

Научная статья  
УДК 338.1  
doi: 10.17223/19988648/72/13

## Тенденции и перспективы производства низкоуглеродного авиационного топлива в России и в мире

Ирина Валерьевна Шарф<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, Россия, irina\_sharf@mail.ru*

**Аннотация.** Одним из направлений достижения углеродной нейтральности к 2050 г. в соответствии с Парижским соглашением является перевод авиационного транспорта на низкоуглеродное топливо, в том числе произведенное на основе возобновляемых источников энергии. Резюмирующими выводами исследования стало наличие различий в стратегировании российских и иностранных нефтегазовых компаний в условиях происходящих макроэкономических, макроэнергетических изменений на рынке углеводородного сырья в части развития бизнес-сегмента по производству низкоуглеродного авиационного топлива, поддерживаемого стимулирующим институциональным окружением. Российское законодательство в этой сфере носит запаздывающий характер, что не способствует формированию растущего интереса российских нефтегазовых компаний к данному бизнес-сегменту.

**Ключевые слова:** синтетическое топливо, низкоуглеродное авиационное топливо, SAF, технологии, парниковые газы, нефтегазовые компании, налоговая льгота, сертификация

**Для цитирования:** Шарф И.В. Тенденции и перспективы производства низкоуглеродного авиационного топлива в России и в мире // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2025. № 72. С. 245–263. doi: 10.17223/19988648/72/13

Original article

## Trends and prospects of low-carbon aviation fuel production in Russia and in the world

Irina V. Sharf<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation,  
irina\_sharf@mail.ru*

**Abstract.** In the context of the global trend of sustainable development and the cooperation of the international community in achieving carbon neutrality by 2050, one of the directions for the implementation of tasks to reduce greenhouse gas emissions is the transition of transport to low-carbon fuels, including those produced on the basis of renewable energy sources. The Sustainable Aviation Fuel (SAF) business line is of interest to oil and gas companies in the context of ongoing macroeconomic and macro-

energy changes in the hydrocarbon market. An overview of the trends of the global SAF market and an analysis of the global practice of the institutional environment of its production. Empirical and economic-statistical. The global climate agenda, supported by national strategic programs, reinforces collaborative trends by bringing together oil and gas and airlines, as well as the scientific community, in order to improve technologies for the production of low-carbon aviation fuels based on trapped carbon dioxide and green hydrogen using renewable energy sources. The mutual influence of positive and negative factors on the development of the environmentally friendly aviation fuel market currently causes economic uncertainty in the implementation of many projects for its production, which calls into question the achievement of the set targets and their possible adjustment in the medium term. The conducted study of the global practice of the institutional environment reflects the predominance of US intentions in implementing a program of reindustrialization and business support in diversifying activities in the context of combating global warming and the unfolding trade wars. The incentive measures of the European Union focus on compliance with the requirements for the characteristics of the fuel used and certification of the aviation infrastructure. Russian legislation is lagging in terms of stimulating the production of low-carbon jet fuel due to the existing hydrocarbon resource and technological potential, as well as other national strategic priorities at the present stage, which also does not contribute to the formation of the interest of oil and gas companies in its production. However, indirect influence on air transport companies is necessary in order to form preventive measures in the event of increased sanctions pressure on the Russian aviation industry. In addition, these measures have a multiplier effect on other sectors of the national economy. It is important to create a foundation for unlocking the future potential of the business segments of oil and gas companies in the production of low-carbon jet fuel.

**Keywords:** synthetic fuel, low-carbon aviation fuel, SAF, technologies, greenhouse gases, oil and gas companies, tax incentive, certification

**For citation:** Sharf, I.V. (2025) Trends and prospects of low-carbon aviation fuel production in Russia and in the world. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics*. 72. pp. 245–263. (In Russian). doi: 10.17223/19988648/72/13

## Введение

В условиях мирового тренда устойчивого развития и сотрудничества мирового сообщества в борьбе с климатическими изменениями, отраженного в Парижском соглашении 2015 г. об углеродной нейтральности к 2050 г., решение задач в части низкоуглеродной энергетики видится не только во внедрении в инфраструктуру возобновляемых источников, но и в использовании транспортного топлива, снижающего выбросы парниковых газов (ПГ). Данное направление обладает высокой эколого-социальной значимостью, ориентирует на поиск технологических решений по сокращению выбросов ПГ, в том числе за счет использования синтетического транспортного топлива, что позволит сократить углеродный след. По данным Европейского агентства по охране окружающей среды 27% выбросов ПГ в мире приходится на транспорт. Несмотря на расширение парка электромобилей, снижение выбросов ПГ идет медленными темпами: на 0,8% в 2023 г. по сравнению с 2022 г. При этом выбросы ПГ в авиационном и морском транспорте, согласно прогнозам, будут расти [1]. На авиацию приходится около

12% выбросов CO<sub>2</sub>, которые в первые двадцать лет настоящего столетия стабильно росли в среднем 2% в год. Используемый авиакеросин, помимо выбросов CO<sub>2</sub>, способствует потеплению климата из-за оксидов азота (N<sub>2</sub>O) – компонента для повышения эффективности сгорания топлива.

Для российской нефтегазовой отрасли в условиях ужесточения санкционного давления на экспортные поставки нефти и газа, ухудшения качественных (рост доли трудноизвлекаемых запасов) и количественных (рост доли мелких и средних месторождений в структуре запасов) характеристик ресурсной базы углеводородного сырья в ситуации национальной стратегической задачи технологического суверенитета возрастает значимость инновационных проектов по производству синтетического топлива (СТ) для всех видов транспорта, в том числе низкоуглеродного, экологически чистого авиационного топлива (Sustainable Aviation Fuel, SAF), производство и расширение использования которого рассматривается как превентивный действенный механизм в борьбе с глобальным потеплением климата.

Целью настоящего исследования является обзор тенденций мирового рынка SAF и анализ мировой практики институционального окружения его производства.

## **Материалы и методы**

Информационной базой данной научной работы послужили труды российских и зарубежных авторов, официальные данные министерств, ведомств и агентств иностранных государств и Российской Федерации. Методика исследования построена на применении эмпирических и экономико-статистических методов.

## **Результаты**

**Тенденции развития рынка экологически чистого авиационного топлива.** По прогнозам международной исследовательской маркетинговой платформы «MarketsandMarkets», рынок СТ будет расти в среднем на 5,4% в год к 2030 г., увеличившись с 48,4 млрд долл. в 2023 г. до 70,1 млрд долл. к 2030 г. Наибольшая доля рынка СТ принадлежит Азиатско-Тихоокеанскому региону (40%), доля которого в перспективе будет только увеличиваться [2]. Доля Северной Америки оценивается в 28%, Европейского союза – 22%, Латинской Америки – 7%, Ближнего Востока – 3%. Востребованность нефтепродуктами, такими как синтетические бензин, дизельное топливо, керосин (в том числе авиационное топливо), воск, масла и другие полезные продукты, обуславливает привлекательность проектов по их получению не из ископаемого углеводородного сырья с целью дополнительного насыщения рынка нефтепродуктами.

В документах Международной организации гражданской авиации (International Civil Aviation Organization, ICAO) [3] дается следующая дефиниция SAF – возобновляемое или полученное из отходов авиационное топ-

ливо, которое соответствует критериям устойчивого развития. Также встречается термин Lower Carbon Aviation Fuels (LCAF) – низкоуглеродное авиационное топливо. Их отличие заключается в том, что LCAF подразумевает более широкую группу топлив, использование которых сокращает выбросы CO<sub>2</sub>, а получение статуса SAF предполагает соответствие экологическим и социально-экономическим критериям, подтверждаемое в процессе сертификации, системы которой в каждой стране имеют свои отличительные особенности. LCAF производится с применением следующих основных технологий.

Gas-to-liquids (GTL) – технология, которая позволяет природный газ преобразовать в синтетические углеводороды (УВ) в несколько этапов. Полученный на первом этапе синтез-газ в результате частичного окисления природного или попутного нефтяного газа и удаления примесей (серы, газового конденсата, этана) конвертируется в жидкость на основе реакции Фишера – Тропша, направленной на преобразование монооксида углерода (CO) и водорода (H<sub>2</sub>) в жидкие УВ (бензин, авиакеросин и др.), ускорение которому придают различные катализаторы, в частности железо и кобальт. Данный процесс является капиталоемким (60–70% общих затрат), что ориентирует на повышение эффективности посредством улучшения структуры катализаторов, модификации реакторов, подбора оптимальных режимов синтеза и др. [4].

CTL (Coal-to-liquids) – это технология, основанная на использовании угля в качестве исходного сырья. Первое появление данной технологии связано с ростом автомобилестроения и недостаточностью запасов нефти для переработки в нефтепродукты [5]. Только за тридцать лет начала двадцатого столетия потребность в бензине возросла в 800 раз. Германия и Франция перерабатывали каждая более 2,4 млн т импортированной нефти, что не удовлетворяло растущие потребности. Прорывом в решении проблемы стал метод дегидрирования угля, изобретенный В.Н. Ипатьевым в 1908 г. Второе поколение технологии развивалось в ЮАР вследствие развернутого международного эмбарго в результате деколонизации африканских государств в 60-е гг. XX в., а третье – в развитых экономических странах после энергетического кризиса 1973 г.

BTL (Bio-to-liquids) – это технология получения биотоплива в результате переработки биомассы различного происхождения.

В ряде стран разработаны долгосрочные стратегии с определенными целевыми ориентирами по переходу на SAF. Так, в США в соответствии с Дорожной картой (The SAF Grand Challenge Roadmap: Flight Plan for Sustainable Aviation Fuel), принятой Министерством энергетики США, ставятся следующие производственные задачи: к 2030 г. – 3 млрд галлонов/год SAF для внутреннего потребления; к 2050 г. – 35 млрд галлонов/год SAF для удовлетворения 100% внутреннего спроса [6]. Государственное объединение научных и прикладных исследований (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) Австралии разработало Дорожную карту производства устойчивого авиационного топлива (The Sustainable Aviation Fuel

Roadmap), согласно которой к 2050 г. планируется производить в стране 14 млрд л SAF из местного сырья [7]. В ЕС ставятся минимальные цели: 1 млн т/год SAF к 2032 г. [8]. Норвегия планирует довести ежегодный объем производства SAF до 300 млн л к 2030 г. [9]. В целом проведенный CSIRO анализ нормативного поля показал, что в 44 странах мира программы по производству SAF с обозначенными ключевыми ориентирами с учетом ресурсной базы, технологических возможностей и комплекса стимулирующих мер либо приняты, либо находятся на стадии рассмотрения [10].

Интерес к производству синтетического авиационного топлива проявляют все крупные мировые нефтегазовые компании. Коллаборации в этой сфере являются трендом последних лет. Так, TotalEnergies и SINOPEC развивают сотрудничество в части производства SAF на нефтеперерабатывающем заводе SINOPEC в Китае (г. Нинбо, провинция Чжэцзян) ежегодной мощностью 230 тыс. т из местных органических отходов на основе собственной технологии SRJET (Sustainable Renewable JET fuel). Стратегией этих компаний предусмотрено достичь 1,5 млн т ежегодной производственной мощности 2030 г. Согласно договоренностям TotalEnergies с Airbus более 50% потребностей в топливе авиакомпаний в Европейском союзе планируется удовлетворить за счет SAF. На Ближнем Востоке первой компанией, получившей международный сертификат ISCC (International Sustainability Carbon Certification) для производства SAF, стала Национальная нефтяная компания Абу-Даби (Abu Dhabi National Oil Company, ADNOC).

Норвежская нефтегазовая компания Equinor совместно с исследовательским институтом NORCE (The Norwegian Research Centre) и Mana, занимающаяся разработкой технологий преобразования отходов в чистую энергию, планируют построить завод по производству SAF рядом с другими заводами Equinor.

ExxonMobil использует CO<sub>2</sub> с целью повышения нефтеотдачи, но в ее планах в 2025 г. поставлять на рынок более 40 тыс. барр/сут низкоуглеродного топлива, в том числе SAF, увеличивая мощности к 2030 г. до 200 тыс. тыс. барр/сут.

В 2025 г. планируется запуск производства SAF путем смешивания биокомпонента с обычным авиатопливом на нефтеперерабатывающем заводе ПАО «ЛУКОЙЛ» в Болгарии.

Три нефтеперерабатывающих завода АО «НК «КазМунайГаз»» (Республика Казахстан) технологически подготовлены к перепрофилированию на выпуск зарубежной марки авиакеросина Jet A-1, относимого к SAF, что стало результатом сотрудничества с американской технологической компанией LanzaJet [11]. Международная ассоциация воздушного транспорта (International Air Transport Association, IATA) рассматривает Казахстан в качестве логистического хаба SAF.

В рамках исследования необходимо отметить, что интерес к производству SAF проявляют не только добывающие нефтегазовые компании, но и нефтесервисные и перерабатывающие. Результатом сотрудничества малайзийской

компании SEDC Energy (SEDCE) в лице дочерней компании Sarawak Economic Development Corporation и международной компании Sulzer, специализирующейся на сервисном обслуживании промышленного оборудования, Apeiron Bioenergy, занимающейся производством биотоплива (штаб-квартира в Сингапуре), и Oiltek, производящей смазочные масла, стало решение о строительстве в г. Саравак завода по производству SAF мощностью 15 тыс. т в год. Норвежская компания Norsk e-Fuel объявила о начале строительства в г. Мушённ первого в мире завода по производству SAF на основе возобновляемых источников энергии (вода, CO<sub>2</sub> из биомассы и воздуха), что согласуется с целью Норвегии по сокращению выбросов ПГ на 55% к 2030 г.

В целом рынок SAF является быстро растущим, так как в среднесрочной перспективе многие авиакомпании планируют довести объем SAF до 10% в общем объеме потребляемого авиатоплива. Согласно прогнозам SkyNRG, потребление SAF в Северной Америке составит ~11 млн л/год, в Европе – ~5,5 млн л/год, в АТР – ~4 млн л/год [12]. Можно выделить ряд факторов, помимо целей устойчивого развития, влияющих на интерес государств и нефтегазовых компаний к инвестиционным проектам по производству SAF.

1. Динамика воздушного, наземного и морского грузооборота.

По данным ЕАЭС грузооборот автомобильного и воздушного транспорта увеличился на 44 и 215% соответственно (табл. 1), весомую долю в его структуре занимает Россия, доля которой по автомобильному и воздушному грузообороту с 2005 по 2021 г. увеличилась с 77,3 до 81,9% и с 95 до 97% соответственно [13]. По итогам 2024 г. грузооборот России по автомобильному транспорту увеличился почти в два раза по сравнению с 2005 г. (с 194 до 387,4 млрд/тн-км), а по воздушному уменьшился на 32% вследствие геополитических обстоятельств и пандемии. Вместе с тем динамика пассажирского грузооборота в Европейском союзе, по данным Европейской дорожной ассоциации (The European Union Road Federation, ERF), негативная, что в целом отражает реалии экономической ситуации после пандемийных лет (табл. 2) [14]. В США, наоборот, наблюдаются высокие темпы роста (табл. 3) [15]. Общей тенденцией представленной статистики по регионам является превышение темпов роста воздушного грузооборота над автомобильным.

Таблица 1. Грузооборот по видам транспорта, млрд/тн-км в ЕАЭС

Вид транспорта	Год								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Автомобильный	251,1	262,5	280,3	294,3	261,0	228,0	253,4	284,5	290,3
Воздушный	2 971,3	3 080,6	3 572,0	3 847,5	3 731,5	4 923,2	5 189,8	5 283,4	5 216,9
	2 014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Автомобильный	291,3	292,5	295,8	305,5	321,7	331,5	322,3	362,4	н. д.
Воздушный	5 351,1	5 758,3	6 747,4	8 005,9	7 954,8	7 530,4	7 254,3	9 387,4	н. д.

Источник. Составлено автором по [13].

Таблица 2. Пассажирский грузооборот в ЕС, млрд/пассажиро-км

Вид транспорта	Год								
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Автомобильный	3 839	3 875	3 921	3 932	4 009	3 976	3 944	3 905	3 965
Воздушный	73	75	76	79	78	81	81	82	82
Морской	361	376	392	376	355	371	402	396	398
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Автомобильный	4 020	4 111	4 197	4 241	4 261	4 298	3 517	3 742	н. д.
Воздушный	82	80	82	84	86	86	52	56	н. д.
Морской	419	445	485	529	562	575	176	270	н. д.

Источник. Составлено автором по [14].

Таблица 3. Пассажирский грузооборот в США, млрд/пассажиро-км

Вид транспорта	Год									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Автомобильный	7 834	7 899	7 982	7 886	8 048	8 062	8 042	8 121	8 180	8 301
Воздушный	922	928	957	917	870	893	910	918	933	961
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Автомобильный	8 502	8 709	8 823	8 925	8 979	7 942	8 587	8 092	8 192	н. д.
Воздушный	1 017	1 065	1 103	1 163	1 214	493	923	1 141	1 245	1 290

Источник. Составлено автором по [15].

2. Стремление нефтегазовых компаний к диверсификации деятельности побудило к организации бизнес-сегментов, связанных с производством электроэнергии из альтернативных источников, получением различных видов топлива не из ископаемых УВ, и, как следствие, к трансформации логистических потоков нефтепродуктов и рынков их сбыта, структуры производства первичной энергии [2].

3. Повышение энергетической безопасности, в том числе за счет снижения влияния факторов логистики и волатильности мировых цен на нефть и природный газ [16]. В результате последних масштабных геополитических событий на Ближнем Востоке СТ рассматривается как инструмент хеджирования рисков.

4. Увеличение общего объема авиатоплива без дополнительной добычи нефти, общемировые запасы которой растут более низкими темпами, чем спрос на топливо, под влиянием позитивных и негативных факторов в ап-стриме. Так, в 2024 г. доказанные запасы нефти в мире выросли на 1,4% (2,34 млрд барр), достигнув уровня 1,567 трлн барр, что ниже объемов 2013 г. (1,629 трлн барр), но выше, чем в 2003 г. (1,138 трлн барр.) [17]. Объем доказанных запасов нефти увеличился на ~37% за 20 лет. Спрос на авиационное топливо вырос в первое десятилетие XXI в. на 18,8% [18], в то же время в 2023 г. составил 95% допандемийного уровня, что обусловлено, с одной стороны, медленным восстановлением пассажиропотока, особенно в части дальних перелетов, а с другой стороны, влиянием технических усовершенствований двигателей и аэродинамических характеристик самолета-

тов, уменьшающих топливоемкость [19]. В 2024 г. пассажиропоток превысил уровень 2019 г. на 400 млн, что иллюстрирует потенциал роста спроса. Необходимо отметить, что в мировой структуре потребления нефти на транспорт приходится 70%, из которых 10% – авиатопливо.

5. Рост общих затрат на авиатопливо, которые в 2019 г. составляли 190 млрд долл., в 2022 г. – 215 млрд, 2024 г. – 291 млрд долл. вследствие изменения ценовых параметров, что изменило и среднюю долю топлива в структуре полетных затрат с 25 до 32%.

6. Возможность использования существующей транспортной и заправочной инфраструктуры в авиационном транспорте, так как SAF обладает технической совместимостью с ними.

7. Экологические стандарты к авиатопливу, внедряемые в разных странах мира в соответствии с международными регламентами с целью достижения средне- и долгосрочных задач устойчивого развития.

8. Повышение качества авиатоплива, которое обеспечивается добавками SAF (до 50%), при этом проверка параметров получаемого посредством смешения топлива осуществляется согласно всем требованиям, предъявляемым к традиционным топливам [3]. Высокие качественные характеристики SAF формируются еще на стадии производства, так как технологии основаны на отсутствии различных примесей, присутствующих в ископаемой нефти, перерабатываемой первичным крекингом.

9. Совершенствование технологий, направленное на то, чтобы уменьшить себестоимость SAF. В соответствии с Парижским соглашением к 2050 г. задача улавливания и утилизация CO<sub>2</sub> является ключевой в достижении углеродной нейтральности. Как следствие, гибридные направления (сочетание биологических и физико-химических процессов) в производстве SAF считаются инновационными и прорывными и в настоящее время находятся на низком уровне технологической зрелости. В частности, электролиз уловленного CO<sub>2</sub> – основного компонента ПГ – в синтез-газ (монооксид углерода и водород) и далее по технологии в SAF с использованием альтернативных источников энергии с целью минимизация энергозатрат и выхода побочных продуктов и увеличения выхода моторного топлива с тонны сырья [20]. Данная категория SAF уже относится к электротопливу (Electrofuel, e-fuel, e-SAF), т.е. это категория СТ, получаемого из CO<sub>2</sub> путем химического гидрирования с использованием электроэнергии из возобновляемых источников [8]. В научной литературе рассматривается использование анаэробных бактерий [21], фотосинтезирующих микроорганизмов [22], цеолитов [23] и других веществ в качестве катализаторов в технологических процессах.

Развитие технологий в производстве SAF направлено на расширение предложения, динамика которого не удовлетворяет растущие потребности. Согласно ежегодному обзору рынка устойчивого авиационного топлива, проводимому компанией SkyNRG, глобальные поставки SAF достигнут 18 млн т к 2030 г., что более чем на 26 млн т меньше прогнозируемого

спроса [12]. По данным ICAO, доля e-SAF может составить 3–17% от общего объема авиационного топлива к 2035 г. и 8–55% к 2050 г. [3].

**Мировая практика стимулирования производства и использования экологически чистого авиатоплива.** Наиболее всеобъемлющим с точки зрения подходов и стратегических целей является система налогового льготирования производства SAF в США, что активизирует бизнес. Особенности налоговой системы США в нефтегазовой отрасли заключаются как в наличии федеральных налоговых льгот, так и льгот, формируемых законодательством штатов. Федеральные льготы направлены на результат либо на начальной стадии получения продукта (например, в части бурения), либо на конечной (производство нефтепродуктов). Таким образом, конкретный налоговый режим зависит от типа производимого СТ, его исходного сырья и предполагаемого использования.

Существенные изменения в налоговом законодательстве США были продиктованы принятым Законом о снижении инфляции 2022 г. (The Inflation Reduction Act of 2022, IRA) [24], как следствие, появился специальный раздел 45Z, определяющий размер налоговых вычетов, применяемых к налогооблагаемому доходу, при производстве и реализации чистого топлива (clean fuel) [25]. К чистому топливу относится также SAF – часть жидкого топлива, которое состоит из синтезированного УВ и соответствует требованиям Американского общества испытаний и материалов (American Society for Testing and Materials), а именно пунктам:

– D7566 – Стандартные технические условия на авиационное турбинное топливо, содержащее синтезированные углеводороды (Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbon) [26];

– D1655 – Стандартная спецификация для авиационного турбинного топлива (Standard Specification for Aviation Turbine Fuels) [27];

а также:

– произведено на территории США и продано не связанным с производителем лицам;

– получено на основе реакции Фишера – Тропша;

– не получено из дистиллятов жирных кислот пальмового масла или нефти;

– получено из биомассы, потоков отходов, возобновляемых источников энергии или газообразных оксидов углерода;

– обеспечивается сокращение выбросов ПГ за жизненный цикл не менее чем на 50% по сравнению с авиационным топливом, произведенным из нефти.

При этом льгота предоставляется только налогоплательщику, зарегистрированному как производитель чистого топлива (наличие специального идентификационного номера на момент производства). Налоговый вычет формируется согласно формуле

$$\text{Taxcredits}_{\text{SAF}} = N \times T_{\text{SAF}} \times \text{Inf} \times K, \quad (1)$$

где  $Taxcredits_{SAF}$  – величина налогового вычета производителям SAF;  $N$  – количество галлонов SAF;  $T_{SAF}$  – специальная ставка для SAF, долл./галлон;  $Inf$  – поправка на инфляцию за тот год, в котором осуществлена продажа авиатоплива, рассчитывается с учетом того, что 2022 г. является базовым;  $K$  – коэффициент выбросов ПГ, который определяется по формуле:

$$K = \frac{\frac{50 \text{ кг CO}_2 - \text{экв.}}{1 \text{ млн ВТЕ}} - \text{интенсивность выбросов ПГ}}{\frac{50 \text{ кг CO}_2 - \text{экв.}}{1 \text{ млн ВТЕ}}} \quad (2)$$

где 1 млн ВТЕ – 1 000 000 британских термических единиц.

Интенсивность выбросов ПГ для SAF определяется испытанием в соответствии с методологией жизненного цикла для SAF, принятой на основе Схемы компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA) Международной организации гражданской авиации (ICAO), или с другой аналогичной методологией, которая удовлетворяет критериям Закона об гражданской авиации США (The United States Civil Aviation Act, CAA). Коэффициенты выбросов ежегодно публикуются министром финансов США.

Производимое авиатопливо должно иметь идентификационный номер (Renewable Identification Number, RIN).

Важно отметить, что льгота в виде специальной базовой единицы для SAF ( $T_{SAF}$ ) является варьируемой. Если предприятие не выполняет специальные правила, действующие до 2027 г. и относимые к заработной плате и ученичеству, то ставка составляет 0,35 долл., при соблюдении – 1,75 долл.

Если в США делается акцент на прямые стимулирующие инструменты, то в странах ЕС ориентир на косвенное воздействие. В 2023 г. в ЕС принят регламент (The ReFuelEU Aviation Regulation), который устанавливает единые минимальные уровни доли поставок смешанного топлива SAF на уровне ЕС и предписывает постепенное увеличение с 2% в 2025 г. доли SAF в качестве добавки до 70% к 2050 г. [8]. В Норвегии с 2019 г. существует обязательное требование при смешивании авиатоплива – 0,5% SAF, которую планируется довести до 30% к 2030 г. [9]. Другим косвенным инструментом стимулирования использования SAF является аккредитация аэропортов по выбросам ПГ. В мировой и российской практике данная аккредитация по национальным методикам носит добровольный характер. В настоящее время в мире насчитывается 173 сертифицированных аэропорта, включая 26 аэропортов с нулевым углеродным следом. Данная аккредитация побуждает аэропорты совместно с авиакомпаниями проводить испытания авиатоплива с различной долей SAF несмотря на то, что национальные стратегические программы в части SAF не приняты, но есть регламент ЕС. Так, например, аэропорт в Будапеште (Венгрия) совместно с Wizz Air Airbus A321neo и MOL Group провел испытания смешанного топлива на коммерческих рейсах, которое состоит из 37% SAF и 63% обычного авиатоплива. В 2024 г. авиакомпанией Croatia Airlines на отдельных международных и

внутренних маршрутах использовалось смешанное топливо, в котором доля SAF в диапазоне 30–40%. SAF производится хорватской нефтегазовой компанией INA (Industrija nafte) с использованием технологии HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids).

**Сдерживающие факторы развития рынка экологически чистого авиатоплива.** Вместе с позитивными тенденциями рынка SAF необходимо отметить: рентабельность производства SAF находится на низком уровне, несмотря на наличие стимулирующего воздействия, по основной причине – производственные расходы, что обуславливает 2–5-кратное превышение стоимости SAF над стоимостью традиционного авиатоплива, а это, в свою очередь, влияет на цены на перевозки. Так, цена традиционного топлива составляет 800–1 000 долл./т, а SAF – 2 500–8 000 долл./т в зависимости от применяемой технологии.

Другим сдерживающим фактором является ограниченность и стоимость исходного сырья, так как в настоящее время SAF производится в основном из биомассы. Так, средняя стоимость отработанного растительного масла (Used Cooking Oil, UCO) в ЕС в 2024 г. варьировала в диапазоне 885–1000 долл./т, а в 2025 г. средняя цена выросла до ~1200 долл./т. В США цена колеблется в диапазоне 462–904 долл./т [28]. Развернутые торговые войны активизируют трансформационные процессы рынка UCO. В частности, в США высокую долю в структуре поставляемого сырья играет Китай: в 2024 г. из 3,8 млрд фунтов UCO 2,8 млрд поставлено из Китая. В июне 2025 г. Агентство по охране окружающей среды США (US Environmental Protection Agency, EPA) внесло изменения, которые заключаются в невозможности получения RIN для биотоплива, произведенного из импортного сырья с 1 октября 2025 г., а следовательно, производитель SAF не сможет воспользоваться налоговой льготой, но, с другой стороны, расширяются возможности сбыта продукции для сельхозпроизводителей США, что в среднесрочной перспективе повлечет снижение себестоимости SAF. В данном контексте приобретают значимость площади имеющихся сельхозугодий и вид продукции, так как выходные параметры с гектара земли для разных видов продукции различны. В ЕС критическим фактором является финансирование, как следствие, 41 проект по производству SAF не получил окончательного инвестиционного решения.

**Российские перспективы производства экологически чистого авиатоплива.** В России привлекательность данных инвестпроектов обусловлена как внешними, так и внутренними факторами. Санкционный пресс не ослабевает, что влечет изменение структуры экспорта и логистических потоков. Кроме того, средний уровень цен на сорт Brent на протяжении 5 лет сохраняется на уровне 70 долл./барр. Министерством экономического развития Российской Федерации прогнозируется цена на нефть сорта Urals за баррель на 2026 г. – 61 долл., 2027 г. – 63 долл., 2027 г. – 65 долл. [29]. Месторождения традиционных регионов нефтедобычи истощены, как следствие, нефть в остаточных запасах становится все более вязкой и тяжелой, что требует

дополнительных затрат на транспортировку и переработку, а месторождения Восточной Сибири не обладают достаточной производственной и транспортной инфраструктурой, что в целом отражается на средней себестоимости нефти, которая за десять лет выросла, по данным Росстата, в 3,4 раза (с 7 492 руб./т в 2012 г. до 25 591 руб./т в 2023 г.).

Нефтегазовыми компаниями производство синтетической нефти и топлива рассматривается как перспективное направление в области ресурсосбережения и ресурсоэффективности, которое позволит утилизировать ПНГ, улучшить качество топлива, снизить экологические риски, продлить сроки эксплуатации нефтяной инфраструктуры [30]. Кроме того, необходим задел для будущих бизнес-сегментов в условиях снижения экспортного нефтяного потока. Как следствие, наблюдается активизация деятельности нефтегазовых компаний, что, безусловно, является частью достижения технологического суверенитета. Позитивным коллаборационным сдвигом являются проекты ПАО «НОВАТЭК», «Газпром» и «Газпромнефть» и научно-исследовательских организаций с целью технологических совершенствований получения углеводородных продуктов из синтез-газа, переработки попутного нефтяного газа в твердые УВ, в том числе на пилотном опытном GTL-комплексе. Компании заявляют о желании построить GTL-установки мощностью 250 тыс. т («НОВАТЭК») и 400 тыс. т («Газпром»). Первая опытная партия синтетического дизельного топлива поставлена в «НОВАТЭК НТЦ», его планируется использовать для проведения гидравлического разрыва пласта (ГРП) на удаленных месторождениях. На XXVIII Петербургском международном экономическом форуме в июне 2025 г. руководством ПАО «Роснефть» было заявлено, что разработана собственная технология GTL и катализаторы для проекта на месторождениях на полуострове Таймыр в рамках национального проекта «Восток-Ойл», запасы нефти месторождений которого оцениваются в 7 млрд т. Однако интерес к производству низкоуглеродного авиационного топлива находится на стадии зарождения, в то время как за рубежом реализуются масштабные проекты на основе коллабораций между разнопрофильными компаниями.

Несмотря на эколого-социальный и нерентабельный характер проектов по производству бионефти, исследования в части авиационного биотоплива продолжаются [31]. Так, в 2023 г. учеными ТПУ были получены первые опытные образцы талового, рыжикового, рапсового и кулинарных отходов масла, на основе каталитического и гидрокрекинга, реакций Фишера – Тропша, что обусловило решение задач следующего этапа – разработка катализаторов с целью повышения выхода биотоплива с заданными физико-химическими характеристиками.

Необходимо отметить, что Энергетической стратегией РФ на период до 2050 г. упоминание производства синтетических углеводородных продуктов присутствует только в части переработки угля «для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью (углеродные наноматериалы, сорбенты, гуминовые вещества, полукокс, термобрикеты, синтетическое жидкое топливо и другие продукты)» [32], а что касается нефтегазовой отрасли,

то акцент делается на газомоторном топливе и расширении автомобильного транспорта с данным видом топлива. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 г. посвящена главным образом производству отечественной авиатехники и запчастей к ней [33]. Таким образом, наблюдается определенное отставание государственных законодательных инициатив от зарубежной практики. Вместе с тем геополитическая ситуация с действующим санкционным давлением в условиях мирового тренда на устойчивое развитие является императивом принятия нормативных документов, отражающих согласованность со стратегическими целями в производстве авиационного топлива.

### **Обсуждение**

В России в настоящее время производство экологически чистого топлива нефтегазовыми компаниями не льготируется, что, по-нашему мнению, обосновано с точки зрения имеющегося ресурсного потенциала, стратегических задач и состояния бюджетной системы РФ.

Россия входит в тройку стран в структуре мировых запасов нефти (15%) с запасами нефти категорий  $AB_1C_1B_2C_2$  в 31,3 млрд т, что является достаточным на 65 лет при текущем уровне добычи [32]. Активность в развитии производства экологически чистого топлива наблюдается в странах, либо не обладающих достаточными запасами УВ, либо в экономически развитых, ориентированных на рост экологического благополучия, основным фактором которого является декарбонизация.

Стратегической задачей государства в условиях ужесточающегося санкционного давления и трансформации мировой структуры производства и потребления электроэнергии, которая характеризуется ростом доли возобновляемых источников энергии с 0,6 до 2,5%, снижением доли угля на 2%, гидроэлектростанций – на 0,3%, атомных электростанций – на 0,2%, является развитие нефте- и газохимии с целью решения задачи обеспечения социально-экономического развития продуктами переработки, что подкрепляется комплексом налоговых льгот [34].

Вместе с тем в мировом сообществе растет давление на транспортную отрасль, которое сначала проявилось в расширении электротранспорта, а в настоящее время – в изменении требований к заправочному топливу в авиации, пока добровольной аккредитации аэропортов, что побудило нефтегазовые и авиационные компании, а также предприятия наземной инфраструктуры активизировать сотрудничество по разработкам и совершенствованию технологий и качественных характеристик топлива.

Таким образом, вполне ожидаемы перспективы, что в санкционный пресс могут быть включены российские авиалайнеры, не удовлетворяющие требованиям по качественным характеристикам используемого топлива, как следствие, необходимы меры, которые бы стимулировали НИОКР и деятельность добывающих и перерабатывающих компаний. Однако, по мнению авторов, желательно косвенное, побуждающее воздействие. Прямое

воздействие путем налоговых льгот неприемлемо в силу дефицита федерального бюджета, который по итогам 2024 г. составил примерно 1,7% ВВП, а также наличия комплексного финансово-налогового механизма на этапах апстрима и даунстрима нефтегазовой отрасли. Авторы считают целесообразным, во-первых, введение процентных, на современном этапе низких, значений к содержанию SAF (0,1–1%) в авиатопливе к 2030 г., во-вторых, должны быть установлены императивы на этапе создания новейших модификаций двигателей отечественных самолетов в части характеристик потребляемого топлива.

### Заключение

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

1. Климатическая мировая повестка, подкрепленная национальными стратегическими программами, усиливает коллаборационные тенденции, объединяя нефтегазовые и авиакомпании, а также научное сообщество с целью усовершенствования технологий по производству низкоуглеродного авиационного топлива на основе уловленного углекислого газа, зеленого водорода с использованием возобновляемых источников энергии.

2. Взаимное влияние позитивных и негативных факторов на развитие рынка экологически чистого авиационного топлива в настоящее время обуславливает экономическую неопределенность в реализации множества проектов по его производству, что ставит под сомнение достижение поставленных целевых ориентиров и их возможную корректировку в среднесрочной перспективе.

3. Проведенное исследование мировой практики институционального окружения отражает преобладание намерений США в реализации программы реиндустриализации и поддержки бизнеса в диверсификации деятельности в условиях борьбы с глобальным потеплением климата и разворачивающихся торговых войн. Стимулирующие меры Европейского союза ориентируют на соблюдение требований к характеристикам применяемого топлива и сертификацию авиационной инфраструктуры.

Российское законодательство имеет запаздывающий характер в части стимулирования производства низкоуглеродного авиатоплива в силу имеющегося ресурсного углеводородного и технологического потенциала, а также других приоритетных национальных стратегических задач на современном этапе, что также не способствует формированию интереса нефтегазовых компаний в его производстве. Однако необходимо косвенное воздействие на авиатранспортные компании с целью формирования превентивных мер в случае усиления санкционного пресса на авиационную отрасль России. Кроме того, данные меры обладают мультипликативным эффектом воздействия на другие отрасли национальной экономики. Немаловажным является формирование задела для раскрытия будущего потенциала бизнес-сегментов нефтегазовых компаний в части производства низкоуглеродного авиатоплива.

**Список источников**

1. Greenhouse gas emissions from transport in Europe // European Environment Agency. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport> (дата обращения: 10.08.2025).
2. Synthetic Fuels Companies – Shell (UK) and SASOL (South Africa) are Leading Players in the Synthetic Fuels Market // MarketsandMarkets. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/synthetic-fuels-market.asp> (дата обращения: 10.08.2025).
3. Sustainable Aviation Fuels (SAF) // ICAO. URL: <https://www.icao.int/environmental-protection/sustainable-aviation-fuels-saf> (дата обращения: 10.08.2025).
4. *Миргаязов И.И., Абдуллин А.И.* Индустрия GTL: состояние и перспективы // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 7, № 9. С. 253–257.
5. *Фахреев Н.К.* Из истории отрасли искусственного жидкого топлива СССР // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2008. № 54. С. 231–236.
6. Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge // U.S. Department of Energy. URL: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge#~:text=This%20Framework%20provides%20stakeholders%20and,stakeholders%20to%20meet%20these%20goals> (дата обращения: 10.08.2025).
7. Sustainable Aviation Fuel Roadmap // CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australian Government. URL: <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/CSIRO-futures/Energy/Sustainable-Aviation-Fuel-Roadmap> (дата обращения: 10.08.2025).
8. The e-SAF market: Europe's head start and the road ahead. REPORT – JUNE 2025 // T&E: Europe's leading advocates for clean transport & energy. URL: [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504\\_e-kerosene\\_report.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504_e-kerosene_report.pdf) (дата обращения: 10.08.2025).
9. Programme for increased production and uptake of sustainable aviation fuels // AVINOR. URL: [https://avinor.no/globalassets/\\_konsern/om-oss/rapporter/en/programme-for-increased-production-and-uptake-of-sustainable-aviation-fuels-2021.pdf](https://avinor.no/globalassets/_konsern/om-oss/rapporter/en/programme-for-increased-production-and-uptake-of-sustainable-aviation-fuels-2021.pdf) (дата обращения: 10.08.2025).
10. Fuelling Australia's future sustainable aviation industry // CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australian Government. URL: <https://www.csiro.au/en/news/All/Articles/2023/August/sustainable-aviation-industry-australia> (дата обращения: 10.08.2025).
11. Отчет об устойчивом развитии АО НК «КазМунайГаз» за 2024 год // КазМунайГаз: национальная компания. URL: [https://www.kmg.kz/interactive/report\\_2024/](https://www.kmg.kz/interactive/report_2024/) (дата обращения: 10.08.2025).
12. SkyNRG & ICF release Sustainable Aviation Fuel Market Outlook 2025 // SkyNRG. URL: <https://skynrg.com/safimo25/> (дата обращения: 10.08.2025).
13. Транспорт. Динамические ряды // Евразийская экономическая комиссия. URL: [https://eec.eaunion.org/comission/department/dep\\_stat/union\\_stat/current\\_stat/transport/serie/s/](https://eec.eaunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/current_stat/transport/serie/s/) (дата обращения: 10.08.2025).
14. Passenger Transport 2024 // ERF: European Union Road Federation. URL: <https://erf.be/statistics/passenger-transport-2024/> (дата обращения: 10.08.2025).
15. National Transportation Statistics. U.S. Passenger-Miles // Bureau of Transportation Statistics. U.S. Department of Transportation. URL: <https://www.bts.gov/content/us-passenger-miles> (дата обращения: 10.08.2025).
16. *Филимонова И.В., Комарова А.В., Новиков А.Ю.* Потенциал экономии выбросов парниковых газов в энергетике за счет замещающей способности энергоресурсов // Экология промышленного производства. 2025. № 2 (130). С. 18–28.
17. *Халимов Э.М., Халимов Ю.Э.* Мировая добыча нефти: обеспеченность доказанными запасами // Геология нефти и газа. 2005. № 3. С. 47–52.

18. Свиридов Н.О., Халов О.М. Текущее состояние и перспективы роста мирового рынка авиатоплива для гражданских авиаперевозок // Инновации и инвестиции. 2017. № 2. С. 92–96.

19. Михайлов Ю.С. Снижение влияния отказа двигателя на аэродинамические характеристики модели легкого транспортного самолета // Научный вестник МГТУ ГА. 2024. № 27 (1). С. 72–87. doi: 10.26467/2079-0619-2024-27-1-72-87

20. Лачугин И.Г., Шевцов А.П., Маринченко А.Г., Аристов И.В., Ендовицкий Д.А., Попов В.Н., Хохлов В.Ю., Хохлова О.Н., Селеменов В.Ф. GTL-производство: основы и перспективы. Обзор // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 2. С. 27–36.

21. Крылова А.Ю., Зайченко В.М., Гаева Т.Н., Лищинер И.И., Малова О.В. Целесообразность создания промышленного производства жидкого биотоплива в России // Российские нанотехнологии. 2023. Т. 18, № 1. С. 15–23.

22. Разработка технологии биологической утилизации промышленных выбросов углекислого газа / рук. Калинина А.А. Карточка проекта фундаментальных и поисковых научных исследований, поддержанного Российским научным фондом. URL: <https://rscf.ru/project/22-24-00634/> (дата обращения: 10.08.2025).

23. Патент RU2444557C1. Способ получения синтетических жидких топлив из углеводородных газов по методу Фишера – Тропша и катализаторы для его осуществления: заявл. 30.09.2010; опубл. 10.03.2012 / А.Н. Логинова, С.А. Свицерский, С.Н. Потапова, В.В. Фадеев, Я.В. Михайлова. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2444557C1> (дата обращения: 10.08.2025).

24. The Inflation Reduction Act of 2022 // Congress.gov: official website for U.S. federal legislative information. URL: <https://www.congress.gov/117/plaws/publ169/PLAW-117publ169.pdf> (дата обращения: 10.08.2025).

25. Clean Fuel Production Credit. Section 45Z Clean Fuel Production Credit; Registration // IRS: Department of the Treasury Internal Revenue Service. URL: [https://www.irs.gov/irb/2024-26\\_IRB#NOT-2024-49](https://www.irs.gov/irb/2024-26_IRB#NOT-2024-49) (дата обращения: 10.08.2025).

26. ASTM D7566-22. Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons // ASTM. URL: <https://store.astm.org/d7566-22.html> (дата обращения: 10.08.2025).

27. ASTM D1655-22a. Standard Specification for Aviation Turbine Fuels // ASTM. URL: <https://store.astm.org/d1655-22a.html> (дата обращения: 10.08.2025).

28. UCO price assessments, charts, analysis and forecasts // Fastmarkets. URL: <https://www.fastmarkets.com/agriculture/biofuels-and-feedstocks/used-cooking-oil-prices/> (дата обращения: 10.08.2025).

29. Сценарные условия функционирования экономики Российской Федерации, основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации и прогнозируемые изменения цен (тарифов) на товары, услуги хозяйствующих субъектов, осуществляющих регулируемые виды деятельности в инфраструктурном секторе, на 2026 год и на плановый период 2027 и 2028 годов // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: [https://www.economy.gov.ru/material/file/a67428ce59e50dbe6175efe1bce256b0/scenarnye\\_u\\_sloviya\\_funkcionirovaniya\\_ekonomiki\\_rf\\_2025.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/a67428ce59e50dbe6175efe1bce256b0/scenarnye_u_sloviya_funkcionirovaniya_ekonomiki_rf_2025.pdf) (дата обращения: 10.08.2025).

30. Советин Ф.С., Гартман Т.Н., Панкрушина А.В., Асеев К.М., Павлов А.С. Обзор технологий синтетического жидкого топлива из природного газа // Успехи в химии и химической технологии. 2021. № 8. С. 139–142.

31. Антипова О.В., Фатхутдинова О.А., Шарф И.В. Переработка биоресурсов нефтегазовыми компаниями в рамках ESG-стратегии // Векторы благополучия: экономика и социум. 2024. Т. 52, № 1. С. 127–138. doi: 10.18799/26584956/2024/1/1759

32. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года // Правительство России: официальный сайт. URL: <http://static.government.ru/media/files/LWYfSEna10uBrrBoyLQqAAOj5eJY1A60.pdf> (дата обращения: 10.08.2025).

33. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года // Правительство России: официальный сайт. URL: <http://static.government.ru/media/files/PqzRfozEf6AY4iMiUGkmcWlraXAMbd1.pdf> (дата обращения: 10.08.2025).

34. Шарф И.В. Результативность финансово-налоговых механизмов внедрения наилучших доступных технологий в нефтегазовой отрасли // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2024. № 66. С. 311–326. doi: 10.17223/19988648/66/20

## Referenses

1. European Environment Agency. (2024) *Greenhouse gas emissions from transport in Europe*. [Online] Available from: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-from-transport>

2. MarketsandMarkets. (2023) *Synthetic Fuels Companies – Shell (UK) and SASOL (South Africa) are Leading Players in the Synthetic Fuels Market*. [Online] Available from: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/synthetic-fuels-market.asp>

3. ICAO. (2025) *Sustainable Aviation Fuels (SAF)*. [Online] Available from: <https://www.icao.int/environmental-protection/sustainable-aviation-fuels-saf>

4. Mirgayazov, I.I., Abdullin, A.I. (2014) GTL industry: status and prospects. *Herald of Technological University*. 7 (9). pp. 253–257. (In Russian).

5. Fakhreyev, N.K. (2008) History of artificial liquid fuel industry in the USSR. *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*. 54. pp. 231–236. (In Russian).

6. U.S. Department of Energy. (2024) *Sustainable Aviation Fuel Grand Challenge*. [Online] Available from: <https://www.energy.gov/eere/bioenergy/sustainable-aviation-fuel-grand-challenge#:~:text=This%20Framework%20provides%20stakeholders%20and,stakeholders%20to%20meet%20these%20goals>

7. CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australian Government. (2025) *Sustainable Aviation Fuel Roadmap*. [Online] Available from: <https://www.csiro.au/en/work-with-us/services/consultancy-strategic-advice-services/CSIRO-futures/Energy/Sustainable-Aviation-Fuel-Roadmap>

8. T&E: Europe's leading advocates for clean transport & energy. (2025) *The e-SAF market: Europe's head start and the road ahead. REPORT – JUNE 2025*. [Online] Available from: [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504\\_e-kerosene\\_report.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504_e-kerosene_report.pdf)

9. AVINOR. (2021) *Programme for increased production and uptake of sustainable aviation fuels*. [Online] Available from: [https://avinor.no/globalassets/\\_konsern/om-oss/rapporter/en/programme-for-increased-production-and-uptake-of-sustainable-aviation-fuels-2021.pdf](https://avinor.no/globalassets/_konsern/om-oss/rapporter/en/programme-for-increased-production-and-uptake-of-sustainable-aviation-fuels-2021.pdf)

10. CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australian Government. (2023) *Fuelling Australia's future sustainable aviation industry*. [Online] Available from: <https://www.csiro.au/en/news/All/Articles/2023/August/sustainable-aviation-industry-australia>

11. KazMunayGas. (2024) *Sustainable Development Report of JSC NC KazMunayGas for 2024*. [Online] Available from: [https://www.kmg.kz/interactive/report\\_2024/](https://www.kmg.kz/interactive/report_2024/) (In Russian).

12. SkyNRG. (2025) *SkyNRG & ICF release Sustainable Aviation Fuel Market Outlook 2025*. [Online] Available from: <https://skynrg.com/safmo25/>

13. Eurasian Economic Commission. (2025) *Transport. Dynamic series*. [Online] Available from: [https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep\\_stat/union\\_stat/current\\_stat/transport/series/](https://eec.eaeunion.org/comission/department/dep_stat/union_stat/current_stat/transport/series/) (In Russian).

14. ERF: European Union Road Federation. (2024) *Passenger Transport 2024*. [Online] Available from: <https://erf.be/statistics/passenger-transport-2024/>

15. Bureau of Transportation Statistics. U.S. Department of Transportation. (2024) *National Transportation Statistics. U.S. Passenger-Miles*. [Online] Available from: <https://www.bts.gov/content/us-passenger-miles>

16. Filimonova, I.V., Komarova, A.V., Novikov, A.Yu. (2025) Potential for saving greenhouse gas emissions in the energy sector due to the substitutability of energy resources. *Ecology of industrial production*. 2 (130). pp. 18–28. (In Russian).
17. Khalimov, E.M., Khalimov, Yu.E. (2005) World oil production: proven reserves coverage. *Oil and Gas Geology*. 3. pp. 47–52. (In Russian).
18. Sviridov, N.O., Khalov, O.M. (2017) Current state and prospects for growth of the world market of aviation fuel for civil air transportation. *Innovation & Investment*. 2. pp. 92–96. (In Russian).
19. Mikhailov, Yu.S. (2024) Reducing the effect of engine failure on the aerodynamic performance of the light transport aircraft model. *Civil Aviation High Technologies*. 27 (1). pp. 72–87. (In Russian). doi: 10.26467/2079-0619-2024-27-1-72-87
20. Lachugin, I.G., Shevtsov, A.P., Marinchenko, A.G., Aristov, I.V., Endovitsky, D.A., Popov, V.N., Khokhlov, V.Yu., Khokhlova, O.N., Selemenev, V.F. (2011) GTL production: basics and prospects. Overview. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2. pp. 27–36. (In Russian).
21. Krylova, A.Yu., Zaychenko, V.M., Gaeva, T.N., Lishchiner, I.I., Malova, O.V. (2023) Feasibility of creating industrial production of liquid biofuels in Russia. *Nanobiotechnology Reports*. 18 (1). pp. 15–23. (In Russian).
22. Russian Science Foundation. (2024) *Development of technology for biological utilization of industrial carbon dioxide emissions*. [Online] Available from: <https://rscf.ru/project/22-24-00634/> (In Russian).
23. Google Patents. (2012) *Patent RU2444557C1. Method for obtaining synthetic liquid fuels from hydrocarbon gases as per fischer-tropsch method, and catalysts used for its implementation*. [Online] Available from: <https://patents.google.com/patent/RU2444557C1> (In Russian).
24. Congress.gov: official website for U.S. federal legislative information. (2022) *The Inflation Reduction Act of 2022*. [Online] Available from: <https://www.congress.gov/117/plaws/publ169/PLAW-117-publ169.pdf>
25. IRS. (2024) *Clean Fuel Production Credit. Section 45Z Clean Fuel Production Credit; Registration*. [Online] Available from: [https://www.irs.gov/irb/2024-26\\_IRB#NOT-2024-49](https://www.irs.gov/irb/2024-26_IRB#NOT-2024-49)
26. ASTM. (2022) *ASTM D7566-22. Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons*. [Online] Available from: <https://store.astm.org/d7566-22.html>
27. ASTM. (2022) *ASTM D1655-22a. Standard Specification for Aviation Turbine Fuels*. [Online] Available from: <https://store.astm.org/d1655-22a.html>
28. Fastmarkets. (2024) *UCO price assessments, charts, analysis and forecasts*. [Online] Available from: <https://www.fastmarkets.com/agriculture/biofuels-and-feedstocks/used-cooking-oil-prices/>
29. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. (2025) *Scenario conditions for the functioning of the economy of the Russian Federation, the main parameters of the forecast for the socio-economic development of the Russian Federation and the projected changes in prices (tariffs) for goods and services of economic entities carrying out regulated activities in the infrastructure sector for 2026 and for the planning period of 2027 and 2028*. [Online] Available from: [https://www.economy.gov.ru/material/file/a67428ce59e50dbe6175efe1bce256b0/scenarnye\\_usloviya\\_funkcionirovaniya\\_ekonomiki\\_rf\\_2025.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/a67428ce59e50dbe6175efe1bce256b0/scenarnye_usloviya_funkcionirovaniya_ekonomiki_rf_2025.pdf) (In Russian).
30. Sovetin, F.S., Gartman, T.N., Pankrushina, A.V., Aseev, K.M., Pavlov, A.S. (2021) Review of the technologies of the obtaining synthetic liquid fuel from the natural gas. *Uspehi v himii i himicheskoy tehnologii Magazine*. 8. pp. 139–142. (In Russian).
31. Antipova, O.V., Fatkhutdinova, O.A., Sharf, I.V. (2024) Bioresource processing by oil and gas companies as part of ESG strategy. *Journal of Wellbeing Technologies*. 52 (1). pp. 127–138. (In Russian). doi: 10.18799/26584956/2024/1/1759

32. The Russian Government. (2025) *Energy strategy of the Russian Federation for the period up to 2050*. [Online] Available from: <http://static.government.ru/media/files/LWYfSENa10uBrrBoylQqAAOj5eJY1A60.pdf> (In Russian).

33. The Russian Government. (2022) *Comprehensive program for the development of the air transport industry of the Russian Federation until 2030*. [Online] Available from: <http://static.government.ru/media/files/PqzpRfozEf6AY4iMiUGkmcWIraxAMbd1.pdf> (In Russian).

34. Sharf, I.V. (2024) Efficiency of tax mechanisms of introducing feasible techniques in oil and gas industry. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics*. 66. pp. 311–326. (In Russian). doi: 10.17223/19988648/66/20

***Информация об авторе:***

**Шарф И.В.** – доктор экономических наук, профессор Инженерной школы природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия). E-mail: [irina\\_sharf@mail.ru](mailto:irina_sharf@mail.ru)

***Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.***

***Information about the author:***

**I.V. Sharf**, Dr. Sci. (Economics), professor at the School of Earth Sciences & Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: [irina\\_sharf@mail.ru](mailto:irina_sharf@mail.ru)

***The author declares no conflicts of interests.***

*Статья поступила в редакцию 12.08.2025;  
одобрена после рецензирования 31.10.2025; принята к публикации 07.11.2025.*

*The article was submitted 12.08.2025;  
approved after reviewing 31.10.2025; accepted for publication 07.11.2025.*