

DOI: 10.20542/0131-2227-2024-68-9-55-66

EDN: FLYXXX

ПОЛИТИКА ПРОТИВ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ

© 2024 г. В.А. Кулагин, А.К. Куклина, Д.А. Грушевенко

КУЛАГИН Вячеслав Александрович, руководитель отдела,
ORCID 0000-0001-8847-8882, vakulagin@yandex.ru
ИНЭИ РАН, РФ, 117186 Москва, ул. Нагорная, 31/2.

КУКЛИНА Анна Константиновна, инженер,
ORCID 0009-0007-0051-2224, kuklinaak@eriras.ru
ИНЭИ РАН, РФ, 117186 Москва, ул. Нагорная, 31/2.

ГРУШЕВЕНКО Дмитрий Александрович, старший научный сотрудник,
ORCID 0000-0002-8660-2576, grushevenkod@gmail.com
ИНЭИ РАН, РФ, 117186 Москва, ул. Нагорная, 31/2.

Статья поступила 17.05.2024. После доработки 24.06.2024. Принята к печати 01.07.2024.

Аннотация. Представлены методология и результаты расчетного анализа роста глобальных выбросов парниковых газов, вызванных нарушениями в международной торговой логистике из-за вводимых с 2022 г. геополитических ограничений на связи между Россией и странами Запада. Только переориентация торговли нефтью и природным газом, а также удлинение летних маршрутов приводят к росту выбросов на 261–290 млн т CO_2 экв., что сопоставимо с годовыми выбросами Великобритании. При учете всех искажений в глобальной торговле рост выбросов может оказаться еще на 40–60% выше. Таким образом, можно утверждать, что существующие торговые ограничения оказывают существенное негативное воздействие на реализацию задач глобального низкоуглеродного развития.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов, логистика, транспорт, энергоресурсы, авиаперевозки, переориентация поставок, CO_2 экв.

POLITICS AGAINST DECARBONIZATION

Viatcheslav A. KULAGIN,
ORCID 0000-0001-8847-8882, vakulagin@yandex.ru
Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences (ERI RAS), 31/2, Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russian Federation.

Anna K. KUKLINA,
ORCID 0009-0007-0051-2224, kuklinaak@eriras.ru
Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences (ERI RAS), 31/2, Nagornaya Str., Moscow, 117186, Russian Federation.

Dmitriy A. GRUSHEVENKO,
ORCID 0000-0002-8660-2576, grushevenkod@gmail.com
Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences (ERI RAS), 31/2, Nagornaya str., Moscow, 117186, Russian Federation.

Received 17.05.2024. Revised 24.06.2024. Accepted 01.07.2024.

Abstract. This study describes the methodology and results of calculating the increase in global greenhouse gas emissions caused by disruptions in international logistics due to geopolitical restrictions introduced by Western countries against Russia since 2022. The Western sanctions policy regarding, first of all, trade in Russian hydrocarbons has caused the breakdown of trade routes, which until recently could be characterized as “conditionally optimal.” That is, hydrocarbon supplies were carried out along the shortest routes, which ensured minimal fuel combustion during transportation and minimal greenhouse gas emissions, respectively. Now, a forced reorientation has led to an increase in commodity transport work, which requires more fuel combustion and, accordingly, provides an increase in emissions. Closed airspace also has an additional negative effect on rising emissions, as most flights from Europe to Asia and back from 2022 will overfly Russia, which on average adds an extra 2 hours to the flight, requires more fuel to be burned, and therefore leads to increase in greenhouse gas emissions. And considering that flights have only just begun to recover after the 2020 crisis, the impact of the closure of airspace over Russia on greenhouse gas emissions will only grow in the future. The study’s calculations show that reorienting trade in oil and natural gas and extending air routes alone would increase emissions by 261–290 Million t of CO_2 eq. This is comparable to the UK’s annual emissions. If we take into account all the distortions in global trade, emissions growth could be even 40–60% higher.

Thus, it can be argued that existing trade restrictions brought a significant negative impact on the implementation of global low-carbon development agenda.

Keywords: greenhouse gases emissions, logistics, transport, energy resources, air transportation, reorientation of supplies, CO₂ eq.

About authors:

Viatcheslav A. KULAGIN, Head of the Department.

Anna K. KUKLINA, Engineer.

Dmitriy A. GRUSHEVENKO, Senior Researcher.

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная обеспокоенность ростом выбросов парниковых газов (ПГ), связанных с деятельностью человека, заставляет искать способы их сдерживания. В последние годы низкоуглеродная повестка активизировалась во многих странах мира и на международном уровне. Преимущественно усилия по снижению выбросов направлены на изменение структуры потребления энергоресурсов и повышение технологической эффективности по элементам цепочек производства, преобразования и поставок. Но есть еще один важный элемент, который часто выходит из зоны внимания специалистов, — логистика. Именно от нее зависит значительная часть производимых выбросов. Это становится понятно, если рассмотреть идеальный рынок с кратчайшими путями снабжения, а потом сравнить, насколько увеличивается товаро- и пассажиротранспортная работа при построении более сложных транспортных цепочек.

Нарушение оптимальных связей может происходить по разным причинам. В нашем исследовании рассмотрено воздействие геополитических решений на рост глобальных выбросов на примере ситуации с санкционными и политическими ограничениями при взаимодействии России с США, ЕС и Великобританией. В частности, рассмотрен рост выбросов, вызванный:

— переориентацией поставок российских газа, нефти и нефтепродуктов с европейского на альтернативные рынки и компенсацией этих поставок для Европы из других регионов;

— изменениями в авиаперевозках ввиду необходимости осуществлять облет территории России.

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА

Оценка изменений выбросов на примере переориентации поставок российского газа. Изменение объема выбросов, возникающее в результате отказа Европы от российского природного газа

($\Delta E_{\text{газ}}$, млн т CO₂ экв.), рассчитывается по формуле:

$$\Delta E_{\text{газ}} = \Delta E_{\text{рТПГ}} + \Delta E_{\text{рСПГ}} + \Delta E_{\text{мСПГ}},$$

где $\Delta E_{\text{рТПГ}}$ — изменение выбросов от российских поставок трубопроводного газа (ТПГ); $\Delta E_{\text{рСПГ}}$ — изменение выбросов от российских поставок СПГ; $\Delta E_{\text{мСПГ}}$ — изменение выбросов от прочих поставок СПГ.

Показатель $\Delta E_{\text{рТПГ}}$, млн т CO₂ экв., рассчитывается по формуле:

$$\Delta E_{\text{рТПГ}} = E_{\text{цппосле}} - E_{\text{цпдо}},$$

где $E_{\text{цппосле}}$ — объем выбросов при экспорте ТПГ, эмитируемых после переориентации поставок; $E_{\text{цпдо}}$ — то же до переориентации поставок.

Совокупные выбросы, эмитируемые при экспорте ТПГ из России ($E_{\text{цп}}$, млн т CO₂ экв.), рассчитываются по формуле:

$$E_{\text{цп}} = E_{\text{д, пу}} + E_{\text{д, псж}} + E_{\text{ту}} + E_{\text{тсж}},$$

где $E_{\text{д, пу}}$ — выбросы от утечек при добыче и первичной переработке газа; $E_{\text{д, псж}}$ — выбросы от стационарного сжигания при добыче и первичной переработке газа; $E_{\text{ту}}$ — эмиссия, вызванная утечками при транспортировке; $E_{\text{тсж}}$ — эмиссия от стационарного сжигания при транспортировке.

Эмитируемые в процессе поставок выбросы (от сжигания и утечек) при добыче, переработке и транспортировке природного газа рассчитываются по общей формуле, разработанной IPCC и используемой при формировании Национального кадастра антропогенных выбросов, в том числе российского [ист. 1]:

$$E_{\text{д, пу}} = \sum_{j=1}^3 V_d \cdot K_{yj} \cdot K_{\text{пгп}j},$$

где j — эмитируемый газ (учитываются эмиссии CO₂ ($j = 1$), CH₄ ($j = 2$), N₂O ($j = 3$)); V_d — объем добычи, переработки, транспортировки (в зависимости от того, по какому элементу цепочки поставок производится расчет); K_{yj} — нацио-

нальные коэффициенты эмиссии выбросов от утечек/сжигания, происходящих от операций по добыче и первичной переработке, транспортировке природного газа по трубопроводам; $K_{\text{ппг}}$ — коэффициент перевода эмиссии эмитированного газа (CO_2 и CH_4) в тоннах в эквивалент CO_2 по 100-летнему ПГП (потенциал глобального потепления) [ист. 2].

Коэффициенты эмиссий от сжигания и утечек $K_{\text{у}}$ рекомендованы для использования национальным кадастром антропогенных выбросов, коэффициенты перевода в CO_2 экв. соответствуют рекомендациям МГЭИК [ист. 3, прр. 2.16-2.17].

В качестве производственных показателей учитываются:

- объем добычи, необходимый для обеспечения трубопроводных экспортных поставок (объем экспорта ТПГ в Европу за исследуемый период), включая требуемый для этого расход газа на собственные нужды операций по добыче и трубопроводной транспортировке (рассчитывается исходя из удельного расхода газа на собственные нужды в секторе “Добыча газа” по отчетности ПАО “Газпром”¹) [ист. 4];

- расход газа на собственные нужды в секторе “Транспортировка газа” по отчетности ПАО “Газпром” [ист. 4];

- товаротранспортная работа трубопроводов, определяемая исходя из объема перекачки (в расчетах принимается 170 млрд м^3 , что соответствует среднему объему продаж ПАО “Газпром” ТПГ в Европе, не включая Турцию, за период 2016–2020 гг. [ист. 5, с. 86]) и среднего расстояния транспортировки при поставках до европейского рынка сбыта (принято на уровне 3149 км на основании действующего на момент подготовки публикации приказа ФАС РФ) [ист. 6].

Для расчета изменения объема выбросов от СПГ использовалась следующая формула:

$$\Delta E_{\text{рСПГ}} = E_{\text{СПГпосле}} - E_{\text{СПГдо}},$$

где $E_{\text{СПГпосле}}$ — объем выбросов при экспорте СПГ, эмитируемых после переориентации поставок; $E_{\text{СПГдо}}$ — то же до переориентации поставок, млн т CO_2 экв.

¹ За удельный расход газа принимается показатель “Энергоемкость добычи”, публикуемый в отчете об Устойчивом развитии ПАО “Газпром”, который включает в себя расход газа и прочих видов энергии на собственные нужды в добыче.

Расчет совокупных выбросов при экспорте СПГ до и после ($E_{\text{СПГ}}$, млн т CO_2 экв.) производится по единому алгоритму:

$$E_{\text{СПГ}} = E_{\text{д,п}} + E_{(\text{СПГ})} + E_{(\text{ТПГ})} + E_{\text{транспортСПГ}} + E_{\text{регазификация}},$$

где $E_{\text{д,п}}$ — выбросы от добычи и первичной переработки газа для производства СПГ; $E_{(\text{СПГ})}$ — эмиссия парниковых газов от работы завода по сжижению газа; $E_{(\text{ТПГ})}$ — эмиссия транспортировки газа по газопроводам до завода СПГ; $E_{\text{транспортСПГ}}$ — выбросы от перевозки всего объема произведенного на заводе СПГ за год танкерами до европейских портов; $E_{\text{регазификация}}$ — выбросы при регазификации СПГ (принимаются равными 0.03 т CO_2 экв. на тонну СПГ) [ист. 7].

Выбросы от добычи и первичной переработки газа рассчитываются по формуле

$$E_{\text{д,п}} = V_{\text{СПГ}} \cdot \frac{E_{\text{дUS}}}{V_{\text{дUS}}},$$

где $V_{\text{СПГ}}$ — объем добычи газа, необходимого для производства СПГ, расхода газа на работу газопроводов при поставке на СПГ-завод и расхода газа на собственные нужды СПГ-завода [ист. 1]; $V_{\text{дUS}}$ — общий объем добычи природного газа в стране — поставщике СПГ за репрезентативный период; $E_{\text{дUS}}$ — суммарные выбросы парниковых газов от добычи газа в стране — поставщике СПГ за репрезентативный год, млн т CO_2 экв.

Эта величина рассчитывается следующим образом:

$$E_{\text{дUS}} = \sum_{j=1}^3 E_j \cdot K_{\text{ппг}j},$$

где E_j — суммарная эмиссия парникового газа от добычи и первичной переработки газа за репрезентативный год по национальному кадастру соответствующей страны (включает в себя эмиссию от утечек и сжигания) [ист. 8].

Эмиссия парниковых газов от работы завода СПГ $E_{(\text{СПГ})}$ рассчитывается по формуле:

$$E_{(\text{СПГ})} = E_{\text{сж}} + E_{\text{у}},$$

где $E_{\text{сж}}$ — эмиссия от сжигания газа на собственные нужды СПГ-завода; $E_{\text{у}}$ — эмиссия от утечек при производстве СПГ, млн т CO_2 экв.

Показатель $E_{\text{сж}}$ рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{сж}} = \sum_{j=1}^3 V_{\text{с.н.сж}} \cdot K_k \cdot K_{\text{МГЭИКсж}} \cdot K_{\text{ппг}j},$$

где $V_{с.н.сж}$ — объем природного газа, используемого на собственные нужды СПГ-завода (принимается равным 8% от объема производства завода [1, 2]); $K_k = 37681$ — коэффициент перевода млрд м³ в ТДж; $K_{МГЭИКсжj}$ — коэффициенты эмиссии МГЭИК от сжигания.

Эмиссия от утечек при производстве СПГ E_y , млн т CO_2 экв., рассчитывается по формуле:

$$E_y = \sum_{j=1}^3 K_{(СПГ)yj} \cdot V_{СПГ} \cdot K_{пгпj},$$

где $K_{(СПГ)yj}$ — коэффициент эмиссии от утечек при производстве СПГ [ист. 9], млн т/млрд м³; $V_{СПГ}$ — объем производства СПГ, млрд м³.

Эмиссия от подводных к СПГ-терминалу газопроводов $E_{(ТПГ)}$, млн т CO_2 экв., считается по формуле:

$$E_{(ТПГ)} = E_{int} \cdot V_{(ТПГ)},$$

где E_{int} — интенсивность выбросов CO_2 экв. на транспортировку 1 млрд м³ (приводится в отчетах компании-оператора) [ист-ки 10, 11]; $V_{(ТПГ)}$ — объем перекачки по газопроводу, млрд м³.

Выбросы от перевозки СПГ танкером до Европы (СПГ как судовое топливо), млн т CO_2 экв., рассчитываются по формуле:

$$E_{транспортСПГ} = E_{(т_СПГ)} + E_{(т_ДТ)},$$

где $E_{(т_СПГ)}$ — эмиссия от танкерных перевозок произведенного на заводе объема СПГ за год при использовании в качестве топлива для танкера СПГ; $E_{(т_ДТ)}$ — эмиссия от танкерных перевозок произведенного за год объема СПГ при использовании для танкера дизельного топлива (ДТ).

Эмиссия $E_{(т_СПГ)}$ рассчитывается по формуле:

$$E_{(т_СПГ)} = \sum_{j=1}^3 V_{танкерСПГ} \cdot K_{сжСПГj} \cdot K_{пгпj},$$

где $V_{танкерСПГ}$ — объем потребления СПГ танкером в оба конца рейса; $K_{сжСПГj}$ — коэффициенты выбросов от сжигания топлива — коэффициенты МГЭИК [ист. 3].

Объем потребления судового топлива $V_{танкерСПГ}$:

$$V_{танкерСПГ} = V_{dt} \cdot Q_d \cdot 2 \cdot Q_y,$$

где V_{dt} — потребление топлива танкером в день (справочная величина, которая приводится в технических характеристиках судна); Q_d — число дней в пути, рассчитывается через *Signal*

Ocean Platform в зависимости от выбранных точек отправления и прибытия [ист. 12]; Q_y — число рейсов в год = объем производства СПГ завода / вместимость судна.

Расчет выбросов от сжигания танкером дизельного топлива:

$$E_{(т_ДТ)} = \sum_{j=1}^3 V_{танкерДТ} \cdot K_{сжДТj} \cdot Q_y \cdot K_{пгпj},$$

где $V_{танкерДТ}$ — объем потребления ДТ танкером в оба конца рейса, рассчитывается так же, как для СПГ; $K_{сжДТj}$ — коэффициенты выбросов от сжигания ДТ.

Выбросы при регазификации СПГ рассчитываются по формуле:

$$E_{регазификация} = K_p \cdot V_{СПГ},$$

где K_p — удельные выбросы при регазификации, принятые равными 0.03 т CO_2 экв. на тонну СПГ [3, р. 10859].

Оценка изменений выбросов на примере переориентации поставок российских нефти и нефтепродуктов. Изменение объемов выбросов (ΔE_n , млн т CO_2 экв.) от переориентации поставок российской нефти и нефтепродуктов считается по формуле:

$$\Delta E_n = E_{нпосле} - E_{ндо},$$

где $E_{нпосле}$ — объем выбросов после переориентации поставок нефти и нефтепродуктов в Европу; $E_{ндо}$ — то же до переориентации.

Расчеты выбросов от транспортировки нефти и нефтепродуктов морским транспортом производятся по формуле

$$E_n = \sum_{j=1}^3 E_j \cdot K_{пгпj} / 1000,$$

где E_j — выбросы каждого вида ПГ при сжигании топлива, тыс. т (табл. 1).

Выбросы каждого вида ПГ при сжигании топлива для танкера рассчитываются по формуле:

$$E_n = \sum_{j=1}^3 V_{ej} \cdot V_{танкер},$$

где V_{ej} — величина выбросов каждого вида ПГ на единицу потребленного танкером топлива, г/г топлива (см. табл. 1); $V_{танкер}$ — совокупное потребление топлива в обе стороны для перевозки всего объема нефти/нефтепродуктов из пункта А в пункт Б, тыс. т.

Таблица 1. Выбросы от сжигания различных видов судового топлива, CO_2 экв. г/г топлива

Парниковые газы	Флотский мазут	Судовой дизель	СПГ
CO_2	3.114	3.206	2.750
CH_4	0	0	0.051
NO_x	0.093	0.087	0.008

Источник: [ист. 13].

Этот показатель за репрезентативный период рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{танкер}} = V_{\text{рейс}} \cdot 2 \cdot N / 1000,$$

где $V_{\text{рейс}}$ — потребление топлива танкером на один рейс в одну сторону, т/ч; N — число рейсов для перевозки всего объема нефти/нефтепродуктов;

$$V_{\text{рейс}} = V_y \cdot T,$$

где V_y — расход топлива танкером, т/ч (справочная информация); T — время в пути (час.) из пункта А в пункт Б, рассчитывается через платформу *Signal Ocean Platform*, ч.

Число рейсов для перевозки всего объема нефти/нефтепродуктов:

$$N = Q_{\text{н/нп}} / Q_{\text{танкер}},$$

где $Q_{\text{н/нп}}$ — объем перевозки нефти или нефтепродуктов, тыс. т; $Q_{\text{танкер}}$ — вместимость танкера, тыс. т.

Оценка изменений выбросов на примере геополитических решений в авиации. Изменение объема выбросов из-за закрытия воздушного пространства над Россией и увеличения дальности перелетов ΔE рассчитывается по формуле:

$$\Delta E = \Delta E_{\text{ср}} \cdot Q,$$

где $\Delta E_{\text{ср}}$ — среднее изменение объема выбросов по всем рейсам в результате закрытия воздушного пространства в одну сторону; Q — суммарное годовое число рейсов туда-обратно, совершенных в облет РФ.

$\Delta E_{\text{ср}}$ рассчитывается по формуле:

$$\Delta E_{\text{ср}} = \left(\sum_{i=1}^N (E_{\text{в/п(после)}}i + E_{\text{к(после)}}i) - (E_{\text{в/п(до)}}i + E_{\text{к(до)}}i) \right) / N,$$

где i — рейс; N — общее число рассмотренных рейсов в одну сторону; $E_{\text{в/п(после)}}i$ — объем выбросов для каждого типа самолета, на котором осуществляется перелет по конкретному рейсу, в цикле

взлет/посадка после закрытия воздушного пространства над РФ² [ист. 13, сс. 3.70-3.72]; $E_{\text{к(после)}}i$ — объем выбросов для каждого типа самолета, на котором осуществляется перелет по конкретному рейсу, в крейсерском режиме полета после закрытия воздушного пространства над РФ; $E_{\text{в/п(до)}}i$ — объем выбросов для каждого типа самолета, на котором осуществляется перелет по конкретному рейсу, в цикле взлет/посадка до закрытия воздушного пространства над РФ; $E_{\text{к(до)}}i$ — объем выбросов для каждого типа самолета, на котором осуществляется перелет по конкретному рейсу, в крейсерском режиме полета до закрытия воздушного пространства над РФ. Число циклов взлет/посадка определяется исходя из данных о полете, предоставляемых авиакомпаниями (прямой рейс, рейс с пересадкой/дозаправкой).

Величина $E_{\text{в/п(до)}}$ рассчитывается по формуле

$$E_{\text{в/п(до)}} = \sum_{j=1}^3 E_{\text{в/п(до)}}j \cdot K_{\text{пгп}} \cdot n_{\text{(до)}},$$

где $n_{\text{до}}$ — число циклов взлет/посадка для отдельно взятого рейса до закрытия воздушного пространства над РФ; $E_{\text{в/п(до)}}j$ — объем выбросов (тонн) каждого вида парникового газа в цикле взлет/посадка в отдельно взятом рейсе до закрытия воздушного пространства, т.

Показатель $E_{\text{к(до)}}$ рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{к(до)}} = \sum_{j=1}^3 V_{\text{топ.в кр.реж.(до)}} \times K_{\text{т-ТДж}} \cdot K_{\text{к, j}} \cdot K_{\text{пгп}},$$

где $K_{\text{т-ТДж}} = 0.04392$ — коэффициент перевода тонны авиакеросина в ТДж; $V_{\text{топ.в кр.реж.(до)}}$ — объем потребления топлива самолетом в режиме крейсерского полета в одну сторону до закрытия воздушного пространства над Россией, кг/км;

² Объем потребления топлива в одном цикле взлет/посадка, а также величина выбросов от упомянутого цикла приводятся в руководящих принципах МГЭИК для каждого типа самолета.

Таблица 2. Сценарные предпосылки по переориентации поставок газа на перспективный условный год

	1-й вариант	2-й вариант
Снижение поставок российского газа в Европу	На 170 млрд м ³ . Отказ только от ТПГ	На 190 млрд м ³ . Отказ от ТПГ и СПГ
Новые направления поставок российского газа	Переориентация 100 млрд м ³ , в том числе: – 50 млрд м ³ по новому трубопроводу в Китай; – 50 млрд м ³ в АТР с новых СПГ-заводов	Переориентация 120 млрд м ³ , в том числе: – 50 млрд м ³ по новому трубопроводу в Китай; – 50 млрд м ³ в АТР с новых СПГ-заводов; – 20 млрд м ³ СПГ перенаправлено с европейского рынка в АТР
Компенсация российских поставок в Европе	170 млрд м ³ : – 70 млрд м ³ – из США (увеличивается добыча, вводятся дополнительные мощности СПГ); – 100 млрд м ³ – переориентация катарского газа из АТР в Европу	190 млрд м ³ : – 100 млрд м ³ – из США (увеличивается добыча, вводятся дополнительные мощности СПГ); – 90 млрд м ³ – переориентация катарского газа из АТР в Европу

Источник: составлено авторами.

K_{kj} – коэффициент выбросов парникового газа в крейсерском полете.

Величина $V_{\text{топ. в кр.реж. (до)}}$, т, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{топ. в кр.реж. (до)}} = V_{\text{спр}} \cdot S_{\text{(до)}} / 1000,$$

где $V_{\text{спр}}$ – удельное потребление топлива самолетом в крейсерском полете в выбранном рейсе, справочные данные, кг/км; $S_{\text{(до)}}$ – расстояние, которое преодолевал самолет за этот же рейс до закрытия воздушного пространства над РФ, км.

Объемы выбросов для каждого типа самолета, на котором осуществляется перелет по конкретному рейсу в крейсерском режиме $E_{\text{к(после)}}$ и в цикле взлет/посадка $E_{\text{в/п(после)}}$ после закрытия воздушного пространства над РФ рассчитываются аналогично, но в формуле учитываются новые расстояния перелета.

ПРЕДПОСЫЛКИ РАСЧЕТОВ

Переориентация поставок российского газа. В 2022–2023 гг. было заявлено о планах ЕС и Великобритании отказаться в перспективе от поставок энергоресурсов из России. Расчеты проведены на примере условного года, в котором спрос, который мог бы быть удовлетворен за счет российских поставок, в случае сохранения планов по ограничению торговли с Россией будет обеспечен за счет других источников.

Для расчета изменения выбросов парниковых газов в результате отказа Европы от импорта российского газа и переориентации международных торговых потоков авторы сформировали два варианта (табл. 2). Оба предполагают переориента-

цию российского газа в АТР за счет новых трубопроводных и СПГ-проектов и рост поставок СПГ в Европу из США и стран Ближнего Востока.

Переориентация российских поставок нефти. Для расчета изменения выбросов парниковых газов от переориентации международных торговых потоков нефти и нефтепродуктов в результате отказа Европы от российских жидких углеводородов (ЖУВ) были сформированы следующие предпосылки:

а) объем ЖУВ к переориентации составляет 244 млн т (объем российского экспорта за 2021 г. морским и трубопроводным транспортом в западном направлении) [ист. 14]³;

б) российские нефть и нефтепродукты перенаправляются из Европы в Азию. За исходные пункты отправки принимаются порты Приморск, Новороссийск, Мурманск. За исходные пункты назначения – треугольник Амстердам–Роттердам–Антверпен, за пункт назначения для переориентации – Сингапур (как порт со средним плечом поставки в АТР);

в) выбывающие с европейского рынка объемы российской нефти и нефтепродуктов в размере 244 млн т полностью замещаются поставками с Ближнего Востока.

Для расчета выбросов от морской торговли нефтью и нефтепродуктами были использованы технические характеристики танкера типа Афрамекс (80–120 тыс. т) [ист. 15].

³ В расчете изменения объема выбросов от переориентации российского экспорта использовались данные по выбросам от нефтепровода “Дружба”, взятые из отчетности ПАО “Транснефть”.

Геополитические решения в авиации. Для определения доли рейсов из Европы в Азию, по которым увеличилась дальность полета, был проведен анализ данных Европейской организации по безопасности воздушной навигации (Евроконтроль). В его обзоре, посвященном влиянию закрытия воздушного пространства над Россией на дальнемагистральные рейсы в Азию из городов Европы (на примере Амстердама, Копенгагена, Франкфурта-на-Майне, Хельсинки), показано, что для 60% рейсов дальность полетов увеличилась [ист. 16].

Для определения типа самолета, на котором осуществлялся перелет, был произведен анализ

предложения авиабилетов, в которых, помимо времени в пути, указывается тип воздушного судна, производящего перелет по выбранному направлению. Тип самолета влияет на объем потребления топлива в цикле взлет/посадка, число повторений этого цикла из-за необходимости производства дозаправки самолета в промежуточной точке, потребление топлива в крейсерском режиме полета (табл. 3).

Расчет числа полетов из Европы в Азию за год производился в предположении, что для 60% всех рейсов за день, совершаемых из европейских аэропортов в азиатские, характерны увеличение дальности полета и, соответственно, рост

Таблица 3. Типы самолетов и необходимое число циклов взлет/посадка при осуществлении перелета по выбранному направлению

Город вылета	Пункт назначения	Тип самолета	Число циклов взлет/посадка для преодоления всего расстояния
Амстердам	Бангкок	<i>Boeing 777-300ER</i>	1
Амстердам	Дели	<i>Boeing 777-300ER</i>	1
Амстердам	Сеул	<i>Boeing 777-300ER</i>	1
Амстердам	Сингапур	<i>Boeing 777-300ER</i>	1
Копенгаген	Пекин	<i>Airbus A321</i>	1
Копенгаген	Шанхай	<i>Airbus A322</i>	2
Копенгаген	Сингапур	<i>Airbus A323</i>	2
Франкфурт-на-Майне	Пекин	<i>Airbus A340-300</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Гонконг	<i>Airbus A340-600</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Шанхай	<i>Boeing 777-300ER</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Бангалор	<i>Boeing B747-401</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Мумбаи	<i>Airbus A340-300</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Дели	<i>Boeing B747-401</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Кансай	<i>Airbus A323</i>	2
Франкфурт-на-Майне	Ченнаи	<i>Airbus A340-300</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Мале	<i>Airbus A340-301</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Циндао	<i>Airbus A340-302</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Сеул	<i>Boeing B747-400</i>	1
Франкфурт-на-Майне	Токио	<i>Boeing B747-401</i>	1
Хельсинки	Бангкок	<i>Airbus A323</i>	2
Хельсинки	Дели	<i>Airbus A324</i>	1
Хельсинки	Гонконг	<i>Airbus A325</i>	2
Хельсинки	Пхукет	<i>Airbus A326</i>	2
Хельсинки	Сеул	<i>Airbus A340-600</i>	1
Хельсинки	Шанхай	<i>Airbus A340-601</i>	1
Хельсинки	Сингапур	<i>Airbus A340-602</i>	1

Источник: составлено авторами.

выбросов. В связи с этим суммарное годовое исчисление рейсов из Европы в Азию и обратно, совершенных в облет России, в рамках нашего исследования производилось по формуле:

$$Q = Q_{\text{ср.день}} \cdot D \cdot 365,$$

где $Q_{\text{ср.день}}$ — среднеедневное число полетов из Европы в Азию за репрезентативный период (взяты данные из годового отчета Евроконтроля за 2022 г. [ист. 16]); $D = 0.6$ — коэффициент, характеризующий долю рейсов из Европы в Азию от совокупного числа дневных рейсов из Европы в Азию и обратно в 2022 г., которые приходилось выполнять в облет России; 365 — число дней в году.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Оценка изменений выбросов на примере переориентации российских поставок. Проведенные расчеты показывают, что в случае отказа Европы только от ТПГ из России в объеме 170 млрд м³ в год рост выбросов парниковых газов на 124 млн т CO₂ экв. от нарушения логистики произойдет за счет:

— поставок газа из России в Китай в объеме 50 млрд м³ по новому трубопроводу — на 22 млн т CO₂ экв. в год;

— поставок СПГ с новых мощностей из России в объеме 50 млрд м³ в год на рынок АТР — 71 млн т CO₂ экв.;

— роста добычи СПГ в США на 70 млрд м³ в год, сопровождаемого расширением производственных мощностей и объема морских перевозок СПГ, — 55 млн т CO₂ экв.;

— перенаправления катарского газа из Азии в Европу в объеме 100 млрд м³ — 20 млн т CO₂ экв.

Остановка поставок ТПГ в Европу из России и сокращение добычи на 70 млрд м³ обеспечат снижение выбросов на 43 млн т CO₂ экв. в год.

При отказе Европы также и от российского СПГ изменение выбросов в большую сторону составит 153 млн т CO₂ экв. В этом случае:

— полная остановка поставок СПГ и ТПГ в Европу из России снизит объемы выбросов на 50 млн т CO₂ экв.;

— необходимость увеличить на 100 млрд м³ добычу газа и производство СПГ в США и объ-

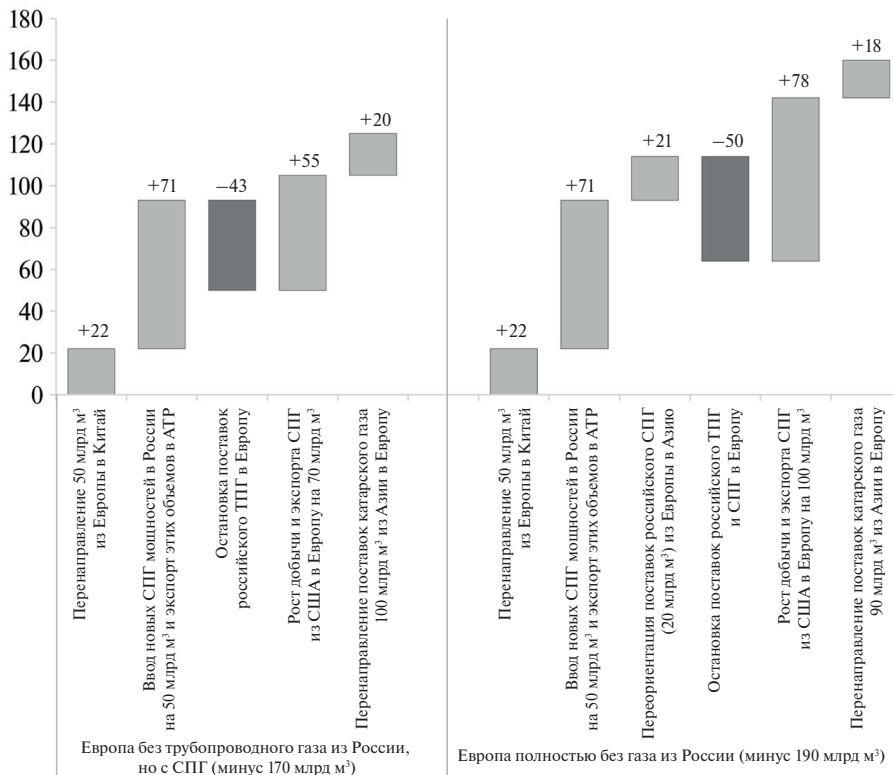


Рис. 1. Изменение объема выбросов в результате отказа Европы от российского газа в зависимости от предпосылок расчета, млн т CO₂ экв.

Источник: составлено авторами.

ем морских перевозок СПГ приведут к росту выбросов на 78 млн т CO_2 экв.;

— перенаправление 20 млрд м³ российского СПГ с действующих проектов в Азию стимулирует рост выбросов на дополнительные 21 млн т CO_2 экв.;

— переориентация поставок катарского газа из Азии в Европу в объеме 90 млрд м³ добавит еще 18 млн т CO_2 экв. (рис. 1).

Переориентация морской торговли нефтью и нефтепродуктами из-за введенных геополитических ограничений увеличит глобальные выбросы на 132 млн т CO_2 экв., в том числе:

— из портов Балтики в Азию добавляет 49 млн т CO_2 экв. в результате увеличения расстояния;

— из портов Арктики в Азию — 1 млн т CO_2 экв.;

— нефти с нефтепровода “Дружба” на танкерах в Азию — 26 млн т CO_2 экв.;

— экспорта всего объема нефтепродуктов из Европы в Азию — 64 млн т CO_2 экв.

При этом перенаправление потоков торговли ближневосточными ЖУВ из Азии в Европу уменьшает выбросы на 8 млн т CO_2 экв. из-за сокращения расстояния по сравнению с поставками в Азию (рис. 2).

Оценка изменений выбросов на примере геополитических решений в авиации. Помимо сдвигов в мировой структуре торговли энергоресурсами,

ограничения затронули и авиационное сообщение. Россия располагает большой территорией, которая выступает важным транзитным звеном в пассажирских и грузовых перевозках на маршрутах между Азией, Европой и Северной Америкой. В то же время территория ЕС традиционно была транзитным звеном для маршрутов из России в Северную и Латинскую Америку, отдельные страны Африки. Из-за взаимных ограничений по использованию воздушного пространства маршруты полетов были существенно изменены, что сопряжено с увеличением времени перелетов. Усложнилась также логистика перемещений граждан и грузов между Россией и странами ЕС. Теперь вместо прямых используются маршруты через третьи страны, во многих случаях происходит удлинение расстояния в 2–3 раза.

В статье с учетом доступности исходной информации рассматривается только эффект от отмены пассажирского транзита через Россию с пониманием, что речь идет о минимальном расчетном уровне дополнительных выбросов в авиaperевозках. Очевидно, что на практике их объем будет выше. По итогам расчета выявлено, что закрытие воздушного пространства над Россией, приведшее к изменению дальности полетов из Европы в Азию и обратно, добавляет к глобальным выбросам дополнительные 2.6 млн т CO_2 экв. в год.

Комплексный анализ роста выбросов. Переориентация торговых потоков нефти и газа из-за

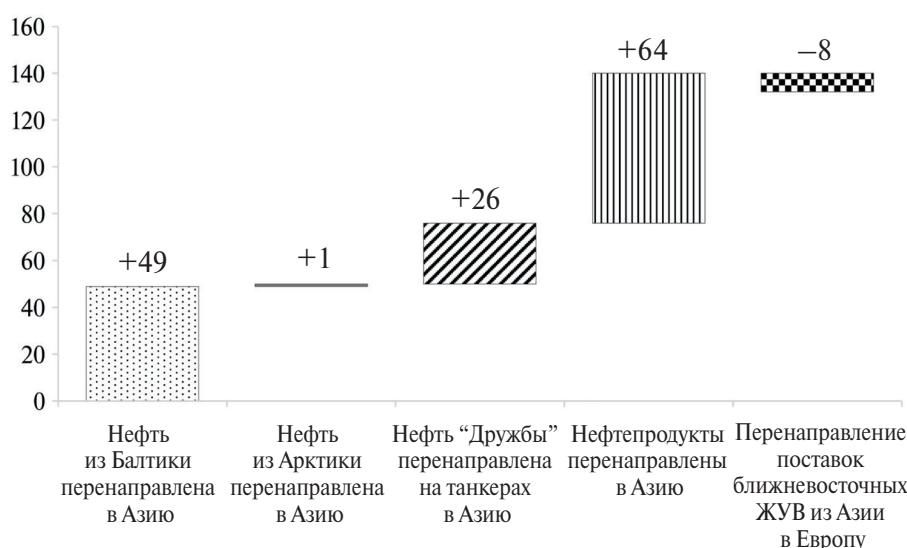


Рис. 2. Изменение объема выбросов в результате отказа Европы от российских жидких углеводородов, млн т CO_2 экв.

Источник: составлено авторами.

отказа от энергоресурсов из России и вынужденного облета российского воздушного пространства самолетами, летящими из Европы в Азию и обратно, приводит к дополнительному годовому росту спроса на нефть на 18–19 млн т и на СПГ на 355–444 тыс. т в год. Общее увеличение глобальных выбросов составит 261–290 млн т CO_2 экв., что сопоставимо с суммарными выбросами в 2021 г. всех скандинавских стран (Швеции, Норвегии, Дании) и Финляндии (рис. 3).

Очевидно, что приведенные расчеты показывают только нижнюю планку воздействия геополитических ограничений на выбросы. В реальности их рост будет значительно выше, так как существует еще целый ряд источников ПГ, не рассмотренных в статье. В их числе авиационные грузовые перевозки, пассажирские авиарейсы из России, торговля углем, древесиной и изделиями из нее, железнодорожный и автомобильный транзит через Россию, изменение туристических маршрутов с выходом на большие расстояния переезда, ограничения в трансфере технологий и возможностях перехода на бо-

лее эффективные решения, поставки в Россию и из нее сельхозпродукции, потребительских и промышленных товаров по новым, более сложным и длинным логистическим цепочкам и т. д. [ист-ки 17, 18, 19].

Учет перечисленных факторов осложнен низкой доступностью необходимой информации. Но вполне вероятно, что включение всех их в анализ приведет к увеличению рассматриваемой разницы еще минимум на 40–60%. Таким образом, суммарные выбросы CO_2 , вызванные геополитическими противоречиями России и стран Запада, по нашим оценкам, достигают порядка 390–435 млн т CO_2 экв. в год. Это соответствует суммарным выбросам парниковых газов в Великобритании и превышает показатели таких крупных экономик Европы, как Франция, Испания или Италия.

ВЫВОДЫ

Сдерживание выбросов и сохранение экологии в условиях быстроразвивающегося мира

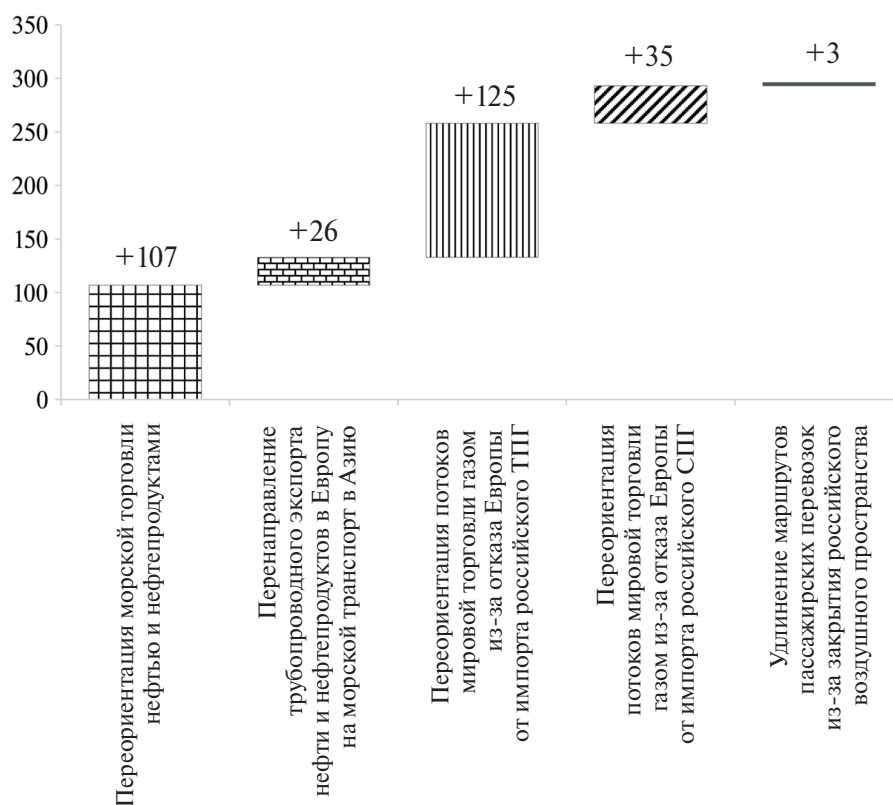


Рис. 3. Совокупное изменение глобальных выбросов в результате отказа Европы от газа и жидких углеводородов из России и закрытия воздушного пространства над Россией, млн т CO_2 экв.

Источник: составлено авторами.

и растущей численности его населения являются важной задачей, от решения которой во многом зависят возможности обеспечения дальнейшего устойчивого развития. На рассмотренном примере видно, что неоптимальность логистики только из-за ограничений между Россией и странами Запада приводит к росту выбросов, эквивалентному эмиссии CO_2 экономикой Великобритании — страны, входящей в первую десятку в мире по размеру ВВП. Фактически на мировой карте выбросов появляется новый крупный их источник, который, в отличие от других, не обеспечивает никаких позитивных экономических эффектов. Параллельно растет спрос на топлива, а значит, увеличиваются мировые затраты на их производство и потребление, стоимость фрахта и общие издержки в торговле. В результате потребители заплатят за конечную продукцию больше, следовательно, меньше бу-

дет денег на решение других задач, в том числе климатических.

Существующие и возможные ограничения в мировой торговле связаны не только с взаимоотношениями России с ЕС и США. Их потенциальное влияние на объемы эмиссии CO_2 значительно выше. Поэтому оптимизация логистических цепочек и создание соответствующих стимулов должны стать важным элементом мировой политики по снижению выбросов. Это уже вопрос межстранового взаимодействия, а не только национальных целей и задач, на которых сделан акцент в Парижском соглашении 2015 г. Таким образом, очевидным становится дополнительное направление работы в области низкоуглеродной повестки — разработка механизмов, позволяющих формировать оптимальную мировую логистику грузовых и пассажирских перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Łaciak M., Sztékler K., Szurlej A., Włodek T. *Possibilities of Liquefied Natural Gas (LNG) Use for Power Generation*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/214/1/012138>
2. Songhurst B. *LNG Plant Cost Reduction 2014–18. OIES Paper NG137*. Oxford Institute for Energy Studies, 2018. Available at: <https://doi.org/10.26889/9781784671204>
3. Roman-White S.A., Littlefield J.A., Fleury K.G. et al. *LNG Supply Chains: A Supplier-Specific Life-Cycle Assessment for Improved Emission Accounting*. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2021, vol. 9, no. 32, pp. 10857–10867. Available at: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c03307>

ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ / SOURCES

1. *Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2021 гг.* ИГКЭ, 18.04.2023.
National Inventory of Anthropogenic Emissions from Sources and Removals by Sinks of Greenhouse Gases Not Regulated by the Montreal Protocol for 1990–2021. IGCE, 18.04.2023. (In Russ.)
2. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, IPCC, 2014. 151 p. Available at: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf (accessed 05.09.2023).
3. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy. Chapter 2: Stationary Combustion*. IPCC, 2006. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf (accessed 05.09.2023).
4. *Life in a Favourable Environment. Gazprom Group's GHG Emissions by Categories of the Sources of Emissions in 2018, Million t of CO_2 Equivalent*. Gazprom, 2018. Available at: <https://sustainability.gazpromreport.ru/en/2018/4-ecology/annex> (accessed 05.09.2023).
5. *Справочник “Газпром в цифрах 2016–2020”*. ПАО “Газпром”, 2020.
Gazetteer Gazprom in Numbers 2016–2020. Gazprom, 2020. (In Russ.) Available at: <https://www.gazprom.ru/f/posts/05/118974/gazprom-in-figures-2016-2020-ru.pdf> (accessed 08.09.2023).
6. *Приказ Федеральной антимонопольной службы от 13.06.2017. № 775/17 “Об установлении понижающего коэффициента, а также коэффициентов, определяющих дифференциацию цен на природный газ по регионам Российской Федерации, являющихся составной частью формулы цены газа”*. ФАС РФ, 21.06.2017.
Order of the Federal Antimonopoly Service Dated 06/13/2017 No. 775/17 on the Establishment of a Reduction Coefficient, as well as Coefficients Determining the Differentiation of Natural Gas Prices by Regions of the Russian Federation, which are an Integral Part of the Gas Price Formula. RF FAS, 21.06.2017. (In Russ.) Available at: <https://fas.gov.ru/documents/-5e22702e-4ce0-43d8-827d-5d3a3d7ce29d> (accessed 08.09.2023).

7. *Decarbonising the LNG Industry: The Pressure Is On*. Bracewell, 12.01.2022. Available at: <https://www.bracewell.com/resources/decarbonising-lng-industry-pressure> (accessed 10.09.2023).
8. *Natural Gas and Petroleum Systems in the GHG Inventory: Additional Information on the 1990–2021 GHG Inventory*. EPA, April 2023. Available at: <https://www.epa.gov/ghgemissions/natural-gas-and-petroleum-systems-ghg-inventory-additional-information-1990-2021-ghg> (accessed 10.09.2023).
9. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy. Chapter 4: Fugitive Emissions*. IPCC, 2006. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_4_Ch4_Fugitive_Emissions.pdf (accessed 05.09.2023).
10. *Cheniere 2021 Corporate Responsibility Report-Key Performance Data*. Available at: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fcheniere.s3.amazonaws.com%2Fmedia%2FPerformance-Data-Table.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK> (accessed 08.09.2023).
11. *Kinder Morgan ESG Report 2021*. Kinder Morgan, 21.07.2022. Available at: https://s24.q4cdn.com/126708163/files/doc_presentations/2022/07/ESG-Presentation_vF.pdf (accessed 08.09.2023).
12. *Signal Ocean Platform*. Available at: <https://app.signalocean.com/tanker/distancetool> (accessed 19.06.2024).
13. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy. Chapter 3: Mobile Combustion*. IPCC, 2006. Available at: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf (accessed 23.11.2023).
14. *Отчет об устойчивом развитии за 2018 г.* ПАО “Транснефть”, 2018.
Sustainable Development Report 2018. Transneft, 2018. (In Russ.) Available at: https://rspp.ru/upload/uf/834/transneft_oyp_2018.pdf (accessed 20.11.2023).
15. *Aframax (80–120 000 tons)*. Vessels for Sale. Available at: <https://shipsforsale.su/en/catalog/tankers/aframax/> (accessed 20.11.2023).
16. *EUROCONTROL Data Snapshot #29 on the Additional Distance for Flights to/from Asia as a Result of the Invasion of Ukraine*. EUROCONTROL, 12.04.2022. Available at: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-29-flights-asia-impacted-invasion-Ukraine> (accessed 23.11.2023).
17. Россия переориентировала экспорт угля на Китай и Индию: что не так. *Forbes*, 13.11.2023.
Russia Has Reoriented Coal Exports to China and India: What's Wrong. *Forbes*, 13.11.2023. (In Russ.) Available at: <https://www.forbes.ru/biznes/499346-rossia-pereorientirovala-eksport-ugla-na-kitaj-i-indiu-cto-ne-tak> (accessed 15.11.2023).
18. Россия нашла альтернативу продаже пиломатериалов в Европу. *РБК*, 02.02.2024.
Russia Has Found an Alternative to Selling Lumber to Europe. *RBC*, 02.02.2024. (In Russ.) Available at: <https://www.rbc.ru/business/02/02/2024/65b8fc719a79470f2a20dbfd> (accessed 02.02.2024).
19. “Ложный транзит” и “перепродажа в пути”: как товары из Европы возят в Россию. *Forbes*, 27.07.2022.
“False Transit” and “Resale en Route”: How Goods from Europe Are Transported to Russia. *Forbes*, 27.07.2022. (In Russ.) Available at: <https://www.forbes.ru/biznes/469665-loznyj-tranzit-i-pereprodaza-v-puti-kak-tovary-iz-evropy-vozat-v-rossiu> (accessed 10.11.2023).