

УДК 338.04

DOI 10.30914/2411-9687-2021-7-3-301-314

## СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИМПОРТА И ЭКСПОРТА УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА НА МИРОВОМ УГОЛЬНОМ РЫНКЕ

**Т. В. Сарычева, М. Г. Сергеева**

*Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация*

**Аннотация. Введение.** Современные темпы развития экономики и непрерывный рост мирового промышленного производства вызывают значительное увеличение международного спроса на энергоресурсы [8]. В качестве основного энергоносителя, способного обеспечить высокие темпы экономического роста развивающихся стран, выступает уголь, обладающий мощной разведанной ресурсной базой и высокой доступностью предложений на рынке при относительно невысоких издержках. С учетом масштабов развивающихся экономик изменения в объемах их предложения и спроса на угольное топливо оказывают сильное влияние на характер международной торговли. В связи с этим актуальным является исследование структуры и прогнозирование спроса и предложений угля на мировом рынке энергоресурсов. **Цель:** проанализировать изменения, происходящие в структуре импорта и экспорта угля в разрезе регионов мира. **Материалы и методы.** Информационной базой для проведения заявленного исследования послужили опубликованные статистические данные Федеральной службы государственной статистики, Статистического отдела Организации Объединенных Наций. В качестве исследовательского инструментария использовались методы анализа и прогнозирования, основанные на использовании линейных и нелинейных регрессионных моделей. **Результаты исследования, обсуждения.** В статье предложена методика анализа и прогнозирования структурных изменений в объемах импорта и экспорта угля в мировых регионах, основанная на использовании базисных и цепных значений индекса структурных различий Рябцева и построении на их основе прогнозных оценок с помощью различных регрессионных моделей. Данный подход эффективен с точки зрения статистических критериев и позволяет выделить страны, в которых наиболее сильно изменяются объемы экспорта и импорта угля, а также определить силу происходящих структурных изменений. **Заключение.** Поскольку структура импорта и экспорта угля по субрегионам отражает общую структуру мировой угольной отрасли и меняется под влиянием ее изменений под воздействием технологических и ценовых трендов, в мировой угольной промышленности произошли значимые изменения в структуре импортных и экспортных поставок угля субрегионов. Анализ структурных изменений, произошедших в импорте и экспорте угольного сырья, показал, что главным образом структурные сдвиги вызваны переменной географических центров импорта и экспорта угля между субрегионами. В соответствии с прогнозами, построенными по выбранным трендовым моделям, в дальнейшем структура импорта и экспорта угольного сырья по субрегионам также продолжит меняться.

**Ключевые слова:** мировой рынок угля, импорт и экспорт угля, индекс структурных различий Рябцева, регрессионный анализ, линейные и нелинейные регрессионные модели

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Сарычева Т. В., Сергеева М. Г. Структурно-динамический анализ импорта и экспорта угольного топлива на мировом угольном рынке // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 7. № 3. С. 301–314. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-301-314>

## STRUCTURAL AND DYNAMIC ANALYSIS OF COAL FUEL IMPORT AND EXPORT ON THE GLOBAL COAL MARKET

**T. V. Sarycheva, M. G. Sergeeva**

*Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation*

**Abstract. Introduction.** The current pace of economic development and the continuous growth of global industrial production cause a significant increase in international demand for energy resources. Coal, which has a powerful proven resource base and high availability of offers on the market at relatively low costs, acts as the main energy carrier capable of ensuring high rates of economic growth in developing countries. Given the size of developing economies, changes in their supply and demand for coal fuel have a strong impact on the nature of international trade. In this

regard, it is relevant to study the structure and forecast the supply and demand of coal on the world energy market. **Purpose:** to analyze the changes taking place in the structure of coal imports and exports by regions of the world. **Materials and methods.** The published statistical data of the Federal State Statistics Service, the United Nations Statistics Division served as the information base for the claimed study. Methods of analysis and forecasting based on the use of linear and nonlinear regression models were used as research tools. **Research results, discussion.** The article proposes a method for analyzing and predicting structural changes in the volumes of coal imports and exports in the world regions, based on the use of basic and chain values of the Ryabtsev structural differences index and the construction of forecast estimates based on them using various regression models. This approach is effective from the point of view of statistical criteria and makes it possible to identify the countries in which the volumes of coal exports and imports are changing the most, as well as to determine the strength of the structural changes taking place. **Conclusion.** Since the structure of coal imports and exports by sub-regions reflects the general structure of the global coal industry and changes under the influence of its changes under the influence of technological and price trends, the global coal industry has undergone significant changes in the structure of import and export supplies of coal in the sub-regions. Analysis of the structural changes that have occurred in the import and export of coal raw materials has shown that mainly the structural shifts are caused by the change in the geographical centers of coal import and export between the sub-regions. In accordance with the forecasts based on the selected trend models, the structure of imports and exports of coal raw materials by sub-regions will also continue to change.

**Keywords:** world coal market, coal import and export, Ryabtsev structural differences index, regression analysis, linear and nonlinear regression models

The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Sarycheva T. V., Sergeeva M. G. Structural and dynamic analysis of coal fuel import and export on the global coal market. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2021, vol. 7, no. 3, pp. 301–314. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-3-301-314>

## Введение

Уголь занимает прочное место в мировой топливно-энергетической структуре, что предопределено множеством взаимосвязанных факторов, в частности наличием мощной разведанной ресурсной базы, высокой стоимостью заменителей угля, значительной доступностью предложений на рынке, использованием поставщиками своего географического положения для участия в торговых сделках на различных региональных рынках сбыта, а также простотой хранения, транспортировки и использования. Благодаря своей высокой конкурентоспособности уголь способен удовлетворить быстрорастущий спрос развивающихся стран при относительно невысоких издержках [3]. Тем не менее международный угольный рынок характеризуется постоянными изменениями по причине непрерывности действия сил, генерирующих условия для возникновения структурных перемен. К списку ключевых факторов, дестабилизирующих развитие мировой угольной промышленности, относятся нестабильность спроса и цен на уголь на международном рынке энергоносителей, ужесточение экологических стандартов применения угольного топлива, а также стремление развитых стран сократить зависимость от импортных поставок угля посред-

ством развития использования возобновляемых источников энергии [6]. На международном угольном рынке при меньшей монополизации и кооперации поставщиков уровень конкуренции при импорте и экспорте угля значительно выше по сравнению с нефтяным или газовым рынками вследствие того, что залежи угля расположены на всех континентах, практически во всех странах, а извлекаемыми запасами угля обладают порядка 70-ти стран в каждом из регионов мира. Тем самым структура импорта и экспорта угля по различным субрегионам мира отражает общую структуру мировой угольной отрасли и в значительной степени меняется под влиянием ее изменений [4].

В период с 1990 по 2018 гг. под воздействием технологических и ценовых трендов в мировой угольной промышленности произошли значимые изменения в структуре импортных и экспортных поставок угля<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Бюллетень о текущих тенденциях мировой экономики «Африка южнее Сахары: трудности развития и проблемы энергетики» // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2018. № 31. URL: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/16724.pdf> (дата обращения 13.05.2021).

<sup>2</sup> Визуализированный энергетический баланс Статистического отдела Организации Объединенных Наций. URL: <https://unstats.un.org/unsd/energystats/dataPortal/> (дата обращения: 13.05.2021)

Исследование динамики пропорций и направленности изменений импорта угольного топлива по субрегионам мира за 1990 и 2018 гг. (рис. 1) показало, что такие субрегионы, как Южная и Юго-Восточная Азия значительно нарастили количество импортируемого угля к 2018 году (удельный вес

угольных поставок в Южную Азию вырос с 1,74 % до 20,69 %, а в Юго-Восточную Азию с 0,82 % до 7,04 %), тем самым Южная Азия заняла второе место в мире по объему импортируемого угля после Восточной Азии, удельный вес ввозимого угля которой увеличился с 39,97 % до 44,11 %.

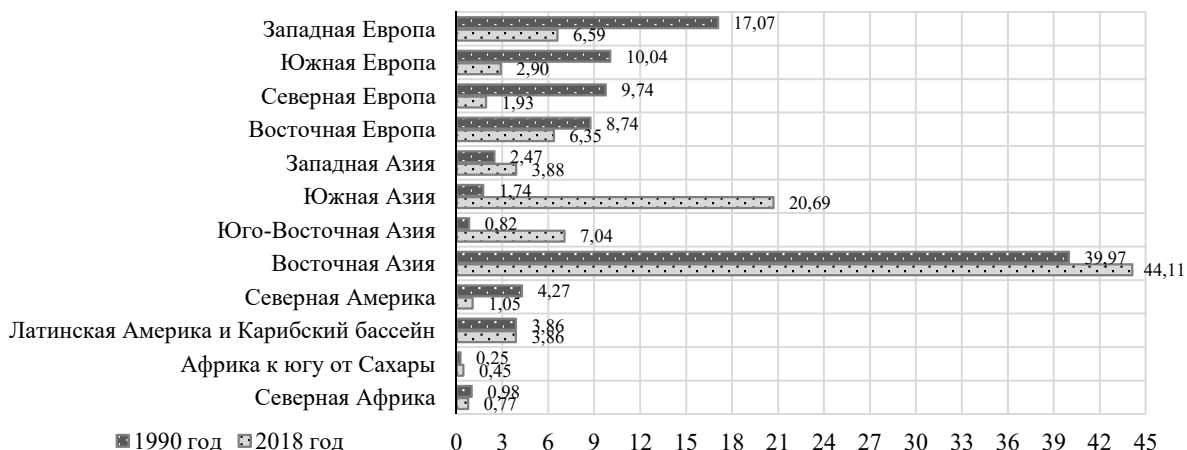


Рис. 1. Удельный вес импортных поставок субрегионов в общем объеме мирового импорта за 1990 и 2018 гг., в процентах / Fig. 1. The share of import supplies of sub-regions in the total volume of world imports for 1990 and 2018, in %

Заметное сокращение доли импортируемого угля наблюдается в европейском регионе: в Западной, Южной, Северной и Восточной Европе удельный вес импортных поставок в общем объеме мирового импорта уменьшился на 10,48, 7,14, 7,81 и 2,39 п.п. соответственно. Также доля импортируемого угля сократилась в Северной Америке (на 3,22 п.п.).

В непредставленных на графике субрегионах удельный вес импортных поставок в общем объеме

мирового импорта за 1990 и 2018 гг. имеет весьма низкую величину и изменился незначительно (в Центральной Азии доля импортных поставок угля увеличилась с 0 % до 0,22 %, в Австралии и Новой Зеландии – с 0 % до 0,07 %, в Меланезии – с 0,04 % до 0,10 %). В Микронезию и Полинезию ввоза угольного топлива не осуществлялось.

Структура экспортных поставок (рис. 2) весьма отличается от структуры импорта угля.

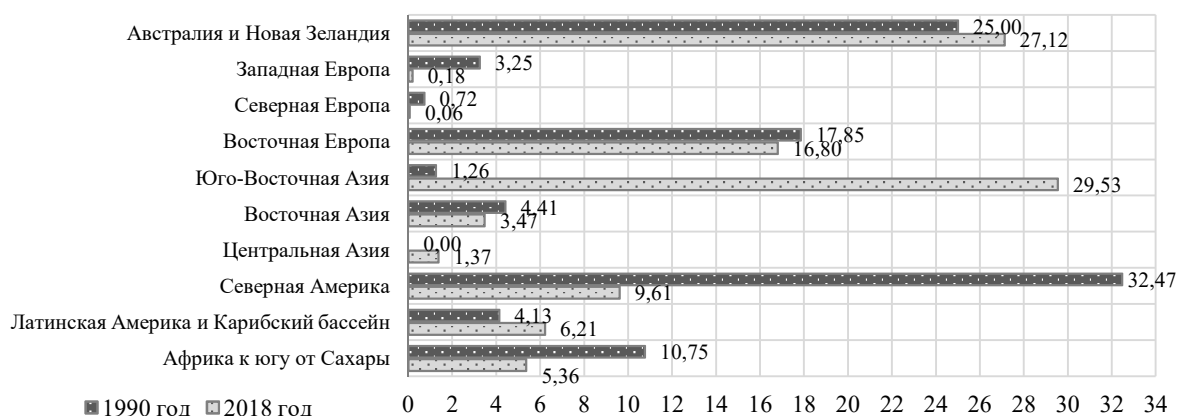


Рис. 2. Удельный вес экспортных поставок субрегионов в общем объеме мирового экспорта за 1990 и 2018 гг., в процентах / Fig. 2. The share of export supplies of sub-regions in the total volume of world exports for 1990 and 2018, in percent

<sup>1</sup> Статистический обзор мировой энергетики // Ежегодный отчет БР. 2020. № 69. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf> (дата обращения: 13.05.2021).

Лидером в области экспортных поставок в 2018 году является Юго-Восточная Азия [10], которая с 1990 года весьма нарастила объемы вывозимого угольного топлива (с 1,26 % до 29,53 %). В качестве иного крупнейшего экспортера угля выступает Австралия и Новая Зеландия (доля поставляемого из субрегиона угля выросла на 2,12 п.п.). В 1990 году первое место по количеству экспортируемого угольного топлива занимала Северная Америка, удельный вес поставок которой к 2018 году сократился с 32,47 % до 9,61 %. Другая часть американского региона, представленная Латинской Америкой и Карибским бассейном, несколько увеличила экспорт угля (на 2,08 п.п.) [12]. За исследуемый период на 5,39 п.п. сократились объемы вывозимого угля из Африки к югу от Сахары. В европейских регионах одновременно с падением импорта угольного топлива уменьшилось количество экспортируемого угля. В Западной Европе доля экспорта угля сократилась на 3,07 п.п., в Восточной Европе – на 1,05 п.п., а в Северной Европе в результате сокращения экспортных поставок удельный вес вывозимого угля достиг всего 0,06 %.

Доля экспорта угля субрегионов, которые отсутствуют на графике, весьма незначительна. В Южной Азии удельный вес вывозимого за рубеж угля за рассматриваемый период увеличился с 0,02 % до 0,16 %, в Западной Азии доля не изменилась и составила 0,01 %, в Южной Европе –

сократилась с 0,12 % до 0,11 %. В Северной Африке экспортные поставки угля к 2018 году прекратились (в 1990 году их доля составляла всего 0,02 %). Меланезия, Микронезия и Полинезия экспорт угля не осуществляют.

### Материалы и методы

Поскольку на основании сравнения сложившейся структуры импорта и экспорта угля по субрегионам мира на начало и конец исследуемого периода не представляется возможным получить качественную, объективную и наиболее полную характеристику изменений, произошедших на международном угольном рынке, проведен анализ динамики удельного веса импорта и экспорта угля по субрегионам мира за весь период с 1990 по 2018 гг. Результаты анализа представлены в таблице 1, где схематично отражены направления изменений удельного веса импортных и экспортных поставок угольного топлива по исследуемым субрегионам за рассматриваемый период:

–↓ – сокращение удельного веса импорта (экспорта) угля по отношению к предыдущему периоду;

–↑ – увеличение удельного веса импорта (экспорта) угля по отношению к предыдущему периоду;

↔ – удельный вес импорта (экспорта) угля по отношению к предыдущему периоду сохраняется на прежнем уровне.

Таблица 1 / Table 1

Направления динамики удельного веса импорта и экспорта субрегионов  
в общем объеме мировых поставок в 1990–2018 гг. / Trends in the dynamics of the share of imports  
and exports of sub-regions in the total volume of world supplies in 1990–2018

Субрегионы / Sub-regions	1991 г.	1992 г.	1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
	Импорт																												
Северная Африка	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	
Африка к югу от Сахары	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓	
Латинская Америка и Карибский бассейн	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	
Северная Америка	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	
Центральная Азия	↔	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	
Восточная Азия	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	
Юго-Восточная Азия	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	
Южная Азия	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	

Окончение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		
Западная Азия	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓		
Восточная Европа	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑		
Северная Европа	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑		
Южная Европа	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓		
Западная Европа	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓		
Австралия и Новая Зеландия	↓	↓	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑		
Меланезия	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑		
Экспорт																														
Северная Африка	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓
Африка к югу от Сахары	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	
Латинская Америка и Карибский бассейн	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓		
Северная Америка	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑		
Центральная Азия	↔	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	
Восточная Азия	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	
Юго-Восточная Азия	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	
Южная Азия	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓		
Западная Азия	↓	↔	↔	↔	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	
Восточная Европа	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	
Северная Европа	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	
Южная Европа	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	
Западная Европа	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓	
Австралия и Новая Зеландия	↑	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↓	

Анализ данных показал, что удельный вес импортируемого угля на протяжении всего исследуемого периода в основном увеличивается в таких субрегионах как Юго-Восточная Азия, Южная Азия, Австралия и Новая Зеландия, Латинская Америка и Карибский бассейн, Западная Азия, а снижается главным образом в Центральной и Восточной Азии, Северной, Южной и Западной Европе. Доля экспорта угля с 1990 по 2018 гг. преимущественно увеличивается в Юго-Восточной, Западной, Восточной и Южной Азии, Латинской Америке и Карибском бассейне, а уменьшается большей частью в африканском регионе, Центральной Азии, Северной Америке, Западной и Северной Европе, Австралии и Новой Зеландии [5].

Для измерения величины структурных сдвигов в импорте и экспорте угольного сырья ис-

пользовался интегральный коэффициент структурных различий – индекс Рябцева ( $J_R$ ) [7]:

$$J_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_{i_2} - d_{i_1})^2}{\sum_{i=1}^n (d_{i_2} + d_{i_1})^2}} \quad (1),$$

где  $d_{i_1}$  и  $d_{i_2}$  – удельные веса импорта (экспорта) в  $i$ -м субрегионе в 1 и 2 момент времени;  $i = 1, 2, 3, \dots, n = 15$  – число анализируемых субрегионов.

Индекс Рябцева имеет некоторые существенные преимущества среди иных способов оценки структурных сдвигов, в частности, значения индекса не находятся в зависимости от числа градаций структур и означают максимально возможную величину

расхождений между компонентами структуры. Для интерпретации результатов анализа по критерию разработана специальная шкала оценки меры существенности структурных различий.

В соответствии с полученными цепными значениями индекса Рябцева (рис. 3) структура импорта угля по субрегионам мира оценивается как довольно неустойчивая.

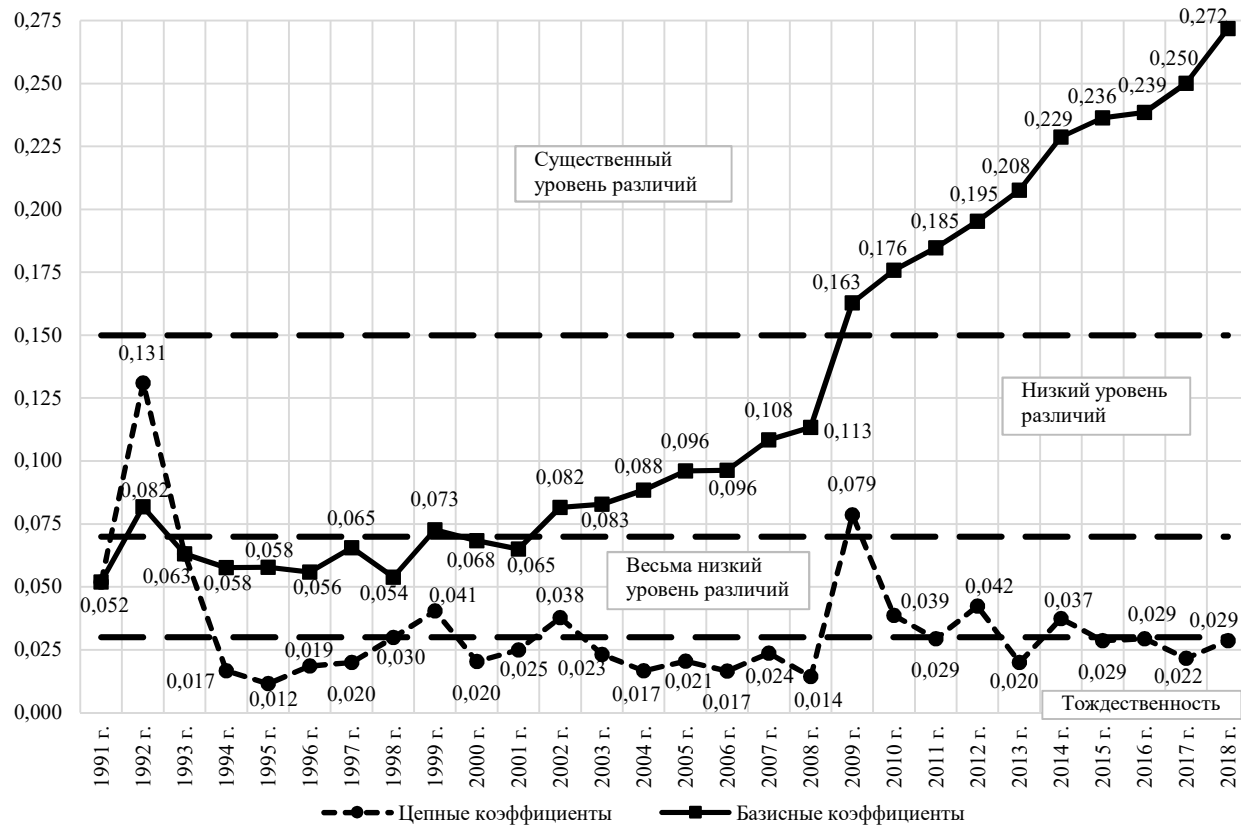


Рис. 3. Динамика индексов структурных различий в структуре импорта угля по субрегионам за 1991–2018 гг. /  
Fig. 3. Dynamics of the indices of structural differences in the structure of coal imports by sub-regions for 1991–2018

Несмотря на то, что большая часть исследуемых периодов характеризуется тождественностью структур, что свидетельствует о сходстве динамики изменения импорта угля по субрегионам, в 1991, 1993, 1999, 2002, 2010, 2012, 2014 гг., зафиксирован весьма низкий уровень различий импорта угольного сырья по субрегионам. В указанные периоды наблюдается значительное увеличение импорта угля в Восточной Азии, и его сокращение в Восточной Европе, при этом с 2012 года стала заметно наращивать импортные поставки угольного топлива Южная Азия. В 1992 и 2009 гг. индекс Рябцева перешел нижнюю границу интервала, фиксирующего низкий уровень различий. В 1992 году резко вырос импорт угля в Восточной Европе, а в 2009 году зафиксировано стремительное снижение импортных поставок угля в Северной Америке и в европейском регионе с одновременным увеличением импорта угля в Восточной и Южной Азии.

Расчитанные базисные значения индекса Рябцева свидетельствуют о следующей трансформации структуры импорта угля по субрегионам мира: с 1991 по 2001 гг. отмечался весьма низкий уровень различия структур по отношению к 1990 году (за исключением 1992 и 1999 гг., в течение которых зафиксирована низкая мера существенности структурных различий), с 2002 по 2008 гг. наблюдался низкий уровень различия структур, а с 2009 по 2018 гг. – существенный. В 1999 году импорт угля в Восточной и Южной Азии начал стремительно расти, параллельно в Восточной, Северной и Западной Европе импортные поставки угля начали сокращаться. В 2002 году резко увеличился импорт угля в Африке к югу от Сахары, Латинской Америке и Карибском бассейне, а также во всем азиатском регионе, одновременно сократились поставки угля в Северную Америку, в Восточную, Северную и Западную Европу. В 2009 году в Африке, Америке

и Европе импорт угля начал резко сокращаться, а в Восточную и Южную Азию поставки начали стремительно расти.

Сравнительный анализ цепных значений индекса Рябцева (рис. 4) показал, что структура экспорта угля по субрегионам относительно устойчива в течение рассматриваемого периода.

В большинстве смежных периодов уровень различия экспорта угля субрегионов интерпретируется как весьма низкий, за исключением 1992 и 1993 гг., которые характеризуются низким уровнем различия объемов экспортных поставок угля по отношению к предыдущему году. В 1992 году резко сократился экспорт угля в Северной Америке, Австралии и Новой Зеландии, одновременно с ростом поставок из Центральной

Азии и Восточной Европы. В 1993 году продолжилось падение экспорта угля в Северной Америке, весьма сократились поставки из Восточной Европы, в то время как Австралия и Новая Зеландия нарастила экспорт угольного топлива. В 1994, 1996, 2007, 2012 и 2016 гг. структуры оцениваются в качестве тождественных, тем самым в целом процессы постепенного изменения объемов экспортируемого угольного сырья по субрегионам мира обладают схожей динамикой. На протяжении указанных периодов экспорт угля в основном увеличивается в Латинской Америке и Карибском бассейне, Северной Америке, Восточной Европе, Юго-Восточной Азии, Австралии и Новой Зеландии, а уменьшается в Центральной и Восточной Азии.

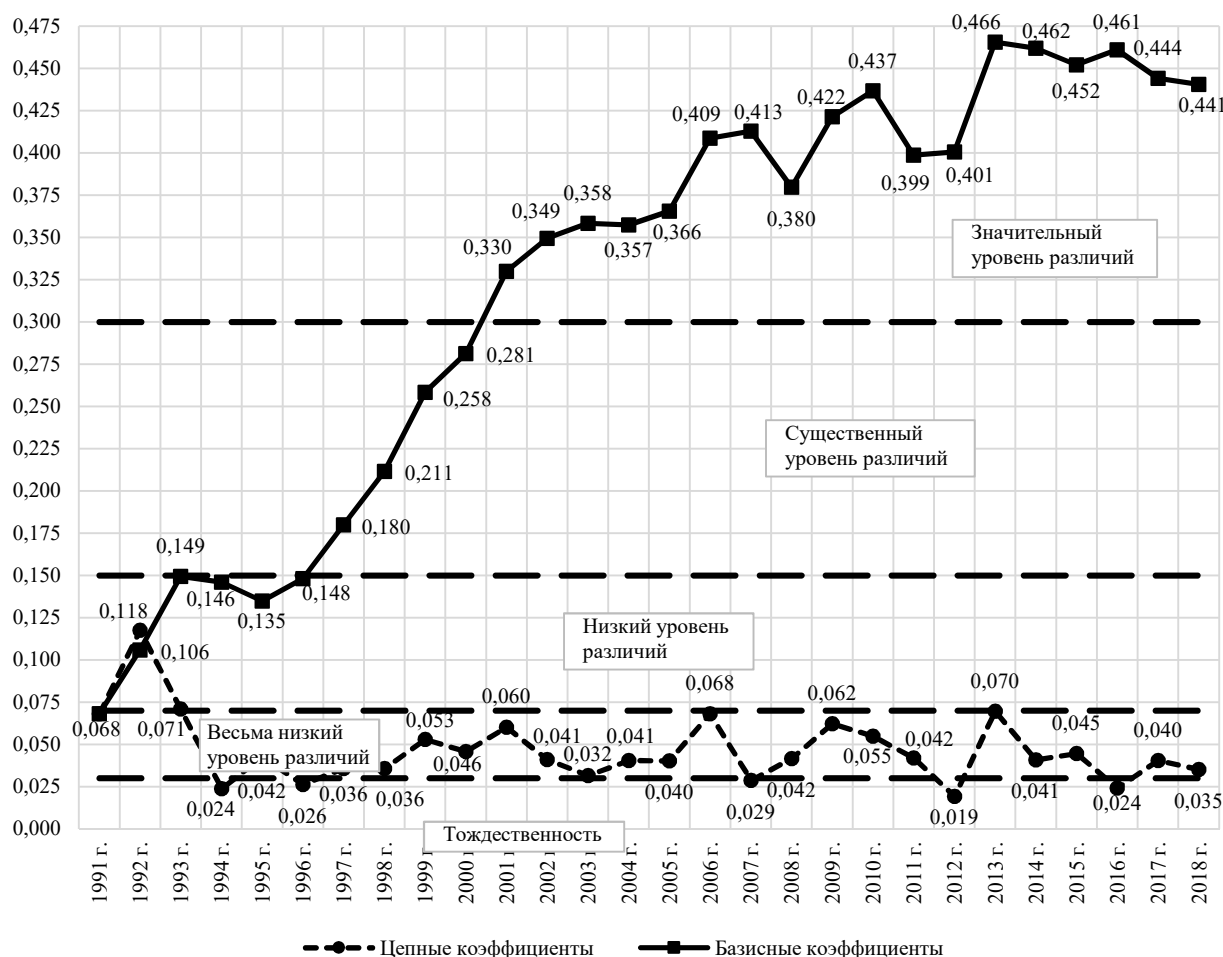


Рис. 4. Динамика индексов структурных различий в структуре экспорта угля по субрегионам за 1991–2018 гг. /  
 Fig. 4. Dynamics of indices of structural differences in the structure of coal exports by sub-regions for 1991–2018

Сопоставление базисных структурных коэффициентов свидетельствует о том, что за последние тридцать лет произошла некоторая транс-

формация структуры экспорта угля по субрегионам: к 1992 году индекс Рябцева, рассчитанный относительно базисного 1990 года, перешел

нижнюю границу интервала, фиксирующего низкий уровень различий, с 1997 года мера существенности структурных различий характеризуется как существенная, с 2001 года наблюдается значительный уровень различия структур. В 1997 году произошло сокращение удельного веса экспортных поставок угля в Северной Америке и Восточной Европе в общем объеме мирового экспорта угля на фоне увеличения поставок угольного топлива в азиатский регион и в Австралию, и Новую Зеландию. В 2001 году зафиксирован резкий спад экспорта угля в Северной Америке и его рост в Восточной Азии.

С целью осуществления оценки влияния угольных поставок каждого субрегиона на общее изменение мирового импорта (экспорта) угля ис-

пользован метод относительных величин, в частности рассчитана величина ( $V_i$ ) – вклад каждого субрегиона в показатель интенсивности структурных сдвигов:

$$V_i = \frac{|d_i 2018 - d_i 1990|}{\sum_i^n |d_i 2018 - d_i 1990|} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Весомая величина вклада свидетельствует о значимых изменениях в количестве поставок угольного сырья конкретного субрегиона, влияющих на интенсивность структурных сдвигов в объеме мирового импорта (экспорта) угля. Ранги субрегионов в зависимости от величины и направления оказываемого влияния на общее изменение мирового импорта (экспорта) угля представлены в таблице 2.

Таблица 2 / Table 2

**Ранжирование субрегионов по вкладу в изменение структуры импорта и экспорта угля /  
Ranking of sub-regions by contribution to changes in the structure of coal imports and exports**

Субрегионы / Sub-regions	$V_i, \%$	Ранг по вкладу в изменение импорта / экспорта угля / Rank by contribution to the change in coal import / export	Ранг по вкладу в увеличение / Rank by contribution to increase	Ранг по вкладу в уменьшение / Rank by contribution to reduction
1	2	3	4	5
Импорт угля				
Первая группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция к снижению удельного веса импортных поставок угля»				
Центральная Азия	0,35	10	-	7
Восточная Азия	6,63	6	-	4
Северная Европа	12,50	3	-	2
Южная Европа	11,42	4	-	3
Западная Европа	16,76	2	-	1
Итого	47,66			
Вторая группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция отсутствует»				
Северная Африка	0,34	11	6	8
Африка к югу от Сахары	0,31	12	7	9
Северная Америка	5,15	7	3	5
Восточная Европа	3,82	8	4	6
Меланезия	0,09	14	9	10
Итого	9,72			
Третья группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция к увеличению удельного веса импортных поставок угля»				
Латинская Америка и Карибский бассейн	0,002	15	10	-
Юго-Восточная Азия	9,94	5	2	-



Окончание табл.

1	2	3	4	5
Южная Азия	30,30	1	1	-
Западная Азия	2,26	9	5	-
Австралия и Новая Зеландия	0,12	13	8	-
Итого	42,63			
Экспорт угля				
Первая группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция к снижению удельного веса экспортных поставок угля»				
Северная Африка	0,03	12	-	8
Африка к югу от Сахары	7,93	3	-	2
Северная Америка	33,62	2	-	1
Центральная Азия	2,01	7	-	5
Северная Европа	0,97	10	-	7
Западная Европа	4,51	4	-	3
Австралия и Новая Зеландия	3,11	5	-	4
Итого	52,17			
Вторая группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция отсутствует»				
Восточная Европа	1,54	8	3	6
Южная Европа	0,02	13	-	-
Итого	1,56			
Третья группа субрегионов				
«Устойчивая тенденция к увеличению удельного веса экспортных поставок угля»				
Латинская Америка и Карибский бассейн	3,07	6	2	-
Восточная Азия	1,39	9	4	-
Юго-Восточная Азия	41,58	1	1	-
Южная Азия	0,21	11	5	-
Западная Азия	0,01	14	6	-
Итого	46,27			

За последние тридцать лет почти треть структурных изменений импорта угольного топлива была связана с изменением импортных поставок угля Южной Азии (30,30 %) [2]. Значимый вклад в изменение структуры импорта угля по субрегионам внесли Западная Европа (16,76 %), Северная Европа (12,50 %), Южная Европа (11,42 %), Юго-Восточная Азия (9,94 %), Восточная Азия (6,63 %) и Северная Америка (5,15 %). При этом в состав группы субрегионов, у которых наблюдается устойчивая тенденция к увеличению удельного

веса импортных поставок угля, одновременно входят субрегионы, внесшие наибольшие изменения структуры импорта угля, так и субрегионы, которые оказывают незначительное влияние на структуру импорта угольного топлива, в частности, к данным территориям отнесены Западная Азия (2,26 %), Австралия и Новая Зеландия (0,12 %), Латинская Америка и Карибский бассейн (0,002 %), занимающие соответственно 9, 13 и 15 место по вкладу в изменение импорта угля. Тем самым наличие устойчивой тенденции роста

удельного веса импортных поставок угля в совокупном объеме мирового импорта угольного сырья не равнозначно усилению вклада в увеличение импорта угля. Несмотря на то, что Северная Америка и Восточная Европа были отнесены ко второй группе субрегионов, у которых не выявлено наличия устойчивой тенденции, данные территории имеют соответственно 3 и 4 ранги по вкладу в увеличение импорта угля, вследствие того, что за исследуемый период темп увеличения импорта угольного топлива в прочих рассматриваемых субрегионах был ниже, чем в Северной Америке и Восточной Европе.

На структурные изменения экспорта угольного топлива оказала значительное влияние динамика экспортных поставок Юго-Восточной Азии (41,58 %) и Северной Америки (33,62 %), некоторый вклад внес субрегион Африки к югу от Сахары (7,93 %). В группу субрегионов с устойчивой тенденцией к увеличению удельного веса экспорта угля входят субрегионы, внесшие незначительный вклад в изменение структуры экспорта угля: Восточная Азия (1,39 %), Южная Азия (0,21 %) и Западная Азия (0,01 %), которым соответствуют 9, 11 и 14 ранги, что свидетельствует о том, что устойчивая тенденция увеличения удельного веса экспорта угля не равнозначна росту вклада в его увеличение. Восточная Европа, отнесенная ко второй группе субрегионов, не имеющих устойчивой тенденции, занимает 3 место по вкладу в увеличение экспорта угля (1,54 %), поскольку темп роста экспортных поставок угольного топлива в данном субрегионе

превышал темпы роста экспорта угля в иных территориях [1].

Анализ структурных изменений, произошедших в импорте и экспорте угольного сырья, показал, что главным образом структурные сдвиги вызваны переменной географических центров импорта и экспорта угля между субрегионами. За рассматриваемый период наблюдается сокращение удельного веса импортных поставок угля в Северной Америке, Южной, Западной и Северной Европе, его увеличение в Юго-Восточной, Южной и Западной Азии и постоянное колебание значений в Восточной Европе. В Африке к югу от Сахары и Северной Америке зафиксировано уменьшение удельного веса экспорта угля, в Юго-Восточной Азии он увеличивается, а в Восточной Азии доля экспортных поставок изменялась на протяжении всего исследуемого периода.

Прогнозирование значений базисных индексов структурных различий импорта и экспорта угля на основе трендовых моделей показало, что наилучшими аппроксимирующими свойствами в каждом случае обладает полиномиальная модель. Для импорта угля уравнение полученной модели имеет следующий вид [11]:

$$\hat{y}_t = 0,0673 - 0,0039t + 0,0004t^2$$

*t*-статистика: (-4,33) (10,58)

$$R^2 = 0,97; F(2;25) = 469,72; DW = 1,67; S.E. = 0,01.$$

Графическое отображение аппроксимации представлено на рисунке 5.

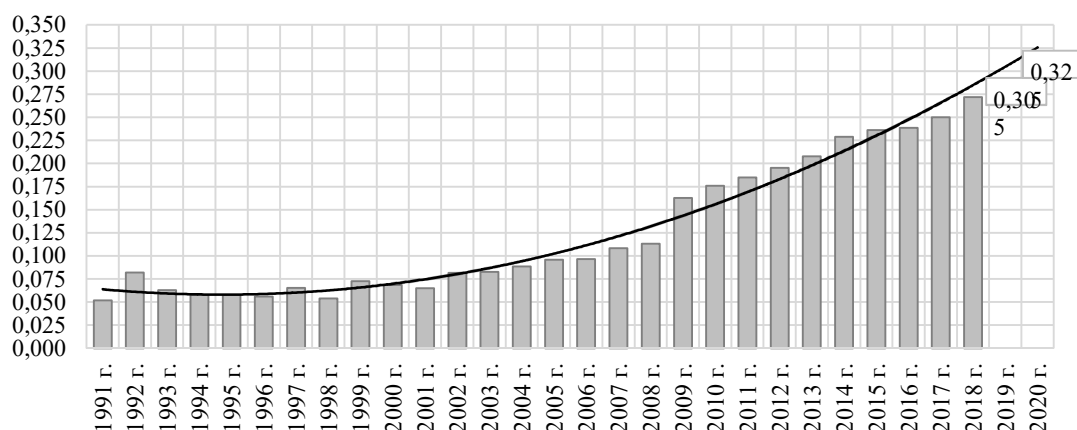


Рис. 5. Динамика индексов структурных различий в структуре импорта угля по субрегионам за 1991–2020 гг. /  
Fig.5. Dynamics of indices of structural differences in the structure of coal imports by sub-regions for 1991–2020

В соответствии с прогнозом, построенным по выбранной трендовой модели на 2019 и 2020 гг., в дальнейшем структура импорта угольного сырья по субрегионам продолжит меняться, индекс структурных различий составит в 2019 году – 0,305, в 2020 году – 0,325.

Для экспорта угля эконометрическая модель выглядит следующим образом:

$$\hat{y}_t = 0,0238 + 0,0319 t - 0,0006t^2$$

*t*-статистика: (13,54) (-7,55)

$R^2 = 0,97$ ;  $F(2;25) = 360,13$ ;  $DW = 1,63$ ;  $S.E. = 0,02$ .

График аппроксимации представлен на рисунке 6.

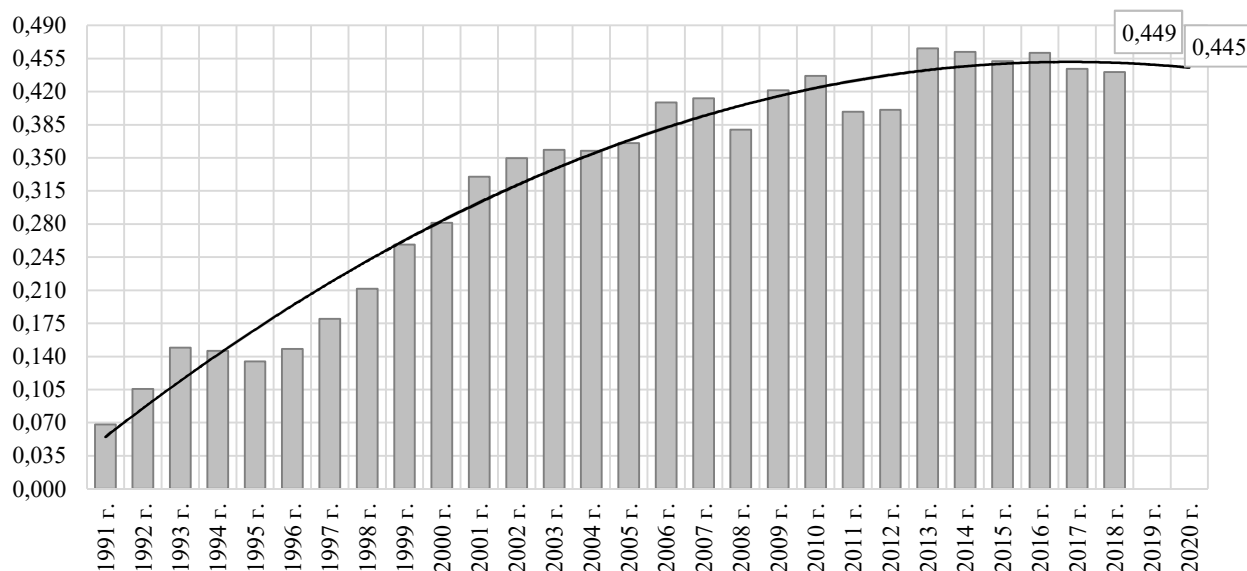


Рис. 6. Динамика индексов структурных различий в структуре экспорта угля по субрегионам за 1991–2020 гг./  
Fig. 6. Dynamics of indices of structural differences in the structure of coal exports by sub-regions for 1991–2020

Согласно прогнозу, выполненному по предложенной модели на 2019 и 2020 гг., структура экспорта угля по субрегионам также продолжит трансформацию, индекс структурных различий составит в 2019 году – 0,449, в 2020 году – 0,445.

### Заключение

Поскольку структура импорта и экспорта угля по субрегионам отражает общую структуру мировой угольной отрасли и меняется под влиянием ее изменений, в период с 1990 по 2018 гг. под воздействием технологических и ценовых трендов, в мировой угольной промышленности произошли значимые изменения в структуре импортных и экспортных поставок угля субрегионов. Исследование динамики пропорций и направленности данных изменений за 1990 и 2018 гг. показало, что Южная Азия значительно нарастила импорт угля (до 20,69%), заняв второе место в мире по объему импортируемого угля после Восточной Азии (44,11%). Лидерами в области экспортных поставок в 2018 году стали Юго-Восточная Азия, нарастившая с 1990 года экспорт угля до 29,53 %,

и Австралия и Новая Зеландия (27,12%). В 1990 году первое место занимала Северная Америка, удельный вес экспортных поставок угля которой к 2018 году сократился с 32,47% до 9,61%, также уменьшилась доля импорта угля. В европейском регионе зафиксировано сокращение как импорта, так и экспорта угля. Анализ динамики удельного веса импорта и экспорта угля по субрегионам мира за 1990–2018 гг. показал, что удельный вес импортируемого угля увеличивается в Юго-Восточной, Южной и Западной Азии, Австралии и Новой Зеландии, Латинской Америке и Карибском бассейне, а снижается в Центральной и Восточной Азии, Северной, Южной и Западной Европе. Доля экспорта угля увеличивается в Юго-Восточной, Западной, Восточной и Южной Азии, Латинской Америке и Карибском бассейне, уменьшается в африканском регионе, Центральной Азии, Северной Америке, Западной и Северной Европе, Австралии и Новой Зеландии. Сравнительный анализ значений индекса Рябцева показал, что структура импорта угля по субрегионам довольно неустойчива. Несмотря на

то что большинство периодов характеризуется тождественностью структур, что говорит о сходстве динамики изменения импорта угля по субрегионам, в 1991, 1993, 1999, 2002, 2010, 2012, 2014 гг. зафиксирован весьма низкий уровень различий, а в 1992 и 2009 гг. – низкий уровень различий. Также происходит трансформация структуры импорта угля: с 1991 по 2001 гг. отмечался весьма низкий уровень различия структур по отношению к 1990 году (за исключением 1992 и 1999 гг. с низкой мерой структурных различий), с 2002 по 2008 гг. уровень различия структур стал низким, с 2009 по 2018 гг. – существенным. Структура экспорта угля по субрегионам оказалась относительно устойчивой. В большинстве периодов уровень различия экспорта угля субрегионов интерпретируется как весьма низкий, за исключением 1992 и 1993 гг. с низким уровнем различия объемов экспортных поставок угля по отношению к предыдущему году. В 1994, 1996, 2007, 2012 и 2016 гг. структуры оцениваются в качестве тождественных, тем самым в целом процессы постепенного изменения объемов экспортируемого угольного сырья по субрегионам мира обладают схожей динамикой. Также произошла некоторая трансформация структуры экспорта угля: к 1992 году индекс Рябцева относительно 1990 года оказался в интервале с низким уровнем различия структур, с 1997 года мера существенности структурных различий стала существенной, а с 2001 года – значительной. Структурные изменения импорта угля оказались связаны с изменением импортных поставок Южной Азии (30,30 %), Западной, Северной и Южной Европы (16,76 %, 12,50 % и 11,42 % соответственно), Юго-Восточной (9,94 %) и Восточной

Азии (6,63 %), Северной Америки (5,15 %). На структурные изменения экспорта угля оказала влияние динамика экспортных поставок Юго-Восточной Азии (41,58 %), Северной Америки (33,62%) и Африки к югу от Сахары (7,93 %). При этом выявлено, что устойчивая тенденция роста удельного веса поставок угля субрегиона в мировом импорте и экспорте угольного сырья не равнозначна усилению вклада в увеличение импортных и экспортных поставок угля [9]. Тем самым структурные сдвиги главным образом вызваны переменой географических центров импорта и экспорта угля между субрегионами. За рассматриваемый период наблюдается сокращение удельного веса импорта угля в Северной Америке, Южной, Западной и Северной Европе, его увеличение в Юго-Восточной, Южной и Западной Азии, и постоянное колебание значений в Восточной Европе. В Африке к югу от Сахары и Северной Америке зафиксировано уменьшение удельного веса экспорта угля, в Юго-Восточной Азии он увеличился, а в Восточной Азии доля экспортных поставок изменялась на протяжении всего исследуемого периода. Прогнозирование значений базисных индексов структурных различий импорта и экспорта угля показало, что лучшими аппроксимирующими свойствами обладают полиномиальные модели. В соответствии с прогнозами, построенными по выбранным трендовым моделям на 2019 и 2020 гг., в дальнейшем структура импорта и экспорта угольного сырья по субрегионам продолжит меняться, индекс структурных различий для импорта составит в 2019 году – 0,305, в 2020 году – 0,325, для экспорта примет значения в 2019 году – 0,449, в 2020 году – 0,445.

1. Галкина А. А., Грушевенко Д. А., Грушевенко Е. В. [и др.] Перспективы развития мировой энергетики в период до 2040 г. и их влияние на российский топливно-энергетический комплекс // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2015. № 1 (211). С. 59–70.
2. Колокольцев С. Н. Мировая энергетика и глобальный энергетический переход // Прорывные научные исследования: проблемы, закономерности, перспективы: сборник статей XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 93–100.
3. Кондратьев В. Б., Попов В. В., Кедрова Г. В. Глобальный рынок угля: состояние и перспективы // Горная промышленность. 2019. № 2 (44). С. 6–12.
4. Кулагина В. А., Линник В. Ю., Жабин А. Б., и др. Перспективы развития мировой энергетики с учетом влияния технологического прогресса // М. : ИНЭИ РАН. 2020. 320 с.
5. Линник Ю. Н. Анализ конъюнктуры и прогноз рынка угля // Уголь, 2020. № 5. С. 34–38.
6. Макаров А. А., Галкина А. А., Грушевенко Е. В. [и др.]. Перспективы мировой энергетики до 2040 г. // Мировая экономика и международные отношения. 2014. № 1. С. 3–20.
7. Мхитарян В. С., Сарычева Т. В. Исследование структуры занятости по видам экономической деятельности в Российской Федерации // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2019. № 2. С. 31–50.

8. Писаренко М. В., Шаклеин С. В. Производство и потребление угля в мире и России // Горная промышленность. 2015. № 2 (120). 24 с.
9. Плакиткина Л. С., Плакиткин Ю. А., Дьяченко К. И. Мировые тенденции развития угольной отрасли // Горная промышленность. 2019. №1 (143). С. 24–29.
10. Полаева Г. Б., Смирнов С. С. Изменение доли угля в мировом топливно-энергетическом балансе // Инновации и инвестиции. 2019. № 9. С. 357–360.
11. Сарычева Т. В. Прогнозирование занятости в разрезе основных видов экономической деятельности региона // В сборнике: Импортзамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья: материалы I Всероссийской конференции с международным участием. 2019. С. 613–618.
12. Сокольников М. А. Ближайшие двадцать лет энергетики. Отчет ВР и мнения российских экспертов // Геоэкономика энергетики. 2019. Т. 8. № 4. С. 5–14.

*Статья поступила в редакцию 22.06.2021 г.; одобрена после рецензирования 16.07.2021 г.; принята к публикации 27.07.2021 г.*

### Об авторах

#### **Сарычева Татьяна Владимировна**

доктор экономических наук, доцент, директор института цифровых технологий, профессор кафедры прикладной статистики и информатики, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), [tvdolmatova@bk.ru](mailto:tvdolmatova@bk.ru)

#### **Сергеева Мария Георгиевна**

студентка факультета экономики, управления и финансов, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), [kaulit2009@yandex.ru](mailto:kaulit2009@yandex.ru)

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

1. Galkina A. A., Grushevenko D. A., Grushevenko E. V. [et al.] Perspektivy razvitiya mirovoi energetiki v period do 2040 g. i ikh vliyaniye na rossiiskii toplivno-energeticheskii kompleks [Development prospects of the world energy industry over the period up to 2040 and outcomes for the Russian fuel and energy sector]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta* = St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2015, no. 1 (211), pp. 59–70. (In Russ.).
2. Kolokoltsev S. N. Mirovaya energetika i global'nyi energeticheskii perekhod [World energy and the global energy transition]. *Proryvnye nauchnye issledovaniya: problemy, zakonomernosti, perspektivy: sbornik statei XV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* = Breakthrough scientific research: problems, patterns, prospects: collection of articles of the XV International scientific and practical conference, 2020, pp. 93–100. (In Russ.).
3. Kondratyev V. B., Popov V. V., Kedrova G. V. Global'nyi rynek uglya: sostoyaniye i perspektivy [Global coal market: current situation and perspectives]. *Gornaya promyshlennost'* = Russian Mining Industry, 2019, no. 2 (44), pp. 6–12. DOI: 10.30686/1609-9192-2019-2-144-6-12 (In Russ.).
4. Kulagina V. A. Perspektivy razvitiya mirovoi energetiki s uchetom vliyaniya tekhnologicheskogo progressa [Prospects for the development of world energy taking into account the impact of technological progress]. Moscow, INEI RAS Publ., 2020, 320 p. (In Russ.).
5. Linnik Yu. N., Linnik V. Yu., Zhabin A. B. et al. Analiz kon'yunktury i prognoz rynka uglya [Coal market: analysis and forecast]. *Ugol'* = Russian Coal Journal, 2020, no. 5, pp. 34–38. (In Russ.).
6. Makarov A. A., Galkina A. A., Grushevenko E. V. et al. Perspektivy mirovoi energetiki do 2040 g. [Global energy markets outlook up to 2040]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* = World Economy and International Relations, 2014, no. 1, pp. 3–20. (In Russ.).
7. Mkhitarian V. S., Sarycheva T. V. Issledovanie struktury zanyatosti po vidam ekonomicheskoi deyatel'nosti v Rossiiskoi Federatsii [A study of the employment composition by types of economic activity in the Russian Federation]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika i menedzhment* = BSU Bulletin. Economics and Management, 2019, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.).
8. Pisarenko M. V., Shaklein S. V. Proizvodstvo i potrebleniye uglya v mire i Rossii [World and Russia's coal supply and demand]. *Gornaya promyshlennost'* = Russian Mining Industry, 2015, no. 2 (120), p. 24. (In Russ.).
9. Plakitkina L. S., Plakitkin Yu. A., Dyachenko K. I. Mirovye tendentsii razvitiya ugol'noi otrasli [World trends of coal industry development]. *Gornaya promyshlennost'* = Russian Mining Industry, 2019, no. 1 (143), pp. 24–29. (In Russ.).

10. Polaeva, G. B., Smirnov S. S. Izmenenie doli uglya v mirovom toplivno-energeticheskom balance [Change in the proportion of coal in the global fuel and energy balance]. *Innovatsii i investitsii* = Innovation and Investment, 2019, no. 9, pp. 357–360. (In Russ.).

11. Sarycheva T. V. Prognozirovanie zanyatosti v razreze osnovnykh vidov ekonomicheskoi deyatel'nosti regiona [Forecasting of employment in the context of the main types of economic activity of the region]. *Importozameshchayushchie tekhnologii i oborudovanie dlya glubokoi kompleksnoi pererabotki sel'skokhozyaistvennogo syr'ya: sbornik materialov I Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* = Import-substituting technologies and equipment for deep complex processing of agricultural raw materials: collection of materials of the I All-Russian Conference with international participation, 2019, pp. 613–618. (In Russ.).

12. Sokolnikov, M. A. Blizhaishie dvadtsat' let energetiki. Otchet BR I mneniya rossiiskikh ekspertov [The next twenty years of energy. BP Report and opinions of Russian experts]. *Geoekonomika energetiki* = Geoeconomics of Energy, 2019, vol. 8, no. 4, pp. 5–14. (In Russ.).

*The article was submitted.22.06.2021; approved after reviewin 16.07.2021; accepted for publication 27.07.2021.*

### About the authors

#### **Tatyana V. Sarycheva**

Dr. Sci. (Economics), Associate Professor, Director of the Institute of Digital Technologies, Professor of the Department of Applied Statistics and Informatics, Mari State University(1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), [tvdolmatova@bk.ru](mailto:tvdolmatova@bk.ru)

#### **Maria G. Sergeeva**

Student of the Faculty of Economics, Management and Finance, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), [kaulit2009@yandex.ru](mailto:kaulit2009@yandex.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*