

Для цитирования: Садовничий В. А., Осипов Г. В., Акаев А. А., Малков А. С., Шульгин С. Г. Социально-экономическая эффективность развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего востока. Математическое моделирование и прогноз // Экономика региона. — 2018. — Т. 14, вып. 3. — С. 758-777

doi 10.17059/2018-3-6

УДК: 656.2; 338.47

**В. А. Садовничий<sup>а)</sup>, Г. В. Осипов<sup>б)</sup>, А. А. Акаев<sup>а)</sup>, А. С. Малков<sup>в)</sup>, С. Г. Шульгин<sup>г)</sup>**

<sup>а)</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
(Москва, Российская Федерация; e-mail: s@malkov.org)

<sup>б)</sup> Институт социально-политических исследований РАН (Москва, Российская Федерация)

<sup>в)</sup> ООО «Айдесайд Консалтинг» (Королев, Российская Федерация)

<sup>г)</sup> Российская Академия Народного Хозяйства и Государственной Службы при Президенте РФ  
(Москва, Российская Федерация)

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗ<sup>1</sup>

*Цель работы заключается в количественной оценке долгосрочных макроэкономических, социальных, геополитических эффектов от реализации проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока, включая строительство высокоскоростной грузопассажирской магистрали. При проведении работы использовались методы математического моделирования и прогнозирования. Расчеты с использованием разработанных математических моделей показали, что реализация данного проекта сыграет большую роль в социально-экономическом развитии страны, в укреплении ее геоэкономических и геополитических позиций в Азиатско-Тихоокеанском регионе и в мире в целом.*

**Ключевые слова:** Транссибирская магистраль, инвестиционные проекты, математическое моделирование, мультипликативный эффект, социально-экономическое развитие, торговые потоки

### Введение

В соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», одной из приоритетных задач, стоящих перед Правительством РФ, является развитие магистральной инфраструктуры страны. В частности, в Указе сказано: «Правительству Российской Федерации на основе стратегии пространственного развития Российской Федерации разработать с участием органов государственной власти субъектов Российской Федерации и до 1 октября 2018 г. утвердить

комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, предусматривающий обеспечение в 2024 году:

а) развития транспортных коридоров „Запад — Восток” и „Север — Юг” для перевозки грузов, в том числе за счет:

...сокращения времени перевозки контейнеров железнодорожным транспортом, в частности с Дальнего Востока до западной границы Российской Федерации до семи дней, и увеличения объема транзитных перевозок контейнеров железнодорожным транспортом в четыре раза;

формирования узловых грузовых мультимодальных транспортно-логистических центров;

увеличения пропускной способности Байкало-Амурской и Транссибирской железно-

<sup>1</sup> © Садовничий В. А., Осипов Г. В., Акаев А. А., Малков А. С., Шульгин С. Г. Текст. 2018.

дорожных магистралей в полтора раза, до 180 млн тонн»<sup>1</sup>.

Данный Указ переводит в практическую плоскость положения, сформулированные в Послании Президента России Федеральному собранию РФ от 1 марта 2018 г.:

«За шесть лет в полтора раза, до 180 миллионов тонн, вырастет пропускная способность БАМа и Транссиба. Контейнеры будут доставляться от Владивостока до западной границы России за семь дней. Это один из инфраструктурных проектов, который будет давать быструю экономическую отдачу. Там есть грузы, и все вложения будут окупаться очень быстро и будут способствовать развитию этих территорий.

Объем транзитных контейнерных перевозок по нашим железным дорогам должен увеличиться почти в четыре раза. Это значит, что наша страна будет одним из мировых лидеров по транзиту контейнеров между Европой и Азией»<sup>2</sup>.

При этом развитие Транссиба и БАМа — это не просто транспортный проект. В работе «Интегральная евразийская инфраструктурная система как приоритет национального развития страны» [1] сказано: «Эта система станет новой инфраструктурной матрицей России, включая все ее регионы в общее народное хозяйство и дав мощный импульс развитию и заселению Сибири и Дальнего Востока. Зона этой матрицы станет „поясом развития“ с новой, инновационной промышленностью и городами нового поколения.

Использование этой инфраструктурной системы стабилизирует геополитическую обстановку вокруг Евразии и укрепит положение России в мировой экономике. Усиление связности нашей страны, повышение мобильности населения на всей ее территории внесет большой вклад в сплочение народов России как многоэтнической гражданской нации. Это — исторический вызов, на который все мы должны ответить в ближайшие десятилетия».

О важности развития транспортной инфраструктуры говорится во многих источни-

ках (см., например, официальные документы<sup>3</sup> и научные работы [3, 4]), однако приводимая в них аргументация носит, как правило, качественный характер. В связи с этим встает актуальная задача количественной оценки долгосрочных макроэкономических, социальных, геополитических эффектов от реализации проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока. В изложенных ниже материалах предпринята попытка сделать такую оценку, она позволит более обоснованно планировать работу по выполнению упомянутого выше Указа Президента РФ.

### 1. Задачи оценки

Цель работы заключается в количественной оценке долгосрочных макроэкономических, социальных, геополитических эффектов от реализации проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока (далее Проект). При этом целесообразно выделить два горизонта развития:

Первый горизонт — развитие Транссиба и БАМа в рамках существующих стратегий развития восточных регионов России и федеральных госпрограмм.

Второй горизонт — развитие железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока в рамках создания перспективной Интегральной евразийской инфраструктурной системы (ИЕИС) [1]. Это развитие предполагает масштабную модернизацию Транссиба и БАМа, включая строительство высокоскоростной грузовой и пассажирской магистрали, а также железнодорожных веток на остров Сахалин (и далее — на Японские острова) и к Беринговому проливу (и далее — на Аляску).

Важное преимущество Проекта состоит в том, что для него характерен комплексный мультипликативный эффект, оказывающий сильное влияние на различные сферы жизни общества. Проблема, однако, состоит в том, что количественная оценка долгосрочных эффектов от реализации подобных масштабных транспортных проектов сталкивается с большими сложностями. Рассмотрению вопросов, связанных с такой оценкой, посвящена об-

<sup>1</sup> О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027/page/1> (дата обращения 20.06.2018).

<sup>2</sup> Послание Президента РФ Федеральному Собранию РФ 01.03.2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения 20.06.2018).

<sup>3</sup> Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 нояб. 2008 г. № 1734-р [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс; Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы КонсультантПлюс.

ширная научная литература в нашей стране и за рубежом [3–7], однако общепринятого стандартизованного подхода пока не существует. В связи с этим задача данной работы — предложить подход к количественной оценке долгосрочных мультипликативных эффектов от реализации Проекта на основе использования математического моделирования влияния Проекта на социально-экономические процессы внутри страны, а также на геоэкономические и геополитические процессы. При выполнении данной задачи использовался опыт моделирования мировой и региональной динамики, полученный в ходе выполнения Программы Президиума РАН «Экономика и социология науки и образования», а также проекта РНФ № 14–11–00634 «Математические методы прогнозирования мирового и странового социально-экономического развития».

## 2. Методология и методы оценки

К настоящему времени в России и за рубежом проведено большое количество исследований, затрагивающих различные аспекты темы оценки влияния строительства и совершенствования железных дорог на развитие общества. В частности, этой теме были посвящены исследования лауреата нобелевской премии Р. Фогеля [8], который попытался смоделировать историю американской экономики для воображаемого случая отсутствия в ней железных дорог. В настоящее время подобные исследования ведутся в рамках направления, называемого новой экономической географией. Ключевой вклад в развитие этого направления внес нобелевский лауреат Пол Кругман, обобщивший результаты множества предшественников [9]. С учетом этой методологии создан ряд математических моделей, которые учитывают пространственные аспекты экономических систем регионов (в отличие от классических экономических моделей, этих аспектов не учитывавших). Расчеты по такого рода моделям и прочие современные исследования показывают важное значение железнодорожного транспорта для экономик регионов мира. Варианты подобных моделей позволяют описать положительные транспортные издержки при помощи «модели айсберга» [10], когда стоимость товаров постепенно теряется при транспортировке. Также для описания пространственных, в том числе транспортных эффектов применим ряд пространственных CGE-моделей, они использованы для описания следствий создания конкретных железных дорог [11, 12], используются также гравитационные модели [13], модели LUTI [5] и др.

Представляют особый интерес труды российских исследователей, поскольку они учитывают специфику экономической ситуации в России. Согласно мнению специалиста в области региональных исследований, в том числе новой экономической географии А.Н. Пилясова [14], существуют большие различия в эффектах, вызываемых новыми железнодорожными проектами, в регионах с уже развитой транспортной инфраструктурой, высокими плотностью населения и ВВП на душу населения и в малоосвоенных областях с не настолько благоприятными для человека климатическими и прочими географическими условиями. Поэтому выводы западных исследователей, опирающихся на опыт развитых стран и хорошо освоенных территорий, могут оказаться не всегда пригодны, например, для применения к экономике Сибири и Дальнего Востока. В России существуют свои разработки в области математического моделирования и прогнозирования на уровне отдельных регионов. Разработки академика РАН В.Л. Макарова, чл.-корр. РАН А.Р. Бахтизина и их коллег из Центрального экономико-математического института в области агент-ориентированного моделирования [15] использованы в числе прочего для моделирования проекта Нового шелкового пути в сотрудничестве с коллегами из Китая. Например, в работе [16] можно найти обзор построения и использования региональных межотраслевых моделей в разных странах, в том числе, в России.

Большой интерес представляют труды исследователей, непосредственно проживающих на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Выдающийся вклад в экономику транспорта внес нобелевский лауреат Л.В. Канторович, живший в 1960-е гг. в Новосибирске [17]. Важную роль в развитии исследований пространственной экономики регионов внес академик РАН А.Г. Гранберг (1936–2010), чей подход иногда представляют в качестве отечественного аналога западных концепций типа новой экономической географии [18]. Для проведения количественных исследований он разрабатывал оптимизационные межрегиональные межотраслевые модели (сокращенно — ОМММ), которые позволили моделировать экономику страны одновременно в региональном и в отраслевом разрезе. В настоящее время в Новосибирске продолжают исследования в области пространственной экономики (в том числе по оценкам целесообразности и эффективности реализации железнодорожных проектов) в Институте экономики

и организации промышленного производства СО РАН [19]. Во Владивостоке экономическая география (включая ее транспортный аспект) является одним из направлений исследований, проводящихся в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН под руководством академика РАН П.Я. Бакланова [20], в Хабаровске этим направлением занимается Институт экономических исследований ДВО РАН под руководством академика РАН П.А. Минакира [21]. Анализу проектов модернизации железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей и их влияния на развитие регионов посвящены отдельные исследования и диссертационные работы (см., например, [22, 23]).

Наиболее сложными являются оценки долгосрочных социально-экономических эффектов масштабных инвестиционных проектов. Как правило, общая схема проведения подобных оценок следующая:

- оценка величины прямых экономических эффектов на основе имеющихся данных по рассматриваемому проекту;

- оценка сопряженных социальных и экономических эффектов (например, на основе анализа межотраслевых связей и балансов, использования специализированных социально-экономических моделей и т. п.);

- оценка величины полных эффектов и определение значения мультипликативного эффекта.

В нашем случае задача оценки мультипликативных эффектов усложняется в связи с тем, что транспортные проекты и качество транспортных услуг оказывают чрезвычайно многообразное косвенное влияние на все стороны экономической и социальной жизни в стране.

В связи со сложностью поставленной задачи и наличием множества неопределенностей оценку социально-экономической эффективности целесообразно проводить параллельно несколькими методами с использованием как макроэкономического, так и микроэкономического подходов. Микроэкономический подход предполагает учет эффектов от реализации каждого конкретного инвестиционного проекта с дальнейшим анализом их совокупного влияния на развитие региона (так называемый анализ снизу). Макроэкономический подход (анализ сверху) предполагает использование макроэкономических моделей, описывающих взаимодействие отраслей экономики, домохозяйств, финансовых и государственных институтов и т. п. Реализация инвестиционных проектов при таком подходе влияет на из-

менение условий моделирования, что, в свою очередь, приводит к изменению вычисляемых макроэкономических характеристик. Каждый из этих подходов обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому их совместное использование позволяет сделать оценку более объективной.

В данной работе оценка долгосрочных социально-экономических эффектов проводилась отдельно для каждого горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока.

1. Для первого горизонта развития Проекта оценки проводились по следующей схеме.

В рамках микроэкономического подхода считалось, что основным прямым социально-экономическим эффектом развития Транссиба и БАМа является экономическое освоение пространств Сибири и Дальнего Востока за счет перспективных инвестиционных проектов, которые предусмотрены стратегиями регионального развития, но возможность реализации которых невозможна без строительства новых железнодорожных веток и (или) без усовершенствования железнодорожной инфраструктуры. В соответствии с этим проводился отбор инвестиционных проектов такого типа, и оценивалась экономическая и социальная эффективность их реализации с использованием стандартных методик экономического анализа. По существу, это оценка снизу, учитывающая лишь прямые эффекты от выбранных проектов.

Для оценки долгосрочных комплексных (прямых и косвенных) эффектов от реализации проектов в масштабах экономики России применялось макроэкономическое моделирование с использованием специализированной модели общего равновесия и специализированной динамической модели, описывающих экономику страны в целом. Данный подход учитывает воздействие рассматриваемых инвестиционных проектов на социально-экономическое развитие страны, на изменение ее макроэкономических параметров.

2. Для второго горизонта развития Проекта главным эффектом является обеспечение высокоскоростного перемещения грузов и пассажиров из восточноазиатских стран в Европу и обратно, что делает Россию ключевой страной-транзитером и важнейшим элементом мировой торговой сети. Одновременно увеличивается связность страны, степень объединения ее народохозяйственного комплекса в единый организм.

Для прогноза мировых торговых потоков до 2030 г. и для оценки доли этих потоков, кото-

рые могут пройти через территорию России, использовалось макроэкономическое моделирование. Микроэкономический подход использовался для оценки необходимых затрат на модернизацию железнодорожной магистрали с целью обеспечения высокоскоростного (с максимальной скоростью поездов на линии от 200 км/час и выше) перемещения интенсивных грузовых и пассажирских потоков.

### 3. Проведение оценки

Ниже описана процедура оценки долгосрочных социально-экономических эффектов отдельно для каждого горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока и приводятся полученные результаты.

#### 3.1. Оценка социально-экономических эффектов первого горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока

В соответствии с изложенной выше методологией оценка социально-экономических эффектов первого горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока проводилась по следующему алгоритму.

Сначала оценивались прямые эффекты на основе анализа конкретных масштабных инвестиционных проектов в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах, которые предусмотрены стратегиями регионального развития<sup>1</sup> и др.), но реализация которых невозможна без вложений в развитие транспортной сети. Отбор инвестиционных проектов для проведения анализа осуществлялся по следующим критериям:

- проекты реализуются или планируются на территории Сибирского или Дальневосточного федерального округа;

- проекты могут быть реализованы либо дополнительная прибыль в рамках проектов может быть получена только при условии строительства новых железнодорожных магистралей или модернизации существующих;

- реализация проектов или отдельных стадий проектов запланирована на 2018–2030 гг.;

- проекты подразумевают большой объем инвестиций (свыше или порядка 5 млрд руб.);

- проекты включены в региональные или федеральные стратегии развития и государственные программы.

Всего таких проектов оказалось 55, включая создание 12 крупных производств, освоение 40 месторождений, реализацию 3 масштабных инфраструктурных проектов. Перечень и обзор данных проектов приведен в докладе «Оценка социально-экономической эффективности проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока», подготовленном Центром долгосрочного прогнозирования и стратегического планирования МГУ<sup>2</sup>, их пространственное расположение приведено на рисунках 1 и 2.

На рисунках размер окружностей соответствует масштабам предполагаемых объемов инвестиций в проекты, штриховыми линиями выделены ветки железных дорог, которые необходимо построить.

Методика оценки социально-экономических эффектов от реализации каждого из этих проектов и сопряженных с ними проектов по модернизации Транссиба и БАМа заключалась в следующем.

По каждому проекту или кластеру проектов оценивались основные экономические показатели: объем капитальных инвестиций на разработку месторождений или строительство предприятий, объем капитальных инвестиций на строительство железнодорожных магистралей и инфраструктуры, количество рабочих мест на железной дороге и на предприятиях, создаваемых как на время строительства, так и на время дальнейшей эксплуатации, годовой объем операционных расходов на месторождения или предприятия, в том числе фонд оплаты труда (ФОТ) сотрудников, годовой объем расходов на эксплуатацию железнодорожных магистралей и инфраструктуры, в том числе ФОТ сотрудников, осуществляющих работы, затраты на амортизацию, доходы от разработки месторождений или работы предприятий, срок окупаемости проекта или кластера проектов.

В качестве основных показателей экономического эффекта использовались денежный поток (*Cash Flow, CF*), дисконтированный денежный поток (*Discounted Cash Flow, DCF*), накопленный дисконтированный денежный поток, период окупаемости (*Payback Period, PP*); в качестве основного социального эффекта ис-

<sup>1</sup> Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 февр. 2009 г. № 2094-р [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»; Стратегия социально-экономического развития Сибири до 2020 г. Утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 июля 2010 г. № 1120-р [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

<sup>2</sup> Оценка социально-экономической эффективности проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока. М. : МГУ, 2018.



Рис. 1. Анализируемые инвестиционные проекты в Сибирском федеральном округе

пользовался показатель «количество новых рабочих мест».

Результаты сводных оценок (по всем рассмотренным проектам) приведены ниже:

— общие объем инвестиций в рассмотренные проекты — 3,7 трлн руб. (из них 1,2 трлн руб. — в развитие железнодорожной инфраструктуры);

— средний срок окупаемости проектов — 13 лет;

— протяженность новых железнодорожных путей — 2,5 тыс. км;

— количество новых рабочих мест — 110 тыс. (из них примерно половина — высокотехнологичные рабочие места).

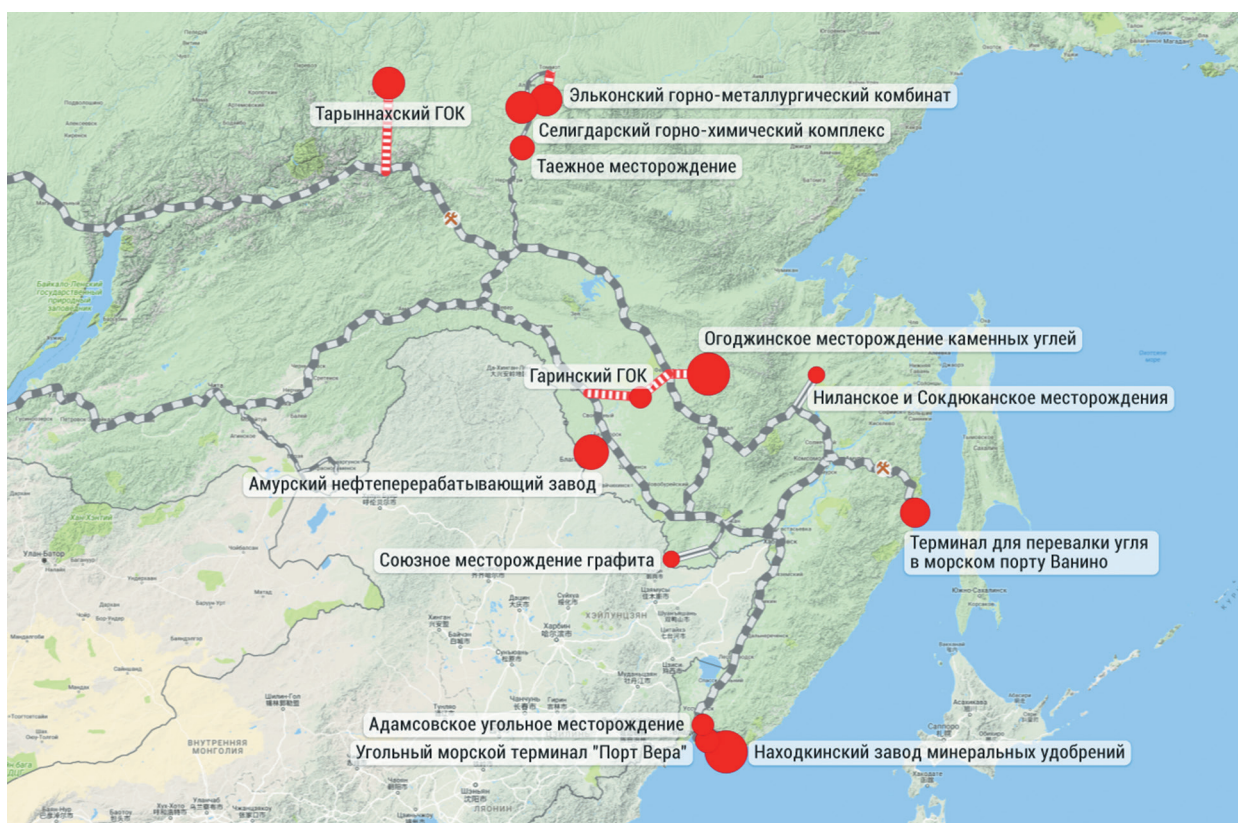


Рис. 2. Анализируемые инвестиционные проекты в Дальневосточном федеральном округе

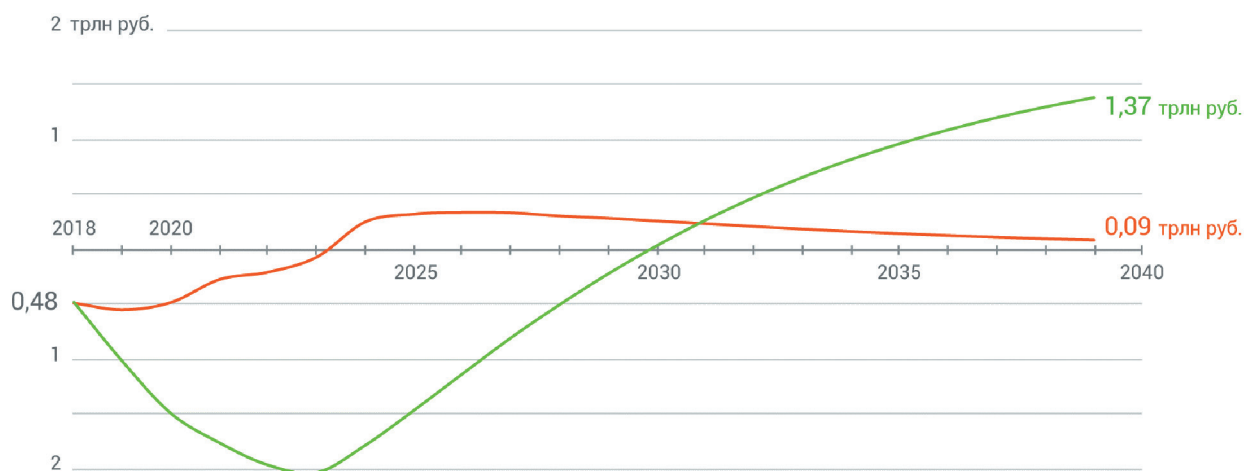


Рис. 3. Прогноз суммарного дисконтированного денежного потока (оранжевая линия) и накопленного дисконтированного денежного потока (зеленая линия) по рассмотренным инвестиционным проектам

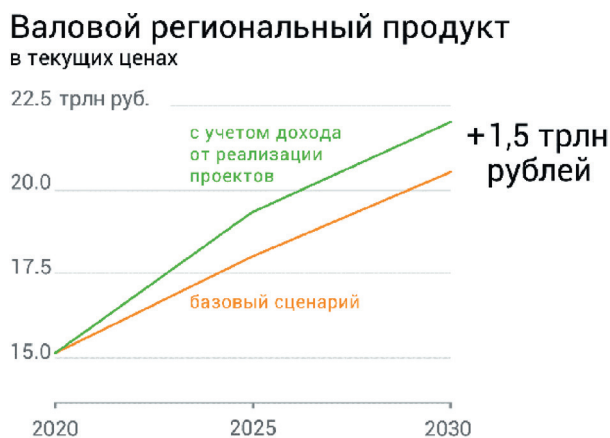


Рис. 4. Прогнозная оценка вклада рассмотренных инвестиционных проектов в ВРП Сибирского федерального округа

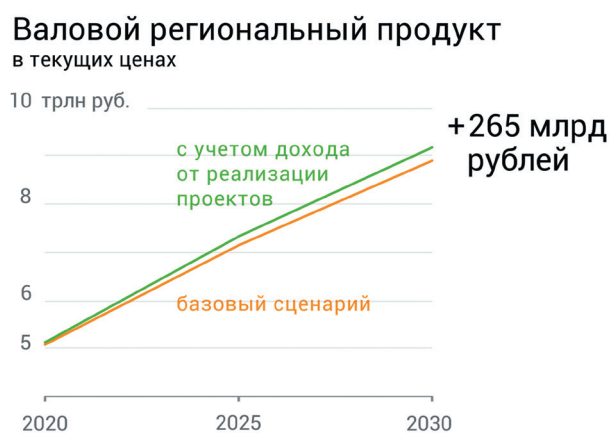


Рис. 5. Прогнозная оценка вклада рассмотренных инвестиционных проектов в ВРП Дальневосточного федерального округа

Графики суммарного дисконтированного денежного потока и накопленного дисконтированного денежного потока по всем рассмотренным проектам приведены на рисунке 3.

На рисунках 4 и 5 приведены прогнозные оценки прямого вклада рассмотренных инвестиционных проектов в валовый региональный продукт (ВРП) Сибирского федерального округа и Дальневосточного федерального округа соответственно.

Предполагается, что в Сибирском федеральном округе появится 61 тыс. новых рабочих мест, а в Дальневосточном федеральном округе — 49 тыс. новых рабочих мест. При этом важно, что, как показывают сделанные оценки, это преимущественно (на 40–55 %) высокооплачиваемые высокотехнологичные рабочие места.

Оценки показывают, что реализация рассмотренных инвестиционных проектов даже без учета косвенных эффектов обеспечит прирост ВВП страны в 2030 г. (в отличие от инер-

ционного сценария без реализации этих проектов) на 1 %.

Для оценки долгосрочных комплексных (прямых и косвенных) эффектов от реализации проектов в масштабах экономики России на основе подхода, изложенного в [24], была разработана специализированная многоотраслевая динамическая модель общего равновесия (CGE-модель), включающая несколько десятков уравнений. В качестве экономических агентов в модели рассматриваются фирмы, домашние хозяйства, государство, зарубежные страны, которые взаимодействуют на рынках труда, капитала, промежуточных благ, конечных благ, иностранной валюты. Производители максимизируют прибыль, домашние хозяйства максимизируют потребление. Равновесие на рынке валюты определяется плавающим валютным курсом, влияющим на переключение спроса между отечественными и зарубежными благами. Ключевыми особенностями модели, позволяющими анализировать эффективность

рассматриваемых инвестиционных проектов, являются предпосылка влияния накопленного объема инфраструктурного капитала на общую факторную производительность и учет влияния проектов на увеличение экспорта. Для производства промежуточных благ использовалась функция Кобба — Дугласа:

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

где  $A_L L_t$  — фактор труда;  $K_t$  — фактор капитала;  $A_t$  — общая факторная производительность, зависящая от накопленной инфраструктуры:

$$A_t = A_0 \exp\left(\xi \frac{P_{TI,t} TI_t}{NGDP_t}\right), \quad \xi, A_0 > 0, \quad (2)$$

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.

Таким образом, считалось, что существующие в настоящий момент инфраструктурные активы уже включены в состав капитала  $K_t$ , а новые инфраструктурные проекты создают дополнительный запас инфраструктуры  $TI_t$ , который увеличивает производительность уже существующих факторов производства через функцию общей факторной производительности (2).

В модели положительный эффект новых инвестиционных проектов ассоциируется с ростом экспорта природных ресурсов и общей факторной производительности, в то

Таблица  
**Оценка дополнительного изменения макроэкономических параметров (по отношению к базовому сценарию развития экономики РФ) в случае реализации Проекта**

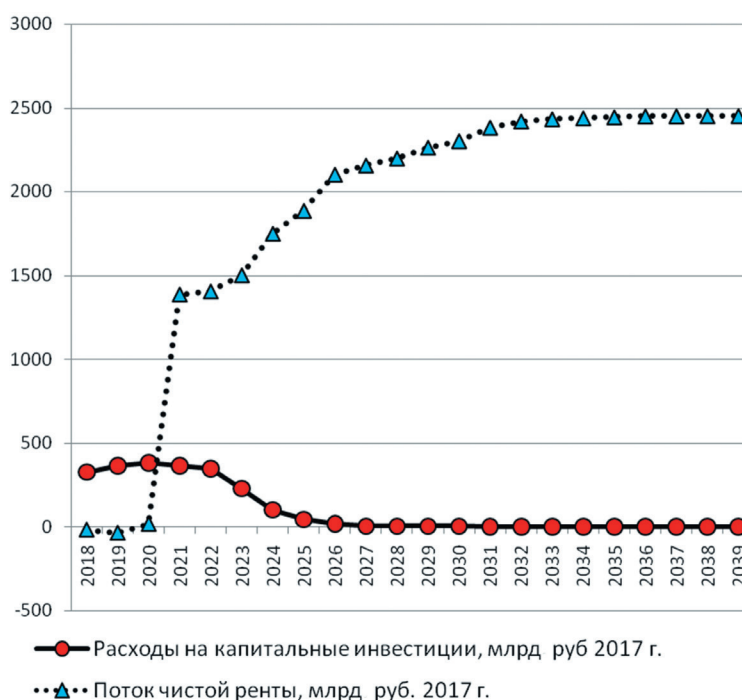
Эффект	к 2030 г., %	к 2050 г., %
Рост потребления домашних хозяйств	5,2	7,2
Рост реальной заработной платы	2,9	4,2
Укрепление долгосрочного реального курса рубля	4,7	5,4
Увеличение ВВП (в % от базового сценария)	3,2	4,2

время как отрицательный эффект возникает при отвлечении доступных ресурсов от других альтернативных вариантов использования: частного и государственного потребления и инвестиций.

Модель калибровалась по данным Росстата, Минфина, Центрального банка России, UN Comtrade. Входными данными для расчетов по оценке социально-экономических эффектов Проекта на макроэкономическом уровне в масштабах страны служили данные по инвестиционным проектам, полученные в результате микроэкономического анализа (см. выше) и отраженные на рисунке 6.

Результаты расчетов представлены на рисунке 7 и в таблице.

Для повышения достоверности проведенных оценок были сделаны параллельные рас-



**Рис. 6.** Входные данные для проведения расчетов макроэкономических эффектов от реализации Проекта

## Вклад в ВВП

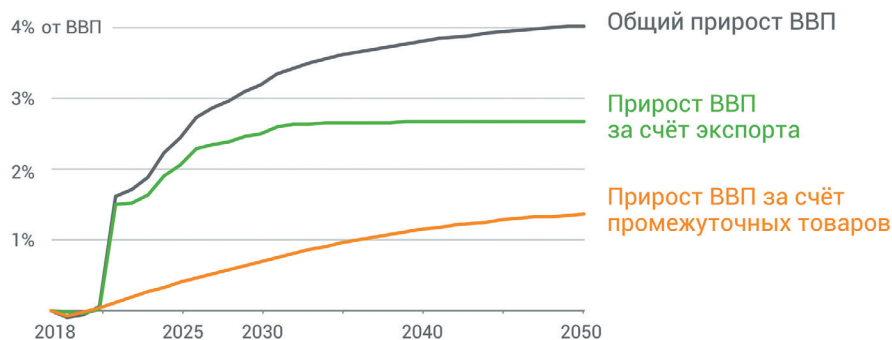


Рис. 7. Дополнительное увеличение ВВП РФ (по сравнению с базовым сценарием развития российской экономики) в случае реализации Проекта (с учетом прямых и косвенных эффектов)

четы с использованием динамической макроэкономической модели России. Базовая динамическая модель изложена в [25] и представляет собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений. В ней экономика страны представлена двумя основными секторами: производственным сектором (ПС), который производит товары и услуги для конечного потребления и экспорта, и домохозяйствами (ДХ), которые потребляют производимые сектором ПС и импортируемые товары и услуги и одновременно участвуют в производстве, обеспечивая сектор ПС рабочей силой.

Другие сектора учтены косвенно. Также в модели присутствует внешний мир, взаимодействие с которым осуществляется посредством международной торговли. Внешний мир рассматривается в виде единого агрегата без разделения на отдельные зарубежные страны.

Модель описывает динамику денежных потоков в рассматриваемой экономической системе по следующей схеме.

Динамика рублевых денежных средств  $M_Y(t)$  производственного сектора (юридических лиц):

$$\begin{aligned} \frac{dM_Y(t)}{dt} = & (\text{доходы от продажи товаров и услуг домашним хозяйствам внутри страны}) - \\ & - (\text{выплаты домашним хозяйствам}) + \\ & + (\text{доходы от экспорта}) - (\text{расходы на импорт}) + \\ & + (\text{прямые иностранные инвестиции}) + \\ & + (\text{другие денежные потоки}). \end{aligned} \quad (3)$$

Под другими денежными потоками подразумевается обмен денежными средствами с экономическими акторами, учитываемыми косвенно (государство, финансовый сектор и т. д.).

Динамика рублевых денежных средств  $M_H(t)$  домашних хозяйств (физических лиц):

$$\begin{aligned} \frac{dM_H(t)}{dt} = & (\text{доходы домашних хозяйств}) - \\ & - (\text{расходы домашних хозяйств на приобретение отечественных товаров и услуг}) - \\ & - (\text{расходы домашних хозяйств на приобретение импортных товаров и услуг}) + (\text{другие доходы и расходы}). \end{aligned} \quad (4)$$

Под другими доходами и расходами подразумевается обмен денежными средствами с экономическими акторами, учитываемыми косвенно (государство, финансовый сектор и т. д.).

Товары и услуги, производимые ПС, были представлены в виде единого агрегата — обобщенного продукта (так называемая однопродуктовая модель). Динамика уровня цен  $p(t)$  на обобщенный продукт определялась на основе соотношения спроса и предложения товаров и услуг на внутреннем рынке:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} = & a_p \times \\ & \times (\text{платежеспособный спрос} - \\ & - \text{предложение товаров и услуг}). \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнение (5) означает, что при превышении спроса над предложением имеет место инфляция (уровень цен  $p(t)$  растет), а при превышении предложения над спросом имеет место дефляция (уровень цен  $p(t)$  падает). Параметр  $a_p$  характеризует скорость установления равновесного значения  $p(t)$ .

Модель (3)–(5) была конкретизирована применительно к условиям российской экономики, была проведена идентификация параметров модели с использованием рядов российской экономической статистики за 2001–2017 гг. Исходными данными для расчетов, как и в предыдущем случае, служили данные по инвестиционным проектам, полученные в результате микроэкономического ана-

лиза (см. выше). В результате моделирования получено, что к 2030 г. дополнительное увеличение ВВП в случае реализации Проекта может достичь 3,4 %, а дополнительный рост средней заработной платы может составить 3,0 %. Сравнение этих величин с данными, приведенными в таблице, демонстрирует хорошее соответствие результатов, полученных независимыми методами, что, в свою очередь, свидетельствует о достаточно высокой достоверности этих результатов.

Оценка прямых и косвенных долгосрочных социально-демографических эффектов от реализации инвестиционных проектов, сопряженных с развитием Транссиба и БАМа, проводилась по следующему алгоритму:

- для каждого рассматриваемого проекта оценивалось (с использованием микроэкономического подхода, см. выше) число создаваемых рабочих мест;

- оценивалась доля рабочих мест, которые могут быть обеспечены местным рынком труда, а также количество сотрудников, которых потребуется привлечь из других регионов;

- оценивались затраты на привлечение сотрудников из других регионов (компенсация затрат, связанных с переездом сотрудников и членов их семей, помощь в приобретении жилья и т. п.);

- оценивались затраты на создание и поддержание социальной инфраструктуры (ЖКХ, торговля, транспорт, образование, здравоохранение, культура, спорт и отдых и т. п.).

По существу, данные затраты — это не производственные издержки, а инвестиции в человеческий капитал, увеличивающие демографический потенциал Сибири и Дальнего Востока, повышающие качество жизни населения.

Оценки по рассмотренным инвестиционным проектам дают потребность в рабочих местах в 110 тыс. чел. (см. выше). Оценки показывают, что в случае реализации этих проектов возможно увеличение демографического потенциала Сибири и Дальнего Востока по крайней мере на 600–700 тыс. чел. (с учетом членов их семей и работников в смежных (обеспечивающих) областях).

### **3.2 Оценка социально-экономических эффектов второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока**

Главным результатом второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока является обеспечение скоростного (с максимальной скоростью поездов на линии от 200 км/час и выше) перемещения грузов и пассажиров с Дальнего Востока

страны до ее западной границы и обратно. Это позволит одновременно решить как внутренние задачи — повышение связности территории России, перевод ее экономики с сырьевой на новую индустриальную модель развития, так и внешнюю — использование уникального транспортно-транзитного потенциала России для повышения ее роли в мировом экономическом пространстве. Россия находится на пути между крупнейшими мировыми экономическими кластерами Европы и Азии (рис. 8) и должна получать преимущество от такого стратегического положения.

Для реализации второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока необходимы модернизация значительной части железнодорожных магистралей и строительство новых железнодорожных путей, замена парка подвижного состава, строительство терминалов и другой транспортной инфраструктуры.

В соответствии с изложенной выше методологией оценка социально-экономических эффектов второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока проводилась по следующему алгоритму.

Сначала на основе макроэкономического моделирования делался прогноз мировых торговых потоков до 2030 г. и оценка доли этих потоков, которые могут пройти через территорию России в случае модернизации магистральных путей Сибири и Дальнего Востока. Затем оценивались затраты на модернизацию и социально-экономическая эффективность Проекта.

Задачей исследования на первом этапе является определение возможных транзитных товаропотоков через железнодорожную систему Российской Федерации на фоне существующих объемов морской торговли, потенциальных проектов в рамках китайской программы «Один пояс, один путь», а также потенциальных торговых потоков из Японии и Южной Кореи.

Анализ мировых торговых взаимодействий между странами проводился с помощью специализированной математической модели, позволяющей выявить и визуализировать структуру международных торговых связей. На основе статистических данных (использовалась текущая торговая статистика UN Comtrade) строился направленный граф, в котором каждой вершине соответствует конкретная страна, а ребро указывает направление на главного торгового партнера этой страны. Для удобства визуализации использовалась разно-

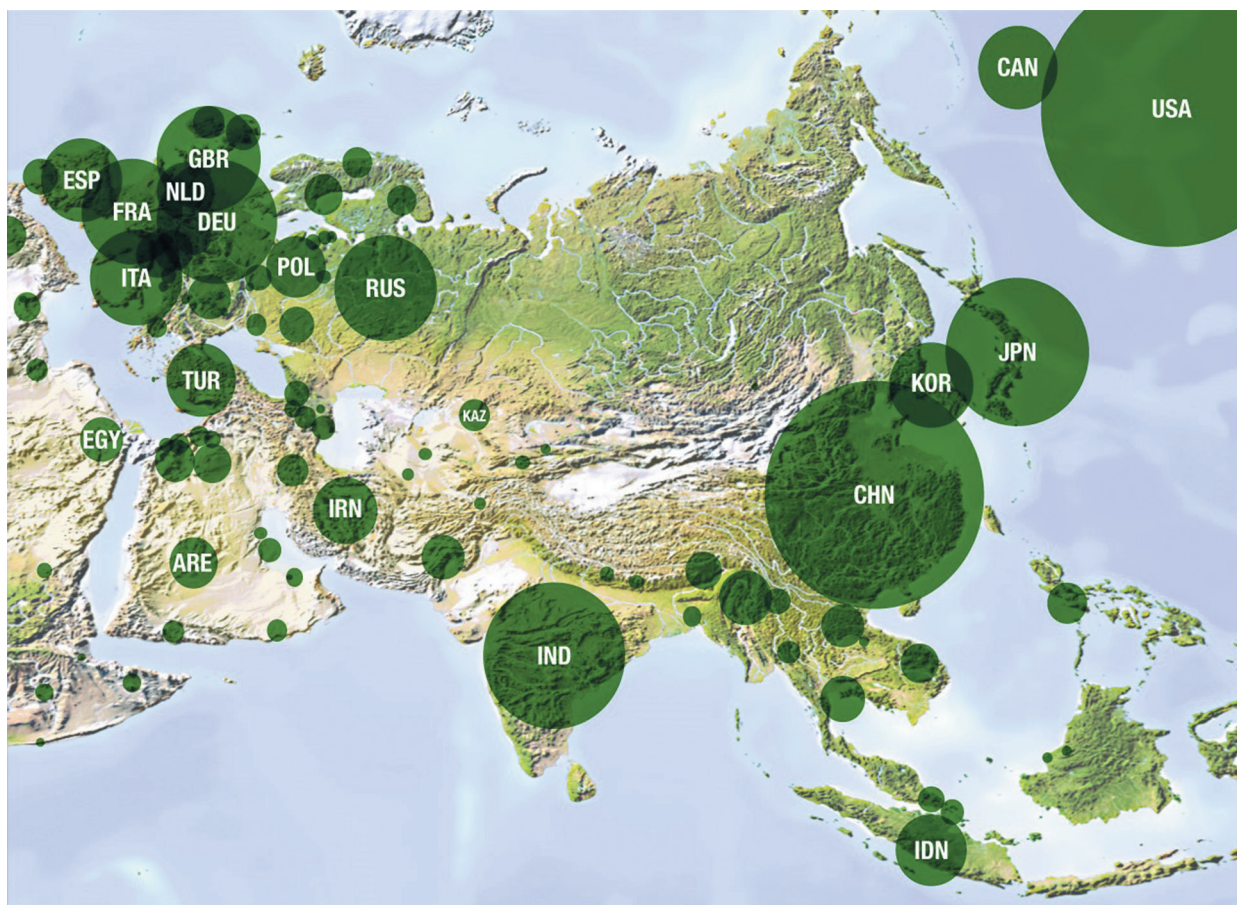


Рис. 8. Пространственное расположение глобальных экономических кластеров в Евразии (площадь круга соответствует ВВП соответствующей страны в 2017 г. по паритету покупательной способности)

видность силового алгоритма (*force-directed*) рисования графов, в котором связь между главными торговыми партнерами «притягивает» разные вершины, в то время как вершины «отталкиваются» друг от друга.

На рисунке 9 представлена схема, отражающая современную структуру взаимодействия основных партнеров мировой торговли (каждая страна отображается кругом, площадь которого пропорциональна объему ее внешней торговли; толщина линий соответствует интенсивности торговых потоков между соответствующими странами).

Видно, что в настоящее время сформировались три основных торговых кластера, возглавляемых соответственно Китаем, Германией и США.

Для прогноза структуры торговых взаимодействий на период до 2030 г. использовалась гравитационная модель Я. Тинбергена в следующей модификации:

$$\log(T_{ij}) = a_0 + a_1 \log(GDP_i \cdot GDP_j) + a_2 \log(N_i \cdot N_j) + a_3 \log(D_{ij}) + \dots + e_{ij}, \quad (6)$$

где  $T_{ij}$  — торговый оборот стран  $i$  и  $j$ ;  $GDP_{ij}$  — реальный ВВП страны  $i$  или  $j$ ;  $N_{ij}$  — население

страны  $i$  или  $j$ ;  $D_{ij}$  — расстояние между странами  $i$  и  $j$ ;  $e_{ij}$  — невязка (погрешность) модели.

Используя данные о взаимной торговле между странами в текущий период и сделав прогноз изменения переменных, используемых в модели (6) (с использованием данных ООН, World Bank, модели долгосрочного экономического роста Барро и Сала-и-Мартин, Мэнкью, Ромера и Вэйла, а также Эванса), можно в предположении о стационарности гравитационных постоянных  $a_i$  вычислить значения  $T_{ij}$  и по изложенному выше алгоритму построить схемы, аналогичные схемам на рисунке 9, для прогнозируемого периода времени (рис. 10).

На рисунке 10 инерционный сценарий (схема слева) соответствует ситуации, при которой темпы роста экономик стран мира сохраняются на существующем в настоящее время уровне, а конвергентный сценарий (схема справа) соответствует ситуации, при которой темпы роста экономик постепенно выравниваются. Видно, что при инерционном сценарии Китай к 2030 г. становится безусловным мировым лидером. При конвергентном сценарии позиции Китая тоже усиливаются, но уже

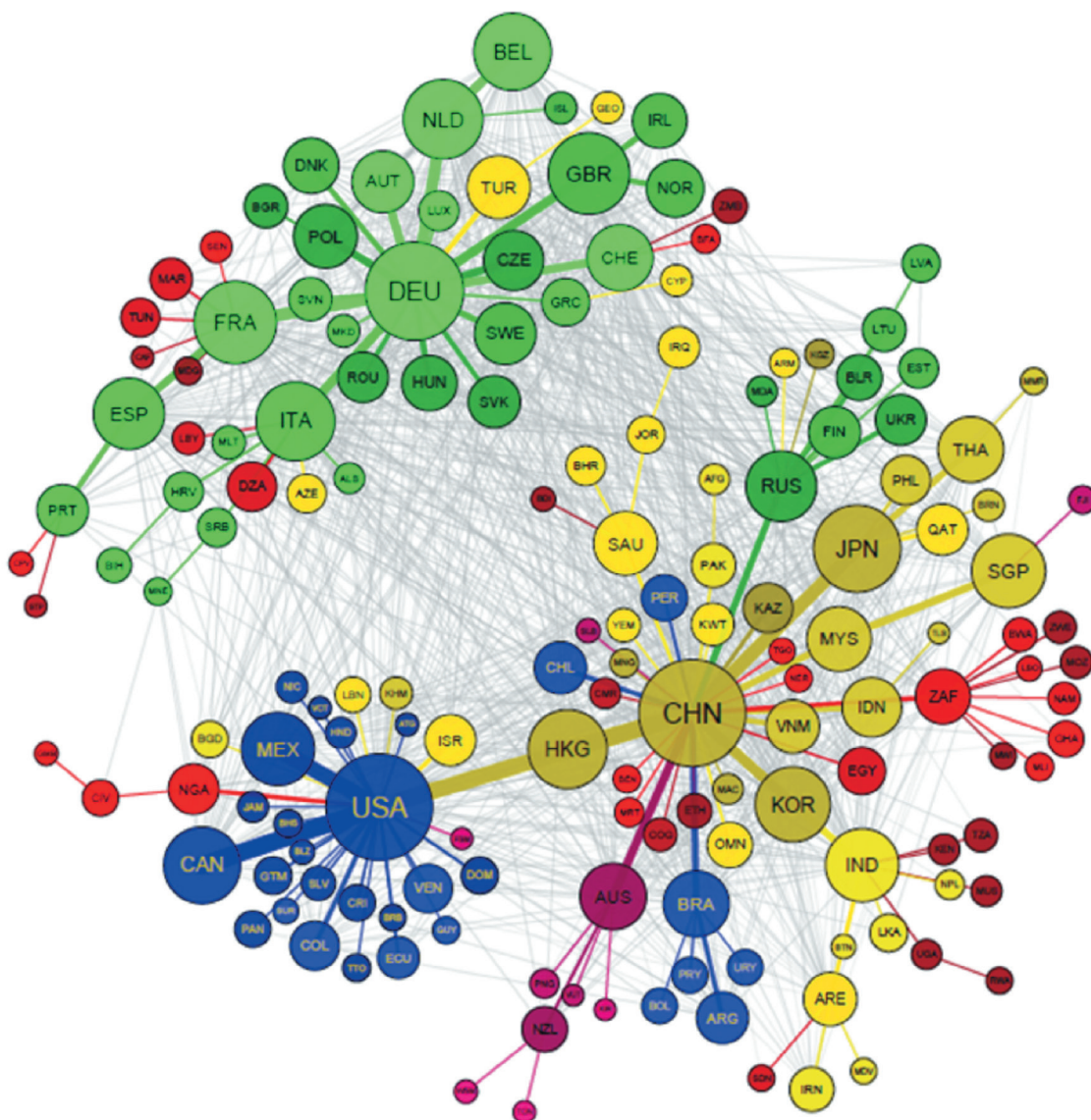


Рис. 9. Схема, отражающая интенсивность торгового взаимодействия между странами мира в 2017 г.

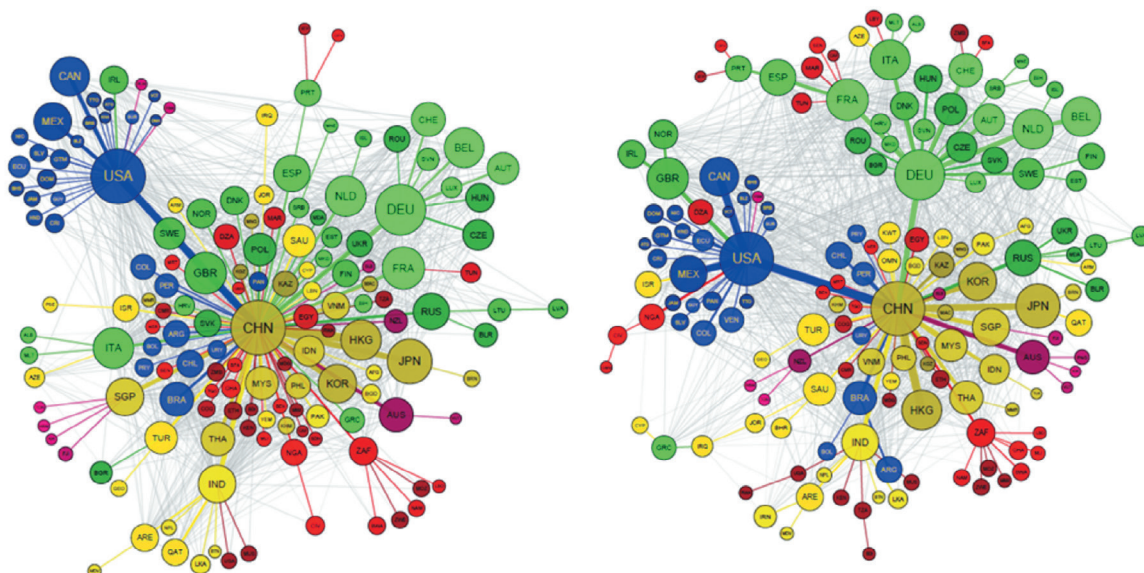


Рис. 10. Прогноз структуры торговых связей в 2030 г. (слева — сценарий инерционного развития, справа — сценарий конвергентного развития)

не столь высокими темпами. В любом случае, из расчетов следует, что к 2030 г. Китай станет главным торговым партнером Германии. В этой ситуации резко повышается роль России как страны-транзитера в этой торговле и этими возможностями необходимо воспользоваться.

Для оценки перспектив транзитных маршрутов из Китая в Европу, проходящих через территорию России, надо сравнить их с альтернативными маршрутами, особенно с морским путем через Индийский океан и Средиземное море, который является основным. Количественные оценки проводились с использованием математической модели торговых потоков, позволяющей решать задачи пространственной экономики. Подробное описание модели приведено в работе [26]. В ней рассматривается географическое пространство, в котором для каждой точки  $(x, y)$  определены следующие величины:  $T(x, y, t)$  — плотность товара,  $Q(x, y, t)$  — плотность разности объемов производства и потребления товара,  $j(x, y, t)$  — поток товара,  $p(x, y, t)$  — цена товара,  $\{K_i(x, y)\}$  — набор параметров территории, влияющих на транспортировку товара. Задача состоит в определении  $T(x, y, t)$ ,  $j(x, y, t)$  и  $p(x, y, t)$  при заданных  $Q(x, y, t)$ ,  $\{K_i(x, y)\}$ . Модель предполагает, что поток товара  $j$  пропорционален градиенту цены с некоторым коэффициентом пропорциональности  $k$ :

$$j = k \cdot \text{grad} p. \quad (7)$$

Другими словами, товар транспортируется из точек, где цена ниже, в точку, где цена выше, причем тем активнее, чем больше разность цен. Коэффициент  $k$  можно трактовать как коэффициент товаропроводности. При этом динамика цен описывается уравнением:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \text{div}(k \cdot \text{grad} p) - Q, \quad (8)$$

которое является аналогом уравнения теплопроводности, где цена  $p$  играет роль температуры, коэффициент товаропроводности  $k$  является аналогом коэффициента теплопроводности, потребители товара играют роль источников (перед  $Q$  стоит минус), а производители — стоков (они понижают цену).

Для моделирования транспортных задач, связанных с транзитом товаров из Китая в Европу, использовалось графовое представление модели, в которой глобальная транспортная сеть представлена графом:

$$G = (V, E),$$

где  $V$  — узлы сети (вершины);  $E$  — дуги сети (ребра графа). Вершины графа  $V$  представ-

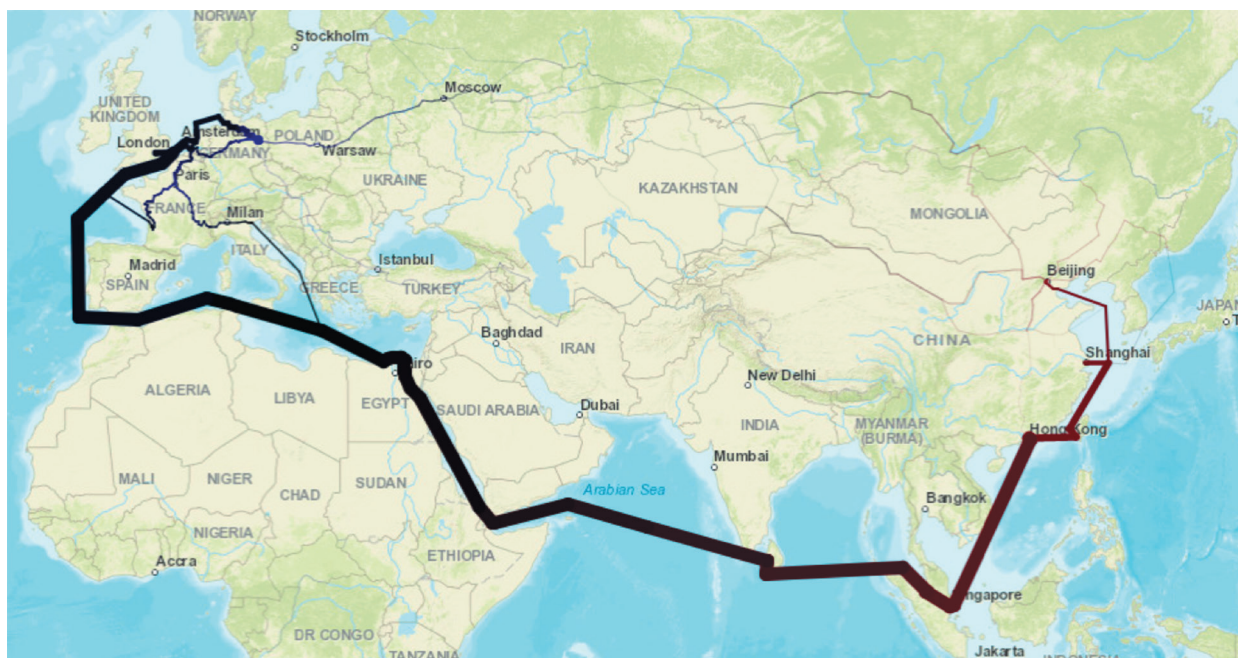
ляют собой ключевые города, связанные железнодорожной сетью (Гонконг, Шанхай, Пекин, Владивосток, Иркутск, Астана, Тегеран, Стамбул, Казань, Москва, Петербург, Варшава, Гамбург, Роттердам, Париж и т. д.), а также города, расположенные вдоль морского пути (Марсель, Каир, Джибути, Карачи, Мумбаи, Сингапур, Джакарта, Манила, Пусан, Циндао, Гаосюн и т. д.). Ребра графа  $E$  представляют собой имеющиеся железнодорожные или морские пути, соединяющие вершины графа (города). Было задано пространственное распределение производства и потребления товара, то есть для каждой вершины графа  $V_i$  определена величина  $Q_i$ , являющаяся разницей производства и потребления в  $i$ -м узле графа. Для каждого ребра  $E_{ij}$ , соединяющего вершины  $i$  и  $j$ , была указана категория дороги (0 — автомобильная дорога, 1 — железная дорога, 2 — скоростная железная дорога, 3 — морской путь). Для каждой категории дороги известны средняя скорость передвижения по ней и ее пропускная способность, что позволило определить значения коэффициентов  $k_{ij}$  — товарной проводимости между узлами  $i$  и  $j$  графа.

С использованием дискретной версии уравнений (7) и (8) решалась задача определения пространственного распределения товарных потоков  $j$  и цены  $p$  при заданном пространственном распределении производства и потребления товара  $Q$ .

На рисунке 11 визуализированы результаты моделирования текущей ситуации с транзитом китайского экспорта в Европу.

По сложившейся на настоящий момент схеме торговли по морю транспортируется 22 млн TEU (стандартный контейнер), что составляет 99,5 % всего товарного потока, а по железнодорожным путям — 105 тыс. TEU или всего 0,5 % совокупного товарного потока. Это связано с более высокой стоимостью железнодорожной доставки грузов (3000–6000 долл. за контейнер при железнодорожной перевозке против 800–2000 долл. за контейнер при перевозке морским путем) и низкой пропускной способностью современных железнодорожных магистралей, что не компенсирует различие во времени доставки (30–45 дней при перевозке морским путем против 10–15 дней при железнодорожной перевозке).

Создание высокоскоростной Транссибирской магистрали, несмотря на неизбежное повышение тарифов на перевозку грузов, может изменить ситуацию в лучшую для России сторону за счет повышения пропускной способности Транссиба и снижения времени доставки



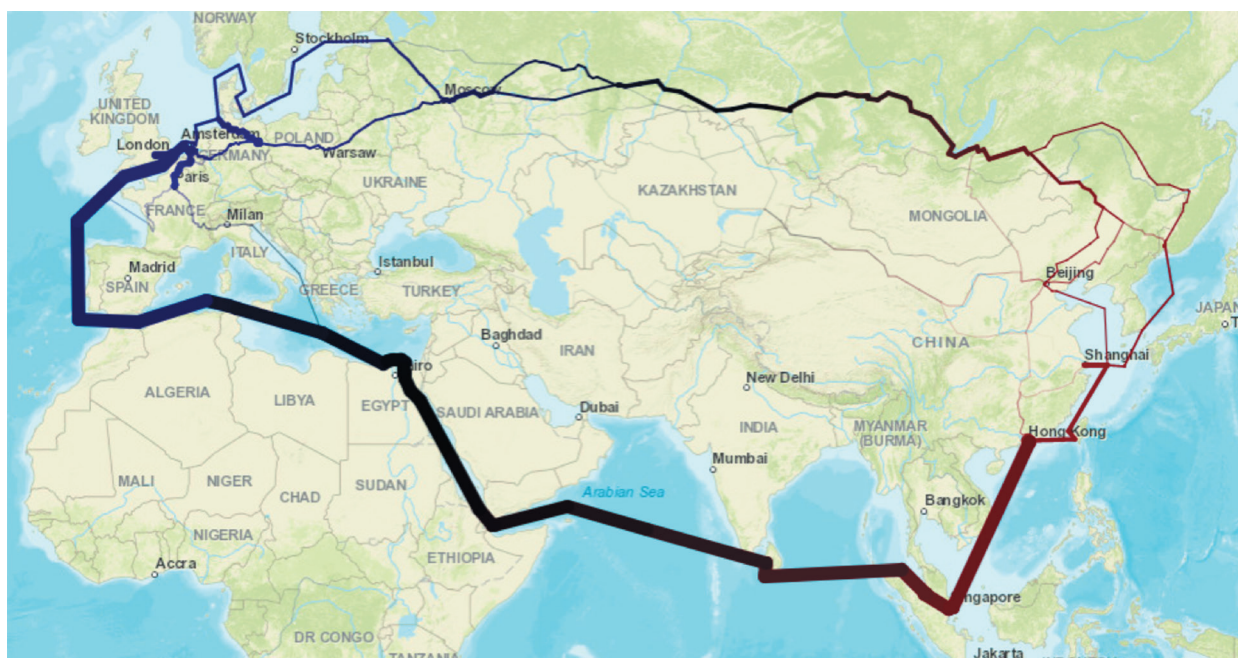
**Рис. 11.** Пространственное расположение товаропотоков без учета модернизированной Транссибирской магистрали (ширина линии пропорциональна размеру товарного потока)

грузов до 3–5 дней. На рисунке 12 представлены результаты моделирования ситуации с транзитом китайского экспорта в Европу в случае создания высокоскоростной Транссибирской магистрали.

Моделирование показывает, что если бы функционировала высокоскоростная Транссибирская магистраль, то по морю перевозилось бы 21,5 млн TEU (стандартный контейнер), что составляет 97,3 % всего товарного потока, а по железнодорожным путям — 600 тыс. TEU, или 2,7 % всего товарного потока. То есть объем

морских перевозок по сравнению с существующим сценарием уменьшился бы в целом на 2,2 % (в пользу железнодорожных перевозок), а железнодорожных — увеличился бы на 474 %. По отдельным видам товаров (для которых скорость доставки потребителю играет существенную роль) замещение морской перевозки на железнодорожную было бы значительно выше.

Стоимость создания высокоскоростной магистрали от Владивостока до западной границы России по предварительным оценкам оценивается в 18 трлн руб., включая стоимость



**Рис. 12.** Пространственное расположение товаропотоков при наличии высокоскоростной Транссибирской магистрали (ширина линии пропорциональна размеру товарного потока)



**Рис. 13.** Перспективная трансконтинентальная железнодорожная магистраль и мировая транспортная сеть (по: Сообщество «Мост на Сахалин» [Электронный ресурс]. URL: <http://mostsakhalin.ru/publications/detail.php?ID=2309> (дата обращения 20.06.2018))

скоростного подвижного состава<sup>1</sup>. Выход на окупаемость проекта ожидается через восемь лет после начала эксплуатации магистрали.

Транзитные возможности России еще более повысятся, если реализуется вывод железнодорожных магистралей России за пределы материковой суши: на остров Сахалин и далее — на остров Хоккайдо (Япония), а также к Берингову проливу и далее — на полуостров Аляска (США). В этом случае Россия станет ключевым звеном глобальной транспортной сети, соединяющим основные экономические центры мира (рис. 13).

При этом проект станет драйвером развития машиностроительных отраслей России. Реализация проекта будет иметь значительный положительный эффект для экономики 23 регионов (включая повышение ВРП и создание новых рабочих мест) и многих отраслей обрабатывающей промышленности. При этом реализация проекта одновременно существенно повысит связность территорий РФ, улучшит экономическое взаимодействие между регионами, создаст возможности для большей мобильности населения.

Важным социальным эффектом проекта, как в железнодорожной, так и в смежных отраслях, является создание большого числа но-

вых рабочих мест различной квалификации. Общий штат высокоскоростной дороги может составить порядка 600–700 тыс. чел. по всей линии. Поскольку по опыту развития новейших инфраструктурных проектов известно, что на одного работающего в новой транспортно-логистической системе может приходиться до девяти рабочих мест, создаваемых в сопряженных областях народного хозяйства, то общее количество новых рабочих мест в результате реализации второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока может составить до нескольких миллионов человек.

В целом, эффектами второго горизонта развития железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока станут:

- обеспечение качественного роста связности российской территории (интенсификация внутренних хозяйственных и социальных обменов);
- создание ряда мощных стимулов для интеграции сибирских и дальневосточных регионов (макрорегионов) РФ в единое экономическое пространство новейшей России;
- возрождение и выведение на качественно новый технологический уровень сразу несколько несырьевых отраслей национальной индустрии РФ (в частности, машиностроения). Таким образом, проект станет локомотивом комплексной реиндустриализации России;

<sup>1</sup> Стариков И.В. Единая Евразия — Новый Транссиб. М., 2016.

— создание реальных разнообразных стимулов для развития экономически слабых регионов (территорий) РФ и преодоление региональных диспропорций;

— возможность привлечения в течение обозримого периода в Россию беспрецедентного объема иностранных инвестиций и открытие возможности для масштабного импорта в Россию действительно современных технологий, технологий будущего;

— повышение вследствие вовлечения европейских инвесторов степени заинтересованности Евросоюза в России как в ключевом геополитическом и геоэкономическом партнере и создание стимулов для перехода российско-европейского экономического и политического сотрудничества на качественно новый уровень;

— возможность укрепления геополитических позиций России в Азиатско-Тихоокеанском регионе и достижение определенного расновесия геополитических и геоэкономических амбиций КНР, Японии, Южной Кореи, стран АСЕАН;

— качественное повышение роли России как геополитического, политического, экономического, культурного моста между Западной и Центральной Европой и Восточной Азией.

### Заключение

Важнейшей задачей, стоящей перед современной Россией, является совершенствование ее пространственного развития, ускоренное комплексное освоение бескрайних пространств Сибири и Дальнего Востока. Это предполагает создание на востоке страны современных высокопроизводительных предприятий, охватывающих полный цикл промышленного производства, начиная от добычи полезных ископаемых и заканчивая изготовлением товаров с высокой добавленной стоимостью, включение Сибири и Дальнего Востока в цепочки мирохозяйственных связей и торговых потоков, превращение этого региона из мировой экономической окраины в важный элемент глобальной торговой сети, связывающей ключевые экономические центры.

Все это невозможно без серьезной модернизации транспортной инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока, которая является не просто средством снижения транспортных издержек, а необходимым условием пространственного развития современной России.

В результате выполненных исследований с использованием разработанных математических моделей проведена оценка долгосрочных макроэкономических, социальных, геополитических эффектов от реализации проекта по развитию железнодорожной сети Сибири и Дальнего Востока. Показано, что для Проекта характерен комплексный мультипликативный эффект, оказывающий сильное влияние на различные сферы жизни общества.

В экономической сфере эффект выражается в ускорении темпов роста ВВП российской экономики до среднемировых, в перестройке структуры экономики с сырьевой на индустриальную и постиндустриальную, в развитии высокотехнологичных производств, в снижении неравномерности развития между регионами страны.

В социально-политической сфере эффект выражается в появлении новых высокотехнологичных рабочих мест, в повышении доходов населения, улучшении демографической ситуации на востоке страны, в повышении связности и целостности российского социального пространства.

В геоэкономической сфере эффект выражается во включенности России в глобальные торговые сети и цепочки дистрибуции, в повышении заинтересованности иностранных партнеров вкладывать средства в российские проекты и в развитие Российской экономики.

В геополитической сфере эффект выражается в заинтересованности европейских и азиатских стран в сотрудничестве с Россией как мостом между Азией и Европой, в усилении значимости России в международных отношениях, в новом многополярном мироустройстве.

В военной сфере эффект выражается, в частности, в повышении мобильности и мобилизационных возможностей вооруженных сил страны.

### Благодарность

*Работа выполнена при поддержке РНФ (проект №14-11-00634). Также авторы благодарят Билугу С. Э., Давыдову О. И., Дейс А. С., Кирилюка И. Л., Кортаева А. В., Малкова С. Ю., Старикова И. В., Старкова Н. И., Шульгина А. Г., внесших ценный вклад в проведение исследований и обсуждение результатов работ.*

### Список источников

1. Садовничий В. А., Осипов Г. В. Интегральная евразийская инфраструктурная система как приоритет национального развития страны. 2-е изд. — М.: ИСПИ РАН, 2016. — 61 с.

2. Ланидус Б. М., Мачерет Д. А. Макроэкономическая роль железнодорожного транспорта. Теоретические основы, исторические тенденции и взгляд в будущее. — М. : URSS, 2014. — 234 с.
3. Шкурина Л. В., Беряков С. Н., Бирюков А. А. Комплексная оценка эффективности инвестиционных проектов развития железнодорожного транспорта с учетом их влияния на экономический потенциал регионов. — М. : МГУПС, 2013. — 213 с.
4. Impact of Transport Infrastructure Investment on Regional Development / Organization for Economic Co-operation and Development. — Paris: OECD Publications, 2002. — 152 p.
5. Бжуско С. В. Влияние развития железнодорожного транспорта на экономику России и Китая. Сопоставительный анализ : дисс. ... канд. экон. наук. — М., 2009. — 148 с.
6. Системный анализ ожидаемой эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте: учебное пособие / Кибалов Е. Б., Минин С. В., Нехорошков В. П., Нехорошков Е. В., Пахомова Г. Ф., Пахомов К. А., Пятаев М. В., Романкевич С. В., Хуторецкий А. Б. — Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2007. — 155 с.
7. Нехорошков В. П. Оценка макроэкономических эффектов крупномасштабных железнодорожных проектов в условиях глобальной экономики // Экономические науки. — 2010. — № 11. — с. 307–313.
8. Fogel R. W. Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History. — Baltimore : Johns Hopkins Press, 1964. — 296 p.
9. Krugman P. The Increasing Returns Revolution in Trade and Geography // American Economic Review. — 2009. — 99(3). — Pp. 561–571.
10. Samuelson P. The transfer problem and transport costs: the terms of trade when impediments are absent // Economic Journal. — 1952. — Vol. 62. — Pp. 278–304.
11. Horridge M., Wittwer G. SinoTERM, a multi-regional CGE model of China // China economic review. — 2008. — 19. — Pp 628–634.
12. Knaap T., Oosterhaven J. Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals. // Research in Transportation Economics. — 2011. — 31(1). — Pp. 19–28.
13. Li Y., Bolton K., Westphal T. The Effect of the New Silk Road Railways on Aggregate Trade Volumes between China and Europe // Working Papers on East Asian Studies. — 2016. — No. 109.
14. Пилясов А. Н. Новая экономическая география (НЭГ) и ее потенциал для изучения размещения производительных сил России // Региональные исследования. — 2011. — № 1(31). — С. 3–31.
15. Имитация социально-экономической системы Евразийского континента с помощью агент-ориентированных моделей / Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. // Прикладная эконометрика. — 2017. — Т. 48. — № 4. — С. 122–139.
16. Баранов А. О., Дондоков З. Б.-Д., Слепенкова Ю. М. Построение и использование региональных межотраслевых моделей для анализа и прогнозирования развития экономики регионов // Идеи и идеалы. — 2016. — № 4(30). — Т. 2. — С. 66–85.
17. Леонид Витальевич Канторович. Человек и ученый. В 2 т. / Ред.-сост. В. Л. Канторович, С. С. Кутателадзе, Я. И. Фет. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, Филиал «Гео», 2002. — Т. 1. — 544 с.
18. Гранберг А. Г. Оптимизация территориальных пропорций народного хозяйства. — М. : Экономика, 1973. — 248 с.
19. Суслов В. И., Ершов Ю. С., Ибрагимов Н. М. Проблемы пространственного развития экономики РФ в исследованиях Новосибирской школы региональной науки // Пространственный анализ социально-экономических систем. История и современность. Тр. Гранберговской конф., 10–13 окт. 2016 г., Новосибирск. — Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2017. — 526 с. — С. 6–14.
20. Социально-экономическая география в России / под общей редакцией П. Я. Бакланова и В. Е. Шувалова. Русское географическое общество. Владивосток: Дальнаука, 2016. — 326 с.
21. Минакир П. А. Экономический анализ и измерения в пространстве // Пространственная экономика. — 2014. — № 1. — С. 12–39.
22. Ивановский А. В. Экономическая оценка реализуемости проектов нового транспортного строительства на восточном полигоне железных дорог : дисс. ... канд. экон. наук. — Иркутск, 2017.
23. Рябущенко О. А. Оценка эффективности государственно-частного партнерства для развития транспортной инфраструктуры Сибири : дисс. ... канд. экон. наук. — Новосибирск, 2011.
24. Kydland F. E., Prescott E. C. Time to build and aggregate fluctuations // Econometrica. — 1982. — Vol. 50. — Pp. 1345–1370.
25. Малков С. Ю., Билюга С. Э., Давыдова О. И. Моделирование макроэкономической динамики развивающихся стран с учетом влияния внешней торговли // Экономика и управление. Проблемы, решения. — 2017. — Т. 3. — № 5. — С. 101–110.
26. Малков А. С. О математическом моделировании товаропотоков / Рос. акад. наук., Ин-т прикладной математики им. М. В. Келдыша. Препринт № 11. — М., 2005. — 45 с.

### Информация об авторах

**Садовничий Виктор Антонович** — академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, ректор, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: info@rector.msu.ru).

**Осипов Геннадий Васильевич** — академик РАН, доктор философских наук, профессор, научный руководитель, Институт социально-политических исследований РАН (Российская Федерация, 119333, Москва, ул. Фотиевой, д. 6, корп.1; e-mail: osipov@ispr.ras.ru).

**Акаев Аскар Акаевич** — иностранный член РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: askarakaev@mail.ru).

**Малков Артемий Сергеевич** — кандидат физико-математических наук, генеральный директор, ООО «Айдеसाйд Консалтинг» (Российская Федерация, 141070, Московская область, город Королев, ул. Калинина, 6Б, офис 32; e-mail: as@malkov.org).

**Шульгин Сергей Георгиевич** — кандидат экономических наук, заместитель заведующего лабораторией, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Институт прикладных экономических исследований (Российская Федерация, 119571, Москва, пр. Вернадского, 82; e-mail: sergey@shulgin.ru).

For citation: Sadovnichii, V. A., Osipov, G. V., Akaev, A. A., Malkov, A. S. & Shulgin, S. G. (2018). Socio-Economic Effectiveness of the Development of the Railway Network in Siberia and the Far East: Mathematical Simulation and Forecast. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 14(3), 758-777

**V. A. Sadovnichii<sup>a)</sup>, G. V. Osipov<sup>b)</sup>, A. A. Akaev<sup>a)</sup>, A. S. Malkov<sup>c)</sup>, S. G. Shulgin<sup>d)</sup>**

<sup>a)</sup> Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation; e-mail: s@malkov.org)

<sup>b)</sup> Institute of Socio-Political Research of RAS (Moscow, Russian Federation)

<sup>c)</sup> IDecide Consulting Ltd. (Korolyov, Russian Federation)

<sup>d)</sup> Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Moscow, Russian Federation)

### Socio-Economic Effectiveness of the Development of the Railway Network in Siberia and the Far East: Mathematical Simulation and Forecast

*The purpose of the research consists in the quantitative evaluation of long-term macroeconomic, social, geopolitical effects from the realization of the project of the development of the railway network in Siberia and the Far East, including the building of high-speed rail. In the study, we applied the methods of mathematical simulation and forecasting. Calculations with the use of the developed mathematical models have shown that the implementation of this project will play a large role in the socio-economic development of the country as well as in strengthening its geo-economic and geopolitical positions in the Asia-Pacific Region and in the world as a whole.*

**Keywords:** Trans-Siberian Railway, investment projects, mathematical simulation, multiplicative effect, socio-economic development, trade flows

### Acknowledgments

*The research has been supported by the Russian Science Foundation (Project №14-11-00634). The authors also thank Biliuga S. E., Davydova O. I., Deys A. S., Kirilyuk I. L., Korotaev A. V., Malkov S. Yu., Starikov I. V., Starkov N. I., Shulgin A. G., who have made significant contribution to the research and discussion of the results.*

### References

1. Sadovnichy, V. A. & Osipov, G. V. (2016). *Integralnaya evraziyskaya infrastruktural'naya sistema kak prioritet natsionalnogo razvitiya strany. 2-e izd. [Integrated Euroasian infrastructure system as a priority of the country's national development. 2nd ed.]*. Moscow: ISPI RAN Publ., 61. (In Russ.)
2. Lapidus, B. M. & Macheret, D. A. (2014). *Макроэкономическая роль железнодорожного транспорта: Теоретические основы, исторические тенденции и взгляд в будущее [Macroeconomic role of railway transport: Theoretical foundations, historical tendencies and prospecting]*. Moscow: URSS Publ., 234. (In Russ.)
3. Shkurina, L. V., Beryakov, S. N. & Biryukov, A. A. (2013). *Комплексная оценка эффективности инвестиционных проектов развития железнодорожного транспорта с учетом их влияния на экономический потенциал регионов [Comprehensive assessment for the investment projects efficiency of railway transport development taking into account their influence on the economic capacity of regions]*. Moscow: MGUPS Publ., 213. (In Russ.)
4. Impact of Transport Infrastructure Investment on Regional Development (2002). *Organization for Economic Co-operation and Development*. Paris: OECD Publications, 152.
5. Bzhusko, S. V. (2009). *Vliyaniye razvitiya zheleznodorozhnogo transporta na ekonomiku Rossii i Kitaya. Sopotavitelnyy analiz: diss. ... kand. ekon. nauk [Influence of the railway transport development on the economy of Russia and China. Comparative analysis: PhD thesis in Economics]*. Moscow, 148. (In Russ.)

6. Kibalov, E. B., Minin, S. V., Nekhoroshkov, V. P., Nekhoroshkov, E. V., Pakhomova, G. F., Pakhomov, K. A., Pyataev, M. V., Romankevich, S. V. & Khutoretsky, A. B. (2007). *Sistemnyy analiz ozhidaemoy effektivnosti krupnomasshtabnykh investitsionnykh projektov na zheleznodorozhnom transporte: uchebnoye posobie [The system analysis of the expected efficiency of large-scale investment projects for the railway transport: textbook]*. Novosibirsk: SGUPS Publ., 155. (In Russ.)
7. Nekhoroshkov, V. P. (2010). Otsenka makroekonomicheskikh effektivnosti krupnomasshtabnykh zheleznodorozhnykh projektov v usloviyakh globalnoy ekonomiki [The assessment of macroeconomic effects of large-scale railway projects in the conditions of global economy]. *Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences]*, 11, 307–313. (In Russ.)
8. Fogel, R. W. (1964). *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 296.
9. Krugman, P. (2009). The Increasing Returns Revolution in Trade and Geography. *American Economic Review*, 99(3), 561–571.
10. Samuelson, P. (1952). The transfer problem and transport costs: the terms of trade when impediments are absent. *Economic Journal*, 62, 278–304.
11. Horridge, M. & Wittwer, G. (2008). SinoTERM, a multi-regional CGE model of China. *China economic review*, 19, 628–634.
12. Knaap, T. & Oosterhaven, J. (2011). Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals. *Research in Transportation Economics*, 31(1), 19–28.
13. Li, Y., Bolton, K. & Westphal, T. (2016). The Effect of the New Silk Road Railways on Aggregate Trade Volumes between China and Europe. *Working Papers on East Asian Studies*, 109.
14. Pilyasov, A. N. (2011). *Novaya ekonomicheskaya geografiya (NEG) i eyo potentsial dlya izucheniya razmeshcheniya proizvoditelnykh sil Rossii [New Economic Geography (NEG) and its potential for studying the placement of Russian productive forces]*. *Regionalnyye issledovaniya [Regional Studies]*, 1(31), 3–31. (In Russ.)
15. Makarov, V. L., Bakhtizin, A. R., Sushko, E. D. & Ageeva, A. F. (2017). Imitatsiya sotsialno-ekonomicheskoy sistemy Evraziyskogo kontinenta s pomoshchyu agent-orientirovannykh modeley [Simulation of the socio-economic system of the Eurasian continent using the agent-based models]. *Prikladnaya ekonometrika [Applied Econometrics]*, 48(4), 122–139. (In Russ.)
16. Baranov, A. O., Dondokovm Z. B.-D. & Slepikova, Yu. M. (2016). Postroenie i ispolzovanie regionalnykh mezhtrasyevykh modeley dlya analiza i prognozirovaniya razvitiya ekonomiki regionov [Construction and using regional input-output models for analysis and forecasting of regions' economy development]. *Idei i idealy [Ideas and Ideals]*, 4(30), Vol. 2, 66–85. (In Russ.)
17. Kantorovich, V. L., Kutateladze, S. S. & Fet, Ya. I. (Eds). (2002). *Leonid Vitalevich Kantorovich: chelovek i uchyonnyy. V 2 t. [Leonid Vitalyevich Kantorovich: the person and the scientist. In 2 vol.]*. Novosibirsk: SO RAN Publ., Filial "Geo" Publ., Vol. 1, 544. (In Russ.)
18. Granberg, A. G. (1973). *Optimizatsiya territorialnykh proporsiy narodnogo khozyaystva [Optimization of territorial proportions of the national economy]*. Moscow: Ekonomika Publ., 248. (In Russ.)
19. Suslov, V. I., Ershov, Yu. S. & Ibragimov, N. M. (2017). Problemy prostranstvennogo razvitiya ekonomiki RF v issledovaniyakh Novosibirskoy shkoly regionalnoy nauki [The issues of the spatial development of the Russian Federation economy in the studies of the Novosibirsk School of Regional Science]. *Prostranstvennyy analiz sotsialno-ekonomicheskikh sistem. Istoriya i sovremennost. Tr. Granbergovskoy konf., 10–13 okt. 2016 g., Novosibirsk [Spatial analysis of social and economic systems. History and present. Proceedings of the Granberg Conference, Oct. 10–13, 2016, Novosibirsk]*. Novosibirsk: IEOPP SO RAN Publ., 526; 6–14. (In Russ.)
20. Baklanov, P. Ya. & Shuvalov, V. E. (Eds.). (2016). *Sotsialno-ekonomicheskaya geografiya v Rossii [Socio-economic geography in Russia]*. *Russkoye geograficheskoe obshchestvo [Russian Geographical Society]*. Vladivostok: Dalnauka Publ., 326. (In Russ.)
21. Minakir, P. A. (2014). Ekonomicheskyy analiz i izmereniya v prostranstve [Economic Analysis and Measurements: Spatial Case]. *Prostranstvennaya ekonomika [Spatial Economics]*, 1, 12–39. (In Russ.)
22. Ivanovsky, A. V. (2017). *Ekonomicheskaya otsenka realizuemosti projektov novogo transportnogo stroitelstva na vostochnom poligone zheleznykh dorog: diss. ... kand. ekon. nauk [Economic assessment of the feasibility of the projects of new transport construction on the East area of railroads: PhD thesis in Economics]*. Irkutsk. (In Russ.)
23. Ryabushchenko, O. A. (2011). *Otsenka effektivnosti gosudarstvenno-chastnogo partnerstva dlya razvitiya transportnoy infrastruktury Sibiri: diss. ... kand. ekon. nauk [Assessment of the efficiency of public-private partnership for the development of transport infrastructure of Siberia: PhD thesis in Economics]*. Novosibirsk. (In Russ.)
24. Kydland, F. E. & Prescott, E. C. (1982). *Time to build and aggregate fluctuations*. *Econometrica*, 50, 1345–1370.
25. Malkov, S. Yu., Bilyuga, S. E. & Davydova, O. I. (2017). Modelirovanie makroekonomicheskoy dinamiki razvivayushchikhsya stran s uchetom vliyaniya vneshney torgovli [The simulation of the macroeconomic dynamics of the developing countries taking into account foreign trade]. *Ekonomika i upravlenie. Problemy, resheniya [Economics and Management: Issues, Solutions]*, 3(5), 101–110. (In Russ.)
26. Malkov, A. S. (2005). *O matematicheskom modelirovanii tovaropotokov [About mathematical modeling of trade flows]*. Ros. akad. nauk., In-t prikladnoy matematiki im. M. V. Keldysha. Preprint № 11 [Keldysh Institute of Applied Mathematics of RAS. Reprint № 11]. Moscow, 45. (In Russ.)

### Authors

**Viktor Antonovich Sadovnichii** — Member of RAS, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the University, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: info@rector.msu.ru).

**Gennady Vasilyevich Osipov** — Member of RAS, Doctor of Philosophy, Professor, Academic Adviser, Institute of Socio-Political Research of RAS (6/1, Fotievoy St., Moscow, 119333, Russian Federation; e-mail: osipov@ispr.ras.ru).

**Askar Akaevich Akaev** — Foreign Member of RAS, Doctor of Engineering, Professor, Chief Research Associate, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation; e-mail: askarakaev@mail.ru).

**Artemy Sergeevich Malkov** — PhD in Physics and Mathematics, Director General, IDecide Consulting Ltd. (off. 32, 6B, Kalinina St., Korolyov, Moscow Region, 141070, Russian Federation; e-mail: as@malkov.org).

**Sergey Georgievich Shulgin** — PhD in Economics, Deputy Chief of Laboratory, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Institute of Applied Economic Research (82, Vernanskogo St., Moscow, 119571, Russian Federation; e-mail: sergey@shulgin.ru).