

4/23

ПРЕПРИНТЫ

МИКРОЭКОНОМИКА ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ
ПРОМЫШЛЕННАЯ КОНКУРЕНТНАЯ
И ИНФРАСТРУКТУРНАЯ ПОЛИТИКА
MICROECONOMICS INDUSTRY MARKETS,
INDUSTRIAL, COMPETITION AND
INFRASTRUCTURE POLICY

К. А. Касьянова

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ И
СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ В ОТРАСЛИ
ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
ПЕРЕВОЗОК РОССИИ С ПОМОЩЬЮ
ИЕРАРХИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ
ВВЕДЕНИЯ ТОРГОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И
ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ»
(РАНХиГС)

**Моделирование динамики и структурных сдвигов в отрасли грузовых
железнодорожных перевозок России с помощью иерархических моделей в
условиях введения торговых ограничений**

Касьянова К.А.,
Младший научный сотрудник
лаборатории системного анализа
отраслевых рынков ИПЭИ РАНХиГС,
ORCID: 0000-0001-6047-3772
kasyanova-ka@ranepa.ru

Москва 2023

Аннотация

Актуальность: использование детализированной информации иерархической структуры по грузовым перевозкам позволит анализировать величину отставания грузооборота от докризисного уровня, выявляя наиболее пострадавшие отрасли или регионы, требующие поддержки. **Цель:** оценка сокращения объемов грузооборота железнодорожным видом транспорта по отдельным видам грузов и в целом по России вызванного структурными сдвигами из-за возникновения торговых ограничений.

Методы: моделирование производилось при помощи иерархических моделей.

Результаты исследования: разработан новый методологический подход к прогнозированию грузооборота железнодорожного транспорта в условиях санкционных (торговых) ограничений, позволяющий скорректировать прогнозы с учетом иерархической структуры данных, проведены эмпирические оценки изменений динамики грузовых железнодорожных перевозок по отдельным группам товаров и направлениям. **Основные выводы:** введенные в 2022 году санкции неравномерно повлияли на российские регионы. К регионам, относительно выигравшим от событий 2022 г. можно отнести юг Дальнего Востока с максимальной загрузкой портов, аграрно-туристический юг, отчасти Поволжье. Среди проигравших – Ленинградская область и Санкт-Петербург, а также традиционно ориентированные на западные инвестиционные субъекты (Калужская область).

Перспективы исследования: полученные результаты могут быть использованы для формирования механизмов восстановления отрасли к докризисному уровню за счет повышения эффективности логистики транспортировки грузов: прогноз ожидаемого уровня потребления, определение потенциально перегруженных железнодорожных узлов. Прогнозы верхних уровней иерархии можно использовать как для определения количественного сокращения импорта или экспорта по отдельным видам грузов, так и в целом для оценки снижения ВВП из-за введения торговых ограничений.

Ключевые слова: грузооборот железнодорожным видом транспорта; структурный сдвиг; иерархические модели; моделирование динамики грузооборота; торговые ограничения.

JEL codes: C5, L92, R4

Abstract

Relevance: the lag in cargo turnover from the pre-crisis level can be analyzed using the property of the structure of the freight transportation database (hierarchical). It will help identify the most affected industries or regions that require support. **Objective:** to estimate the reduction in cargo turnover for certain types due to the trade restrictions. **Methods:** hierarchical models. **Research results:** a new methodological approach to forecasting cargo turnover under sanctions has been developed, which makes it possible to adjust forecasts taking into account the hierarchical structure of data, and empirical assessments of changes in the dynamics of freight traffic for individual groups of goods and directions have been carried out. **Main conclusions:** the sanctions imposed in 2022 have had an uneven impact on Russian regions. The regions that benefited from the events included the south of the Far East with maximum port load, the agricultural and tourist south, and the Volga region. Among the losers are the Leningrad region and St. Petersburg, subjects traditionally oriented towards Western investments (Kaluga region). **Research prospects:** the results can be used to formulate mechanisms to get industry back on track by increasing the efficiency of cargo transportation logistics. Forecasts from the upper levels of the hierarchy can be used both to determine the quantitative reduction in imports or exports for individual types of goods, and in general to assess the decline in GDP due to the introduction of trade restrictions.

Key words: freight rail turnover; structural shift; hierarchical models; modeling of cargo turnover dynamics; trade restrictions.

JEL codes: C5, L92, R4

Структура

Введение.....	4
1 Обзор мирового опыта моделирования рынка грузовых железнодорожных перевозок	5
2 Текущее состояние и перспективы развития отрасли грузовых перевозок в России	9
3. Анализ имеющейся статистики по грузовым перевозкам железнодорожным транспортом	16
4. Результаты оценки модели прогнозирования объемов грузооборота железнодорожным видом транспорта	25
Заключение.....	39
Благодарности.....	40

Введение

Для внутренней логистики в России ключевую роль играет автотранспорт: по данным Росстата, за 10 месяцев 2022 года из 6,55 млрд тонн перевезенных внутри РФ грузов 4,52 млрд (69%) пришлось на автомобильные перевозки. Второе место по значимости занимают железнодорожный транспорт: 1,02 млрд тонн, третье – трубопроводный [1].

Работа железных дорог в России показывает реальное состояние экономики, поскольку грузовые перевозки сырья и конечных массовых продуктов с большой долей экспорта, таких как уголь, металлы, удобрения, в основном осуществляются по железной дороге. Следовательно, он отражает структуру и пропорции отечественной экономики по физическим показателям. В нашем анализе мы сосредоточимся в основном на этих трех товарах, так как они подверглись ряду санкций, введенных с 2022 года.

В условиях резких изменений экономики, связанных с введением торговых ограничений, вопрос прогнозирования становится все более актуальным, однако он осложняется отсутствием достаточного количества наблюдений после структурного сдвига.

Для прогнозирования отдельных рядов по грузоперевозкам железнодорожным транспортом различных уровней (например, суммарные грузоперевозки по РФ, грузоперевозки отдельных групп товаров, объем поставок отдельного товара в регион/страну) будет использоваться байесовская структурная модель временных рядов [2]. При анализе конкретных групп товаров модель будет расширяться с учетом специфических для товара факторов (например, для угля это могут быть мировые цены на газ и уголь, потребление электроэнергии в регионе, объем производства металлургической отрасли). После этого прогнозы будут корректироваться с учетом методов согласования иерархических прогнозов, разработанных авторами на основе методов, предложенных Хиндманом в работе [3], позволяющих учесть последствия введения санкционных ограничений на иерархическую структуру данных. Далее по тексту, если не указано иного под иерархической моделью будет подразумеваться описанная выше спецификация.

Анализ проводится на основе дезагрегированных месячных данных РЖД о грузоперевозках железнодорожным транспортом за 2012-2020 гг., включающих в себя информацию о станции отправления/назначения, код груза товара с детализацией до 5 знаков ЕТСНГ, а также агрегированных данных Росстата за 2005-2022 гг. о суммарных грузоперевозках железнодорожным транспортом по основным видам грузов. В рамках данной работы основной проблемой является ограниченность имеющихся данных, а именно тот факт, что дезагрегированные данные доступны только за период с 2012 по 2020 гг. Результаты работы, основанные на этих данных, заключаются в оценке эффекта COVID-19, а также позволяют создать методологические основы моделирования последствий санкционных ограничений на основе данных иерархической структуры. Определенно ограничения вследствие пандемии COVID-19 и вследствие санкций значительно отличаются, поскольку первые незначительно влияют на грузооборот, в отличие от вторых. Однако в связи с особенностью имеющихся данных при оценке последствий ограничений, связанных с пандемией COVID-19 можно откалибровать модель, а также в рамках предположения, что эффект COVID-19 на рынок грузоперевозок был временный, скорректировать данные с учетом этого факта.

Результаты работы могут дать методологические основы моделирования последствий санкционных ограничений для транспортной системы с разным набором исходных параметров, которые невозможно учесть при моделировании с помощью обычных моделей, не учитывающих иерархическую структуру: разный набор ограничений, разный набор недружественных государств, и др.

Результаты данного исследования будут иметь важное социально-экономическое значение для принятия решений о развитии железнодорожной инфраструктуры и планировании инвестиций: Восточный полигон, целесообразность строительства/усиления подходов к портам Азово-Черноморского и Арктического бассейнов (Индига и др.), сохранения и развития транспортных коммуникаций внутри блока стран ЕАЭС.

1 Обзор мирового опыта моделирования рынка грузовых железнодорожных перевозок

В анализе данных часто встречаются данные со сложной многоуровневой структурой, точный прогноз которых является одним из ключевых факторов принятия

эффективных решений. Необходимость прогнозирования данных с иерархической структурой возникает, например, в микроэкономике при анализе спроса, макроэкономике, страховании, демографии и так далее. В связи с этим необходимо использовать подходы, позволяющие учитывать взаимозависимости прогнозируемых временных рядов.

Большинство моделей, рассматриваемых в литературе так или иначе предназначены для проведения кратко- и среднесрочных дескриптивных прогнозных расчетов [4], [5]. В условиях резких изменений экономики, связанных с введением торговых ограничений, вопрос прогнозирования становится все более актуальным, однако он осложняется отсутствием достаточного количества наблюдений после структурного сдвига.

Существует ряд статей, направленных на решение задачи прогнозирования спроса на грузовые железнодорожные перевозки с учетом экзогенных факторов, наиболее актуальной для оперативного и эффективного планирования перевозок. В рамках исследования данного вопроса в работе [6] производится анализ качества прогностических моделей при выборе оптимальной модели. В работе [7] предложена система прогнозирования, направленная на повышение качества управления грузовыми железнодорожными перевозками путем выявления взаимосвязи объемов погрузки и спроса на грузовые железнодорожные перевозки с учетом экзогенных факторов. Технические требования к системе прогнозирования предполагают возможность формирования иерархически согласованных прогнозов в различных разрезах: по типам грузов, пунктам отправления и назначения, и различной детализации по времени. В современной литературе по анализу данных можно выделить несколько основных подходов к прогнозированию и моделированию временных рядов с такой структурой. Основное предположение, на котором построены многие из методов, заключается в том, что при группировке рядов, которые ведут себя одинаково, характерные ошибки внутри групп будут компенсировать друг друга, в то время как более релевантная для прогнозирования индивидуальная динамика будет сохраняться.

Одним из способов повышения точности прогнозов является агрегирование данных до составления прогнозов, другой – комбинирование самих прогнозов. Информация, полученная из агрегированных рядов, может иметь существенное влияние при прогнозировании рядов нижнего уровня, хотя ее использование может

сопровождаться некоторыми сложностями, возникающих из-за индивидуальных особенностей рядов.

Во многих теоретических и эмпирических работах было замечено, что зачастую более простые методы оказываются в разы эффективнее сложных моделей с большим числом оцениваемых коэффициентов. Такой подход к прогнозированию рядов, как получение оптимальной комбинации прогнозов по качеству прогнозов может легко обогнать модели, учитывающие особенности каждого из рядов при оценивании коэффициентов.

Существует несколько популярных подходов к комбинированию прогнозов: «сверху-вниз», «снизу-вверх», «из середины» и корректировка прогнозов по OLS. Данные, к которым эти подходы применимы, отличаются следующим свойством: когда ряды нижнего уровня группируются, прогнозы каждой группы должны быть равны сумме прогнозов рядов, входящих в группу.

Для любого набора данных, обладающего таким свойством, можно построить суммирующую матрицу S , которая отражает структуру иерархии рядов. Примером такой матрицы является, смотри формулу (1):

$$\begin{bmatrix}
 Y_t \\
 Y_{1,t} \\
 Y_{2,t} \\
 \dots \\
 Y_{i,t} \\
 Y_{11,t} \\
 Y_{12,t} \\
 Y_{13,t} \\
 Y_{21,t} \\
 Y_{22,t} \\
 Y_{23,t} \\
 \dots \\
 Y_{ij-2,t} \\
 Y_{ij-1,t} \\
 Y_{ij,t}
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \dots & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \dots & \dots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\
 \dots & \dots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 Y_{11,t} \\
 Y_{12,t} \\
 Y_{13,t} \\
 Y_{21,t} \\
 Y_{22,t} \\
 Y_{23,t} \\
 \dots \\
 Y_{ij-2,t} \\
 Y_{ij-1,t} \\
 Y_{ij,t}
 \end{bmatrix}, \tag{1}$$

где $Y_{ij,t}, Y_{i,t}, Y_t$ – значения j -ого ряда третьего уровня, i -ого ряда второго уровня и ряда первого уровня соответственно в момент времени t .

Самый распространенный метод получения прогнозов для всех уровней иерархии – «снизу-вверх» метод (англ. bottom-up). Суть метода заключается в

получении независимых прогнозов на h шагов вперед для рядов нижнего уровня иерархии и их агрегирование согласно структуре иерархии S , смотри формулу (2):

$$\tilde{y}_h = S\hat{y}_{K,h}, \quad (2)$$

где \tilde{y}_h – собранные с помощью суммирования прогнозы рядов уровней $1 \dots K - 1$,

S – суммирующая матрица, отражающая иерархическую структуру данных,

$\hat{y}_{K,h}$ – базовые прогнозы.

При таком методе агрегации не теряется информация, в этом основное преимущество этого подхода. Недостаток метода заключается в том, что ряды нижнего уровня могут быть сильно зашумленными, а потому более сложными для моделирования и прогнозирования [8]. В таком случае метод «сверху-вниз» может быть эффективнее, но это зависит от того, насколько точными являются прогнозы агрегированного ряда и подобранные пропорции.

Аналогичный предыдущему подход – метод «сверху-вниз» (англ. top-down). Для этого метода необходимо получить базовый прогноз для агрегированного ряда (первого уровня), а также коэффициенты-пропорции, на которые агрегированный ряд будет умножаться для получения прогноза нижнего уровня.

Методы «снизу-вверх» и «сверху-вниз», не учитывают корреляцию между рядами на каждом уровне. Один из методов прогнозирования, позволяющий сделать это, был предложен Хайндманом и др. [9]. Этот метод позволяет получать скорректированные оценки прогнозов агрегированных рядов и их компонент. Основная идея этого метода заключается в получении согласованных на разных уровнях прогнозов на основе независимых между собой прогнозов всех рядов всех уровней.

Подход, описанный в работе [3], предполагает получение прогноза для каждого из рядов иерархии. Предположение следующее: поскольку эти базовые прогнозы генерируются независимо друг от друга, они не могут обладать свойством аддитивности, то есть они не будут суммироваться в соответствии с иерархической структурой, отраженной в матрице S . Данный подход позволяет получить оптимальную комбинацию прогнозов, полученных на основе несогласованных базовых прогнозов. Прогнозы для каждого ряда переоцениваются так, чтобы они

были максимально приближены к базовым прогнозам, но в то же время удовлетворяли иерархической структуре S .

Идея заключается в представлении базовых прогнозов на h шагов вперед в рамках линейной регрессии, смотри формулу (3):

$$\hat{y}_h = S\beta_h + e_h, \quad (3)$$

где \hat{y}_h – вектор базовых прогнозов на h шагов вперед для всех уровней иерархии,

S – матрица суммирования,

$\beta_h = E[\beta_{n+h}|y_1, \dots, y_n]$ – неизвестное среднее значение будущих значений рядов нижнего уровня,

$e_h \sim N(0, \Sigma_h)$ – ошибка регрессии.

В общем случае Σ_h неизвестна. Однако можно показать, что при расчете точечных прогнозов корреляция между рядами не важна.

Преимуществом этого метода является то, что данный подход использует доступную в иерархии информацию, учитывает взаимосвязь между прогнозами на всех уровнях иерархии и при условии, что базовые прогнозы являются несмещенными, скорректированные прогнозы также будут несмещенными.

В целом, при работе с дезагрегированными данными можно ожидать, что при согласовании прогнозов методами, описанными выше, можно улучшить качество прогнозов, однако эффективность подходов сильно варьируется в зависимости от структуры рядов-компонент и применяемого метода согласования. Следовательно, перед применением данного подхода необходимо провести анализ используемых рядов на наличие общих трендов, сезонности и наличие кластеров. Основным преимуществом данного подхода является возможность получения более реалистичных прогнозов, согласующихся с реальной структурой данных.

2 Текущее состояние и перспективы развития отрасли грузовых перевозок в России

Российская транспортная отрасль подверглась санкциям как прямым, так и косвенным. В частности, международный транзит грузов российскими

автомобильными и железнодорожными грузовыми перевозчиками остановился из-за резкого снижения объемов двусторонней торговли. Транзит грузов автомобильным и железнодорожным транспортом через Россию из бывших советских республик сместился на белорусские погранпереходы и в сторону Балкан, например, более длинный маршрут через Словакию и Венгрию. Однако мощности пограничных переходов стран Восточной Европы недостаточны для этого грузопотока. Естественно, эффективных логистических схем как для прямого, так и для транзитного сообщения не существует [10]. В целом после введения санкций можно отметить следующие изменения в динамике грузооборота в России:

— Динамика грузооборота по разным группам товаров отличается. Снижение итоговых результатов зафиксировано в пяти сегментах: черный металл (-25,5%), руда (-21,6%), контейнерные грузы (15,8%), сжиженный газ (9%) и нефтепродукты (-33%), что объясняется следующими фактами. Поставки черного металла снизились из-за европейского эмбарго, а также фактического сокращения импорта в некоторых странах. Экспорт руды начал сокращаться из-за снижения спроса в Европе, связанного с отказом от российской продукции и общего сокращения выпуска на печах. Проблему усугубляет то, что крупнейшие железорудные предприятия расположены в западных районах страны, поэтому им сложно переориентировать экспорт на восток,

— На динамику перевалки контейнеров по-прежнему влияют два основных фактора – снижение количества находящихся в эксплуатации контейнеров иностранных государств и более существенное снижение импорта контейнеров по сравнению с экспортом в условиях санкций и ограничений,

— Снижение перевалки сжиженного газа частично обусловлено высокой базой в первом квартале 2022 года,

— Перевалка нефтепродуктов снижается из-за официальных ограничений на ввоз российских нефтепродуктов европейскими странами, вступивших в силу с февраля 2023 года,

— Значительный рост наблюдался в сегменте сырой нефти (+9,2%) и угля (+18,3%). Этим грузам удалось преодолеть эмбарго, введенное европейскими странами, благодаря перенаправлению торговых потоков,

— Рост погрузок удобрений и зерна был еще выше – на 56,5% и 107,7% соответственно. Такая динамика обусловлена отсутствием принципиальных

ограничений на их поставку. Кроме того, в сегменте удобрений стимулировался запуск нового специализированного терминала «Ультрамар» в северной части порта Усть-Луга в Ленинградской области. Положительное влияние на зерновой сегмент оказал высокий урожай.

Санкции неравномерно повлияли на российские регионы. Крупнейшие города России показали относительно хорошие результаты, но некоторые районы пострадали от введения санкций в большей степени. Регионы России можно разделить на несколько групп, причем воздействие западных санкций на каждую из этих групп сильно различается:

— Регионы, экономика которых основана на добыче и экспорте природных ресурсов (нефти, газа, угля, металлов и древесины). К ним относятся Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа на севере Сибири, а также Кемеровская и Сахалинская области,

— Регионы сосредоточения обрабатывающей промышленности, в том числе Уральский регион, Татарстан, Башкортостан, юг Сибири и Дальний Восток,

— Сельскохозяйственные районы юга России,

— Города с населением более 1 миллиона человек в своих более крупных агломерациях.

К регионам, относительно выигравшим от событий 2022 г. можно отнести юг Дальнего Востока с максимальной загрузкой портов, аграрно-туристический юг, отчасти Поволжье [11]. Среди проигравших – Ленинградская область и Санкт-Петербург с обвалом контейнерного грузооборота и традиционно ориентированные на западные инвестиции (Калужская область) субъекты.

Восстановление международных поставок происходит за счет оперативной перестройки логистических маршрутов. Северо-западное направление отходит на второй план, его постепенно замещают грузоперевозки на восток и по транспортному коридору «Север — Юг». Ключевой проблемой развития восточных и южных транспортных маршрутов остается нехватка инфраструктуры как в России (ограничения мощностей портов и артерий Восточного полигона), так и в транзитных странах (нет ЖД сообщения между Астарой и Рештом в Иране) [1].

В целом можно выделить следующие изменения в логистике грузов:

— Санкционные ограничения привели к падению грузооборота по традиционным маршрутам более чем на 40%. Также падение погрузки наблюдалось в направлении портов Мурманска,

— Перевалка грузов в Республике Беларусь: некоторые компании, как и раньше возят грузы автотранспортом через Белоруссию,

— Роль главного транспортного хаба теперь играет Турция, через которую поступает большой поток товаров из Европы. Это создает высокую нагрузку на все транспортные цепочки, соединяющие ее с РФ, – автотранспорт, железную дорогу, морской транспорт. Из Турции грузы также перевозятся автотранспортом через страны Кавказского региона: Азербайджан, Армению, Дагестан, Грузию (новое направление, раньше не работало), а также доставляются в Россию через Каспийское море. Проблема данного направления заключается в малой пропускной способности, в связи с чем планируются работы по реконструкции автомобильных погранпереходов с Грузией и Азербайджаном,

— Наблюдается развитие мультимодальных поставки грузов с использованием нескольких видов транспорта по направлениям Юго-Восточная Азия и Китай. В связи с этим увеличилась нагрузка на порты Владивостока и Находки. После введения санкций грузопоток на Дальнем Востоке увеличился в 1,5–2 раза, достигнув показателя в 1 тыс. большегрузов ежедневно. Из-за перенаправления транспортных потоков грузы из Владивостока направляются по железной дороге в Москву и Санкт-Петербург в результате выросла нагрузка на Транссибирскую железнодорожную магистраль, инфраструктурные возможности которой значительно ограничены. Из-за ограничений пропускных способностей логистическим компаниям приходится добавлять в цепочку поставок автотранспорт. Например, поставка грузов до Забайкальска автомобильным транспортом и далее по железнодорожному транспорту. Также появился новый маршрут доставки через Благовещенск: доставка грузов в порт Далянь морским транспортом, автомобильным транспортом в Благовещенск и далее железнодорожным транспортом. Также часть грузов с направления Юго-Восточной Азии перенаправляется в Новороссийск через порты Турции.

— В результате развития железнодорожной инфраструктуры на Восточном направлении планируется увеличить пропускную и провозную способность, что позволит нарастить транзитный контейнеропоток в 4 раза, обеспечив

при этом срок доставки грузов на направлении «Запад – Восток» (Азия - Европа по Транссибирской магистрали) в 7 суток. Программа модернизации Восточного полигона включает два последовательных этапа проекта «Модернизация БАМа и Транссиба», проект «Транссиб за 7 суток» и проекты развития Красноярской железной дороги, в частности участок Междуреченск – Тайшет и далее Артышта – Междуреченск – Тайшет,

— В условиях «новой» логистики Международный транспортный коридор (МТК) "Север - Юг" приобрел большую значимость и стал развиваться очень активно. Перевозки по МТК в первом квартале 2023 года выросли в два раза, достигнув 2,3 миллиона тонн. Коридор соединяет Индию (один из главных торговых партнеров России в 2022 году), Иран и Россию. Основные инвестиции вкладывают в строительство этого транзитного пути Россия и Иран (около 70% преимущественно государственных средств). Маршрут имеет три ветки из Ирана в Россию: Западный — через Азербайджан; Транскаспийский — морем до Астрахани; Восточный — через Туркмению и Казахстан,

— Отмечается, что инвестиционным потенциалом в разной степени обладают все три маршрута МТК «Север — Юг» и все виды транспорта как в части магистральной, так и вспомогательной инфраструктуры, флота морских и речных судов, парка автомобилей, железнодорожного подвижного состава и контейнеров,

— Северный широтный ход является перспективным направлением, так как стратегически он необходим для развития Арктики, а его развитие требуется для поддержки грузооборота Северного морского пути, однако в 2022 году проект Северного широтного хода был приостановлен в пользу развития восточного направления [13]. Актуальность проекта Северного широтного хода в текущих условиях возросла из-за необходимости разгрузить Транссиб и БАМ.

На азиатские страны приходится чуть более одной трети (36%) от общего объема торговли Европейского Союза. За период с 2011–2021 гг. доля железнодорожных грузоперевозок увеличилась с 0,6% до 2%. При этом доставка железнодорожным транспортом занимает от 15 до 20 дней, морским — от 45 до 60. Грузовых железнодорожных маршрутов, связывающих Китай и Европу, почти в два раза больше, чем пять лет назад: 78 железнодорожных линий из Азии достигают 180 городов в 23 европейских странах. Все больше азиатских стран подключены к евразийским железнодорожным коридорам. По оценкам Международного союза

железных дорог, потенциальные темпы роста железнодорожных грузов на евразийских маршрутах составляют от 10%. При этом для стран Европы долгое время товары из Азии железнодорожным транспортом в основном перевозились по Северному коридору, то есть транзитом через Россию, в частности по Транссибирской железнодорожной магистрали [14]. Северный коридор соединяет Китай и Европу через Казахстан, Россию и Беларусь.

В работе [15] проведен системный анализ изменений в транспортной сфере, связанных с введением санкций. Рассмотрены основные направления развития транспортной инфраструктуры и оперативные транспортные и логистические решения российского бизнеса. В условиях изменений, вызванных санкциями, после первичной стабилизации, под изменившуюся структуру грузооборота должна адаптироваться транспортная инфраструктура на восточном и южном направлениях. Однако при этом возникает ряд первоочередных вопросов, связанных с модернизацией транспортной инфраструктуры, основные из которых перечислены ниже:

— Изменение направления транспортных потоков с Запада на Восток связано с долгосрочным строительством транспортной инфраструктуры и значительными вложениями средств. Такая стратегия должна быть связана с четким планом переориентации экономики на Восток, которое сохранится даже при условии, что санкции будут отменены,

— Необходимо определить приоритетные транспортные магистрали с учетом того, что перевозка товаров на дальние расстояния автотранспортом в 20 раз дороже, чем по железной дороге. Также стоит учитывать, что провозные способности автомобильных и железных дорог РФ из Китая в ЕС не могут сравниться с поставками по Северному морскому пути. Несмотря на это стоит отметить, что развитие автомобильных дорог имеет и другие положительные экстерналии за счет повышения транспортной доступности регионов,

— Необходимо провести точный анализ наиболее предпочтительных маршрутов с учетом сравнительного анализа стоимости перевозки разными видами транспорта с учетом того, что многие западные поставки будут переориентированы на восточные. Необходимо учитывать сроки реализации, степень готовности уже запущенных проектов транспортной инфраструктуры, провести расчёты объемов и стоимости работ для новых проектов с учетом перспективных пропускных и

провозных способностей трасс на азиатских направлениях, прогнозной загрузки дорог и потока машин и грузов по направлениям с Востока и с Запада, с Севера на Юг и обратно,

— Необходимо провести анализ объемов перевозок по МТК «Восток – Запад» в рамках сценария санкций на железнодорожные перевозки на территории ЕС.

В связи с ограничениями логистики и доступа российской продукции на внешние рынки отмечается рост перевозки по железной дороге для отдельных товаров. Так, увеличилась погрузка на сети РЖД строительных грузов, черных металлов, лома, железной руды и пр.

Смещение акцента на Азию, Индию и Турцию как на рынки экспорта и импорта России останется основной тенденцией российской логистики. Кроме того, планируется упростить и упорядочить параллельный импорт, который на данный момент довольно хаотичен. Это может создать новую нишу рынка логистики, где предприятия будут осуществлять оптовый импорт через дружественные страны для последующей перепродажи товаров мелким ритейлерам. Эти товары будут дороже, а это, в свою очередь, должно стимулировать импортозамещение по большинству категорий импортных товаров, особенно там, где замена может быть произведена в кратчайшие сроки – одежда, сельхозпродукция, картонно-бумажная продукция, БАДы.

Таким образом, основным выводом данного раздела является то, что санкции неравномерно повлияли на российские регионы: юг Дальнего Востока аграрно-туристический юг, Поволжье являются относительно выигравшими от событий 2022 г, в то время как Ленинградская область, Калужская область ориентированные на западные инвестиции субъекты – проигравшими. В связи с этим необходимо провести точный анализ предпочтительных маршрутов с учетом сравнительного анализа стоимости перевозки разными видами транспорта исходя из того, что многие западные поставки будут переориентированы на восточные. Необходимо учитывать сроки реализации, степень готовности уже запущенных проектов транспортной инфраструктуры, провести расчёты объемов и стоимости работ для новых проектов с учетом перспективных пропускных и провозных способностей трасс на азиатских направлениях, прогнозной загрузки дорог и потока машин и грузов по направлениям с Востока и с Запада, с Севера на Юг и обратно. Все это возможно сделать только с помощью анализа, проводимого на детальных дезагрегированных данных,

отражающих грузопотоки конкретных товаров по конкретным маршрутам.

3. Анализ имеющейся статистики по грузовым перевозкам железнодорожным транспортом

Анализ проводится на основе следующих данных: дезагрегированные месячные данные РЖД о грузоперевозках железнодорожным транспортом за 2012-2020 гг., включающие в себя информацию о станции отправления/назначения, а также код груза товара с детализацией до 5 знаков ЕТСНГ, а также агрегированных данных агрегированных данных Росстата за 2005-2022 гг. о суммарных грузоперевозках железнодорожным транспортом по основным видам грузов. В рамках данной работы основной проблемой является ограниченность имеющихся данных, а именно тот факт, что дезагрегированные данные доступны только за период с 2012 по 2020 гг.

В рамках работы с дезагрегированными данными РЖД в рамках первоначального анализа стоит две основные задачи: определить сопоставимы ли базы данных Росстат и РЖД для получения возможности оценки фактических объемов грузооборота отдельных товаров по конкретным маршрутам и определение иерархической структуры данных исходя из результатов визуального анализа и поставленных задач.

При анализе данных фокус ориентирован на основные товары, транспортируемых железнодорожным транспортом: уголь, руда железная, химические и минеральные удобрения.

Далее рассмотрим более подробно имеющиеся данные Росстата по общему объему грузоперевозок по отраслям. Во-первых, для классификации используется Номенклатура грузов плана и учета погрузки (далее, НГПУП). В отличие от более подробной Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности (далее, ТН ВЭД), используемой РЖД и включающей в себя кодировки из 8 знаков, первая включает в себя 16 агрегированных товарных групп. При этом официальная номенклатура ТН ВЭД состоит из 21 раздела и 99 групп, кодируемых 10 цифрами, однако в базе данных РЖД она сокращена до 8 знаков.

Одной из проблем анализа иерархических рядов грузоперевозок является то, что за отдельные месяцы перевозки товара могут быть нулевыми. Это может происходить как из-за того, что по отдельным направлениям транспортировка была разовой, транспортировка груза может быть сезонной (например, зерновые) и так

далее. Эта проблема усугубляется большим числом станций направления и назначения и очень подробной классификацией: большинство рядов практически полностью состоят из нулей. Такие ряды невозможно прогнозировать с помощью классических моделей временных рядов.

В связи с этим было решено агрегировать ряды до уровня отраслей по номенклатуре НГПУП. Во-первых, это поможет снизить число нулевых рядов. Во-вторых, базы данных будут сопоставимы, что позволит восстановить недостающие данные по базе Росстата. Отметим, что для сопоставимости баз данных Росстат и РЖД группы “Зерно” и “Продукты перемолта” пришлось объединить в общую группу из-за пересечения кодов по ТН ВЭД. Также группа Импортные грузы, включающая в себя грузы разных позиций, перевозимые по плану Министерства внешних экономических связей и торговли, не отражена в классификации ТН ВЭД в связи с чем и существуют небольшие расхождения в двух базах данных.

Обобщим сделанные выводы в виде сравнительной таблицы (*таблица 1*). Основной идеей проводимого на данном этапе анализа является поиск оптимальной интерпретируемой агрегации, позволяющей снизить число рядов с нулями.

Таблица 1

Сравнительный анализ баз данных РЖД и Росстат.

	Направление поставок	Вид товара	Регион	Время	Недостатки/преимущества
Росстат	Общий объем грузоперевозок: Экспорт + Внутренние перевозки	НГПУП (16 знаков)	РФ	2007–н.в., ежемесячно	Обновление данных ежемесячно Не отследить направление поставок Нет разделения на внутренние и экспорт

РЖД	Внутренние перевозки, Экспорт, Импорт, Транзит	ТН ВЭД (8 знаков)	станция отправления – станция назначения	2012–2020/09, ежемесячно	Подробная детализация Нет данных после 2020/09 Слишком дезагрегированные данные: для конкретного маршрута по отдельному виду товара ряд может состоять в основном из “0”
Особенности данных	РЖД: для угля сезонность для внутренних перевозок + тренд для экспортных перевозок	При агрегации данные сопоставимы с небольшими расхождениями (не более 10% для основных ТГ)	Большое число нулей для конкретных маршрутов по видам товара		ВЫВОД: Иерархические модели необходимы для агрегации данных РЖД и согласования прогнозов дезагр данных Росстат для получения отсутствующих в базе РЖД данных с 2020/09

Источник: составлено авторами.

Также в ходе анализа рядов по грузообороту было выявлено, что динамика экспорта и внутренних перевозок для большинства отраслей значительно отличается. Основным преимуществом работы с агрегированными данными Росстата является наличие оперативных данных, однако тот факт, что публикуется совокупная статистика по внутренним и экспортным перевозкам, не позволяет провести полный анализ влияния санкций и других структурных сдвигов на динамику грузоперевозок железнодорожным транспортом и экономику регионов в целом.

В результате было решено использовать две отдельные структуры, схематично представленные на рисунках далее. Первая представлена ниже (рисунки 1).



Рисунок 1. Упрощенная схема иерархической структуры.

Источник: составлено авторами.

Первая структура рассматривается для анализа грузоперевозок железнодорожным видом транспорта по отдельным отраслям и состоит из трех основных уровней.

- Грузооборот по РФ,
- Грузооборот по товарной группе i ,
- Объем отправленного груза в регион j для товара i .

Для данной структуры есть полная информация о фактических значениях за 2020-2022 гг., что позволяет точно оценить эффект структурных сдвигов на рынок грузоперевозок железнодорожным видом транспорта.

С помощью данной структуры предполагается решить следующие задачи: во-первых, оценить изменения объемов грузоперевозок железнодорожным видом транспорта по отдельным видам грузов и в целом по России во время введения торговых ограничений с помощью иерархических моделей, во-вторых, выявить на

основе полученных оценок наиболее пострадавшие отрасли, требующие поддержки.

Вторая структура рассматривается для более подробного анализа грузоперевозок железнодорожным видом транспорта по отдельным отраслям и состоит из трех основных уровней:

- Грузооборот угля (либо другой товарной группы, для которой проводится анализ),
- Объем отправленного груза из региона i либо объем отправленного груза в регион j ,
- Объем отправленного груза по маршруту: отправлено из региона i в регион j .

В рамках данной работы более подробно рассматриваются три группы товаров, которые перевозятся в основном по железной дороге: уголь, руда железная и минеральные удобрения. В отличие от первой иерархической структуры в данном случае используется групповая структура. Данная структура также агрегируется с помощью суммирования, однако есть несколько способов для такой группировки.

Таким образом вторая структура может быть схематично представлена следующим образом (рисунки 2).

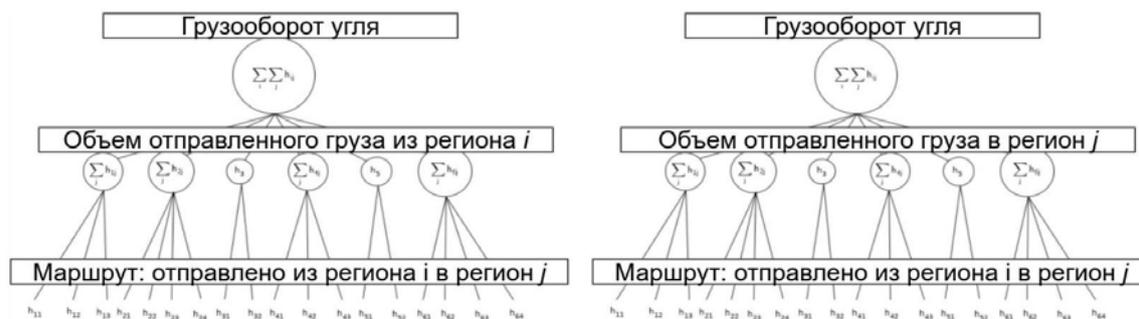


Рисунок 2. Упрощенная схема групповой структуры на примере угля.

Источник: составлено авторами.

С помощью данной структуры предполагается решить следующие задачи: во-первых, более детально оценить изменения объемов грузоперевозок железнодорожным видом транспорта по отдельным группам товаров с исследованием изменений по отраслям, во-вторых, отслеживать динамику на крупнейших маршрутах поставок, в-третьих, определить потенциально перегруженные железнодорожные узлы, в-третьих, используя информацию о введенных санкциях против России, сформировать ограничения в суммирующей матрице и построить

сценарные прогнозы с учетом основных изменений в пиризации логистических маршрутов.

Особенностью данной структуры является то, что полученные из маршрутов третьего уровня группировки второго уровня имеют следующую интерпретацию: регион отправления отражает предложение товара (особенно для регионов–производителей, которые можно идентифицировать по самой большой доле в общем объеме грузоперевозок железнодорожным видом транспорта), а регион назначения отражает спрос на товар. В следующем разделе будет представлена более полная структура, используемая в анализе, включающая в себя разбивку на экспорт и внутренние перевозки.

При работе с рядами по грузообороту отдельной товарной группы по маршрутам из региона в регион образовывалось большое число рядов, состоящих полностью из нулей. Как отмечалось ранее, такие ряды невозможно адекватно прогнозировать. Также в обзоре литературы отмечалось, что при работе с алгоритмами согласования прогноза шумные ряды нижнего уровня могут даже ухудшить качество прогноза на верхних уровнях иерархии.

В связи с этим производилась агрегация регионов назначения для каждого маршрута до уровня федеральных округов для внутренних перевозок и групп стран для экспортных перевозок. Таким образом для анализа спроса и предложения грузоперевозок железнодорожным видом транспорта далее будет использована следующая групповая структура:

- Анализ внутреннего предложения – группировка по региону отправления,
- Анализ внутреннего спроса – группировка по региону назначения для внутренних перевозок с агрегацией до уровня федеральных округов РФ,
- Анализ внешнего спроса – группировка по региону назначения для экспортных перевозок с агрегацией по основным направлениям поставок: Европейское направление (ЕВРО), Американское направление (АМЕР), Китай (КИТА), Индия (ИНДИ), Африканское направление и Средний Восток (АФСВ), Азиатско–Тихоокеанский регион (АТРХ), Евразийский экономический союз (ЕАЭС), Восточное направление (ВОСТ).

Таким образом, в рамках данной работы будет рассмотрено 4 структуры – иерархическая структура для товарных групп и групповая структура для угля,

железной руды и минеральных удобрений. Иерархическая структура состоит из 4 уровней:

- Уровень 1. Объем грузоперевозок по РФ,
- Уровень 2. Объем грузоперевозок по товарным группам НГПУП,
- Уровень 3. Объем грузоперевозок по каждой из групп НГПУП с разделением на внутренние или экспортные перевозки,
- Уровень 4. Объем грузоперевозок в агрегированный регион назначения.

Групповая структура также состоит из 4 уровней, однако второй уровень можно собрать тремя разными способами:

- Уровень 1. Объем грузоперевозок товара одной из товарных групп НГПУП по РФ,
- Уровень 2. Объем грузоперевозок данного товара из региона РФ. Объем внутренних и экспортных перевозок данного товара. Объем грузоперевозок данного товара в агрегированный регион (и экспортные, и внутренние).
- Уровень 3. Объем грузоперевозок данного товара из региона РФ с разбивкой на внутренние и экспортные перевозки.
- Уровень 4. Объем грузоперевозок данного товара по маршруту из региона РФ в агрегированный регион.

Для первой иерархической структуры есть полная информация о фактических значениях за 2020–2022 гг. для первого и второго уровня, что позволяет точно оценить эффект структурных сдвигов на рынок грузоперевозок железнодорожным видом транспорта, сравнивая прогнозные значения, полученные по базе РЖД, на основе информационного множества до структурных сдвигов до 2020 г и фактические данные из базы данных Росстат за 2020–2022 гг. Для второй групповой структуры имеется полная информация лишь для верхнего уровня иерархии, таким образом, для анализа эффекта структурных сдвигов на грузоперевозках железнодорожным видом транспорта для отдельных групп товаров по маршрутам поставок необходимо восстановить фактические данные для остальных рядов.

Для решения этой задачи рассматривались следующие подходы:

- “Top–down” подход на основе долгосрочной средней пропорции ЦИТ(Хиндман).
- Нейросетевого подхода, разработанный в работе ЦИТ [Das et al., 2023] для прогнозирования иерархически–связанных пропорций, основанный на

рекуррентных сетях внимания (attention-based RNN).

— Прогнозирование по BSTS с помощью регрессоров: для получения ожидаемых значений в условиях отсутствия структурных сдвигов берется прогноз на основе информационного множества до 2020 года – до первого структурного сдвига, связанного с Covid-19, а для получения фактических значений берутся фактические значения регрессоров за 2020–2022 гг. При этом можно использовать разные наборы регрессоров: в первом случае регрессоры, которые теоретически имеют влияние на спрос и предложение (ценовые факторы, объемы спроса на товары-субституты, доходы населения и так далее), что позволит строить сценарные прогнозы, во втором – наиболее коррелированные с имеющимися рядами регрессоры (например, для экспортных перевозок данные о международной торговле конкретного товара)

Для первоначальной оценки использовался "Top-down" подход, который давал сопоставимые результаты с тестовой выборкой (имеющиеся данные из базы РЖД 01/202009/2020), однако при прогнозировании на более длинный горизонт давал нереалистичные результаты, которые не учитывали, что в имеющихся пропорциях есть сезонность, а также наблюдается эффект структурных сдвигов, особенно для структуры экспортных грузоперевозок в 2022 году.

Второй подход, хоть и позволяет получить иерархически согласованные пропорции с помощью нового метода анализа данных такого типа, обладает теми же проблемами, что и наивный метод. Данный метод мог бы быть полезен для прогнозирования и восстановления данных в отсутствие структурных сдвигов.

Таким образом, далее был выбран третий метод, основанный на построении прогнозов с учетом специфики для товара регрессоров. Базовой моделью для прогнозирования временных рядов грузооборота будет выбрана байесовская структурная модель временных рядов. В простейшей постановке с регрессорами BSTS состоит из уравнения наблюдений и двух уравнений состояния, смотри формулы (4)-(7):

$$y_t = \mu_t + z_t + v_t, \quad v_t \sim N(0, V) \quad (4)$$

$$\mu_t = \mu_{t-1} + b_{t-1} + w_{1t}, \quad w_{1t} \sim N(0, W_1) \quad (5)$$

$$b_t = b_{t-1} + w_{2t}, \quad w_{1t} \sim N(0, W_2) \quad (6)$$

$$z_t = \beta x_t \quad (7)$$

где y_t – уравнение наблюдений (локальный уровень и регрессионная компонента),

μ_t – уравнение состояния 1 случайного блуждания с трендом,

z_t – компонента регрессии,

b_t – уравнение состояния 2 случайного блуждания для коэффициента тренда.

Алгоритм оценивания скорректирован с учетом особенностей данных: не все ряды обладают сезонностью, данные не могут принимать отрицательные значения. В качестве базовой универсальной модели будет рассматриваться BSTS без регрессоров для получения первичных оценок изменения динамики грузооборота, связанного с COVID-19. Алгоритм представлен следующими шагами:

— Если последние 12 наблюдений 0, используется прогноз по наивной модели, т.е. нули. Такая корректировка необходима для того, чтобы не получить положительные прогнозы для маршрутов, по которым грузы перевозятся очень редко,

— Тест на сезонность, предложенный в работе [16]: $p\text{-val} < 0.05$ BSTS с сезонной и трендовой компонентой, $p\text{-val} > 0.05$ BSTS с трендовой компонентой. Такая корректировка необходима для того, чтобы не получить сезонные прогнозы для рядов, которые имеют только трендовую составляющую. Несмотря на то, что в BSTS используются spike-and-slab априорные, что приводит к тому, что включение лишних компонент не влияет на прогноз ряда, т.к. она автоматически “зануляется”, данный прием позволяет ускорить время оценки модели, избежав ненужных вычислений,

— Прогнозы с отрицательными значениями приравниваются 0. Такая корректировка необходима для того, чтобы избежать отрицательных значений при получении отрицательных оценок для тренда.

Регрессоры могут подбираться, как специфические для локации (регион/станция отправления), так и для вида товара. В первом случае к таким переменным можно отнести ВРП, инфляцию и т.д. Во втором, температуру (для угля и удобрений), цены на электричество (для угля и железной руды).

Рассмотрим возможные регрессоры, которые можно использовать для построения сценарных прогнозов на примере угля:

— Внутреннее предложение (Уровень – регион отправления): объемы производства угля, цена на товар для производителей, цена капитала – инвестиции в основные средства, цена труда – заработная плата в отрасли,

— Внутренний спрос (Уровень – Внутренние перевозки/Регион назначения): цена на товар для потребителей, цена субститута (цены на газ), доход потребителей, объем производства электроэнергии в регионе,

— Внешний спрос (Уровень – Экспортные перевозки/Регион назначения): мировые цены, валютный курс, ВВП.

Основной проблемой в данном случае является отсутствие оперативных данных месячной периодичности. Таким образом, для определения эффекта санкций в 2022 году в качестве регрессоров были использованы индекс промышленного производства добывающей отрасли, для внутреннего предложения, объем производства электроэнергии проданного на РСВ в регионе и индекс цен на уголь и газ в регионе для внутреннего спроса, валютный курс в котором совершается большинство операций с каждой из групп стран для внешнего спроса.

Данный набор факторов не исчерпывающий, однако можно предположить, что в рамках структурного сдвига, вызванного Covid-19, все изменения были временными и за 2021 отрасль грузоперевозок постепенно восстановилась, при этом за 2022 год структурные сдвиги, связанные с введением санкций, повлияли на пропорции грузооборота внутри страны незначительно, а основной эффект пришелся на экспортные потоки. При этом также существует возможность вручную скорректировать весовую матрицу с учетом фактических ограничений (например, новости о введении санкций).

4. Результаты оценки модели прогнозирования объемов грузооборота железнодорожным видом транспорта

В данном разделе представлена информация о сравнении оцененных иерархических моделей прогнозирования объемов грузооборота железнодорожным видом транспорта с бенчмарками на разных уровнях агрегации на основе тестовой выборки из имеющихся данных базы РЖД (за январь — сентябрь 2020 года).

Для сравнения с бенчмарками выбранной спецификации по BSTS модели для

каждого ряда рассматриваемых иерархий строятся индивидуальные прогнозы на 9 шагов вперед по алгоритму, описанному в предыдущем разделе.

При работе с дезагрегированными данными РЖД можно условно поделить выборку на три части:

— Трейновая часть выборки: 2012/01–2019/12. Часть выборки, на которой обучается модель. Отметим, что предполагается, что за данный период не было структурных сдвигов,

— Тестовая часть выборки: 2020/01–2020/09. Часть выборки для калибровки модели и проверки прогнозов на адекватность. На данном этапе проводится сравнение с бенчмарк-моделями: наивный прогноз по модели случайного блуждания и прогноз с помощью Theta-метода,

— Прогноз: 2020/01–2023/01. Прогноз, который строится для оценки эффектов COVID-19 и санкций 2022 года. Эффект ограничений, связанных с COVID-19, можно определить по прогнозу на 2020/01–2020/12 (здесь в качестве фактических значений можно использовать тестовую часть выборки или получить фактические значения из рядов 1 уровня с помощью top-down метода). Восстановление экономики после введения ограничений, связанных с COVID-19, можно определить по прогнозу на 2021/01–2022/02. Эффект введения экономических санкций можно определить по прогнозу на 2022/03–2023/01.

При сравнении качества прогнозов, полученных по BSTS с бенчмарк моделями по метрикам средней ошибки (ME), среднеквадратичной ошибки прогноза (RMSE), средней абсолютной ошибки (MAE). Для иерархической структуры рядов по грузоперевозкам угля по отраслям было выявлено, что прогнозы по BSTS модели лучше бенчмарк моделей на всех уровнях иерархии. Аналогичная ситуация наблюдается для сгруппированной структуры для рядов по грузоперевозкам угля.

В результате данного анализа было выявлено, что BSTS модель хорошо описывает динамику совокупного объема грузоперевозок для групп товаров, а также для объема грузоперевозок для угля. Несмотря на полученный вывод, стоит отметить, что эти результаты описывают качество прогноза на краткосрочном периоде. При визуальном анализе прогнозов по всем вышеперечисленным структурам прогнозы, полученные по BSTS, выглядят наиболее реалистичными из рассмотренных альтернатив, так как учитывают тренд и сезонность в рядах.

С помощью методологии, описанной в предыдущих разделах, для оценки

изменения объемов грузооборота по сгруппированным моделям для отдельных видов грузов были получены "фактические" значения дезагрегированных данных РЖД по данным 1 уровня Росстата.

Таким образом прогнозы, полученные по базе РЖД (выборка до 12/2019) являются ожидаемыми уровнями грузоперевозок в условиях, если бы структурных сдвигов не было и сравниваются с восстановленными фактическими данными по формуле (8), отражающей среднее процентное превышение ожидаемых уровней объемов грузоперевозок над фактическими при положительном значении критерия, и, наоборот, при отрицательном:

$$FCI = \frac{1}{H} \sum_{t=T+1}^{T+H} \frac{\hat{F}_t - F_t}{F_t} * 100\% \quad (8)$$

где \hat{F}_t – прогнозное значение по BSTS модели, согласованное с учетом структуры иерархии: отражает "потенциальный" уровень грузоперевозок, который мог бы быть достигнут в отсутствие структурных сдвигов, связанных с санкциями и пандемией Covid-19,

F_t – фактическое или восстановленное фактическое значение грузоперевозок,

H – окно прогнозирования (в данном случае $h = 36$ – три года),

T – число наблюдений в обучающей выборке.

Если значение критерия больше нуля, значит прогнозное значение объемов грузоперевозок в среднем выше фактического, значит наблюдалось снижение грузоперевозок относительно ожидаемого уровня. И наоборот, если значение критерия ниже нуля, значит прогнозное значение объемов грузоперевозок в среднем ниже фактического, то есть наблюдаемы объем грузоперевозок превысил ожидаемый уровень.

Начнем анализ изменения объемов грузоперевозок с крупнейшей товарной группы, перевозимой грузовым железнодорожным транспортом – угля.

При анализе иерархической структуры для отраслей было выявлено, что в 2020 грузопоток угля незначительно превысил ожидаемые значения, в 2021 в среднем наблюдался рост грузопотока на 4.62%, в 2022 в результате влияния санкций в среднем наблюдалось снижение грузопотока на 0.88%.

Для внутренних перевозок угля грузовым железнодорожным транспортом в

2020 грузопоток угля был незначительно меньше ожидаемых значений – разница менее 1%, в 2021 в среднем наблюдался рост грузопотока на 2.7%, в 2022 наблюдалось снижение на 3.88%. При этом для экспорта угля грузовым железнодорожным транспортом в 2020 наблюдалось снижение грузопотока на 8.7%, в 2021 – на 15%, в 2022 – на 38%. Учитывая, что экспорт угля составляет 57% объема всего грузооборота угля, благодаря анализу групповой структуры можно подтвердить, что снижение грузопотока угля в 2022 году было вызвано по большей части в результате влияния санкций.

На рисунке (рисунки 3) представлены оценки изменения объемов перевозок грузовым железнодорожным транспортом по направлению в федеральный округ РФ, отражающее изменения внутреннего спроса на уголь.

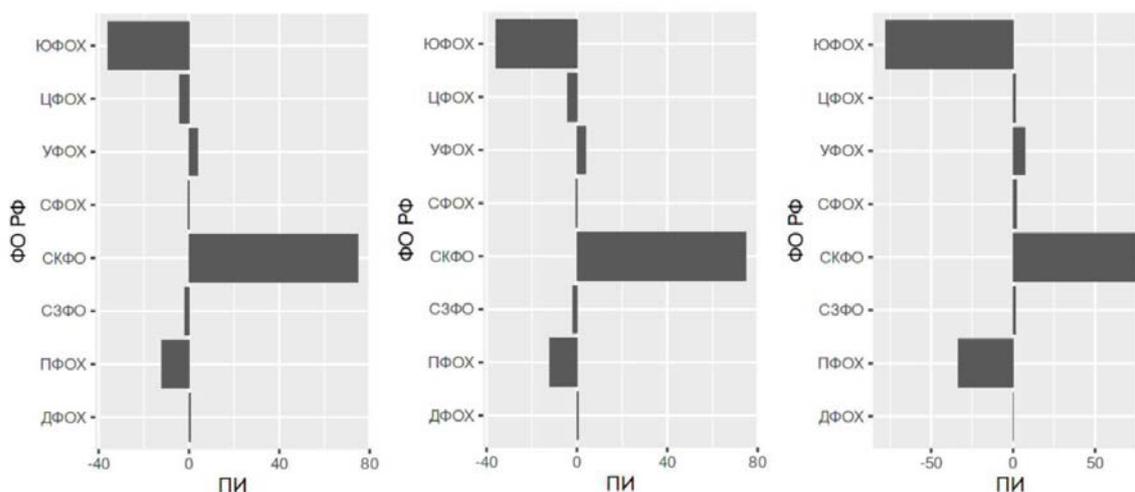


Рисунок 3. Оценка эффекта структурных сдвигов на ряды групповой структуры по внутренним перевозкам по региону назначения для угля за 2020, 2021 и 2022

Источник: составлено авторами.

По полученным оценкам видно, что наибольшее снижение спроса на грузоперевозки угля наблюдалось в Северо–Кавказском федеральном округе, однако доля ввоза угля в общем объеме внутреннего импорта составляет менее 0.01%, поэтому полученные оценки могут быть некорректными из–за наличия нулей в рядах нижнего уровня. Помимо Северо–Кавказского федерального округа наибольшее снижение спроса на грузоперевозки угля наблюдалось в Уральском федеральном округе – около 3.7% в 2020 и около 7.3% в 2022.

Наибольший рост внутреннего спроса наблюдался в Южном федеральном округе и Приволжском федеральном округе, в этих регионах ожидаемое значение спроса на грузоперевозки было ниже фактического и в 2020, и в 2021, и в 2022.

Для крупнейшего потребителя угля (порядка 53.5% в общем объеме внутреннего импорта составляет менее 0.01%) в 2020 году не наблюдалось изменений в динамике спроса на грузоперевозки угля – рост менее, чем на 1%, в 2021 году – наблюдался рост на 4.2%, в 2022 – снижение на 1.8%.

В целом, в 2022 году во всех федеральных округах, кроме Южного федерального округа и Приволжского федерального округа, наблюдается снижение объемов спроса на грузоперевозки угля.

На рисунке (рисунки 4) представлены оценки изменения объемов перевозок грузовым железнодорожным транспортом по направлению в агрегированный регион–импортер, отражающие изменения внешнего спроса на уголь.

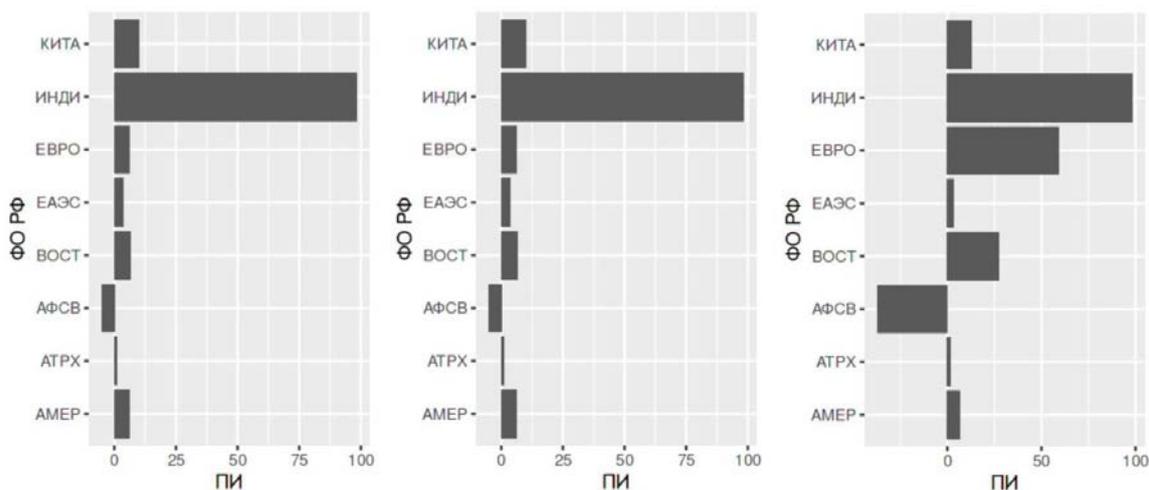


Рисунок 4. Оценка эффекта структурных сдвигов на ряды групповой структуры по экспортным перевозкам по региону назначения для угля за 2020, 2021 и 2022.

Источник: составлено авторами.

По полученным оценкам видно, что наибольшее снижение спроса на грузоперевозки угля наблюдалось для Индии, однако доля ввоза угля в общем объеме экспорта угля грузовым железнодорожным транспортом составляет менее 0.2%, поэтому полученные оценки могут быть некорректными из-за наличия нулей в рядах нижнего уровня.

Наибольший рост экспорта наблюдался для Средне–восточного направления – на 37.2% в 2022 году. Данный результат может объясняться тем, что в данную группу входит Турция, которая теперь является основным хабом для экспорта в товары в Европу. Наибольшее снижение наблюдалось для Европейского направления – на 59% в 2022 году. При этом экспорт угля в Китай (снижение на 13%) и АТР (снижение на

1.3%) в 2022 году также оказался ниже ожидаемого значения, что может быть связано с тем, что в 2022 году планы по переориентировке экспорта на восток еще не могли быть выполнены, а экспортеры восточного региона могли снизить объемы поставок из-за нестабильной экономической ситуации.

На рисунке (рисунки 5) представлены оценки изменения объемов перевозок грузовым железнодорожным транспортом по направлению из региона РФ, отражающее изменения предложения для грузоперевозок угля. На данных рисунках представлены только крупнейшие регионы–отправители, более 0.5% в общем объеме, чтобы избежать интерпретации нерелевантных оценок, полученных из рядов с большим числом нулей на нижнем уровне.



Рисунок 5. Средняя разница между прогнозным и фактическим значением в процентах для крупнейших рядов по грузоперевозкам угля из региона РФ в 2022

Источник: составлено авторами.

По полученным оценкам видно, что наибольшее снижение предложения на грузоперевозки угля наблюдалось в Республике Саха (0.05% в общем объеме грузоперевозок) – на 30% в 2020 году и примерно в 2 раза в 2022. Также значительное снижение предложения грузоперевозок угля в 2022 году наблюдалось в Амурской области – примерно в 1.7 раза и в Новосибирской области – на 49%.

Наибольший рост предложения наблюдался в Красноярском и Приморском крае: в этих регионах ожидаемое значение предложения грузоперевозок угля было ниже фактического и в 2020, и в 2021, и в 2022. В 2022 году в Приморском крае рост составил 34.2%, в Красноярском крае – 17.8%.

Для крупнейшего региона–экспортера угля (порядка 62% в общем объеме) – Кемеровской области – в 2020 году наблюдалось снижение объемов поставок на 31%, в 2021 году наблюдался рост на 6.7%, в 2022 – рост на 3.8%.

В целом, в 2022 году во всех регионах, кроме Приморского края, Красноярского края, Кемеровской области наблюдается снижение объемов грузоперевозок угля.

При первичном анализе с помощью BSTS модели рядов по грузоперевозкам угля было выявлено, что в целом снижение грузоперевозок наблюдалось в регионах, где наблюдалось существенное снижение промышленного производства и производства электроэнергии. При этом рост наблюдался в регионах, где наблюдался рост индексов производства электроэнергии. Наибольший рост наблюдался для экспорта в страны, где отмечалось значительное снижение предложения.

Аналогичный анализ был проведен для железной руды и минеральных удобрений. При анализе иерархической структуры для отраслей было выявлено, что для отрасли перевозок железной руды наблюдалось снижение объемов грузоперевозок железнодорожным видом транспорта, причем с каждым годом расхождение между ожидаемым показателем и фактом становилось все глубже. Так, в 2020 году снижение составило в среднем 2.9%, в 2021 году –5.2%, в 2022 – 11.8%.

Для внутренних грузоперевозок руды грузовым железнодорожным транспортом в 2020 грузопоток снизился на 3%, в 2021 – на 6.5%, в 2022 наблюдалось снижение на 14.8%. При этом для экспорта руды грузовым железнодорожным транспортом в 2020 наблюдалось снижение на 12%, в 2021 – на 30%, в 2022 – на 54%. Экспорт руды составляет 23% всех перевозок руды, таким образом по анализу групповой структуры можно отметить, что снижение грузопотока руды по большей части объясняется изменениями динамики внутреннего спроса и предложения.

Для основных импортеров – Китая (51% в общем объеме экспорта железнодорожным транспортом) и Европы (34% в общем объеме экспорта железнодорожным транспортом) также каждый год наблюдалось снижение грузоперевозок. Для Европейского направления в 2020 году снижение составляло 17% и к 2022 году наблюдалось снижение примерно в 2 раза. При этом экспорт руды в Китай в 2020 году снизился на 13%, а в 2022 году на 35%.

Далее рассмотрим изменения объемов грузоперевозок удобрений. При анализе иерархической структуры для отраслей было выявлено, что для отрасли перевозок

химических и минеральных удобрений наблюдался рост объемов грузоперевозок железнодорожным видом транспорта, причем с 2020 по 2022 величина расхождения между ожидаемым показателем и фактом снизилась, демонстрируя временный рост в 2021 году. В частности, в 2020 году рост составил в среднем 5.2%, в 2021 году –8.1%, в 2022 – 1.1%.

Для внутренних грузоперевозок удобрений грузовым железнодорожным транспортом в 2020 грузопоток вырос на 6%, в 2021 – на 9%, в 2022 – на 1.7%. Экспорт удобрений составляет 57% всех перевозок удобрений. При этом для экспорта удобрений грузовым железнодорожным транспортом в 2020 наблюдался рост на 6%, в 2021 – на 7.1%, в 2022 – снижение на 1.6%. По анализу групповой структуры можно отметить, что рост грузоперевозок в 2020 и 2021 гг. объясняется как изменениями в динамики внутреннего спроса, так и внешнего.

Для основных импортеров – Европы (32% в общем объеме экспорта железнодорожным транспортом), Америки (30% в общем объеме экспорта железнодорожным транспортом) и Китая (27% в общем объеме экспорта железнодорожным транспортом) в 2022 году наблюдалось снижение грузоперевозок. Для Европейского направления в 2020 году наблюдался рост на 3.3%, в 2021 – на 4%, в 2022 – снижение на 5.3%. Для Американского направления в 2020 году наблюдался рост на 2%, в 2021 – на 5%, в 2022 – снижение на 2.5%. При этом экспорт удобрений в Китай в 2020 году снизился на 11%, а в 2 раза.

В результате проведенного анализа были получены оценки изменений объемов грузоперевозок для трех товарных групп: уголь, руда железная и удобрения. В рамках проведенного анализа можно сделать основной вывод, который заключается в том, что эффект структурных сдвигов в значительной степени разнится для разных направлений товарных групп. Для одних товарных групп внутренние перевозки более стабильны, для других, наоборот, также подвержены влиянию структурных сдвигов. Очевидно, что эффект санкций на объемы грузоперевозок железнодорожным видом транспорта зависит от того, какую долю занимает экспорт в общем объеме грузоперевозок. В ходе проведенного анализа можно было также наглядно это наблюдать, сопоставляя результаты иерархической структуры, полученных по фактическим данным, и групповой структуры, полученных по восстановленным данным. В связи с этим при анализе эффекта санкций важно учитывать этот факт и не ограничиваться данными базы Росстат, где внутренние и экспортные грузоперевозки

железнодорожным видом транспорта просуммированы.

Для суммарного грузооборота железнодорожным транспортом влияние пандемии Covid-19, оцененное по прогнозам на 2020 год на основе данных за 2012–2019 в среднем наблюдалось снижение грузопотока на 2.42%. При этом в 2021 наблюдалось восстановление отрасли грузового железнодорожного транспорта после пандемии Covid-19 – в среднем наблюдался рост грузопотока на 0.69%. Эффект влияния санкций в 2022 на отрасль грузового железнодорожного транспорта ожидаемо отрицательное, причем снижение ниже, чем во время пандемии Covid-19 в среднем наблюдалось снижение грузопотока на 3.16%.

По полученным оценкам можно отметить, что, как и предполагалось, структурный сдвиг, вызванный Covid-19 был временным и отрасль в целом восстановилась и даже перегнала ожидаемые значения, которые могли бы наблюдаться в 2021 году в случае, если бы пандемия не привела к ограничениям на передвижение грузовых составов по территории РФ и за границу, а также общему снижению потребительского спроса и спроса со стороны производителей. При этом тот факт, что влияние санкций на отрасль грузового железнодорожного транспорта привело к снижению ниже, чем во время пандемии Covid-19, говорит о том, что необходимо создавать эффективные меры поддержки отрасли с учетом как неравномерного эффекта на объемы перевозок по различным группам товаров, так и как неравномерного эффекта на регионы РФ.

Далее рассмотрим эффект структурных сдвигов на объемы грузового железнодорожного транспорта по отдельным товарным группам. Полученные оценки среднего процентного изменения объемов грузоперевозок представлены на рисунке (рисунк б).

Наибольшее снижение ежегодно наблюдалось для следующих товарных групп: перевозка черных металлов, лесных грузов. Снижение объемов грузового железнодорожного транспорта черных металлов в 2020 году составило в среднем 30.05%, в 2021 году –25.3%, в 2022 – 32.2%. При этом перевозки черных металлов составляют примерно 5.4% в общем объеме перевозок грузовым железнодорожным транспортом. В целом динамика сопоставима с общей тенденцией по РФ, в том смысле, что в 2021 наблюдалось относительное восстановление отрасли с последующим более глубоким снижением. При этом, как сообщается в новостных источниках, основной причиной снижения в 2022 году является падение экспорта на

10,3% из-за введенных санкций ЦИТ(Ком).

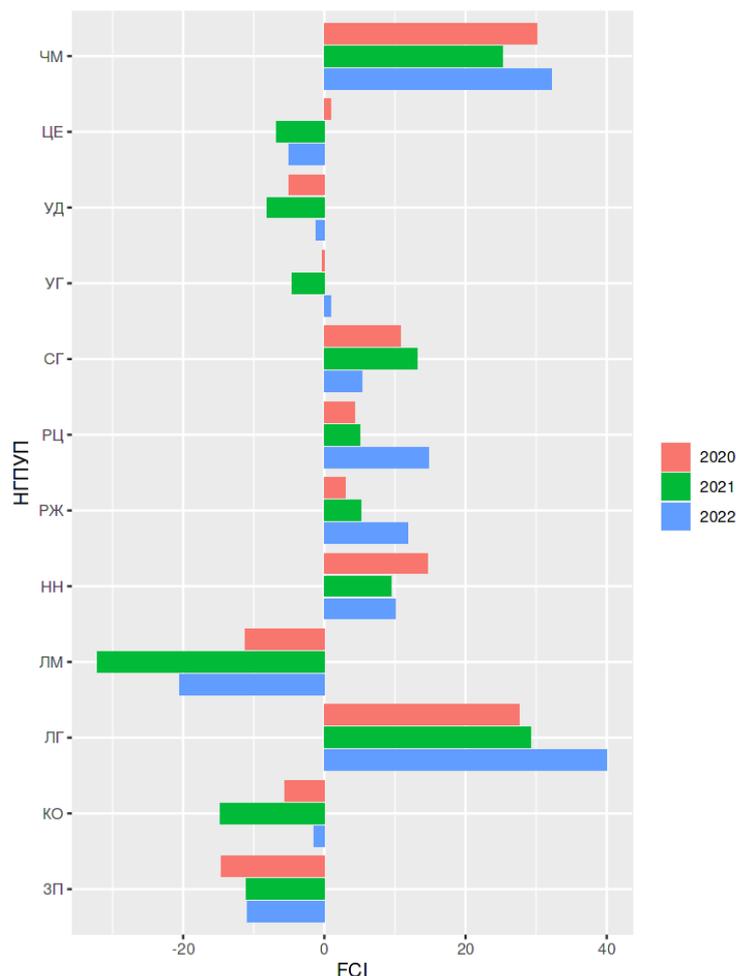


Рисунок 6. Средняя разница между прогнозным и фактическим значением в процентах для грузоперевозок внутри товарных групп по НППУП.

Источник: составлено авторами.

Для отрасли перевозок лесных грузов наблюдалось снижение объемов грузового железнодорожного транспорта, причем с каждым годом расхождение между ожидаемым показателем и фактом становилось все глубже. Так, в 2020 году снижение составило в среднем 27.5%, в 2021 году – 29.2%, в 2022 81.06%. При этом перевозки лесных грузов составляют примерно 3.03% в общем объеме перевозок грузовым железнодорожным транспортом. При этом для целлюлозно–бумажного производства наблюдалось снижение трендовой составляющей индекса промышленного производства, причиной для которого является проблема с поставками химикатов, технологического оборудования, а также запрет на экспорт древесной массы в ЕС из России.

Наибольший рост ежегодно наблюдался для следующих групп товаров: лома

черных металлов, зерна и продуктов перемола и кокса. Для отрасли перевозок лома черных металлов наблюдался рост объемов грузового железнодорожного транспорта, причем в 2020 году рост составил в среднем 11.2%, в 2021 году –32.15%, в 2022 – 20.44%. Доля перевозок лома черных металлов составляет примерно 1.2% в общем объеме перевозок грузовым железнодорожным транспортом.

Динамика сопоставима с общей тенденцией по РФ, когда в 2021 наблюдалось восстановление экономики, рост был наибольшим. Однако рост в 2022 году больше, чем в 2020. В целом такую динамику можно соотнести с ростом трендовой составляющей в металлургической отрасли и машиностроения, связанного с увеличением спроса на продукцию данных отраслей со стороны основных внутренних потребителей: крупных предприятий, с целью реализации государственных инфраструктурных проектов, и государства, формирующего спрос на продукцию ОПК.

Для отрасли перевозок зерна и продуктов перемола наблюдался рост объемов грузового железнодорожного транспорта, причем в 2020 году рост составил в среднем 14.6%, в 2021 году – 11.04%, в 2022 – 10.9%. Доля перевозок зерна и продуктов перемола составляет примерно 2.2% в общем объеме перевозок грузовым железнодорожным транспортом. Такая динамика объясняется хорошим урожаем 2021 года и построенными логистическими цепочками в рамках зерновой сделки ЦИТ.

Для отрасли перевозок кокса наблюдался рост объемов грузового железнодорожного транспорта, причем в 2020 году рост составил в среднем 5.5%, в 2021 году – 14.7%, в 2022–1.5%. Доля перевозок кокса составляет примерно 0.8% в общем объеме перевозок грузовым железнодорожным транспортом. Такая динамика может также объясняться ростом отрасли металлургии и машиностроения.

Крупнейшими группами товаров в общем объеме являются уголь, составляющий 28.6% всех перевозок, нефть и нефтепродукты, составляющие 17.1% всех перевозок, строительные грузы, составляющие 10.4% всех перевозок, руда железная и марганцевая, составляющая 9.4% всех перевозок.

Для угля в 2020 во время пандемии Covid–19 в среднем наблюдался незначительный рост грузопотока на 0.27%, в 2021 во время восстановления после пандемии в среднем наблюдался рост грузопотока на 4.62%, в 2022 в результате влияния санкций в среднем наблюдалось снижение грузопотока на 0.88%, по большей степени связанное с ограничениями на экспорт – с августа 2022 года ЕС ввел запрет

на импорт угля из России.

Для грузоперевозок строительных грузов также на протяжении всего периода наблюдалось снижение грузопотока: в 2020 на 10.8%, в 2021 – на 13.1%, в 2022 в результате влияния санкций на 5.3%. При этом снижения грузоперевозок во время Covid–19 было сильнее, чем из-за санкций. Эта динамика может объясняться временной приостановкой проектов по модернизации и строительству в период пандемии и восстановления экономики, а в 2022 году наблюдалось расширение жилого и инфраструктурного строительства, связанного с реализацией крупных инфраструктурных проектов ЦИТ(вед).

Для отрасли железной руды наблюдалось снижение объемов грузового железнодорожного транспорта, причем с каждым годом расхождение между ожидаемым показателем и фактом становилось все глубже. Так, в 2020 году снижение составило в среднем 2.9%, в 2021 году – 5.2%, в 2022 – 11.8%. Причиной глубокого снижения в 2022 году является сокращение объемов экспорта железорудного концентрата и окатышей из России в Европу в 4 раза ЦИТ(вед2). Основной задачей является перенаправление экспорта железорудного концентрата из регионов европейской части России в азиатский регион, в частности, ожидается рост экспорта железной руды в Китай.

В результате проведенного анализа можно отметить неравномерное влияние структурных сдвигов на объемы перевозок грузовым железнодорожным транспортом различных групп товаров. В целом для большинства групп товаров наблюдалось улучшение ситуации в 2021 году во время восстановления экономики в постпандемийный период. При этом объемы грузоперевозок напрямую зависят от уровней промышленного производства в смежных отраслях (например, перевозки кокса и отрасль металлургии). Наибольшие снижения грузоперевозок по сравнению с ожидаемыми уровнями наблюдались для основных экспортных товаров, перевозимых грузовым железнодорожным транспортом – руда железная, уголь и др. после ограничения на импорт российских грузов в ЕС.

Далее проведен анализ динамики объемов грузоперевозок на отдельных маршрутах с определением потенциально перегруженных железнодорожных узлов. Начнем анализ эффекта Covid–19 и введенных санкций на крупнейшие маршруты (более 1%) для грузового железнодорожного транспорта угля. Полученные оценки представлены в таблице (*таблица 2*).

Таблица 2

Анализ динамики объемов грузоперевозок угля на отдельных маршрутах.

Регион отправления	Регион назначения	d2020	d2021	d2022	Доля в общем объеме
Кемеровская область	Европа	2.04	0.83	9.9	0.18
Кемеровская область	Сибирский ФО	-1.1	-10.75	- 10.94	0.15
Кемеровская область	АТР	1.3	-3.83	-0.3	0.09
Красноярский край	Сибирский ФО	- 18.24	-26.1	- 25.99	0.08
Кемеровская область	Северная и Южная Америка	6.49	1.1	3.11	0.05
Республика Бурятия	АТР	-1.21	-12.72	-15.3	0.03
Иркутская область	Сибирский ФО	7.85	6.08	15.91	0.03
Республика Хакасия	Европа	1.42	-11.62	- 12.73	0.03
Кемеровская область	Уральский ФО	1.74	-9.26	- 10.16	0.03
Ростовская область	Южный ФО	-0.31	-9.74	-7.13	0.02
Кемеровская область	Африка и Средний Восток	-6.11	-38.74	- 50.97	0.03

Забайкальский край	Дальневосточный ФО	0.65	-4.96	-0.38	0.02
Кемеровская область	Приволжский ФО	2.5	-10.81	-12.71	0.02
Республика Хакасия	Сибирский ФО	0.53	-6.74	-0.4	0.02
Республика Хакасия	Северо-Западный ФО	- 18.56	-38.17	-46.37	0.02
Новосибирская область	Китай	6.72	1.6	6.89	0.02
Кемеровская область	Северо-Западный ФО	- 11.05	-44.79	-56.28	0.02
Республика Хакасия	АТР	- 26.93	-53.76	-62.58	0.02
Кемеровская область	Китай	1.33	44.19	190.63	0.01
Кемеровская область	Центральный ФО	-6.14	-15.6	-15.92	0.01
Красноярский край	Дальневосточный ФО	47.51	-14.63	-52.51	0.01
Республика Хакасия	Африка и Средний Восток	10.2	5.66	11.61	0.01

Источник: составлено авторами.

Для крупнейшего маршрута "Кемеровская область – Европа", составляющего 18% всех перевозок угля грузовым железнодорожным транспортом ежегодно наблюдалось снижение объемов поставок угля: в 2020 г. наблюдалось снижение на 2%, в 2021 – на 0.83%, в 2022 – на 9.9%.

Для второго по величине маршрута “Кемеровская область – Сибирский ФО”, составляющего 15% всех грузоперевозок угля ежегодно наблюдался рост объемов поставок угля грузовым железнодорожным транспортом: в 2020 г. наблюдался рост на 1.1%, в 2021 – на 10.8%, в 2022 – на 11%.

Заключение

Для внутренней логистики в России ключевую роль играют грузоперевозки железнодорожным транспортом. Фактический объем железнодорожного грузооборота показывает реальное состояние экономики, поскольку грузовые перевозки сырья и конечных массовых продуктов с большой долей экспорта, таких как уголь, металлы, удобрения, в основном осуществляются по железной дороге. Следовательно, он отражает структуру и пропорции отечественной экономики по физическим показателям.

Введенные в 2022 году санкции неравномерно повлияли на российские регионы. К регионам, относительно выигравшим от событий 2022 г. можно отнести юг Дальнего Востока с максимальной загрузкой портов, аграрно-туристический юг, отчасти Поволжье. Среди проигравших – Ленинградская область и Санкт-Петербург, традиционно ориентированные на западные инвестиции субъекты (Калужская область).

Восстановление международных поставок происходит за счет оперативной перестройки логистических маршрутов. Северо-западное направление отходит на второй план, его постепенно замещают грузоперевозки на восток и по транспортному коридору «Север — Юг». Ключевой проблемой развития восточных и южных транспортных маршрутов остается нехватка инфраструктуры как в России (ограничения мощностей портов и артерий Восточного полигона), так и в транзитных странах (нет ЖД сообщения между Астарой и Рештом в Иране).

Все эти изменения невозможно проанализировать в полной мере при работе с агрегированными данными, в связи с чем возникает необходимость разработки методологических подходов оценки эффектов для многоуровневых данных иерархической структуры, агрегируемых суммированием, какими и являются данные по грузообороту.

В рамках данного исследования был разработан новый методологический подход к прогнозированию грузооборота железнодорожного транспорта в условиях

санкционных (торговых) ограничений, позволяющий скорректировать прогнозы с учетом иерархической структуры данных, проведены эмпирические оценки изменений динамики грузовых железнодорожных перевозок по отдельным группам товаров и направлениям.

Благодарности

Материал подготовлен в рамках выполнения научно-исследовательской работы государственного задания РАНХиГС на 2023 год.

Список источников

1. АНО «Творческий коллектив Эксперт». Логистика-2022: «раскатка» маршрутов на юг и восток [Электронный ресурс] // АНО «Творческий коллектив Эксперт»: [сайт]. [2022]. URL: <https://expert.ru/expert/2023/01/logistika-2022-raskatka-marshrutov-na-yug-i-vostok/>
2. Duan C., Tong J., Shang M., Nikodemski S., Sanders M., Ricote S., Almansoori A., and O'Hayre R. Readily processed protonic ceramic fuel cells with high performance at low temperatures // *Science*. 2015.
3. Hyndman R.J., Lee A.J., and Wang E. Fast computation of reconciled forecasts for hierarchical and grouped time series // *Computational statistics & data analysis*. 2016. pp. 16-32.
4. Носков С.И., Врублевский И.П. Регрессионная модель динамики эксплуатационных показателей функционирования железнодорожного транспорта // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2016. pp. 192--197.
5. Сеницын Е.В., Толмачев А.В., and Брусянин Д.А. Математическое моделирование региональных грузо-и пассажиропотоков // *Экономика региона*. 2019. pp. 1212-1225.
6. Рудаков К.В., Стрижов В.В., Каширин Д.О., Кузнецов М.П., Мотренко А.П., and Стенина М.М. Выбор оптимальной модели прогнозирования объемов грузовых железнодорожных перевозок // *Автоматика и телемеханика*. 2017. pp. 91-105.
7. Журавлёв Ю., Рудаков К., Корчагин А., Кузнецов М., Мотренко А., Стенина М., and Стрижов В. Методы прогнозирования временных рядов на примере

железнодорожных грузоперевозок // Вестник Российской академии наук. 2015. pp. 138--138.

8. Weiss C.E., Raviv E., and Roetzer G. Forecast Combinations in R using the ForecastComb Package // R Journal. 2018.

9. Hyndman R.J., Ahmed R.A., Athanasopoulos G., and Shang H.L. Optimal combination forecasts for hierarchical time series // Computational statistics & data analysis. 2011. pp. 2579-2589.

10. Shcherbanin Y.A. Russian transportation: six years of economic sanctions // Studies on Russian Economic Development. 2020. pp. 294--303.

11. Geopolitical Intelligence Services AG. Russia's regions face the war economy [Электронный ресурс] // Geopolitical Intelligence Services AG: [сайт]. [2023]. URL: <https://www.gisreportsonline.com/r/russia-regions-war/>
ATI.SU. Как перестраиваются логистические связи с Россией [Электронный ресурс] // ATI.SU: [сайт]. [2023]. URL: <https://news.ati.su/article/2023/04/03/kak-perestraivajutsja-logisticheskie-svjazi-s-rossiej-512899/>

12. "Интерфакс". Проект Северного широтного хода приостановили в пользу развития восточного направления [Электронный ресурс] // "Интерфакс": [сайт]. [2022]. URL: <https://www.interfax.ru/russia/872567>

13. Forum I.T. Transport Connectivity in Central Asia: Strengthening Alternative Trade Corridors between Europe and Asia [Электронный ресурс] [2022]. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/ukraine-trade-corridors.pdf>

14. Цыганов В. Модели и методы адаптации транспортной инфраструктуры России в условиях санкций // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022). 2022. pp. 87-99.

15. Ollech D., Webel K. A random forest-based approach to identifying the most informative seasonality tests // Deutsche Bundesbank Discussion Paper. 2020.

**В СЕРИИ ПРЕПРИНТОВ РАНХиГС
РАССМАТРИВАЮТСЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ,
АКТИВНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИННОВАЦИЙ В
РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ЭКОНОМИКИ
КАК КЛЮЧЕВОГО УСЛОВИЯ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ**



РАНХиГС

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ