

УДК 656.07

DOI: 10.25559/SITITO.14.201803.717-726

ТРАНСПОРТНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БАЛАНС И ЕГО РОЛЬ В КООРДИНАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

О.В. Евсеев¹, В.В. Мурашов¹, А.И. Забоев¹, А.А. Земцов¹, В.Н. Буслов¹, Ал.В. Шубин¹, А.А. Широв², Ан.В. Шубин³,
А.С. Уразов³, Е.М. Аникина³

¹ Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации, г. Москва, Россия

² Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, г. Москва, Россия

³ ООО «ГЕОГРАКОМ», г. Москва, Россия

TRANSPORT AND ECONOMIC BALANCE AND ITS ROLE IN THE COORDINATION OF TRANSPORT PLANNING DURING THE DIGITALIZATION ERA

Oleg V. Evseev¹, Vasily V. Murashov¹, Alexander I. Zaboev¹, Anton A. Zemtsov¹, Victor N. Buslov¹, Alexander V. Shubin¹, Alexander A. Schirov²,
Anton V. Shubin³, Anton C. Urazov³, Elena M. Anikina³

¹ Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, Russia

² Institute for Economic Forecasting, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

³ LLC «Geogracom», Moscow, Russia

© Евсеев О.В., Мурашов В.В., Забоев А.И., Земцов А.А., Буслов В.Н., Шубин Ал.В., Широв А.А., Шубин Ан.В., Уразов А.С., Аникина Е.М., 2018

Об авторах:

Евсеев Олег Владимирович, доктор технических наук, профессор, директор, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2437-6497>, evseev@mintrans.org

Мурашов Василий Вячеславович, первый заместитель директора, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3633-7495>, murashov@mintrans.org

Забоев Александр Игоревич, кандидат экономических наук, доцент, заведующий отделом, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9295-1708>, aza@mintrans.org

Земцов Антон Александрович, заведующий отделом, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1385-768X>, zemtsov@mintrans.org

Буслов Виктор Николаевич, заведующий отделом, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0559-5931>, buslov@mintrans.org

Шубин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник, Научный центр по комплексным транспортным проблемам Министерства транспорта Российской Федерации (101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 16), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9863-4658>, alexander-shubin@mintrans.org

Широв Александр Александрович, доктор экономических наук, профессор РАН, заместитель директора, Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (117418, Россия, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0806-9777>, schir@ecfor.ru

Шубин Антон Владимирович, генеральный директор, ООО «ГЕОГРАКОМ» (115580, Россия, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 42, офис 4297), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5518-1177>, anton.shubin@geogracom.com

Уразов Антон Сергеевич, научный сотрудник, ООО «ГЕОГРАКОМ» (115580, Россия, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 42, офис 4297), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6699-7534>, anton.urazov@geogracom.com

Аникина Елена Македониевна, научный сотрудник, ООО «ГЕОГРАКОМ» (115580, Россия, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 42, офис 4297), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1820-8507>, elena.anikina@geogracom.com



Ключевые слова

Большие данные;
грузопотоки;
прогнозирование; транспорт;
транспортная политика;
транспортная статистика;
транспортно-экономические
связи; транспортно-
экономический баланс;
транспортное планирование;
транспортные модели.

Аннотация

Планирование и прогнозирование перевозок с использованием экономико-математического инструментария транспортно-экономического баланса является важной научной и прикладной задачей, направленной на совершенствование транспортно-экономических связей с учетом соотношения между размерами производства и потребления товаров и потребности в объемах транспортной работы для их ввоза или вывоза. Математическая модель транспортно-экономического баланса, включающая основные балансовые уравнения, задает его структуру и правила построения. Транспортно-экономический баланс Российской Федерации, описывает фактические и прогнозные объемы и корреспонденции грузовых перевозок между регионами страны железнодорожным, автомобильным, внутренним водным и морским транспортом по родам грузов. Баланс фактических грузопотоков построен за период с 2007 по 2016 годы на основе статистики промышленности, торговли, строительства, сельского хозяйства, топливно-энергетического комплекса, экспорта и импорта, а также транспортной статистики железнодорожного, морского, внутреннего водного и автомобильного транспорта. Прогноз грузовой базы и грузопотоков строится на период до 2030 года с использованием сценарных условий и прогнозных оценок Минэкономразвития России, а также индексов развития экономики регионов с учетом технологических связей грузоемких производств. Баланс позволяет рассчитывать и обосновывать прогнозные нагрузки на инфраструктуру с учетом различных вариантов ее реконструкции и развития, изменения маршрутов, оптимально распределять прогнозные потоки по сети с учетом прогнозируемых характеристик пропускной способности, скоростей движения и предсказуемости времени доставки, загрузки элементов сети и перераспределения узких мест.

Keywords

Big Data; Freight Flows;
Forecasting; Transport;
Transport Policy; Transport
Statistics; Transport and
Economic Connectivity;
Transport and Economic Balance;
Transport Planning; Transport
Models.

Abstract

Econometrics tools in framework of Transport and Economic Balance (TEB) for transport planning and forecasting are aimed at improving transport links and transport connectivity via accounting the ratio between the volume of production and consumption of goods and the demand for transport services for their import and export. The TEB's econometrics model includes the basic balance equations that define its structure and formation rules. The transport and economic balance of the Russian Federation aggregate the actual and forecast freight flows and their correspondence between the regions of the country (OD-matrix) by rail, road, inland water and maritime transport by type of commodities. The balance of actual freight traffic built for 2007-2016 based on statistics for industrial production, domestic and external trade, construction, agriculture and energy, as well as statistics for rail, maritime, inland water and road transport. The forecast of the cargo base and freight traffic is built for the period up to 2030 using the scenarios and forecast estimations by the Ministry of Economic Development of Russia, as well as the indices of regional economic development, considering the technological and transport connectivity of main cargo generating industries. The TEB will make it possible to calculate and substantiate the predicted impacts on the infrastructure considering various options for its reconstruction and development, changing routes, optimally distribute the forecasted flows over the network, considering the predicted characteristics of throughput, speeds and predictability of delivery time, workload of transport network and elimination of bottlenecks.



Введение

Обеспечение устойчивого и эффективного функционирования транспортной системы является важнейшим направлением экономической политики любой страны мира. С этой целью реализуются национальные стратегии, планы и программы развития транспорта, в которых зафиксированы основные приоритеты государственной транспортной политики. Эти стратегии опираются на оценки перспектив изменения спроса на услуги транспорта, изменения грузовой базы, выпуска и потребления основных видов промышленной и сельскохозяйственной продукции, развития международной торговли, инвестиций и др.

В Российской Федерации, а ранее в Советском Союзе, вопросы развития транспорта на основе экономико-математических моделей планирования и прогнозирования, а также учета работы транспорта в межотраслевом балансе, рассматривались в Институте комплексных транспортных проблем Госплана СССР (ИКТП) [2], а также в Центральном экономико-математическом институте Академии наук СССР (ЦЭМИ) [5, 6]. Балансовый подход использовался для планирования транспортно-экономических связей не только в СССР, но и в рамках Совета экономической взаимопомощи (СЭВ).

В течение более чем 20 лет после распада СССР и перехода к рыночным отношениям балансовые методы перестали использоваться при прогнозировании работы транспорта. Однако, экономический рост нулевых годов и еще более стремительный рост объема экспорта целого ряда товаров – нефти и газа, угля, стали, минеральных удобрений и др. привел к увеличению нагрузки на транспортную сеть, возникновению «узких мест», что потребовало пересмотра подходов к транспортной политике и планированию развития транспортной системы.

Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 № 1734-р в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.06.2014 № 1032-р в качестве важнейшего стратегического направления развития транспортной системы обозначила сбалансированное опережающее развитие инфраструктуры транспорта. Реализация этого направления означает согласованное комплексное развитие всех элементов транспортной инфраструктуры на основе построения транспортно-экономического баланса, развития системы статистического учета, использования математических методов прогнозирования и моделирования для исследования потребностей секторов экономики и населения в услугах транспорта, динамики грузовой базы, а также анализа вариантов развития транспортной системы [7].

Транспортно-экономический баланс является формой планирования и прогнозирования транспортно-экономических связей, выражающей соотношение между размерами производства и потребления товаров и потребности в объемах транспортной работы для их ввоза или вывоза.

Цель исследования

Целью исследования является формирование методологических подходов, математического аппарата и процедур формирования транспортно-экономического баланса (ТЭБ) на основе официальной информации государственного статистического наблюдения в сфере экономики и транспорта Российской Федерации. Одной из сложных задач было преодоление неполноты и

неточности исходной статистической информации для построения модели транспортного спроса на грузовые перевозки, а также неполное соответствие номенклатур учета выпуска продукции по видам экономической деятельности и перевозок на различных видах транспорта.

Прикладной целью работы являлось построение транспортно-экономического баланса Российской Федерации, описывающего перевозки грузов между регионами России в течение прошедших 10 лет, а также формирование прогноза этих перевозок на среднесрочный и долгосрочный период.

Транспортно-экономический баланс призван обеспечить:

- тесную взаимосвязь прогнозов работы транспорта с перспективными социально-экономическими и внешнеторговыми параметрами национального развития;
- взаимосвязь с международными стратегиями и прогнозами развития региональной и мировой торговли, энергетики и товарных рынков;
- возможности использования экономико-математического инструментария для определения прогнозных параметров работы транспорта – объемов и направлений перевозок грузов во взаимосвязи с макроэкономическими параметрами социально-экономического развития;
- возможности по использованию комплексного подхода к решению проблем развития отдельных видов транспорта, распределения грузопотоков по сети и обеспечения рационального взаимодействия видов транспорта при перевозках грузов.

Основные источники исследования

За рубежом (США, Европа) работа по формированию различных вариантов и моделей транспортно-экономического баланса проводится уже давно - на протяжении последних 25 лет. Например, Бюро Транспортной статистики США (Bureau of Transportation Statistics - BTS) с 1993 года на регулярной основе проводится работа по обследованию транспортных корреспонденций (Commodity Flow Survey - CFS) [12]. CFS базируется на выборочных обследованиях предприятий и содержит информацию по перевозкам грузов между штатами и агломерациями США по родам грузов. Основное назначение CFS – дать представление органам государственного управления и предпринимателям о материальных потоках грузов в США. На основе CFS рассчитывается грузооборот США, дается его прогноз, регулярно выполняется анализ грузопотоков (Freight Analysis Framework - FAF).

Аналогичные работы проводятся в Европе под эгидой Еврокомиссии, например, при реализации проекта ETIS – BASE (European Transport Policy Information System) [13]. Целями ETIS являются разработка метрологии консолидации и верификации разрозненных данных национальной транспортной статистики стран ЕС и информационное обеспечение принятия решения при транспортном планировании в ЕС.

Еще одно исследование в этом направлении было выполнено в рамках Проекта SUST-RUS с участием специалистов российской экономической школы [25]. Работа описывает транспортно-экономические связи между федеральными округами России и использует удачную систему обозначений, стилю которой мы следуем при описании основных уравнений межрегионального транспортно-экономического баланса Российской Фе-



дерации. Развитию балансовых методов моделирования транспортного спроса в масштабе страны посвящены работы голландских исследователей [10, 11], в которых развивается эффективный вариант математического аппарата транспортно-экономического баланса. Эти работы во многом повлияли на постановку и решение задачи настоящего исследования.

Структура модели транспортно-экономического баланса Российской Федерации

ТЭБ Российской Федерации, описывает фактические и прогнозные объемы и корреспонденции грузовых перевозок между различными регионами страны железнодорожным, автомобильным, внутренним водным и морским транспортом по различным родам грузов.

Структура ТЭБ задается многомерной матрицей грузопотоков между регионами, в которой строкам и столбцам соответствуют регионы, а на пересечении строк и столбцов указаны объемы грузопотоков между регионами по видам транспорта и по родам грузов (рис. 1). Еще одним измерением матрицы явля-

ется время, то есть в балансе накапливается предыстория грузовой базы и корреспонденций грузопотоков с 2007 года по 2016 год. Аналогичная матрица ТЭБ строится для прогнозного периода на 2019 - 2030 годы.

Матрицы ТЭБ должны удовлетворять балансовым уравнениям, связывающим перевозки регионов между собой и с внешним миром через границу Российской Федерации. Балансовые уравнения содержательно отражают баланс экспорта, импорта, производства, потребления, торговли, ввоза/вывоза продукции между всеми регионами, а также перевозок регионов на себя.

Основные балансовые уравнения ТЭБ включают следующие соотношения:

$$XO_{i,r} = TR_{i,r} + EX_{i,r} \quad (1)$$

$$EX_{i,r} = \sum_{rr} \sum_k EX_{i,k,r,rr} \quad (2)$$

$$\mathfrak{S}_{i,r} = \sum_{rr} \sum_k \mathfrak{S}_{i,k,rr,r} \quad (3)$$

$$TR_{i,r} = \sum_k \sum_{rr} TR_{i,k,r,rr} \quad (4)$$

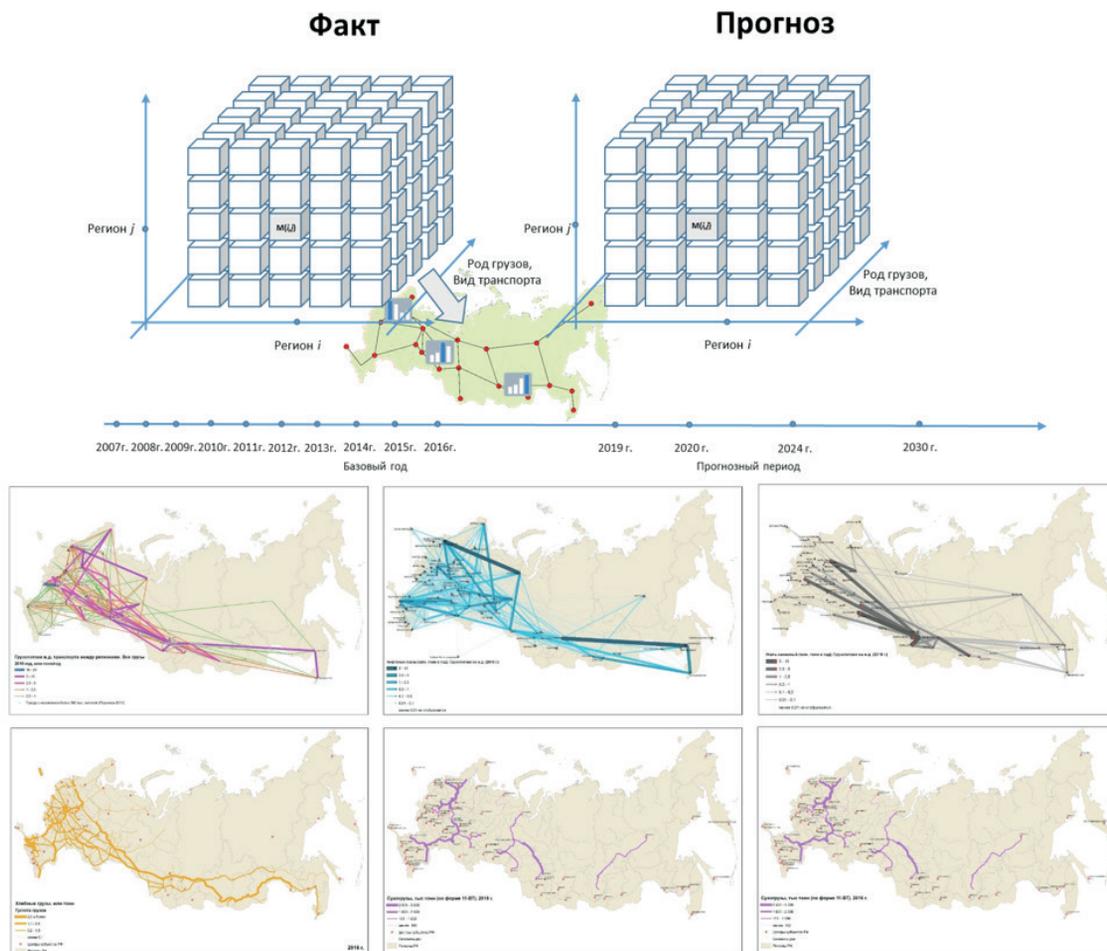


Рис. 1. Многомерные матрицы объемов и корреспонденций грузопотоков между регионами по родам грузов и по видам транспорта – факт и прогноз на период до 2030 года

Fig. 1. Multidimensional matrixes of volumes and correspondence of freight traffic between regions by type of cargo and by type of transport - fact and forecast for the period up to 2030



$$TEB_{i,r,rr} = \sum_k TR_{i,k,r,rr} + \sum_k EX_{i,k,r,rr} \quad (5)$$

$$EX_{i,r,rr}^{MAR} = EX_{i,r,rr}^{RAILMAR} + EX_{i,r,rr}^{TRUCKMAR} + EX_{i,r,rr}^{IWWMAR} + \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MAR} + \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWW} + TR_{i,r,r}^{RAIL} \quad (6)$$

$$EX_{i,r,rr}^{IWW} = EX_{i,r,rr}^{RAILIWW} + EX_{i,r,rr}^{TRUCKIWW} \quad (7)$$

$$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MAR} = \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MAR \rightarrow RAIL} + \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MARTRUCK} + \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MARIWW} \quad (8)$$

$$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWW} = \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWW \rightarrow RAIL} + \mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWWTRUCK} \quad (9)$$

где,

$XO_{i,r}$ – отгрузка товара (груза) i в регионе g ;

$TR_{i,r}$ – внутренние перевозки товара (груза) i из региона g ;

$EX_{i,r}$ – экспорт товара (груза) i из региона g ;

$EX_{i,k,r,rr}$ – матрица экспортных перевозок товара (груза) i из региона g через границу России, проходящую в регионе g , видом транспорта k ;

$TR_{i,k,r,rr}$ – матрица внутренних перевозок грузов видами транспорта, включая внутрирегиональные перевозки на себя;

$\mathfrak{Z}_{i,r}$ – матрица импортных перевозок товара (груза) i видами транспорта в регион g через границу, проходящую в регионе g ;

$EX_{i,r,rr}^{MAR}$ – смешанные перевозки товара (груза) i из региона g с перевалкой на морской транспорт региона g автомобильным, внутренним водным и железнодорожным транспортом;

$EX_{i,r,rr}^{IWW}$ – смешанные перевозки товара (груза) i из региона g с перевалкой на внутренний водный транспорт региона g автомобильным и железнодорожным транспортом;

$EX_{i,r,rr}^{RAILMAR}$ – перевалка экспортного товара (груза) i , доставленного из региона g в морской порт региона g железнодорожным транспортом;

$EX_{i,r,rr}^{IWWMAR}$ – перевалка экспортного товара (груза) i , доставленного из региона g в морской порт региона g внутренним водным транспортом;

$EX_{i,r,rr}^{TRUCKMAR}$ – перевалка экспортного товара (груза) i , доставленного из региона g в морской порт региона g , автомобильным транспортом;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MAR}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g морским транспортом, для перевалки на другие виды транспорта и направления в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWW}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g внутренним водным транспортом для перевалки на другие виды транспорта и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MAR \rightarrow RAIL}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g морским транспортом для перевалки на железнодорожный транспорт и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MARTRUCK}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g морским транспортом для перевалки на автотранспорт и дальнейшей пере-

том для перевалки на автотранспорт и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{MARIWW}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g морским транспортом для перевалки на внутренний водный и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWW \rightarrow RAIL}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g внутренним водным транспортом для перевалки на железнодорожный транспорт и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$\mathfrak{Z}_{i,r,rr}^{IWWTRUCK}$ – смешанные перевозки товара (груза) i , прибывшего через границу России в регион g внутренним транспортом для перевалки на автотранспорт и дальнейшей перевозки в регионы назначения g ;

$TR_{i,r,r}^{RAIL}$ – перевалка перевозки товара (груза) i , внутри региона g с автомобильного транспорта на железнодорожный и с железнодорожного транспорта на автомобильный.

Уравнение (1) описывает утверждение о том, что вся отгруженная продукция должна быть вывезена во внутрирегиональных перевозках на себя, либо в другие регионы, или на экспорт.

Уравнения (2), (3) и (4) закрепляют географическое расщепление материальных потоков экспорта, импорта и внутрироссийских торговых потоков соответственно.

Уравнение (5) представляет собой основное уравнение транспортного баланса с учетом смешанных перевозок.

Уравнения (6) и (7) определяют порядок оценки смешанных экспортных перевозок с участием морского и внутреннего водного транспорта соответственно.

Уравнения (8) и (9) определяют порядок оценки смешанных импортных перевозок с участием морского и внутреннего водного транспорта соответственно.

Порядок построения транспортно-экономического баланса

Исходной информацией для формирования ТЭБ являются ряды статистических данных Росстата по объемам отгруженной продукции добывающей и обрабатывающей промышленности, торговли, строительства, сельского хозяйства, статистика экспорта и импорта, включая данные Федеральной таможенной службы России (ФТС России), ведомственная экономическая статистика топливно-энергетического комплекса, а также транспортная статистика, включающая данные ОАО «РЖД», статистика морского и внутреннего водного транспорта, автомобильного транспорта.

При формировании ТЭБ используются отраслевые источники информации для формирования матриц отгрузки видов продукции и перевозок. Для формирования данных по отгрузке используются формы Росстата, для формирования данных по отгрузке продукции по железнодорожному транспорту – данные корпоративного информационного хранилища ОАО «РЖД» (архив по отправлению), по морскому транспорту – данные форм М-3 и МП-2, по внутреннему водному транспорту – данные форм 11-ВТ и 15 ВТ. Для определения внешнеторговых перевозок автотранспортом используются данные ФТС России, внутренние перевозки автотранспортом восстанавливаются на основании анализа данных формы 1-Вывоз и вышеперечисленной отраслевой статистики по видам транспорта.



Вся исходная информация структурируется и приводится к гармонизированной номенклатуре грузов ТЭБ, обеспечивающей сопоставимость и совместимость всех элементов исходных данных друг с другом.

Гармонизированная номенклатура грузов ТЭБ включает следующие рода грузов:

- 1 минерально-строительные грузы
- 11 материалы строительные нерудные, промсырье и формовочные мат.
- 12 цемент
- 13 строительные материалы
- 14 огнеупоры
- 2 уголь, кокс, торф и сланцы
- 21 уголь
- 22 кокс
- 23 торф и сланцы
- 3 нефтяные грузы
- 31 нефть
- 32 светлые нефтепродукты
- 33 темные нефтепродукты
- 34 газы энергетические
- 4 руда всякая
- 41 руда железная и марганцевая
- 42 руда цветная и серное сырье
- 5 черные металлы
- 51 прокат черных металлов
- 52 трубы стальные
- 53 прочие черные металлы
- 6 удобрения
- 61 минеральные и химические удобрения
- 62 горно-химическое сырье
- 63 органические удобрения
- 7 лесные грузы
- 71 круглый лес

- 72 продукция лесоперерабатывающей промышленности
- 8 хлебные грузы
- 81 зерно
- 82 продукты перемола
- 9 остальные грузы
- 91 химикаты и сода
- 92 цветные металлы и изделия из них
- 93 флюсы
- 94 метизы и металлоконструкции
- 95 целлюлоза
- 96 картон, бумага, полиграфическая продукция
- 97 продукция сельского хозяйства
- 98 комбикорма
- 99 продукты пищевые и напитки (кроме комбикормов)
- 9A сахар
- 9B металлический лом, прочее вторсырье, отходы
- 9B1 лом черных металлов
- 9B2 лом цветных металлов
- 9B3 вторсырье, отходы, мусор
- 9C текстиль, продукция швейного производства
- 9D кожа, изделия из кожи и обувь
- 9E резинотехнические изделия
- 9F прочие неметаллические изделия, не отнесенные к др. группировкам
- 9G метизы, машины и оборудование
- 9H транспортные средства
- 9I электрооборудование, электронное и оптическое оборудование
- 9J прочие грузы, не отнесенные к другим группировкам

Внутреннее представление гармонизированной номенклатуры грузов системы формирования ТЭБ включает 54 позиции.

Далее при построении ТЭБ на основе гармонизированной статистики промышленности и внешнеэкономической статистики оценивается экспорт и импорт грузов (продукции) по ре-

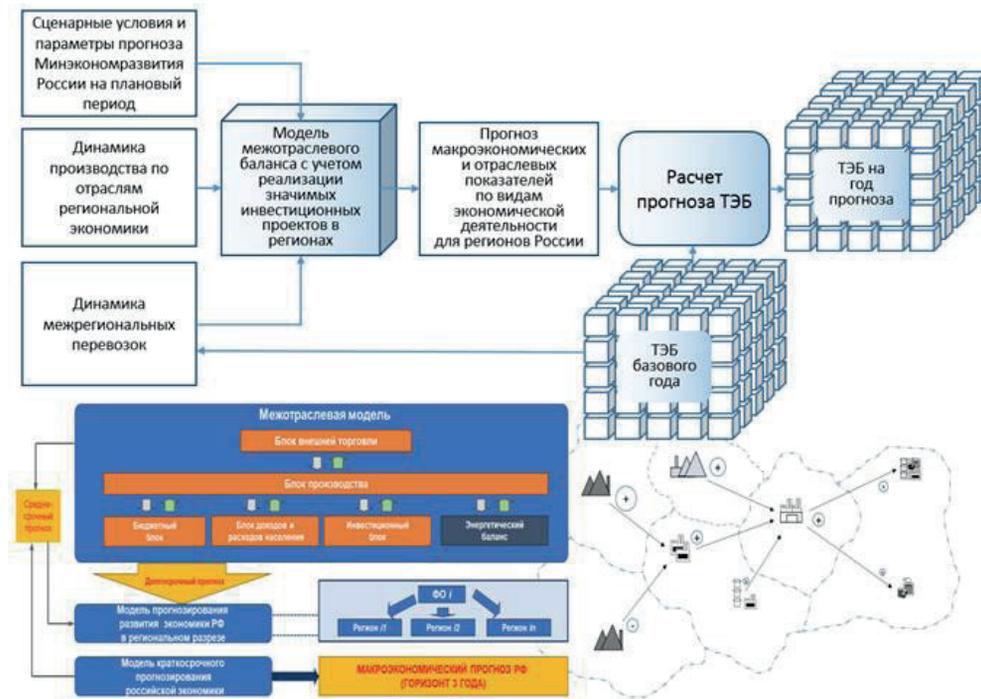


Рис. 2. Модель прогнозирования в транспортно-экономическом балансе

Fig. 2. Prediction model in the transport and economic balance



гионам России, затем на основе данных по выпускам продукции оценивается грузовая база регионов и на основе транспортной статистики формируются межрегиональные корреспонденции, а также оценки внутрирегиональных перевозок (на себя).

Баланс строится по всем регионам России.

Восстановление грузовой базы и корреспонденций грузопотоков на основе исходных статистических данных производится с учетом балансовых уравнений ТЭБ (1) - (9). Балансовые уравнения используются на каждой стадии расчетов ТЭБ для проверки сходимости баланса.

Если для каких-либо регионов, родов грузов и видов транспорта баланс не сходится, производится поиск ошибок в исходных данных или выполняются корректирующие проводки, которые устраняют невязки и компенсируют неточность и неполноту исходной статистической информации.

Построенный сводный баланс описывает отправление и прибытие грузов по регионам России. Баланс по отправлению отражает отправление из данного региона в регионы России и на экспорт, а баланс по прибытию описывает прибытие грузов в данный регион из регионов России и по импорту. Строится сводная таблица внутрироссийских перевозок для региона по видам транспорта, а также таблица перевозок из региона в экспорт и импорт по видам транспорта и видам сообщения.

Данные по перевозкам автотранспортом дополнительно калибруются по фактическим данным пунктов учета состава и интенсивности движения по автомобильным дорогам.

Результаты работы внедрены в Информационно-аналитическую систему регулирования на транспорте (АСУ ТК) Министерства транспорта Российской Федерации. Построенный транспортно-экономический баланс описывает фактические и прогнозные объемы и корреспонденции 97% грузовых перевозок между всеми субъектами Российской Федерации. В балансе устранены невязки исходных данных, вызванные неполнотой и неточностью исходной статистики. Критерием устранения невязок является сходимость уравнений баланса между регионами, а также по экспорту и импорту.

Межрегиональная невязка составляет в среднем 3-5%, то есть баланс построен с точностью 95%. Причинами невязок являются неточность и неполнота официальной статистической информации и различия в технологии учета по различным статистическим формам, а также погрешности приведения данных к системе единых единиц учета грузов (продукции).

Прогнозный ТЭБ формируется на период до 2030 года в зависимости от экономических параметров, сценарных условий и прогнозных оценок Минэкономразвития России либо иных сценариев в виде индексов развития экономики по видам экономической деятельности, а также с учетом регионализированных индексов экономического развития по видам экономической деятельности регионов.

Разработанные программные средства формирования прогноза позволяют учесть изменения объемов производства или потребления продукции в конкретных регионах с отражением технологических связей этих производств с поставщиками ресурсов и потребителями производимой продукции. При этом обеспечивается балансирование прогноза при помощи межотраслевой межрегиональной модели с использованием матрицы прямых затрат симметричной таблицы «затраты-выпуск» (межотраслевого баланса) по России в целом.

Использование транспортно-экономического баланса

Информация ТЭБ, описывающая фактический и прогнозный спрос на перевозки между различными территориями страны, по различным направлениям (включая экспорт и импорт) по видам транспорта и по родам грузов, позволяет решать задачи транспортного планирования.

Прогнозный ТЭБ в совокупности с данными паспортизации транспортной инфраструктуры (описанием ее текущего состояния и характеристик) может использоваться для оценки дисбалансов использования различных видов транспорта при перевозках грузоемкой продукции, определения грузонапряженных направлений перевозок, выбора мероприятий по переключению грузопотоков на наиболее выгодные для общества виды транспорта, а также развитию пропускных и провозных способностей транспортной инфраструктуры. Например, в части развития международных транспортных коридоров (МТК) для этих целей наряду с ТЭБ может использоваться электронный паспорт МТК (ЭП МТК) [1].

ТЭБ позволит рассчитывать и обосновывать прогнозные нагрузки на инфраструктуру с учетом различных вариантов ее реконструкции и развития, изменения маршрутов, оптимально распределять прогнозные потоки по сети с учетом прогнозируемых характеристик пропускной способности, скоростей движения и устойчивости (предсказуемости) времени доставки грузов, загрузки элементов сети и перераспределения узких мест, ранжировать и отбирать наиболее эффективные проекты. На графе транспортной сети можно оптимизировать назначение потоков на участки и узлы сети по комплексному критерию: цена, время, надежность и безопасность перевозок, влияние на окружающую среду с учетом ограничений пропускной способности. При этом варьирование тарифов позволяет оценивать различные варианты перераспределения потоков по транспортной сети.

Практические задачи транспортного планирования целесообразно решать локально в привязке к конкретным территориям и маршрутам с использованием следующей последовательности этапов решения задачи: анализ грузовой базы и транспортных потоков, поиск дисбалансов, формирование проектных решений для конкретных территорий и маршрутов, расчет ключевых показателей эффективности для каждого решения, расчет затрат и эффектов, включая мультипликативные эффекты в экономике, отбор наиболее эффективных решений по методу «затраты-выгоды». Расчеты можно проводить для различных вариантов развития участков и узлов транспортной сети при различных сценариях развития грузовой базы и спроса экономики на перевозки тех или иных родов грузов.

Важной масштабной задачей могло бы стать формирование ТЭБ Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Это позволит создать основу системы транспортного планирования не только в государствах-членах, но и на уровне Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), позволит управлять сбалансированным согласованным развитием транспортной инфраструктуры коридоров и транспортных маршрутов ЕАЭС. Решения по развитию транспортной инфраструктуры, основанные на ТЭБ, будут носить рекомендательный характер, но их трудно будет оспаривать, так как они будут основаны на объективной информации.



Список использованных источников

- [1] *Евсеев О.В., Забоев А.И.* Перспективы электронной паспортизации транспортных коридоров ЕАЭС в условиях цифровой трансформации транспорта // Сборник материалов Третьей Международной заочной научно-практической конференции «Перспективы развития транспортного комплекса». Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2017. С. 9-12. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32631274&> (дата обращения: 12.08.2018).
- [2] Использование математических методов и ЭВМ при планировании развития и работы транспорта / Под ред. Г.И. Черномордика и И.Т.Козлова. М.: Транспорт, 1967. 294 с.
- [3] *Ковшов Г.Н.* Транспорт в системе моделей перспективного планирования народного хозяйства. Экономика и математические методы. Том XIII, вып. 5. М., 1977. С. 1034-1053.
- [4] *Ковшов Г.Н., Михайлов А.Д.* О транспортном факторе в системе оптимального перспективного планирования народного хозяйства // Проблемы оптимального планирования. Ч. II. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1973.
- [5] *Лившиц В.Н.* Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. М.: Экономика, 1971. 255 с.
- [6] Методические основы построения системы моделей народнохозяйственного планирования в отраслевом и территориальном разрезе (система СМОТР – согласования моделей отраслевых и территориальных решений). Заключительный отчет по теме: «Система экономико-математических моделей оптимального планирования народного хозяйства». М.: ЦЭМИ АН СССР, 1980.
- [7] Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года от 22.11.2008 № 1734-р в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.06.2014 № 1032-р. Собрание законодательства Российской Федерации, 2008. № 50, ст. 5977. URL: <https://www.mintrans.ru/documents/3/1009> (дата обращения: 12.08.2018).
- [8] *Шилов А.А., Янговский А.А.* Межотраслевая макроэкономическая модель как ядро комплексных прогнозных расчетов // Проблемы прогнозирования. 2014. № 3(144). С. 18-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23378051> (дата обращения: 12.08.2018).
- [9] *Brandsma A., Ivanova O., Kancs d'A.* RHOMOLO – a dynamic spatial general equilibrium model. Seville, Spain: JRC IPTS, 2011.
- [10] *Ivanova O.* The role of transport infrastructure in regional economic development. ТØI Report 671/2003. Oslo, 2003. 160 p. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=9223> (дата обращения: 12.08.2018).
- [11] *Ivanova O., Vold A., Jean-Hansen V.* PINGO: A model for prediction of regional and interregional freight transport. Version 1. ТØI rapport 578/2002. Oslo, 2002. 48 p. URL: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=2346> (дата обращения: 12.08.2018).
- [12] Commodity Flow Survey Overview // U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bts.gov/cfs> (дата обращения: 12.08.2018).
- [13] Core Database Development for the European Transport policy Information System (ETIS) // EU Transport Research and Innovation Monitoring and Information System. [Электронный ресурс]. URL: <https://trimis.ec.europa.eu/?q=project/core-database-development-european-transport-policy-information-system-etis> (дата обращения: 12.08.2018).
- [14] *Dietzenbacher E., Los B., Stehrer R., Timmer M., de Vries G.* The construction of world input-output tables in the wiod project // Economic Systems Research. 2013. Vol. 25, issue 1: Global Multiregional Input-Output Frameworks. Pp. 71-98. DOI: 10.1080/09535314.2012.761180
- [15] *Fachin S., Venanzoni G.* IDEM: an Integrated Demographic and Economic Model of Italy // Proceedings of the 14th International Conference on Input-Output Techniques. CONSIP S.p.A., 2002. 15 p. URL: <https://www.iioa.org/conferences/14th/files/Fachiim.pdf> (дата обращения: 12.08.2018).
- [16] *Gaulier G., Zignago S.* BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version // CEPII Working Paper 2010-23. October 2010. CEPII. URL: <http://www.cepii.fr/CEPII/en/publications/wp/abstract.asp?NoDoc=2726> (дата обращения: 12.08.2018).
- [17] *Helpman E., Melitz M., Rubinstein Y.* Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes // The Quarterly Journal of Economics. 2008. Vol. 123, issue 2. Pp. 441-487. DOI: 10.1162/qjec.2008.123.2.441
- [18] *Lenzen M., Moran D., Kanemoto K., Geschke A.* Building EORA: A global multi-region input-output database at high country and sector resolution // Economic Systems Research. 2013. Vol. 25, issue 1: Global Multiregional Input-Output Frameworks. Pp. 20-49. DOI: 10.1080/09535314.2013.769938
- [19] *Narayanan G., Badri A.A., McDougall R.* Global Trade, Assistance, and Production: The Gtap 8 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2012. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v8/v8_doco.asp (дата обращения: 12.08.2018).
- [20] Measuring Material Flows and Resource Productivity. Vol. I. The OECD Guide. OECD, 2008. 162 p. URL: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-guide.pdf> (дата обращения: 12.08.2018).
- [21] STAN Database for Structural Analysis // Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). ISIC Rev. 3, SNA93. [Электронный ресурс]. URL: <https://stats.oecd.org/index.aspx?Datasetcode=stan08bis> (дата обращения: 12.08.2018).
- [22] *Sivakumar A.* Modelling transport: A Synthesis of Transport Modelling Methodologies. Imperial College London Working Paper, 2007. 29 p.
- [23] *Sorratini J.A.* Estimating Statewide Truck Trips Using Commodity Flows and Input-Output Coefficients // Journal of Transportation and Statistics. 2000. Vol. 3, no. 1. Pp. 53-67. URL: https://www.bts.gov/sites/bts.dot.gov/files/legacy/publications/journal_of_transportation_and_statistics/volume_03_number_01/jts_v3_n1.pdf (дата обращения: 12.08.2018).
- [24] Global Material Flows Database [Электронный ресурс]. URL: <http://www.Materialflows.net> (дата обращения: 12.08.2018).
- [25] *Heyndrickx Ch., Kartseva M., Tourdyeva N.* The SUST-RUS database: regional social accounting matrix for Russia. SUST-RUS Project Report, 2011. 36 p. URL: <http://www.cefir.ru/index>



- php?l=eng&id=528 (дата обращения: 12.08.2018).
- [26] Tukker A., Poliakov E., Heijungs R., Hawkins T., Neuwahl F., Rueda-Cantuche J.M., Giljum S., Moll S., Oosterhaven J., Bouwmeester M. Towards a global multi-regional environmentally extended input-output database // *Ecological Economics*. 2009. Vol. 68, issue 7. Pp. 1928-1937. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.11.010
- [27] United Nations Statistics Division. UN Comtrade – United Nations Commodity Trade Statistics Database. United Nations Statistics Division (UNSD): New York, NY, USA, 2012. [Электронный ресурс]. URL: <https://unstats.un.org/unsd/databases.htm> (дата обращения: 12.08.2018).
- [28] United Nations Statistics Division. United Nations Service Trade Statistics Database; United Nations Statistics Division (UNSD): New York, NY, USA, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://unstats.un.org/unsd/databases.htm> (дата обращения: 12.08.2018).
- Поступила 12.08.2018; принята в печать 10.09.2018;
опубликована онлайн 30.09.2018.
- ## References
- [1] Evseev O., Zaboev A. Prospects of electronic passportization of transport corridors in the EAEU within the context of transport digitalization. Prospects for the development of the transport complex. Minsk: BelNIIT, 2017, pp. 9-12. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32631274&> (accessed 12.08.2018). (In Russian)
- [2] Ispol'zovanie matematicheskikh metodov i EHVM pri planirovani razvitiya i raboty transporta [The use of mathematical methods and computers in planning the development and operation of transport]. G.I. Chernomordik, I.T. Kozlov (Eds.). M.: Transport, 1967. 294 p. (In Russian)
- [3] Kovshov G.N. Transport in the system of models of long-term planning of the national economy. *Economics and mathematical methods*. Vol. XIII, no. 5. M., 1977, pp. 1034-1053. (In Russian)
- [4] Kovshov G.N., Mikhailov A.D. About the transport factor in the system of optimal long-term planning of the national economy. Problems of optimal planning. Part II. M.: CEMI USSR Academy of Sciences, 1973. (In Russian)
- [5] Livshits V.N. The choice of optimal solutions in the technical and economic calculations. M.: Economics, 1971. 255 p. (In Russian)
- [6] Methodical foundations for building a system of models of national economic planning in a sectoral and territorial context. M: CEMI USSR Academy of Sciences, 1980. (In Russian)
- [7] Transportnaya strategiya Rossijskoj Federacii na period do 2030 ot 22.11.2008 № 1734-r v redakcii rasporyazheniya Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 11.06.2014 № 1032-r. *Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii*, 2008. № 50, st. 5977. Available at: <https://www.mintrans.ru/documents/3/1009> (accessed 12.08.2018). (In Russian)
- [8] Shirov A.A., Yantovsky A.A. Input-output macroeconomic model as the core of complex forecasting calculations. *Studies on Russian Economic Development*. 2014; 25(3):225-234. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24048736> (accessed 12.08.2018).
- [9] Brandsma A., Ivanova O., Kancs d'A. RHOMOLO – a dynamic spatial general equilibrium model. Seville, Spain: JRC IPTS, 2011.
- [10] Ivanova O. The role of transport infrastructure in regional economic development. TØI Report 671/2003. Oslo, 2003. 160 p. Available at: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=9223> (accessed 12.08.2018).
- [11] Ivanova O., Vold A., Jean-Hansen V. PINGO: A model for prediction of regional and interregional freight transport. Version 1. TØI rapport 578/2002. Oslo, 2002. 48 p. Available at: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=2346> (accessed 12.08.2018).
- [12] Commodity Flow Survey Overview. U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics. Available at: <https://www.bts.gov/cfs> (accessed 12.08.2018).
- [13] Core Database Development for the European Transport policy Information System (ETIS). EU Transport Research and Innovation Monitoring and Information System. Available at: <https://trimis.ec.europa.eu/?q=project/core-database-development-european-transport-policy-information-system-etis> (accessed 12.08.2018).
- [14] Dietzenbacher E., Los B., Stehrer R., Timmer M., de Vries G. The construction of World Input-Output Tables in the WIOD project. *Economic Systems Research*. 2013; 25(1):71-98. DOI: 10.1080/09535314.2012.761180
- [15] Fachin S., Venanzoni G. IDEM: an Integrated Demographic and Economic Model of Italy. *Proceedings of the 14th International Conference on Input-Output Techniques*. CONSIP S.p.A., 2002. 15 p. Available at: <https://www.ioa.org/conferences/14th/files/Fachiim.pdf> (accessed 12.08.2018).
- [16] Gaulier G., Zignago S. BACI: International Trade Database at the Product-Level. The 1994-2007 Version. CEPII Working Paper 2010-23. October 2010. CEPII. Available at: <http://www.cepii.fr/CEPII/en/publications/wp/abstract.asp?NoDoc=2726> (accessed 12.08.2018).
- [17] Helpman E., Melitz M., Rubinstein Y. Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes. *The Quarterly Journal of Economics*. 2008; 123(2):441-487. DOI: 10.1162/qjec.2008.123.2.441
- [18] Lenzen M., Moran D., Kanemoto K., Geschke A. Building EORA: A global multi-region input-output database at high country and sector resolution. *Economic Systems Research*. 2013; 25(1):20-49. DOI: 10.1080/09535314.2013.769938
- [19] Narayanan G., Badri A.A., McDougall R. Global Trade, Assistance, and Production: The Gtap 8 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University, 2012. Available at: https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v8/v8_doco.asp (accessed 12.08.2018).
- [20] Measuring Material Flows and Resource Productivity. Vol. I. The OECD Guide. OECD, 2008. 162 p. Available at: <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf> (accessed 12.08.2018).
- [21] STAN Database for Structural Analysis. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). ISIC Rev. 3, SNA93. Available at: <https://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetcode=stan08bis> (accessed 12.08.2018).
- [22] Sivakumar A. Modelling transport: A Synthesis of Transport Modelling Methodologies. Imperial College London Working Paper, 2007. 29 p.
- [23] Sorratini J.A. Estimating Statewide Truck Trips Using Com-



- modity Flows and Input-Output Coefficients. *Journal of Transportation and Statistics*. 2000; 3(1):53-67. Available at: https://www.bts.gov/sites/bts.dot.gov/files/legacy/publications/journal_of_transportation_and_statistics/volume_03_number_01/jts_v3_n1.pdf (accessed 12.08.2018).
- [24] Global Material Flows Database Available at: <http://www.Materialflows.net> (accessed 12.08.2018).
- [25] Heyndrickx Ch., Kartseva M., Tourdyeva N. The SUST-RUS database: regional social accounting matrix for Russia. SUST-RUS Project Report, 2011. 36 p. Available at: <http://www.cefir.ru/index.php?l=eng&id=528> (accessed 12.08.2018).
- [26] Tukker A., Poliakov E., Heijungs R., Hawkins T., Neuwahl F., Rueda-Cantuche J.M., Giljum S., Moll S., Oosterhaven J., Bouwmeester M. Towards a global multi-regional environmentally extended input-output database. *Ecological Economics*. 2009; 68(7):1928-1937. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.11.010
- [27] United Nations Statistics Division. UN Comtrade – United Nations Commodity Trade Statistics Database. United Nations Statistics Division (UNSD): New York, NY, USA, 2012. Available at: <https://unstats.un.org/unsd/databases.htm> (accessed 12.08.2018).
- [28] United Nations Statistics Division. United Nations Service Trade Statistics Database; United Nations Statistics Division (UNSD): New York, NY, USA, 2017. Available at: <https://unstats.un.org/unsd/databases.htm> (accessed 12.08.2018).

Submitted 12.08.2018; revised 10.09.2018;
published online 30.09.2018.

Об авторах:

Oleg V. Evseev, Doctor of Engineering Science, Professor, Director, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16, Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2437-6497>, evseev@mintrans.org

Vasily V. Murashov, Senior Deputy Director, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3633-7495>, murashov@mintrans.org

Alexander I. Zabojev, Ph.D (Economy), Associate Professor, Head of Division, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9295-1708>, aza@mintrans.org

Anton A. Zemtsov, Head of Division, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1385-768X>, zemtsov@mintrans.org

Victor N. Buslov, Head of Division, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0559-5931>, buslov@mintrans.org

Alexander V. Shubin, Researcher, Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation (16 Myasnitskaya Str., Moscow 101000, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9863-4658>, alexander-shubin@mintrans.org

Alexander A. Schirov, Doctor of Economics, RAS Professor, Deputy Director, Institute for Economic Forecasting, Russian Academy of Science (47 Nakhimovskiy Prospect, Moscow 117418, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0806-9777>, schir@ecfor.ru

Anton V. Shubin, General Director, LLC "Geogracom" (Office 4297, 42 Warsawskoye freeway, Moscow 115580, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5518-1177>, anton.shubin@geogracom.com

Anton C. Urazov, Researcher, LLC "Geogracom" (Office 4297, 42 Warsawskoye freeway, Moscow 115580, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6699-7534>, anton.urazov@geogracom.com

Elena M. Anikina, Researcher, LLC "Geogracom" (Office 4297, 42 Warsawskoye freeway, Moscow 115580, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1820-8507>, elena.anikina@geogracom.com



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

