими в модели общего равновесия, позволяет контролировать позитивные и негативные последствия инвестиций в инфраструктуру. Основные выводы, полученные в результате моделирования, калибровки и симуляции на основе собранной информации о проекте развития транспортных путей и освоения месторождений Сибири и Дальнего Востока, свидетельствуют о наличии значительного положительного воздействия инвестиций в инфраструктуру на ВВП. Создание дополнительных объектов инфраструктуры в размере приблизительно 2% ВВП позволяет увеличить реальный ВВП более чем на 4%. Данный результат достигается, в основном, за счет роста экспорта ресурсов и неизбежно приводит к углублению симптомов голландской болезни: укреплению рубля, росту потребления, росту импорта, снижению экспорта остальных товаров.

Работа организована следующим образом: в разд. 2 приводится модель общего равновесия; в разд. 3 проводится калибровка модели на российских данных. В разд. 4 описаны результаты симуляции модели на

основе данных об инфраструктурном проекте. Основные выводы приведены в заключении.

2. Модель

Рассмотрим модель общего равновесия малой открытой экономики, позволяющую анализировать основные эффекты создания транспортной инфраструктуры. Модель базируется на годовых данных, что позволяет игнорировать наличие номинальных и реальных жесткостей, а также других несовершенств, которые вводятся в стандартные динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE-модели) для квартальной динамики. Из модели исключены все детерминистические тренды. Заданы стационарные уровни всех эндогенных переменных (при этом существует возможность возникновения перманентных шоков).

Анализируется экономика, населенная идентичными домашними хозяйствами, которые заботятся о сглаживании своей траектории потребления во времени и выборе адекватного уровня трудовых усилий, максимизирующего их полезность с учетом складывающейся на рынке реальной заработной платы.

Домашние хозяйства. Функция полезности домашних хозяйств³:

$$U_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} u_{t+\tau}, \quad (3)$$

где β – межвременной дисконтирующий фактор; u_t – мгновенная функция полезности,

$$u_t = \ln C_t - L_t^{1+\chi} / (1+\chi), \quad (4)$$

C_t – объем потребления частных благ домашними хозяйствами; L_t – трудовые усилия домашних хозяйств; χ – обратная величина эластичности предложения труда по Фришу.

Рынок финансовых активов, позволяющих домашним хозяйствам оптимизировать потребление во времени, состоит из отечественных активов B_t с номинальной ставкой i_t и иностранных активов NFA_t^* с номинальной ставкой i^* .

Домашние хозяйства получают доходы от предложения трудовых ресурсов L_t по ставке номинальной заработной платы W_t , капитальных ресурсов K_t фирмам, экспорта природных ресурсов $Y_{X,t}$, а также от владения отечественными B_t и иностранными NFA_t^* ценными бумагами. Полученные средства они тратят на конечное потребление C_t , инвестиции в капитал принадлежащих им фирм I_t , выплату паушальных налогов T_t и покупку отечественных и иностранных активов B_t . Таким образом, бюджетное ограничение домашних хозяйств имеет вид

$$P_t(C_t + I_t) + T_t + B_t + S_t NFA_t = W_t L_t + P_t K_t R_t + S_t P_{X,t}^* Y_{X,t} + B_{t-1}(1 + i_{t-1}) + NFA_{t-1}^*(1 + i^*)(1 + r_{t-1}), \quad (5)$$

где P_t – уровень потребительских цен; S_t – валютный курс в единицах

³ Индексы домашних хозяйств опускаются, так как все домашние хозяйства идентичны, что позволяет утверждать, что агрегированные значения переменных совпадают с индивидуальными значениями данных переменных.

отечественной валюты за единицу иностранной; $P_{X,t}^*$ – уровень цен природных ресурсов в единицах иностранной валюты; $Y_{X,t}$ – объем экспорта природных ресурсов; R_t – реальная арендная плата за единицу капитала; rp_t – премия за риск для отечественных агентов на международном рынке капитала; δ – норма амортизации капитала.

Оптимизация потребления и объема трудовых усилий в текущем периоде требует выполнения

$$\frac{W_t}{P_t} = - \left(\frac{\partial u_t}{\partial L_t} \right) / \left(\frac{\partial u_t}{\partial C_t} \right) = L_t^\alpha C_t, \quad (6)$$

а также – уравнения Эйлера для оптимизации траектории оптимального потребления с использованием отечественных и иностранных активов:

$$E_t \left\{ \beta_t (1+i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \left(\frac{\partial u_{t+1}}{\partial C_{t+1}} \right) / \left(\frac{\partial u_t}{\partial C_t} \right) \right\} = E_t \left\{ \beta_t (1+i_t) \frac{P_t C_t}{P_{t+1} C_{t+1}} \right\} = 1, \quad (7)$$

$$E_t \left\{ \beta_t (1+i_t^*) (1+rp_t) \frac{S_{t+1}}{S_t} \frac{P_t C_t}{P_{t+1} C_{t+1}} \right\} = 1, \quad (8)$$

где E_t – оператор условного (на базе доступной к моменту времени t информации) математического ожидания.

Так как модель предназначена для анализа детерминистических шоков (предсказуемых изменений переменных в будущем), оператор математического ожидания можно было бы опустить. Однако в тексте данный оператор везде сохранен, чтобы иметь возможность использовать данную модель для анализа стохастического случая. Условия (7) и (8) можно переписать в привычном виде непокрытого процентного паритета, определяющего условие равновесия на международном рынке капитала⁴:

$$1+i_t = (1+i_t^*) (1+rp_t) E_t S_{t+1} / S_t. \quad (9)$$

Производство благ. Домашние хозяйства владеют фирмами, производящими промежуточные и конечные блага в условиях совершенной конкуренции. Схема движения товаров и ресурсов изображена на рис. 1.

Предполагается четыре источника конечного спроса. Мировая экономика предъявляет эластичный спрос на продукцию отечественного экспорта промежуточных товаров $Y_{EX,t}$ и совершенно эластичный спрос на природные ресурсы $Y_{X,t}$. Произведенные финальные блага Z_t идут на удовлетворение внутреннего спроса домашних хозяйств на частные блага в размере C_t и спроса государства на общественные блага в размере G_t . Часть созданных финальных благ и все созданные инфраструктурные блага составляют спрос на средства производства: из потока инвестиций I_t формируется запас капитала K_t , а из потока инфраструктурных благ $Z_{TI,t}$ создается запас инфраструктуры TI_t . Произведенные в стране промежуточные блага Y_t используются для производства финальных Z_t и инфраструктурных благ $Z_{TI,t}$, а также экспортируются $Y_{EX,t}$.

⁴ Переход к непокрытому процентному паритету также справедлив для линеаризованных моделей. В нашем случае мы используем нелинейную модель с детерминистическими шоками. Это позволяет утверждать, что условие непокрытого процентного паритета можно использовать в стандартном виде (9).

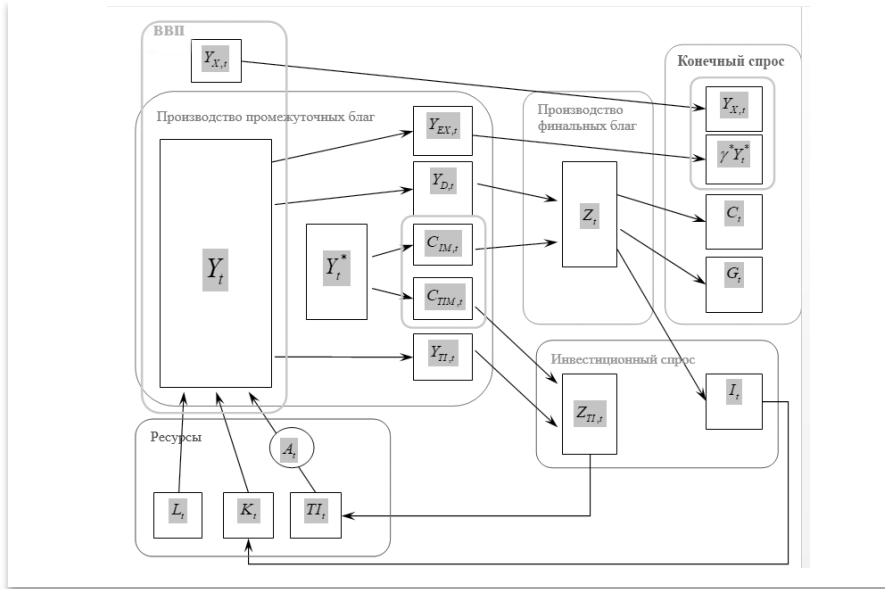


Рис. 1

Схема производства промежуточных и финальных благ

Для производства финальных благ применяется CES-технология:

$$Z_t = \left[\gamma_D^{1/v} (Y_{D,t})^{(v-1)/v} + \gamma_{IM}^{1/v} (C_{IM,t})^{(v-1)/v} \right]^{v/(v-1)}, \quad (10)$$

где $C_{IM,t}$ – объем импортируемых благ для производства финальных благ; $Y_{D,t}$ – объем промежуточных благ для производства финальных благ; v – постоянная эластичность замещения факторов в производственной функции; γ_D , γ_{IM} – коэффициенты, задающие оптимальные доли ресурсов в производстве и отражающие предпочтения потребления отечественных и импортных благ общества⁵.

Оптимальный спрос на факторы производства:

$$Y_{D,t} = \gamma_D Z_t (P_{P,t} / P_t)^{-v}, \quad (11)$$

$$C_{IM,t} = \gamma_{IM} Z_t (P_t^* (1 + \mu) S_t / P_t)^{-v}, \quad (12)$$

где μ – транспортная наценка на единицу продукции при трансграничных транзакциях; $P_{P,t}$ – уровень цен производителей промежуточных благ; P^* – уровень зарубежных цен.

Индекс потребительских цен составляет

$$P_t = \left[\gamma_D (P_{P,t})^{1-v} + \gamma_{IM} (S_t P^* (1 + \mu))^{1-v} \right]^{1/(1-v)}. \quad (13)$$

Аналогичная функция с теми же параметрами используется для производства инфраструктурных благ

$$Z_{TI,t} = \left[\gamma_D^{1/v} (Y_{TI,t})^{(v-1)/v} + \gamma_{IM}^{1/v} (C_{TIM,t})^{(v-1)/v} \right]^{v/(v-1)}, \quad (14)$$

где $C_{TIM,t}$ – объем импортируемых благ, а $Y_{TI,t}$ – объем промежуточных благ для производства инфраструктурных благ.

⁵ Мы не ограничиваем их сумму единицей (см. разд. 3).

Оптимальный спрос на факторы производства:

$$Y_{TI,t} = \gamma_D Z_{TI,t} (P_{P,t} / P_t)^{-\nu}, \quad (15)$$

$$C_{TIM,t} = \gamma_{IM} Z_{TI,t} (P^*(1+\mu)S_t / P_t)^{-\nu}. \quad (16)$$

Индекс цен инфраструктурных товаров совпадает с индексом потребительских цен, так как в производственных функциях (10) и (14) коэффициенты для отечественных γ_D и импортируемых γ_{IM} благ полагаются одинаковыми.

Весь объем произведенных природных ресурсов $Y_{X,t}$ экспортируется. Предполагается, что издержки производства природных ресурсов равны нулю, что позволяет трактовать данный источник дохода отечественных домашних хозяйств как чистую ренту (Дробышевский, Полбин, 2015).

Для производства промежуточных благ используется функция Кобба–Дугласа:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha (A_L L_t)^{1-\alpha}, \quad A_L > 0, \quad (17)$$

где A_t – общая факторная производительность, зависящая от накопленной инфраструктуры:

$$A_t = A_0 \exp\left(\xi \frac{P_{TI,t} TI_t}{NGDP_t}\right), \quad \xi, A_0 > 0, \quad (18)$$

где $P_{TI,t}$ – цена единицы инфраструктурных благ; TI_t – запас транспортной инфраструктуры, созданной в результате новых инфраструктурных проектов; $NGDP_t$ – номинальный ВВП в экономике, который определяется выражением

$$NGDP_t = P_{P,t} Y_t + S_t P_{X,t}^* Y_{X,t}. \quad (19)$$

Уравнения (17) и (18) демонстрируют, каким образом в модели учтено существование положительного эффекта от новой инфраструктуры на ВВП. Запас инфраструктуры не вводится в производственную функцию (17) в виде отдельного фактора производства. При этом уже существующие инфраструктурные активы включены в состав капитала K_t . Новые инфраструктурные проекты создают дополнительный запас инфраструктуры TI_t , который увеличивает производительность уже существующих факторов производства через функцию общей факторной производительности (18). Данный прием позволяет избежать необходимости идентифицировать вклад инфраструктуры в ВВП, хотя полностью не разрешает проблемы калибровки эффекта от новой инфраструктуры на ВВП. Тогда эластичность выпуска по объему инфраструктуры составляет

$$\frac{\partial Y_t}{\partial TI_t} \times \frac{TI_t}{Y_t} = \xi \frac{P_{TI,t} TI_t}{NGDP_t}. \quad (20)$$

Дополнительным каналом воздействия инфраструктурных инвестиций на экономику является канал рентных платежей, которые связаны с добычей и экспортом природных ресурсов. Прокладка железных дорог к месту разработки месторождений природных ресурсов

и инвестиции в сопутствующую инфраструктуру позволяют организовать продажу ресурсов за рубеж, что при низкой себестоимости добычи природных ресурсов увеличивает поток ренты $Y_{X,t}$ ⁶.

Оптимальный спрос на факторы производства:

$$W_t = (1 - \alpha)P_{P,t}Y_t / L_t, \quad (21)$$

$$R_t = r_t + \delta = \alpha P_{P,t}Y_t / K_t, \quad (22)$$

где $r_t = E_t[(1 + i_t)P_t / P_{t+1}] - 1$ – ожидаемая реальная доходность капитала.

В данном случае уравнения оптимального спроса на труд и капитал могут быть выведены как из оптимизации полезности домашних хозяйств, так и из задачи максимизации текущей прибыли фирм⁷.

Распределение промежуточных благ в экономике –

$$Y_t = Y_{D,t} + Y_{EX,t} + Y_{TI,t}; \quad (23)$$

спрос на экспортируемые блага зависит от зарубежного ВВП –

$$Y_{EX,t} / (1 + \mu) = \gamma^* Y^* (P_{P,t}(1 + \mu) / S_t P^*)^{-v^*}, \quad (24)$$

где γ^* – параметр, определяющий спрос мировой экономики на отечественные блага; v^* – эластичность замещения факторов в производственной функции мировой экономики; Y^* – ВВП мировой экономики; распределение финальных благ –

$$Z_t = C_t + G_t + I_t; \quad (25)$$

оптимальный запас капитала в экономике определяет спрос на инвестиции –

$$I_t = K_t - (1 - \delta)K_{t-1}. \quad (26)$$

Государство не оптимизирует запаса инфраструктурных благ, но может за счет государственных инвестиций в инфраструктурные проекты создавать этот спрос:

$$Z_{TI,t} = \delta_{TI} TI_{t-1} + \varepsilon_{TI,t}, \quad (27)$$

где $\delta_{TI} TI_{t-1}$ – затраты на амортизацию уже созданной в результате новых инфраструктурных проектов инфраструктуры; $\varepsilon_{TI,t}$ – шок, связанный с созданием новых инфраструктурных благ в результате государственных инвестиций. Здесь и далее шоками мы называем экзогенные изменения некоторых переменных⁸.

Внешний баланс. Счет текущих операций страны:

$$CA_t = EX_t - IM_t + NT, \quad (28)$$

где EX_t – экспорт в единицах иностранной валюты; IM_t – импорт в единицах иностранной валюты; NT – чистые трансграничные трансферты.

⁶ Данный канал мы не вводим с помощью ad hoc функций, но определяем изменение потока рентных платежей на этапе задания условий симуляции модели.

⁷ В данной модели мы для упрощения не вводим лага на ввод капитала в эксплуатацию, поэтому оптимизация затрагивает только текущий период. Упрощенный процесс найма капитала имеет следующий вид: фирма берет в аренду на один период капитал K_t под ставку r_t , которая формируется исходя из номинальной ставки и ожидаемой инфляции. Возврат арендованного капитала происходит в том же периоде. Таким образом, стоимость аренды единицы капитала для фирмы в текущем периоде составит $r_t + \delta$. Предельный доход от использования единицы капитала также будет получен в текущем периоде, что при выполнении условия оптимального найма капитала требует выполнения (22).

⁸ При этом мы анализируем исключительно предсказуемые изменения переменных, поэтому термин «шок» несколько меняет свою традиционную трактовку как непредсказуемых экзогенных изменений переменных, которую используют при анализе DSGE-моделей.

Страна экспортирует природные ресурсы и часть произведенных промежуточных благ:

$$EX_t = P_{P,t} Y_{EX,t} / S_t + P_{X,t}^* Y_{X,t}; \quad (29)$$

импорт благ составляет

$$IM_t = P^*(1 + \mu)(C_{IM,t} + C_{TM,t}). \quad (30)$$

При анализе экспорта и импорта мы полагаем, что производители несут издержки транспортировки товара в другие страны типа «айсберг». Это приводит к тому, что объем произведенной продукции оказывается больше объема потребленной продукции, так как часть продукции теряется при транспортировке (тает, как айсберг). Для того чтобы компенсировать подобные потери, производители увеличивают цену для потребителей в другой стране, вводя транспортную наценку μ .

В капитальном счете учтем как выплату процентов по уже накопленным активам/долгам, так и изменение самих долгов:

$$KA_t = NFA_{t-1}^*(1 + i_{t-1}^*)(1 + r_{t-1}) - NFA_t^*. \quad (31)$$

Премия за риск для отечественных агентов положительно зависит от уровня внешней задолженности частных агентов аналогично работе (Lubik, 2007)⁹:

$$1 + r_{p,t} = \exp(-\kappa S_t NFA_t^* / NGDP_t), \quad \kappa > 0, \quad (32)$$

где κ – чувствительность премии за риск к отношению внешних частных активов к ВВП. Если $\kappa \rightarrow \infty$, мы получаем случай нулевой мобильности капитала; $\kappa \rightarrow 0$ соответствует случаю совершенной мобильности капитала.

Формула (32) описывает формирование ставок процента (через премии за риск) на неполном несовершенном финансовом рынке. Одно из возможных объяснений возникновения данной зависимости состоит в том, что накопление внешнего долга ($NFA_t^* < 0$) увеличивает вероятность банкротства фирм, принадлежащих домашним хозяйствам при негативных шоках¹⁰, что заставляет зарубежных кредиторов повышать стоимость заимствования для данных агентов. В данной модели возможность банкротства агентов не моделируется, поэтому данное объяснение не соответствует заявленным предпосылкам, однако для обеспечения единственности решения модели уравнение премии за риск (32) необходимо ввести в модель ad hoc (Schmitt-Grohé, Uribe, 2003).

Мы предполагаем, что страна не использует интервенции на валютном рынке для сглаживания колебаний валютных курсов, возникающих в результате реализации инфраструктурных проектов. Баланс резервов RB_t для страны составляет

$$RB_t = IR_{t-1}(1 + i^*) - IR_t, \quad (33)$$

где IR_t – международные резервы страны; i^* – зарубежная ставка процента, а платежный баланс страны требует, чтобы

$$CA_t + KA_t + RB_t = 0. \quad (34)$$

⁹ См. также работы (Schmitt-Grohé, Uribe 2003; Benigno, 2009), в которых обсуждаются различные аспекты введения премии за риск в модели открытой макроэкономики.

¹⁰ См., например, (Bernanke, Gertler, Gilchrist, 1999).

Цены природных ресурсов в иностранной валюте, определяемые на внешнем рынке, следуют процессу случайного блуждания

$$P_{X,t}^* = P_{X,t-1}^* + \varepsilon_{PX,t}, \quad (35)$$

где $\varepsilon_{PX,t}$ – шок цен на природные ресурсы.

Объемы экспорта природных ресурсов определяются внутри страны и могут быть увеличены в результате реализации инфраструктурных проектов. Их динамику мы также моделируем с помощью процесса случайного блуждания

$$Y_{X,t} = Y_{X,t-1} + \varepsilon_{YX,t}, \quad (36)$$

где $\varepsilon_{YX,t}$ – шок объемов экспорта природных ресурсов.

Стоит подчеркнуть, что шоки цен $\varepsilon_{PX,t}$ и объемов $\varepsilon_{YX,t}$ имеют различную природу: шок $\varepsilon_{PX,t}$ возникает в результате колебаний цен ресурсов на мировом рынке, а шок $\varepsilon_{YX,t}$ – вследствие внутренних процессов в стране, в частности в результате инвестиций в инфраструктурные проекты.

Фискальная и монетарная политика. Мы рассматриваем модель, разработанную для анализа воздействия государственных инвестиций в инфраструктурные проекты на экономику страны. Одним из ключевых вопросов разработки подобных проектов является вопрос финансирования. Инфраструктурные блага – в большинстве своем общественные блага, которые финансируются из государственного бюджета. Однако множество инфраструктурных проектов финансируются за счет смешанных схем (Gramlich, 1994), что обычно усложняет анализ.

Разработанная модель относится к классу моделей реального бизнес-цикла, в которые не включены различного рода несовершенства и жесткости, выполняется эквивалентность Барро–Рикардо, а решение модели инвариантно к траектории частных и государственных долгов. В рамках подобных моделей нет возможности поднимать вопрос о способе финансирования государственных инвестиций, так как любые инвестиции в инфраструктуру будут в итоге профинансированы за счет средств домашних хозяйств. Если государство увеличивает инвестиции в инфраструктуру и выпускает на рынок свои дополнительные облигации, то рациональные и смотрящие вперед домашние хозяйства скорректируют свои потребительские решения таким образом, чтобы результирующая траектория потребления позволила в будущем заплатить более высокие налоги, которые пойдут на погашение выпущенных государственных долгов. Такая же картина наблюдалась бы, если финансирование инвестиций в инфраструктуру напрямую легло бы на плечи домашних хозяйств. Таким образом, несмотря на потенциальную важность вопросов финансирования инфраструктурных проектов, в данной модели мы отказываемся от обсуждения данных вопросов ради упрощения модели и оставляем их на перспективу.

Несмотря на высказанное выше замечание, определим фискальную политику так, чтобы при любых бюджетных возмущениях государ-

ственный долг стабилизировался около некоторого долгосрочного уровня. Предположим, что объем государственного потребления конечных благ G_t является авторегрессионным процессом вида

$$G_t = \bar{G}^{1-\rho_G} G_{t-1}^{\rho_G} \exp(\varepsilon_{G,t}), \quad \rho_G \in [0, 1], \quad (37)$$

где $\varepsilon_{G,t}$ — шок государственных расходов.

Расходы бюджета на новые инфраструктурные проекты финансируются за счет эмиссии государственного долга D_t под номинальную ставку процента i_t . Для обеспечения устойчивости государственного долга предположим, что паушальные налоги T_t являются функцией накопленного государственного долга

$$T_t = P_t G_t + \delta_{TI} P_t T_{t-1} + i_{t-1} D_{t-1} + \theta(D_{t-1} - D_T), \quad (38)$$

где $\theta > 0$ — чувствительность паушальных налогов к избыточному по сравнению с целевым долгосрочным уровнем D_T государственного долга, который обеспечивает сходимостью процесса $\lim_{s \rightarrow \infty} D_s = D_T$.

Из текущих налогов T_t финансируются все государственные расходы $P_t G_t$, расходы на амортизацию уже построенных инфраструктурных благ $\delta_{TI} P_t T_{t-1}$, а также проценты по накопленному государственному долгу $i_{t-1} D_{t-1}$, поэтому он возникает только в случае реализации новых инфраструктурных проектов $\varepsilon_{TI,t}$:

$$D_t = D_{t-1} - \theta(D_{t-1} - D_T) + \varepsilon_{TI,t}. \quad (39)$$

Предполагаем, что центральный банк (ЦБ) страны регулирует реальную ставку процента так, чтобы стабилизировать инфляцию около целевого уровня $\pi_T = 0$. Это соответствует режиму инфляционного таргетирования

$$r_t = \bar{r} + \gamma_\pi (\pi_t - \pi_T), \quad (40)$$

где $\pi_t \equiv P_t / P_{t-1}$ — ставка инфляции; $\bar{r} = (1 - \beta) / \beta$ — долгосрочный уровень реальной ставки процента; $\gamma_\pi > 0$ — чувствительность реальной ставки к превышению инфляции над целевым уровнем.

Устанавливая реальную ставку процента, ЦБ удовлетворяет весь возникающий в итоге в экономике спрос/предложение заемных средств в размере $B_t - D_t$.

Определим реальный ВВП, чтобы контролировать колебания ВВП в постоянных ценах

$$RGDP_t = \bar{P}_p Y_t + \bar{S} P_x^* Y_{X,t}, \quad (41)$$

где верхняя черта над переменными обозначает стационарные уровни переменных.

Дефлятор ВВП:

$$Defl_t = NGDP_t / RGDP_t. \quad (42)$$

3. Калибровка модели

Модель разработана для анализа годовой динамики макроэкономики России, начиная с 2018 г., поэтому точкой отсчета был взят 2017 г.

Мы предполагаем, что в 2017 г. экономика России находилась в стационарном состоянии и из него она будет выведена шоками инфраструктурных инвестиций, которые через описанный в модели трансмиссионный механизм повлияют на все эндогенные переменные. Также в модели будет отражено увеличение объема экспорта природных ресурсов, добыча которых вырастет в результате реализации инфраструктурных проектов.

В табл. 1 приведены основные статистические показатели экономики России в 2017 г. (для сравнения указаны данные за 2016 г.), на основе которых производилась калибровка.

Для оценки стоимости экспорта природных ресурсов мы брали данные за 2017 г.¹¹ по отдельным категориям российского экспорта. Используя классификацию HS, мы суммировали экспорт по ископаемым товарам (руды, нефти и др.), нефтепродуктам, а также по экспорту металлов. Результат расчета приведен в табл. 2.

Премия за риск соответствует среднему CDS-спреду для российских пятилетних государственных бумаг.

Таблица 1

Макроэкономическая статистика для калибровки стационарной точки

Показатель	Обозначение	2016 г.	2017 г.	Источник
Номинальный ВВП, млрд руб.	\overline{NGDP}	86 148,56	92 037,17	Росстат
Номинальное потребление, млрд руб.	\overline{PC}	45309,2	48213,9	Росстат
Номинальные инвестиции, млрд руб.	\overline{PI}	19671,8	21962,2	Росстат
Номинальные государственные расходы, млрд руб.	\overline{PG}	15751	16548,9	Росстат
Экспорт (общий), млрд долл. США	\overline{EX}	332,39	410,790	Банк России
Импорт (общий), млрд долл. США	\overline{IM}	266,18	326,90	Банк России
Экспорт природных ресурсов, млрд долл. США	$\overline{P_x Y_x}$		214,28	UN Comtrade
Цена на нефть, долл. США за 1 барр.	$\overline{P_x^*}$	41,9	53,03	Минфин
Премия за риск, в долях	$\overline{r\phi}$	0,0187	0,01177	Bloomberg
Чистые частные международные активы, млрд долл. США	\overline{NFA}	-166,30	-164,97	Банк России
Государственный долг, млрд долл. США	\overline{D}	12193,13	11844,99	Минфин
Номинальный ВВП мировой экономики, млрд долл. США	$P^* Y^*$	75367	79280	МВФ

¹¹ UN COMTRADE – United Nations Commodity Trade Statistics Database. United Nations Statistical Division. New York: United Nations (<https://comtrade.un.org/data/>).

Таблица 2

Данные о стоимости российского экспорта по отдельным товарным категориям в 2017 г., млрд долл. США

Код HS	Название	Значение
25	Поваренная соль, сера, известь, цементы	1,0
26	Руды, шлаки и зола	3,1
27	Минеральное топливо, минеральные масла и продукты из дистилляции; битуминозные вещества, минеральный воск	173,3
72	Железо и сталь	18,8
73	Железные и стальные изделия	3,4
74	Медь и изделия из нее	4,7
75	Никель и изделия из него	2,1
76	Алюминий и изделия из него	6,7
78	Свинец и изделия из него	0,3
79	Цинк и изделия из него	0,1
80	Олово и изделия из него	0,0
81	Металлы, металлокерамика и изделия из них	0,8
	Итого	214,3

Источник: UN Comtrade.

В табл. 3 приведены значения экзогенных параметров, на базе которых производилась калибровка всех остальных параметров и переменных.

Таблица 3

Экзогенные параметры модели

Показатель	Обозначение	Значение	Комментарий
Норма амортизации капитала	δ	0,1	(Christiano, Eichenbaum, 1992)
Норма амортизации инфраструктурных объектов	δ_{II}	0,05	Собственная оценка авторов на основе «Единых норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР», утвержденных Постановлением Совмина СССР от 22 октября 1990 г. #1072 (ред. от 06.04.2001) и данных (Woetzel et al., 2016)
Чувствительность паушальных налогов к избыточному по сравнению с целевым долгосрочным уровнем государственному долгу	θ	0,1	Для обеспечения устойчивости переменной государственного долга. Модель инвариантна к данному параметру
Обратная величина эластичности предложения труда по Фришу	χ	4,07	Низкоэластичное предложение труда, как в (Шульгин, 2017)
Субъективный дисконт	β	0,94	Соответствует равновесной годовой реальной доходности 6%

Окончание таблицы 3

Показатель	Обозначение	Значение	Комментарий
Транспортная наценка на трансграничную торговлю	μ	0,1	CIF/FOB отношение для импорта из стран СНГ, используемое Банком России
Эластичность замещения между промежуточными товарами и импортируемыми товарами при производстве финальных и инфраструктурных благ	ν	0,66	Факторы являются комплементами, как в большинстве работ, описывающих малую открытую экономику
Эластичность замещения отечественных товаров в зарубежной производственной функции	ν^*	1,5	Торгуемые отечественные товары являются субститутами зарубежным благам
Чувствительность общей факторной производительности к накоплению инфраструктурного капитала	ξ	0,246	Расчеты на базе (Aschauer, 2000).
Мировой индекс цен	P^*	1	Нормировка
Производительность труда	A_L	10	Нормировка
Параметр общей факторной производительности	A_0	10	Нормировка

Анализируя малую открытую экономику, необходимо предположить, что зарубежный спрос на отечественные товары является эластичным ($\nu^* > 1$) из-за большого числа конкурентов отечественных товаров на международном рынке¹². Из этого следует, что девальвация национальной валюты увеличивает общий экспорт товаров из данной страны. Спрос отечественной экономики на зарубежные товары мы предполагаем низкоэластичным ($\nu < 1$), так как заменить отечественными аналогами зарубежные товары в целом довольно трудно¹³. Параметр эластичности замещения в производственных функциях финальных и инфраструктурных благ ν выбран на уровне 0,66, что соответствует достаточно высокой степени комплементарности факторов.

Обратная величина эластичности предложения труда по Фришу χ была оценена в работе (Шульгин, 2017) на уровне 4,07. Норма амортизации инфраструктуры δ_{II} установлена на уровне 0,05, что является средним между нормой амортизации капитальных благ $\delta = 0,1$ и более низкой нормой амортизации транспортной инфраструктуры, средний срок службы которой оценивается в 40 лет. Норма амортизации инфраструктуры в 5% также соответствует приблизительному расчету необходимых инвестиций в инфраструктуру в 3% ВВП, позволяющих поддерживать накопленный объем инфраструктурного капитала при-

¹² Например, как в (Armington, 1969; Дробышевский, Полбин, 2015) и др.

¹³ Данное предположение имеется практически во всех моделях малой открытой экономики (см., например, (Ambler, Dib, Rebei, 2004; Дробышевский, Полбин, 2015; Шульгин, 2017) и др.). Дополнительным аргументом в пользу данного предположения является тот факт, что в потреблении финальных благ значительную долю занимают неторгуемые блага (в основном услуги), которые трудно замещаются импортируемыми благами.

близительно в 60% ВВП (Woetzel et al., 2016). Параметр транспортной наценки μ был выбран на уровне 10%, что соответствует CIF/FOB – отношению для импорта из стран СНГ, установленному Банком России (БР). Субъективный дисконт, определяющий долгосрочную реальную ставку в экономике, выбран на уровне $\beta = 0,94$, что соответствует равновесной годовой реальной доходности в 6%.

Наиболее противоречивым параметром для калибровки является параметр ξ чувствительности общей факторной производительности к накопленному инфраструктурному капиталу в процентах ВВП. В работе (Aschauer, 2000) проводится оценка эластичности производственной функции по инфраструктурному капиталу 0,3. Если предположить, что данная оценка справедлива для России, то при известном соотношении инфраструктурного капитала к ВВП (61%, см. (Woetzel et al., 2016)) это дает калибровку параметра $\xi = 0,3 / 0,61 = 0,492$. Это означает, что увеличение инфраструктуры на 1% увеличивает общую факторную производительность на 0,5%. При этом отрицательное влияние наращивания инфраструктуры на ВВП, также оцененное в работе (Aschauer, 2000), уже интернализировано в разработанной модели и дополнительных корректировок не требует. Кроме прямого влияния инфраструктуры на ВВП, имеется ряд косвенных эффектов, которые обсуждались выше.

Однако ряд обстоятельств заставляет скорректировать параметр ξ в сторону уменьшения. Во-первых, многие исследователи отмечают, что оценка прямого эффекта, полученная в работе (Aschauer, 2000), является завышенной (см., например, анализ (Straub, 2008)) и приводит к ложному выводу об избыточной доходности инфраструктурного капитала. Во-вторых, инфраструктурные проекты будут реализовываться на слабо освоенных территориях и потребуют привлечения значительной рабочей силы. Максимальный эффект для экономики России был бы получен, если для реализации инфраструктурных проектов использовался бы труд россиян, которые ранее были привлечены в низкопроизводительные виды деятельности, а участие в строительстве инфраструктуры помогло бы повысить их производительность. Если же проекты будут реализованы в основном за счет привлечения мигрантов из других стран (Китая, Казахстана, Монголии), результаты для экономики России будут значительно ниже: эффективность трудовых ресурсов России почти не изменится, а значительная часть доходов, заработанных мигрантами, будет отправлена за рубеж в виде трансфертов. Таким образом, привлечение мигрантов для реализации крупных инфраструктурных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке значительно снизит оценку параметра ξ .

Суммируя вышесказанное, разумно установить значение параметра ξ как половину от калиброванного на базе расчета Ашауэра значения: $\xi = 0,5 \times 0,3 / 0,61 = 0,246$ – и провести анализ чувствительности результатов модели к данному параметру.

Перечисленные параметры могут повлиять на решение модели и не могут быть напрямую калиброваны на основе макроэкономической статистики (за исключением норм амортизации), поэтому далее мы исследуем чувствительность решения к данным параметрам.

Алгоритм калибровки остальных переменных приведен в Приложении, п. А.

Заметим, что надежных методов фальсификации полученной модели не существует¹⁴, поэтому мы ограничиваемся анализом чувствительности результатов моделирования к изменению параметров модели, приведенному в Приложении, п. Б.

4. Анализ проекта развития транспортных путей и освоения месторождений Сибири и Дальнего Востока

Разработанная и калиброванная модель может быть использована для анализа проекта развития транспортных путей и освоения месторождений Сибири и Дальнего Востока. Данный комплексный проект включает 19 подпроектов строительства железных дорог и связанных с ними предприятий для добычи и первичной переработки природных ресурсов. В рамках данного комплексного проекта проявляется базовое свойство инвестиций в инфраструктуру: они создают плацдарм для частных инвестиций, так как открывают доступ к тем районам, которые ранее были малодоступны. В рамках разработанной модели комплементарность инфраструктуры и других факторов производства не предполагается напрямую, поэтому для анализа подобного рода инвестиций предположим, что инвестиции в строительство железных дорог и строительство (модернизацию) предприятий для добычи природных ресурсов объединены в комплексный проект. Инвестиции в данный комплексный проект трактуются нами как государственные инвестиции в инфраструктурный капитал, которые, с одной стороны, повышают производительность уже имеющихся факторов производства, а с другой – увеличивают поток рентных платежей от экспорта природных ресурсов¹⁵. Анализ произведен на основе информации, доступной в 2018 г. В статье не учитываются те многочисленные изменения, которые произошли в 2019–2020 гг., поэтому все расчеты для этого периода являются условными.

На рис. 2 (слева) приведена динамика необходимых инвестиций в инфраструктуру комплексного проекта $Investments_t$ и поток ренты $Rent_t$, который данный проект генерирует. Все потоки рассчитаны в ценах 2017 г. При расчете потока чистой ренты из ожидаемого дохода

¹⁴ Приведем основные аргументы нашей позиции. Во-первых, байесовское оценивание модели на годовых данных невозможно из-за короткого годового ряда. Кроме того, байесовское оценивание (или оценивание методом максимального правдоподобия) само по себе не позволяет фальсифицировать модель, а лишь позволяет выбрать лучшую модель из предложенных. Во-вторых, фальсификация методом прогнозирования на базе DSGE-моделей малоинформативна из-за отсутствия надежных критериев. Известно, что ливиную долю дисперсии эндогенных переменных теоретические модели общего равновесия относят на текущие структурные шоки и лишь незначительную часть – на предсказуемую реакцию системы, вызванную предыдущими шоками. Но это не является поводом отказа от использования модели для определенных целей.

¹⁵ Информация о необходимых инвестициях в комплексный проект, а также потоке ренты, который он генерирует, была собрана коллективом исследователей в рамках Российского научного фонда (проект 14-11-00634 «Математические методы прогнозирования мирового и странового социально-экономического развития»).

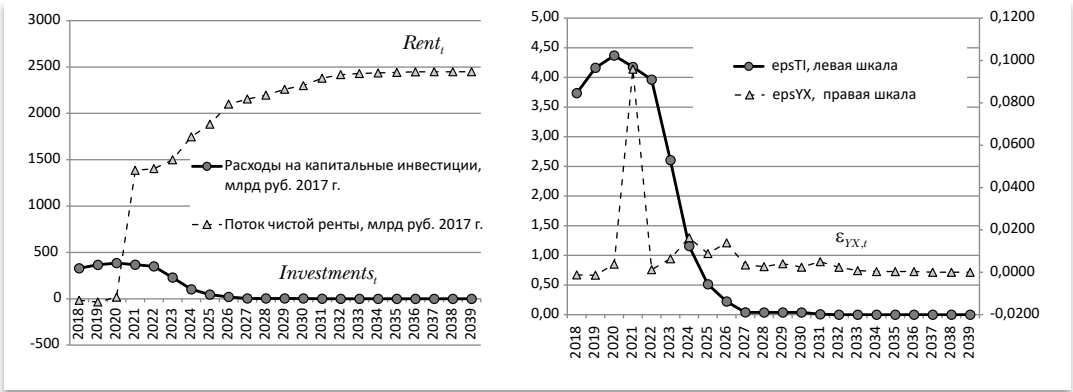


Рис. 2

Входные данные для проекта развития транспортных путей и месторождений Сибири и Дальнего Востока.

Источник: расчеты авторов.

от продажи природных ресурсов на внешнем рынке были вычтены операционные расходы на поддержку железнодорожных путей, операционные расходы на заработную плату работникам месторождений, операционные расходы на заработную плату работникам железных дорог, расходы на амортизацию всего капитала, а также неявные расходы на капитал, чтобы учесть упущенные возможности получения процентных платежей на уже инвестированный капитал. Таким образом, мы учли оплату всех факторов, задействованных в процессе производства природных ресурсов, которые связаны с повышением общей факторной производительности экономики России в уравнении (18). Оставшийся поток отнесен на ренту природных ресурсов $P_{X,t}^* Y_{X,t}$, и вводится в модель через шок объемов производства природных ресурсов $\varepsilon_{YX,t}$. Поток инвестиций в инфраструктуру в рамках комплексного проекта учитывается через определение динамики шоков инвестиций в инфраструктуру $\varepsilon_{TI,t}$. Мы предполагаем полную информацию для всех агентов о будущих значениях шоков $\varepsilon_{YX,t}$ и $\varepsilon_{TI,t}$, поэтому все агенты смогут подстроить свои текущие решения под будущие изменения макроэкономических переменных, связанных с реализацией данного проекта.

Сделаем соответствующие преобразования, чтобы вычислить значения шоков:

$$\varepsilon_{TI,t} = Investments_t / \overline{P_{TI}}, \quad \varepsilon_{YX,t} = \ln \left(\left(\overline{S P_X^* Y_X} + Rent_t \right) / \left(\overline{S P_X^* Y_X} + Rent_{t-1} \right) \right).$$

На рис. 2 (справа) изображена динамика шоков, на основе которых проводится детерминистическая симуляция модели. Решение модели будет зависеть от динамики поступлений от экспорта природных ресурсов в будущем. Мы рассмотрим несколько вариантов этого процесса: базовый — постоянство доходов от экспорта в обозримом будущем; альтернативный (табл. 5, П1–П5, строка А6) — постепенное

снижение объемов поставок после 2045 г. (что также аналогично случаю снижению цен).

Как отмечалось ранее, в работе не моделируется базовая траектория экономики, поэтому результатом всех расчетов будут процентные отклонения эндогенных переменных от некоторой базовой траектории, построение которой выходит за рамки данной работы. Данное отклонение можно трактовать как вклад данного проекта в динамику переменных. Для всех переменных, которые выражены в долях (инфляция, ставки процента, премия за риск), мы вычисляем отклонение от стационарных уровней и умножаем на 100%, т.е. не вычисляем процентов от процентов. При анализе долгосрочных эффектов будем использовать значение для 2118 г., а горизонт анализа ограничим 2050 г.

Технически для анализа комплексного проекта инфраструктурных инвестиций мы применяем детерминистическую симуляцию модели для заданных значений $\varepsilon_{YX,t}$ и $\varepsilon_{PI,t}$, которую выполнили в пакете Dynare (Adjemian et al., 2011).

На рис. 3 изображена динамика новых инфраструктурных инвестиций (слева) и накопленный инфраструктурный капитал (справа) в процентах текущего ВВП.

К 2026 г. все объекты инфраструктуры планируется (по проекту) ввести в эксплуатацию и дальнейшие инвестиции будут связаны с амортизацией (около 0,12% ВВП) накопленного в результате реализации проекта инфраструктурного капитала около 2,3% ВВП.

На рис. 4 изображен результат расчета динамики реального ВВП и его компонентов согласно (41).

Общий вклад в рост ВВП данного проекта оценивается приблизительно в 4,2% по отношению к базовой траектории. Основной вклад в совокупный 4,2%-ный рост внесет экспорт ресурсов в 2021 г. (1,49%), когда начнут приносить прибыль предприятия «Сибирский антрацит» и «Находкинский завод минеральных удобрений». В первые три года реализации вклад проекта в экономический рост будет небольшим, а

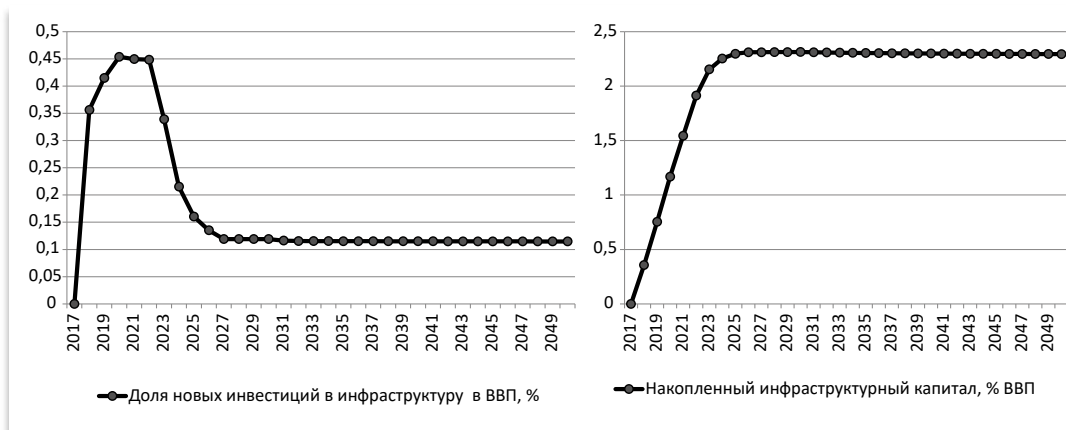


Рис. 3

Дополнительные инфраструктурные инвестиции и капитал, создаваемый проектом

в первый год – даже отрицательным: (-0,1% в 2018 г., 0,03% в 2019 г. и 0,12% в 2020 г.). Основной вклад в эти годы внесет производство промежуточных благ. В 2021 г. проект внесет максимальный вклад в рост ВВП в размере 1,56%. В последующие пять лет будут вводиться в строй остальные предприятия, что обеспечит вклад проекта в рост ВВП за счет роста экспорта ресурсов (табл. 4). Далее вклад проекта в экономический рост будет затухать.

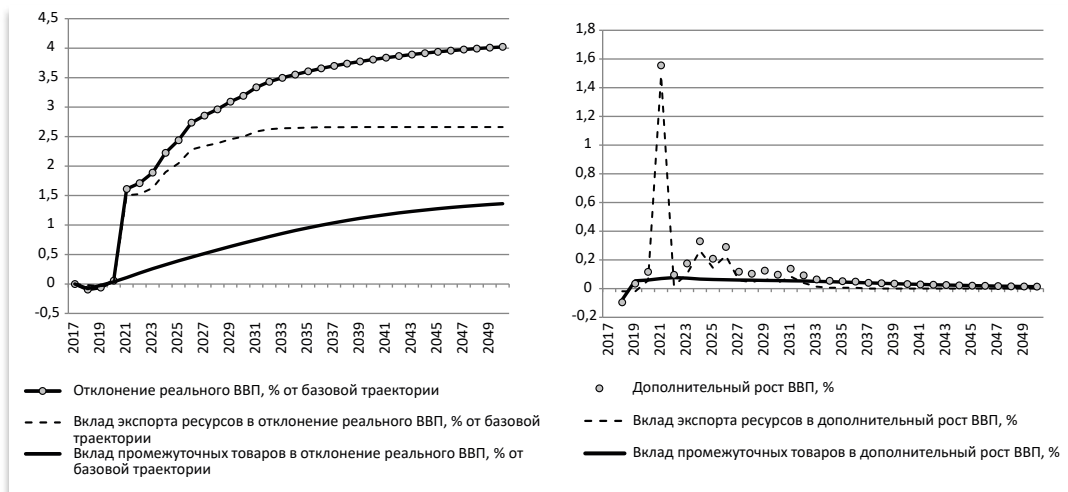


Рис. 4

Вклад проекта в экономический рост

Таблица 4

Вклад проекта в экономический рост, %

Год	Общий вклад в рост ВВП	Вклад экспорта ресурсов	Вклад промежуточных товаров	Год	Общий вклад в рост ВВП	Вклад экспорта ресурсов	Вклад промежуточных товаров
2018	-0,10	-0,02	-0,08	2033	0,06	0,01	0,05
2019	0,03	-0,02	0,05	2034	0,05	0,01	0,05
2020	0,12	0,06	0,06	2035	0,05	0,01	0,05
2021	1,56	1,49	0,07	2036	0,05	0,01	0,04
2022	0,10	0,02	0,08	2037	0,04	0,00	0,04
2023	0,18	0,10	0,07	2038	0,04	0,00	0,04
2024	0,33	0,26	0,07	2039	0,03	0,00	0,03
2025	0,21	0,15	0,06	2040	0,03	0,00	0,03
2026	0,29	0,23	0,06	2041	0,03	0,00	0,03
2027	0,12	0,06	0,06	2042	0,03	0,00	0,03
2028	0,10	0,04	0,06	2043	0,02	0,00	0,02
2029	0,13	0,07	0,06	2044	0,02	0,00	0,02
2030	0,10	0,04	0,06	2045	0,02	0,00	0,02
2031	0,14	0,08	0,05	2046	0,02	0,00	0,02
2032	0,09	0,04	0,05	2047	0,02	0,00	0,02

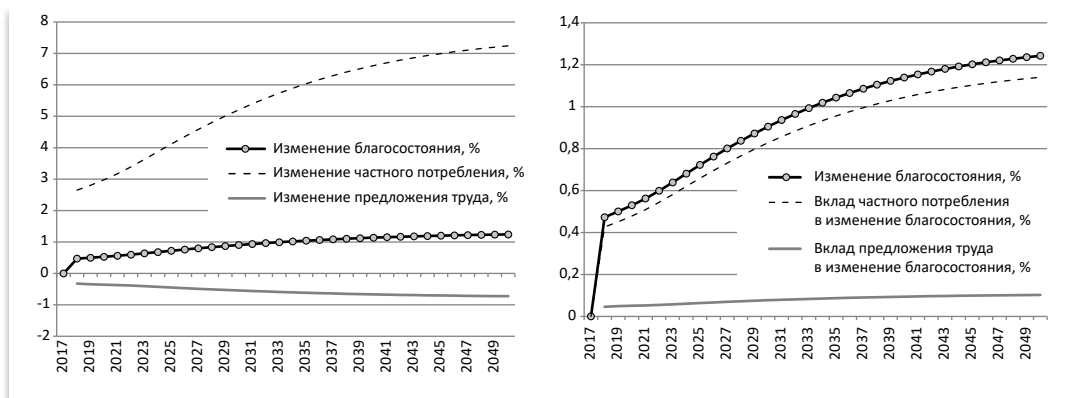


Рис. 5

Изменение благосостояния и его компонентов в результате реализации проекта

Проект значительно увеличивает общественное благосостояние (в модели оно измеряется с помощью функции полезности домашних хозяйств). На рис. 5 изображено изменение полезности домашних хозяйств и его компонентов: потребления и предложения трудовых ресурсов.

В результате реализации проекта общая полезность домашних хозяйств увеличивается на 1,31%. Основной вклад в это изменение вносит рост потребления, который в долгосрочном периоде составит 7,67%. Вклад снижения предложения труда (–0,76% в долгосрочном периоде) в полезность оказался небольшим (см. правую панель рис. 5) из-за предположения о низкой эластичности функции предложения труда по заработной плате ($1/4,07 = 0,246$). Долгосрочная эквивалентная вариация потребления для данного проекта составила +8,36%. Это означает, что влияние на полезность домашних хозяйств аналогично эффекту, который оказал бы перманентный рост потребления на 8,36% за год. При моделировании мы предположили, что весь финансовый результат проекта в конечном итоге достается домашним хозяйствам. В реальности рост частного потребления должен оказаться более скромным, так как полученные в результате реализации проекта средства могут быть использованы для удовлетворения разнообразных текущих потребностей фискальной сферы.

Проект оказывает значительное воздействие на внешнюю сферу страны – внешнюю торговлю, инвестиции и валютный курс. На рис. 6 изображена динамика экспорта, импорта и их компонентов, а на рис. 7 – динамика курса доллара, заработной платы и индексов цен. Долгосрочный рост экспорта (31,6 млрд долл. США к 2050 г.) превышает рост импорта (29,3 млрд долл. США к 2050 г.), что способствует долгосрочному укреплению рубля на 3,1% в номинальном и 5,4% – в реальном выражении (левая часть рис. 7)¹⁶. Сценарий предполагает, что из-за действий впередсмотрящих агентов укрепление рубля должно

¹⁶ Расчеты производились исходя из информации, доступной на момент 2018 г., и не учитывают произошедших с тех пор изменений на финансовых рынках.

было случиться не в 2021 г., когда фактический прирост экспорта должен был превысить прирост импорта, а уже в 2018 г. (на 3,3%), чтобы нивелировать арбитражные возможности на международном валютном рынке (действие непокрытого процентного паритета (9)).

Прирост экспорта происходит в результате увеличения экспорта природных ресурсов. Укрепление рубля в номинальном и реальном выражении приводит к снижению доходов от экспорта остальных

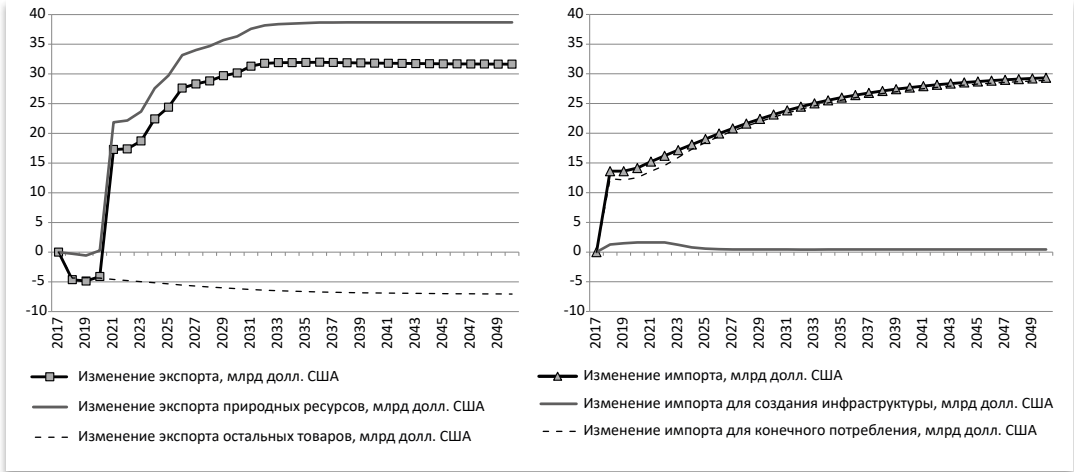


Рис. 6

Изменения во внешней торговле, вызванные проектом: экспорт (левая часть) и импорт (правая часть)

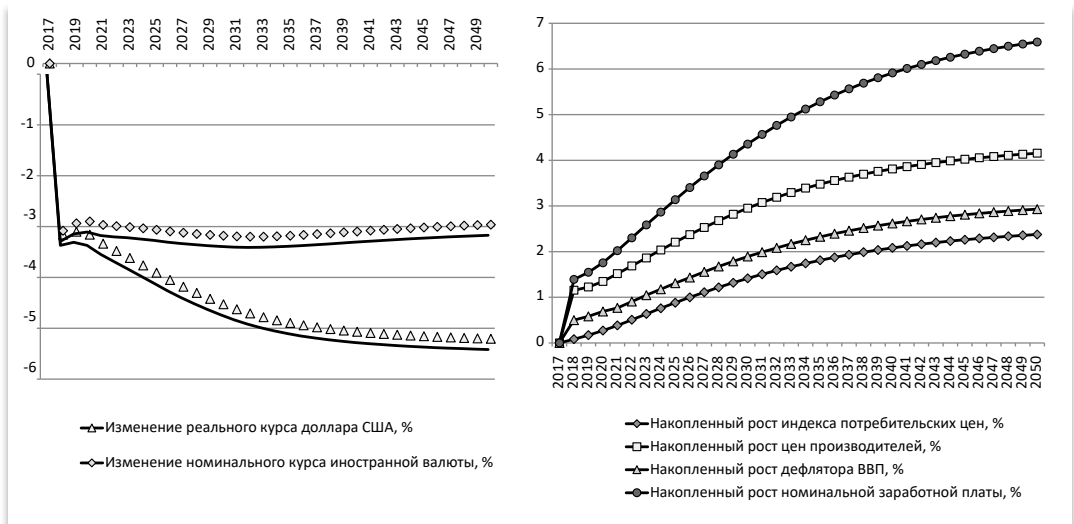


Рис. 7

Накопленные изменения цен, вызванные проектом

товаров, так как мы предполагаем эластичный спрос на данные товары за рубежом ($v^* = 1,5$). В 2018–2020 гг. прирост импорта в результате реализации проекта должен был превысить прирост экспорта, так как потребление домашних хозяйств должно было незамедлительно отреагировать на открывающиеся перспективы роста будущих доходов. Это сразу приводит к росту импорта товаров, и страна должна накапливать зарубежный капитал (чистые международные активы снизятся). Согласно симуляции в 2021 г. рост экспорта от реализации проекта должен превысить рост импорта и страна постепенно начнет расплачиваться по частным долгам. Импорт, идущий на инвестиции в инфраструктуру, составляет незначительную долю дополнительного спроса на импорт, создаваемого проектом (см. рис. 6, правая часть), и большая часть роста импорта должна была происходить за счет укрепления рубля.

Рост реальной заработной платы на 4,2% к 2050 г. приводит к увеличению располагаемых доходов домашних хозяйств, а также увеличению расходов фирм, что отражается на ускоренном по сравнению с потребительскими ценами росте цен производителей (см. рис. 7, правая часть).

Результатирующий рост потребления и импорта, снижение экспорта остальных товаров, а также укрепление национальной валюты являются признаками голландской болезни, которая неизбежно обострится при реализации инфраструктурных проектов, направленных на увеличение экспорта ресурсов¹⁷.

4.1. Анализ чувствительности к изменению параметров модели

Ряд параметров модели нельзя верифицировать на данных, поэтому мы должны понимать, насколько значительным будет изменение результатов симуляции при разумном изменении данных параметров. Были проведена симуляция 16 спецификаций модели с различными параметрами. В каждой спецификации изменялся только один параметр. В спецификациях A1–A3 мы меняли значение эластичности замещения в отечественной производственной функции v . Эластичность спроса на отечественные товары за рубежом v^* варьировала в спецификациях A15 и A16. Эластичность предложения труда по Фришу χ изменялась в спецификациях A4 и A5. В спецификациях A7 и A8 мы изменяли чувствительность общей факторной производительности к накопленному инфраструктурному капиталу ξ . Величина транспортной наценки μ варьировалась в спецификациях A9 и A10, а дисконтирующий фактор β – в спецификациях A11 и A12. В A13 мы поменяли фискальный параметр подстройки налогов под накопленный государственный долг θ . Параметр правила монетарной политики γ_π был

¹⁷ Вопросы выбора монетарной и фискальной политики, а также различного набора жесткостей способны повлиять на результаты анализа. В данной работе мы рассматриваем долгосрочную перспективу, хотя и рассматриваем среднесрочную подстройку к новому долгосрочному равновесию. Отказавшись вводить реальные и номинальные жесткости в модель, мы упростили задачу и не предполагаем в модели активной монетарной политики. Фискальная политика введена в модель таким образом, чтобы все выгоды и издержки инфраструктурных проектов в конечном итоге (после окончания процесса подстройки государственного долга) учитывались в изменении полезности домашних хозяйств. Данный подход делает общий результат не чувствительным к введению в модель различных стабилизационных фондов.

изменен в спецификации А14. В А6 мы предположили, что поток ренты от экспорта ресурсов, созданный проектом, начнет иссякать в 2045 г., а в 2218 г. он станет нулевым. Результаты расчета вклада проекта в рост ВВП на основе симуляции модели с альтернативными наборами параметров приведены в табл. 5.

В Приложении п. Б приведены аналогичные результаты расчетов для потребления (%), накопленного роста ИПЦ (%), валютного курса (%), экспорта и импорта (млрд долл. США).

Выбор эластичностей замещения в отечественной и зарубежной производственных функциях $-i$ и v^* серьезно влияет на результат, так как данные параметры являются ключевыми при моделировании эффекта переключения спроса на зарубежные товары. При более значительных величинах данных параметров укрепление рубля силь-

Таблица 5

Результаты изменения ВВП в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, %

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	–	–0,10	1,61	3,19	4,02	4,17
A1	$v = 0,9$	–0,13	1,52	3,05	3,85	3,98
A2	$v = 0,5$	–0,06	1,69	3,32	4,18	4,34
A3	$v = 1,5$	–0,19	1,38	2,82	3,56	3,67
A4	$\chi = 1$	–0,33	1,32	2,72	3,32	3,41
A5	$\chi = 0,5$	–0,46	1,17	2,47	2,96	3,02
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	–0,09	1,61	3,20	3,97	2,73
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	–0,08	1,90	3,86	4,74	4,89
A8	$\xi = 0$	–0,11	1,32	2,53	3,31	3,45
A9	$\mu = 0$	–0,10	1,61	3,19	4,02	4,17
A10	$\mu = 0,2$	–0,10	1,61	3,19	4,02	4,17
A11	$\beta = 0,9$	–0,03	1,65	3,34	4,51	4,83
A12	$\beta = 0,96$	–0,14	1,59	3,12	3,82	3,92
A13	$\theta = 0,2$	–0,10	1,61	3,19	4,02	4,17
A14	$\gamma_\pi = 5$	–0,09	1,61	3,19	4,02	4,17
A15	$v^* = 2$	–0,15	1,49	2,99	3,77	3,90
A16	$v^* = 1,1$	–0,02	1,77	3,45	4,33	4,50

нее дестимулирует спрос на продукцию отечественных предприятий, и вклад проекта в ВВП сокращается: рост ВВП, потребления, полезности будет более скромным. Изменение эластичностей замещения v и $G \subseteq F$ в разумных пределах может повлиять на результат вклада проекта в ВВП в пределах $\pm 0,5\%$, укрепления рубля $\pm 1,5\%$, потребления $\pm 0,3\%$.

Более низкие значения параметра i , соответствующие большей эластичности функции предложения труда, снижают вклад проекта в ВВП экономики, так как снижают стимулы домашних хозяйств трудиться при росте доходов и объемов потребления. Домашние хозяйства в большей степени предпочитают отдых потреблению, что уменьшает объем ресурсов, занятых в производстве. При этом положительное влияние проекта на благосостояние, практически не меняется: эквивалентная вариация потребления остается на уровне $+8,35\%$. Если ориентироваться на оценку для США в $\chi = 1$, то оценка вклада проекта в ВВП при этом может быть скорректирована вниз на $0,7\%$ ВВП. Однако данная оценка не представляется разумной для развивающейся страны с достаточно низким подушевым объемом потребления.

Проект приносит более значительный результат в терминах роста ВВП и потребления при более низких значениях дисконтирующего фактора β . Нельзя утверждать, что это увеличивает благосостояние домашних хозяйств, так как более весомый финансовый результат дисконтируется по более высокой ставке.

Мы рассмотрели результат симуляции модели при различных значениях параметра i , характеризующего воздействие инфраструктуры на общую факторную производительность. Если взять два альтернативных случая $\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$ (полный эффект, калиброванный по Ашауэру) и $\xi = 0$ (нулевой эффект на производительность), то оказывается, что вклад данного эффекта в оценку влияния проекта на ВВП достаточно велик: $\pm 0,7\%$ ВВП. Этот результат является ожидаемым ввиду важности данного эффекта для расчетов, и уточнить данный результат на основе имеющейся статистики не представляется возможным, поэтому можно констатировать, что неопределенность данного параметра может также внести вклад в общую ошибку расчета.

Снижение экспорта ресурсов с 2045 г. существенно влияет на переменные после 2050 г. и незначительно — на результаты первых 20–30 лет после начала проекта. Изменение параметров транспортной наценки $g_i^* \geq f_i^*$, стабилизатора фискальной сферы θ , правила монетарной политики γ_π либо вообще никак не влияют, либо минимально воздействуют на динамику реальных переменных в модели.

Подводя итог вышесказанному, можно заметить, что результаты анализа оказались ожидаемыми и теоретически оправданными. Не прибегая к точным методам измерения ошибки, на основе предыдущего анализа можно заключить, что неизбежные неточности параметризации модели могут привести к возникновению ошибки измерения общего вклада проекта в ВВП страны не менее чем $\pm 1,5\%$ ВВП.

5. Заключение

В статье разработана модель общего равновесия, позволяющая оценить вклад проекта развития транспортных путей и развития месторождений Сибири и Дальнего Востока в макроэкономическую динамику России. Модель относится к классу моделей реального бизнес-цикла малой открытой экономики. Ориентируясь на годовую статистику, мы не включили в модель реальные и номинальные жесткости, а также другие типы несовершенств рынков, что снизило роль монетарной и фискальной политики. Проект связан с новыми инвестициями в инфраструктуру, что потребовало рассмотрения роли инфраструктуры в изменении общей факторной производительности, а также средств интернализации рассмотренных эффектов при моделировании.

Мы использовали агрегированные данные по необходимым инвестициям в 19 подпроектах строительства железнодорожных путей, каждый из которых ассоциирован со строительством и/или модернизацией предприятий, связанных с добычей и первичной переработкой природных ресурсов. Мы также агрегировали информацию по чистому доходу от производства и продажи на внешнем рынке природных ресурсов, который ожидается в результате реализации комплексного проекта.

Мы провели симуляцию модели, предположив полную информацию и рациональность всех агентов в экономике. Агенты имели возможность оптимизировать свой выбор (без каких-либо издержек подстройки) под результаты реализации проекта. Технически это было реализовано с помощью детерминистической симуляции модели при заданной траектории экзогенных переменных: инвестиций в инфраструктуру и доходов от продажи ресурсов на внешнем рынке. Результаты такой симуляции показали, что к 2050 г. реализация данного проекта принесет России 4,2% дополнительного роста ВВП, рубль укрепится на 5,4% в реальном выражении, импорт увеличится на 29,4 млрд долл. США, а потребление – на 7,2%. Был проведен анализ чувствительности результатов к изменению неverifiedируемых экзогенных параметров, который позволил получить грубую оценку ошибки, связанную с потенциальными неточностями параметризации.

Долгосрочная эквивалентная вариация потребления проекта составляет +8,36% в год, что свидетельствует о значительном росте благосостояния домашних хозяйств и увеличении фискальных доходов государства. В то же время реализация проекта неизбежно приведет к усилению симптомов голландской болезни: еще большей специализации страны на экспорте ресурсов, укреплению рубля, снижению экспорта торгуемых товаров, росту потребления. Это повысит чувствительность экономики России к конъюнктуре международных финансовых рынков и будет противоречить тем шагам, которые правительство РФ предпринимает в последнее время для снижения данной зависимости.

Наличие данных проблем не отменяет значительной выгоды от реализации данного проекта, однако заставляет задуматься о необходимости стабилизационных фискальных механизмов, которые позволят хеджироваться от рисков внешней конъюнктуры.

ПРИЛОЖЕНИЕ

А. Калибровка остальных переменных и параметров модели

Равновесная реальная ставка из условия уравнения Эйлера (7) составляет $\bar{r} = (1 - \beta) / \beta = 0,0638$ при нулевой долгосрочной инфляции $\bar{i} = \bar{r} = 0,0638$.

Из условия непокрытого процентного паритета (9) зарубежная ставка процента $i^* = (1 + \bar{i}) / (1 + \bar{r}p) - 1 = 0,0515$. Зарубежный выпуск $Y^* = P^* Y^* / P^* = 79\,280$ млрд долл. США.

Статью капитального счета мы вычисляем, предположив, что чистые международные активы находятся на стационарном уровне \overline{NFA} и генерируют поток процентных платежей, которые составляют долгосрочный капитальный счет $\overline{KA} = \overline{NFA} [(1 + i^*)(1 + \bar{r}p) - 1] = -10,53$ млрд долл. США.

Предположим, что в долгосрочном периоде Банк России не совершает операций с иностранной валютой: $\overline{RB} = 0$. Также для простоты будем полагать, что $\overline{IR} = 0$. Чтобы не возникало несоответствия с тем фактом, что Банк России имеет международные резервы, мы все неучтенные потоки (в данном случае поток процентов на владение международными резервами) включим в статью чистых трансфертов, которая в долгосрочном периоде составит $\overline{NT} = -(\overline{EX} - \overline{IM} + \overline{KA} + \overline{RB}) = -73,36$ млрд долл. США. Тогда текущий баланс составит: $\overline{CA} = \overline{EX} - \overline{IM} + \overline{NT} = 10,53$ млрд долл. США.

Сделанные расчеты сальдо текущего и капитального счетов не совпадают со статистикой Банка России, так как мы сделали допущение о равновесном объеме чистых международных активов и соответствии капитального счета своему долгосрочному уровню.

Номинальный валютный курс выбирается таким образом, чтобы данные Росстата в рублях совпали с расчетами торгового баланса Банка России в долларах США: $\bar{S} = (\overline{NGDP} - \overline{PC} - \overline{PG} - \overline{PI}) / (\overline{EX} - \overline{IM}) = 63,33$ руб. за 1 долл. США.

Выбрав в качестве индекса цен природных ресурсов цену за 1 баррель нефти, можно вычислить объем экспорта природных ресурсов: $\bar{Y}_X = \overline{P}_X^* Y_X / \bar{P}_X^* = 4,0407$ млрд барр. нефти.

Предположим, что уровень налогов (в номинальном выражении) соответствует долгосрочным уровням государственных расходов и государственного долга (который совпадает с целевым уровнем $D_T = \bar{D} = 11\,844$)¹⁸: $\bar{T} = \overline{PG} + \bar{i}\bar{D} = 17\,305$ млрд руб.

¹⁸ В расчетах фигурирует значение внутреннего госдолга, в то время как внешний долг нигде не учтен. Мы полагаем, что внешний долг, как и внутренний, находится на оптимальном уровне. Будем полагать, что проценты по неучтенному внешнему долгу (как и проценты по международным резервам) включены в поток чистых трансфертов.

Цены производителей установим на произвольном уровне:
 $\overline{P_p} = \overline{S} = 63,33$ руб.

Сделаем нормировку дефлятора ВВП, приняв 2017 г. за базу:
 $\overline{Defl} = 1$. Тогда в базовом году номинальный и реальный ВВП совпадут:
 $\overline{RGDP} = \overline{NGDP} = 92\,037,17$ млрд руб. 2017 г.

Намереваясь анализировать влияние будущих инфраструктурных проектов, предположим, что в 2017 г. данных инвестиций еще не было: $\overline{T_I} = 0$, $\overline{Z_{TI}} = 0$, $\overline{Y_{TI}} = 0$ и $\overline{C_{TIM}} = 0$. Тогда весь импорт страны используется для производства финальных благ: $\overline{C_{IM}} = \frac{\overline{IM}}{P^*} \times \frac{1}{1+\mu} = 297,19$.

Параметр производственной функции следует из доли инвестиций в ВВП:

$$\alpha = \frac{\overline{r} + \delta}{\delta} \frac{\overline{PI}}{\overline{NGDP} - \overline{S}P_x^*Y_x} = 0,4585.$$

Равновесное значение трудовых усилий равно

$$\overline{L} = (1 - \alpha) \left(\frac{\overline{NGDP} - \overline{S}P_x^*Y_x}{\overline{PC}} \right)^{1/(1+\lambda)} = 0,9754.$$

Реальная заработная плата:

$$\overline{W} = (1 - \alpha) \left(\frac{\overline{NGDP} - \overline{S}P_x^*Y_x}{\overline{PC}} \right)^{\lambda/(1+\lambda)} (\overline{PC})^{1/(1+\lambda)} = 43\,560.$$

Производство промежуточных благ:

$$\overline{Y} = (\overline{NGDP} - \overline{S}P_x^*Y_x) / \overline{P} = 1239,1.$$

Экспорт промежуточных благ: $\overline{Y_{EX}} = \overline{S}(\overline{EX} - \overline{S}P_x^*Y_x) / \overline{P} = 196,5$.

Производство промежуточных благ для внутреннего потребления: $\overline{Y_D} = (\overline{NGDP} - \overline{S}EX) / \overline{P} = 1042,6$.

Общая факторная производительность: $\overline{A} = A_0 = 10$.

Запас капитала в экономике: $\overline{K} = \left(\overline{Y} / \overline{A} (A_L \overline{L})^{1-\alpha} \right)^{1/\alpha} = 2492,7$.

Уровень потребительских и инфраструктурных цен:

$$\overline{P} = \overline{P_{TI}} = \alpha (\overline{NGDP} - \overline{S}P_x^*Y_x) / (\overline{r} + \delta) \overline{K} = 88,1.$$

Зная уровень цен, можно найти элементы спроса на финальные блага: $\overline{C} = \overline{PC} / \overline{P} = 547,26$; $\overline{G} = \overline{PG} / \overline{P} = 187,83$; $\overline{I} = \overline{PI} / \overline{P} = 249,27$;
 $\overline{Z} = \overline{C} + \overline{G} + \overline{I} = 984,34$.

Параметры предпочтений в производственных функциях:

$$\gamma_D = \left(\frac{\overline{P_p}}{\overline{P}} \right)^{\nu-1} \frac{\overline{NGDP} - \overline{S}EX}{\overline{PC} + \overline{PG} + \overline{PI}} = 0,8518,$$

$$\gamma_{IM} = \left(\frac{\overline{S}P^*(1+\mu)}{\overline{P}} \right)^{\nu-1} \frac{\overline{S}P^*(1+\mu)\overline{C_{IM}}}{\overline{PC} + \overline{PG} + \overline{PI}} = 0,2586.$$

Параметр спроса на экспорт промежуточных благ:

$$\gamma^* = \left(\overline{S}P^*(1+\mu) / \overline{P} \right)^{\nu-1} \frac{\overline{EX} - \overline{P}_x^*Y_x}{\overline{P}^*Y_x^*} = 0,0026.$$

Параметр чувствительности премии за риск к соотношению внешних частных долгов к ВВП: $\kappa = -\left(\overline{NGDP} / \overline{SNFA} \right) \ln(1 + \overline{r}p) = 0,1031$.

Б. Анализ чувствительности**Таблица П1**

Изменения номинального валютного курса в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, %

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	–	–3,29	–3,18	–3,39	–3,17	–3,06
A1	$v = 0,9$	–2,65	–2,64	–2,82	–2,51	–2,40
A2	$v = 0,5$	–3,88	–3,67	–3,89	–3,75	–3,65
A3	$v = 1,5$	–1,73	–1,83	–1,89	–1,47	–1,36
A4	$\chi = 1$	–3,47	–3,47	–3,95	–4,07	–4,04
A5	$\chi = 0,5$	–3,57	–3,63	–4,24	–4,52	–4,53
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	–3,29	–3,17	–3,38	–2,96	–1,62
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	–3,15	–2,90	–2,58	–2,27	–2,16
A8	$\xi = 0$	–3,43	–3,45	–4,21	–4,08	–3,97
A9	$\mu = 0$	–3,29	–3,18	–3,39	–3,17	–3,06
A10	$\mu = 0,2$	–3,29	–3,18	–3,39	–3,17	–3,06
A11	$\beta = 0,9$	–2,70	–2,46	–2,27	–1,58	–1,28
A12	$\beta = 0,96$	–3,58	–3,54	–3,94	–3,87	–3,81
A13	$\theta = 0,2$	–3,29	–3,18	–3,39	–3,17	–3,06
A14	$\gamma_{\pi} = 5$	–3,35	–3,39	–4,20	–4,53	–4,53
A15	$v^* = 2$	–2,40	–2,43	–2,61	–2,30	–2,19
A16	$v^* = 1,1$	–4,51	–4,18	–4,34	–4,23	–4,13

Таблица П2

Изменения экспорта в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, млрд долл. США

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	–	–4,63	17,28	30,17	31,64	31,54
A1	$v = 0,9$	–3,78	18,03	30,99	32,61	32,54
A2	$v = 0,5$	–5,41	16,60	29,45	30,80	30,66
A3	$v = 1,5$	–2,56	19,14	32,30	34,16	34,12
A4	$\chi = 1$	–4,85	16,96	29,64	30,86	30,71

Окончание таблицы П2

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
A5	$\chi = 0,5$	-4,96	16,80	29,37	30,47	30,29
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	-4,62	17,29	30,19	30,30	16,97
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	-4,45	17,55	30,91	32,42	32,32
A8	$\xi = 0$	-4,81	17,01	29,42	30,85	30,75
A9	$\mu = 0$	-4,63	17,28	30,17	31,64	31,54
A10	$\mu = 0,2$	-4,63	17,28	30,17	31,64	31,54
A11	$\beta = 0,9$	-4,12	17,07	29,75	31,39	31,31
A12	$\beta = 0,96$	-4,89	17,35	30,34	31,80	31,71
A13	$\theta = 0,2$	-4,63	17,28	30,17	31,64	31,54
A14	$\gamma_{\pi} = 5$	-4,64	17,29	30,17	31,64	31,54
A15	$v^* = 2$	-6,57	14,85	26,42	27,41	27,27
A16	$v^* = 1,1$	-1,48	20,66	34,78	36,92	36,89

Таблица П3

Изменения импорта в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, млрд долл. США

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	-	13,61	15,23	23,15	29,33	30,39
A1	$v = 0,9$	13,62	15,60	24,34	30,54	31,52
A2	$v = 0,5$	13,45	14,87	22,15	28,27	29,41
A3	$v = 1,5$	13,12	16,09	26,39	32,46	33,29
A4	$\chi = 1$	13,22	14,91	22,65	28,61	29,56
A5	$\chi = 0,5$	12,99	14,75	22,39	28,24	29,14
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	13,59	15,21	23,11	28,24	17,14
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	13,11	15,71	23,82	30,07	31,17
A8	$\xi = 0$	14,12	14,75	22,47	28,58	29,61
A9	$\mu = 0$	13,61	15,23	23,15	29,33	30,39
A10	$\mu = 0,2$	13,61	15,23	23,15	29,33	30,39

Окончание таблицы ПЗ

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
A11	$\beta = 0,9$	11,55	12,90	20,41	27,60	29,42
A12	$\beta = 0,96$	14,59	16,38	24,48	30,14	30,94
A13	$\theta = 0,2$	13,61	15,23	23,15	29,33	30,39
A14	$\gamma_{\pi} = 5$	13,66	15,21	23,14	29,35	30,39
A15	$v^* = 2$	10,47	12,29	19,92	25,41	26,29
A16	$v^* = 1,1$	17,87	19,19	27,27	34,22	35,53

Таблица П4

Изменение потребления в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, %

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	–	2,65	3,17	5,21	7,24	7,67
A1	$v = 0,9$	2,55	3,00	4,97	6,91	7,30
A2	$v = 0,5$	2,73	3,32	5,42	7,52	7,99
A3	$v = 1,5$	2,39	2,74	4,60	6,38	6,71
A4	$\chi = 1$	2,39	2,83	4,64	6,38	6,71
A5	$\chi = 0,5$	2,25	2,65	4,36	5,94	6,23
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	2,64	3,16	5,19	7,02	4,73
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	2,93	3,53	5,96	8,13	8,57
A8	$\xi = 0$	2,37	2,81	4,45	6,35	6,76
A9	$\mu = 0$	2,65	3,17	5,21	7,24	7,67
A10	$\mu = 0,2$	2,65	3,17	5,21	7,24	7,67
A11	$\beta = 0,9$	2,10	2,65	4,88	7,48	8,27
A12	$\beta = 0,96$	2,94	3,44	5,36	7,15	7,47
A13	$\theta = 0,2$	2,65	3,17	5,21	7,24	7,67
A14	$\gamma_{\pi} = 5$	2,65	3,17	5,20	7,25	7,67
A15	$v^* = 2$	2,51	2,93	4,86	6,77	7,14
A16	$v^* = 1,1$	2,82	3,49	5,66	7,83	8,33

Таблица П5

Изменения индекса потребительских цен в результате реализации проекта при альтернативных спецификациях параметров, %

Спецификация	Изменение параметров	2018 г.	2021 г.	2030 г.	2050 г.	2118 г.
Базовая	–	0,08	0,38	1,41	2,37	2,57
A1	$v = 0,9$	0,07	0,34	1,34	2,26	2,44
A2	$v = 0,5$	0,10	0,42	1,48	2,48	2,69
A3	$v = 1,5$	0,04	0,28	1,23	2,07	2,22
A4	$\chi = 1$	0,07	0,33	1,25	2,07	2,22
A5	$\chi = 0,5$	0,06	0,30	1,17	1,92	2,05
A6	Экспорт ресурсов уменьшается с 2045 г.	0,08	0,38	1,41	2,25	1,05
A7	$\xi = 0,3 / 0,61 = 0,49$	0,09	0,45	1,66	2,68	2,88
A8	$\xi = 0$	0,08	0,31	1,16	2,07	2,26
A9	$\mu = 0$	0,08	0,38	1,41	2,37	2,57
A10	$\mu = 0,2$	0,08	0,38	1,41	2,37	2,57
A11	$\beta = 0,9$	0,09	0,43	1,62	2,93	3,32
A12	$\beta = 0,96$	0,07	0,36	1,30	2,12	2,27
A13	$\theta = 0,2$	0,08	0,38	1,41	2,37	2,57
A14	$\gamma_{\pi} = 5$	0,03	0,15	0,56	0,94	1,02
A15	$v^* = 2$	0,06	0,32	1,31	2,21	2,38
A16	$v^* = 1,1$	0,11	0,47	1,56	2,58	2,81

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Дробышевский С., Полбин А.** (2015). Декомпозиция динамики макроэкономических показателей РФ на основе DSGE-модели // *Экономическая политика*. Т. 10 (2). С. 20–42. [**Drobyshevskii S., Polbin A.** (2015). Decomposition of the structural shocks contribution to the Russian Macroeconomic Indicators Dynamics on the basis of the DSGE model. *Economic Policy*, 10 (2), 20–42 (in Russian).]
- Шульгин А.** (2017). Два типа шоков монетарной политики в DSGE-модели, оцененной для России // *Журнал Новой экономической ассоциации*. Т. 1 (33). С. 75–115. [**Shulgin A.** (2017). Two-dimensional monetary policy shocks in DSGE-model estimated for Russia. *Journal of the New Economic Association*, 1 (33), 75–115 (in Russian).]

- Adjemian A., Bastani H., Juillard M., Mihoubi F., Perendia P., Ratto M., Villemot S.** (2011). Dynare: Reference manual, version 4. *Dynare Working Papers*, 1, CEPREMAP.
- Agenor P.-R., Moreno-Dodson B.** (2006). Public infrastructure and growth: New channels and policy implications. *World Bank Policy Research Working Paper*, #4064.
- Ambler S., Dib A., Rebei N.** (2004). Optimal taylor rules in an estimated model of a small open economy. *Staff Working Papers*, #04–36. Bank of Canada.
- Armington P.S.** (1969). A theory of demand for products distinguished by place of production. *Staff papers (International Monetary Fund)*, 16 (1), 159–178.
- Aschauer D.A.** (1989a). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23 (2), 51–63.
- Aschauer D.A.** (1989b). Public investment and productivity growth in the group of seven. *Economic Perspectives*, 13 (5), 17–25.
- Aschauer D.A.** (1989c). Does public capital crowd out public capital? *Journal of Monetary Economics*, 24 (2), 171–188.
- Aschauer D.A.** (2000). Public capital and economic growth: Issues of quantity, finance, and efficiency. *Economic Development and Cultural Change*, 48 (2), 391–406.
- Baldwin R., Martin P.** (2004). Agglomeration and regional growth. In: *Handbook of Urban and Regional Economics*. J.V. Henderson, J.-F. Thisse (eds.). Amsterdam: Elsevier.
- Benigno P.** (2009). Price stability with imperfect financial integration. *Journal of Money, Credit and Banking*, 41 (s1), 121–149.
- Bernanke B.S., Gertler M., Gilchrist S.** (1999). The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. In: *Handbook of macroeconomics*. Taylor J., Woodford M. (eds.). Vol. 1, 1341–1393.
- Cass D.** (1965). Optimum growth in an aggregate model of capital accumulation. *Review of Economic Studies*, 32, 233–240.
- Christiano L.J., Eichenbaum M.** (1992). Current real-business-cycle theories and aggregate labor-market fluctuations. *American Economic Review*, 82 (3), 430–450.
- Estache A., Fay M.** (2009). Current debates on infrastructure policy. World Bank Publications, The World Bank, 27762.
- Galiani S., Gertler P., Schargrodsy E.** (2005). Water for life: The impact of privatization of water services on child mortality. *Journal of Political Economy*, 113, 83–120.
- Gramlich E.M.** (1994). Infrastructure investments: A review essay. *Journal of Economic Literature*, 32 (3), 1176–1196.
- Jensen R.** (2007). The digital provide: Information (technology), market performance, and welfare in the south Indian fisheries sector. *Quarterly Journal of Economics*, 122 (3), 879–924.
- Koopmans T.** (1965). On the concept of optimal economic growth. In: *Economic approach to development planning*. Amsterdam: Elsevier.
- Lubik T.A.** (2007). Non-stationarity and instability in small open-economy models even when they are “closed”. *Economic Quarterly*, 93 (4), 393–412.
- Ramsey F.P.** (1928). A mathematical theory of saving. *Economic Journal*, 38, 543–559.

- Rioja F.** (2003). Filling potholes: Macroeconomic effects of maintenance versus new investments in public infrastructure. *Journal of Public Economics*, 87, 2281–2304.
- Schmitt-Grohé S., Uribe M.** (2003). Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61 (1), 163–185.
- Solow R.M.** (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65–74.
- Straub S.** (2008). Infrastructure and growth in developing countries: Recent advances and research challenges. *Policy Research Working Paper Series*, 4460. The World Bank.
- Swan T.** (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32, 334–361.
- Woetzel J., Garemo N., Mischke J., Hjerpe M., Palter R.** (2016). Bridging global infrastructure gaps. McKinsey Global Institute, McKinsey & Company.

Поступила в редакцию 16.05.2018

Received 16.05.2018

A.G. Shulgin

Volga-Vyatka Main Branch of the Bank of Russia, Nizhni Novgorod, Russia

S.G. Shulgin

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia

Investments in the infrastructure of Siberia and the Far East. Macroeconomic analysis based on general equilibrium model

Abstract. We have developed a general equilibrium model that belongs to the class of real business cycle models of a small open economy exporting natural resources, which allows us to take into account the impact of investments in infrastructure projects. The model was calibrated to perform deterministic simulation of the investments project of the new railway construction and associated enterprises for the extraction and primary processing of natural resources in Siberia and the Far East. We use the information available before 2018. By 2050, the contribution of the infrastructure project, with a total size of 2.3% of GDP, to GDP growth is estimated at 4.0%, and the largest contribution of 2.7% of GDP is made by the growth of natural resource exports by 31.6 billion US dollars. 29.4 billion US dollars import increase and 7.2% consumption increase are due to the 5.4% of real ruble appreciation by 2050. The long-term equivalent consumption variation of the project is estimated as 8.36% a year. The project leads to an exacerbation of the Dutch disease of the Russian economy: the country's specialization in the production and export of natural resources increases, imports increase, exports of other goods decrease, consumption increases, currency appreciates, and labor supply decreases.

Keywords: *investments in infrastructure; infrastructural project; general equilibrium; Dutch disease; Siberia and Far East.*

JEL Classification: E37, E65, O11, O22, O53.

DOI: 10.31737/2221-2264-2021-49-1-3