

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА СТРАН МИРА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РАСТИТЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА С УЧЕТОМ КРИТЕРИЕВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Е. С. Солодухин, А. Н. Шушпанов, А. Р. Шугаева,
Д. О. Капралова, Д. В. Шушпанова

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева»; ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы», Москва, Россия;
ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Россия*

Ключевые слова: биотопливо; биоэтанол; биодизель; государственная политика стран; развитие биотопливных технологий.

Аннотация: Представлен обзор производства и использования биоэтанола и биодизеля с точки зрения критериев устойчивого развития в ряде стран мира, включая Российскую Федерацию. Кратко дано описание экономических аспектов производства биотоплива из растительного сырья и применения в смеси с ископаемым топливом в транспортной сфере. Представлена информация по государственной политике США, Китая, Бразилии, Индии, ЕС и России в части развития биотопливной отрасли, в том числе ряд документов, которые предоставляют возможность использования биотоплива в указанных странах. Выявлены факторы, ограничивающие использование биотоплива в некоторых странах мира, в том числе Китае и России. Даны предложения по использованию биотоплива в качестве перспективного способа утилизации отходов производства и потребления.

Введение

Одним из важнейших компонентов экономического роста и высокого уровня жизни человечества является энергетика, 80 % которой производится за счет использования ископаемых природных ресурсов (нефти, га-

Солодухин Егор Сергеевич – старший лаборант кафедры техносферной безопасности; Шушпанов Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности; Шугаева Арина Романовна – аппаратчик синтеза кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», Москва, Россия; Капралова Дарья Олеговна – кандидат биологических наук, доцент департамента рационального природопользования института экологии, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы», Москва, Россия; Шушпанова Джемма Викторовна – научный сотрудник отдела методологии ресурсосбережения, e-mail: jshoo@yandex.ru, ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Россия.

за, угля) [1]. Добыча и использование ископаемых видов топлива наносит серьезный ущерб окружающей среде и приводит к глобальным экологическим проблемам, включающим не только загрязнение атмосферного воздуха, водных объектов и почв вредными веществами, но и увеличение рисков продовольственной безопасности [2].

В настоящее время заменой ископаемого топлива может стать биомасса, значительные запасы которой превышают 550 млрд т углерода, из которых порядка 80 % приходится на растительное сырье [3].

Наиболее распространенными видами биотоплива, полученного из растительной биомассы, принято считать биоэтанол и биодизель [4, 5], мировое производство которых в 2022 г. составило 105,5 и 45,1 млрд т в год соответственно [6]. Динамика роста мирового производства биотоплива представлена на рис. 1 [7].

По статистическим оценкам размер рынка биотоплива в 2024 г. составил 173 млрд долл. США и, по прогнозам, к 2037 г. достигнет 360 млрд долл. США, увеличиваясь в среднем, на 5,8 %. К концу 2025 г. объем рынка биотоплива предположительно составит 181 млрд долларов США [8].

Использование биоэтанола и биодизеля в качестве замены традиционных топлив позволит сократить объемы выбросов вредных веществ, особенно в энергетическом и транспортном секторах, которые являются основными потребителями ископаемых видов топлива, тем самым уменьшив негативное воздействие на климат и снизив негативное воздействие на окружающую среду в целом.

На основе отечественных и международных научных публикаций, официальных статистических данных и нормативной документации некоторых стран мира подготовлен обзор видов исследуемых биотоплив, экономических аспектов развития биотопливной отрасли, основных стран-производителей биотоплива, а также государственного регулирования по производству и использованию биотоплива на примере биодизеля и биоэтанола, в том числе на территории Российской Федерации.

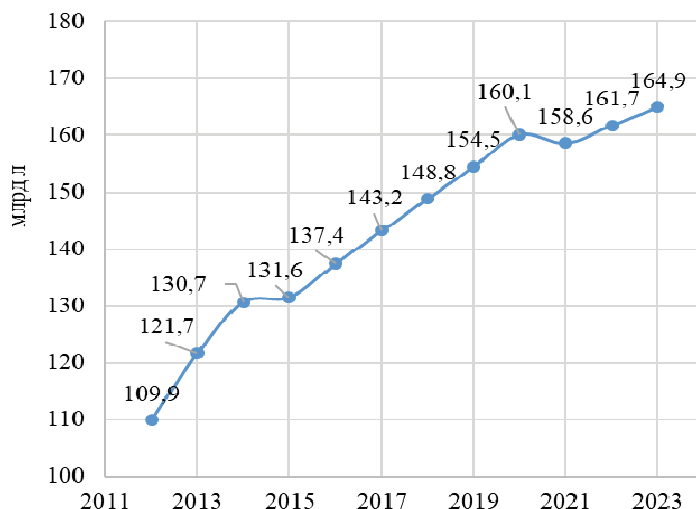


Рис. 1. Динамика мирового производства биотоплива в период с 2012 по 2023 гг.

Характеристики основных видов биотоплив

Биодизель – это смесь алкиловых спиртов, получаемая из жирных кислот в основном методом переэтерификации в присутствии катализаторов [5]. Данный вид топлива обладает высокой эффективностью сгорания (температура вспышки – 150 °С), цетановым числом, низким содержанием серы и ароматических соединений; широко используется в качестве транспортного топлива как в чистом виде, так и в сочетании с бензином или авиакеросином [9]. Кроме того, биодизель биоразлагаем [10] и невзрывоопасен [11].

Побочным продуктом производства биодизеля является глицерин, который применим в различных отраслях экономики, в том числе текстильной, лакокрасочной и пищевой промышленности [12].

Биоэтанол – это этиловый спирт с массовой долей не менее 92,1 %¹, полученный путем биосинтеза органического сырья, например, целлюлозы, крахмала, сахарозы. Он применяется в бензинах в качестве присадки, повышающей их октановое число и позволяющей снизить выбросы углекислого газа до 30 %. Большинство представленных на рынке транспортных средств могут эффективно использовать 10%-ную смесь бензина и биоэтанола, при этом необходимо учитывать ряд ограничений для ее использования в виде выбросов оксидов азота, замерзания топлива при низкой температуре (точка помутнения), коррозионной активности по отношению к латуни и меди, проблем с перекачкой и распылением топлива из-за его высокой вязкости, а также потерей смеси рабочих характеристик при долгом простое в двигателе в нерабочем состоянии [13].

Экономические аспекты производства и использования биотоплива

По данным [14] спрос на биотопливо увеличится на 38 млрд л в течение 2025 – 2028 гг., что почти на 30 % больше, чем за последние пять лет. Наибольший спрос на биотопливо приходится на страны с развивающейся экономикой, особенно Бразилию и Индию, где проводится политика в области развития биотопливных технологий, особенно биодизеля и биоэтанола, растет спрос на транспортное биотопливо и имеется высокий сырьевой потенциал. Хотя страны с развитой экономикой, включая Европейский союз и США, также укрепляют свою транспортную политику, рост объемов производства биотоплива сдерживается увеличением популярности использования электромобилей, высокими затратами на биотопливо и техническими ограничениями в его широком применении.

Прогнозируется рост затрат на биодизельное топливо по мере увеличения объемов смешивания с ископаемым топливом и повышения цен на сырье, особенно в США. При этом стоимость топлива на смеси этанола, вероятно, останется на прежнем уровне или даже снизится в ряде стран благодаря стабильным или снижающимся ценам на основное сырье, такое как сахарный тростник и кукуруза. В Бразилии, например, нормы смеси-

¹ ГОСТ 33872–2016 Межгосударственный стандарт. Биоэтанол топливный денатурированный. Технические условия. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22.11.2016 № 93-П).

вания этанола вырастут на 10 % за прогнозируемый период, но разница в стоимости чистого бензина снизится с 6 до 4 центов США за литр. Затраты снижаются, поскольку цены на сахар и кукурузу были близки к пиковым уровням в 2023 г. из-за перебоев с поставками, связанных с погодными условиями. В Европе, США и Индии цены на сырье остаются неизменными.

Ценообразование биотоплива в настоящее время напрямую связано с ценами на сельскохозяйственную продукцию, так как именно они являются основным фактором, определяющим затраты на производство биотоплива. Тем не менее подобные экономические оценки носят лишь ориентировочный характер, так как основаны на макротенденциях (таких как рост численности населения планеты, особенности питания, нормы высева сельскохозяйственной продукции и ее урожайность), улучшающих показатели и влияющих на глобальное предложение и спрос.

**Критерии устойчивости производства
и использования биотоплива**

Одним из важнейших факторов производства и использования биотоплива является его экологическая устойчивость. В 2012 году Круглый стол по устойчивому биотопливу (The Round table on Sustainable Biofuels) установил 12 критериев оценки устойчивости биотоплива, которые позволяют улучшать государственное регулирование и оказывать меры поддержки организациям-производителям и потребителям биотоплива.

Производство биотоплива, в соответствии с данными критериями, должно положительно влиять на три сферы развития общества: экологическую, социальную и экономическую (табл. 1) [15].

Таблица 1

Влияние производства биотоплива на сферы развития общества

Сфера общества	Влияние
Экологическая	Соответствие международным соглашениям по климату, охране окружающей среды, снижению уровня парниковых газов, избеганию негативного влияния на биоразнообразие, территории высокой природоохранной ценности
Социальная	Обеспечение достойной работы и благополучия трудящихся с учетом всех прав человека, развитие сельских, коренных народов и общин, снижение ущерба продовольственной безопасности
Экономическая	Развитие биотопливных проектов с учетом мнения всех заинтересованных сторон, наиболее экономически эффективным способом с обязательством повысить эффективность производства, а также с учетом социальных и экологических показателей на всех этапах производства биотоплива

Для реализации критериев устойчивости производства и использования биотоплива, а также решения ряда сопутствующих технических, социально-экономических и экологических проблем необходимо развитие государственной политики в области формирования отрасли биотопливных технологий. Производство биотоплива может быть поддержано директивами и другими нормативными правовыми документами по использованию биотоплива, предоставлением финансовой помощи, субсидий, развитием и поддержкой международных биоэнергетических программ и грантов.

**Государственное регулирование некоторых стран мира
в области развития производства и потребления биотоплива**

Соединенные Штаты Америки

Один из первых в мире законов об охране окружающей среды – «Закон о чистом воздухе» – вышел в 1963 г. в США. Он напрямую не касался вопросов производства и потребления биотоплива, но заложил действующую до настоящего времени основу системы экологического регулирования США.

В 2005 году принят «Закон об энергетической политике» (далее – закон), предусматривающий налоговые льготы и кредиты для производства некоторых видов возобновляемой энергии (ВИЭ) и определяющий стандарты устойчивости топлива из ВИЭ. Данным законом предписано в том числе использование биоэтанола и биодизеля и снижение уровня парниковых газов в сравнении с ископаемым топливом.

С 2020 года Министерством сельского хозяйства США (USDA) разрабатываются положения Программы стимулирования инфраструктуры расширения производства топливных смесей из этанола и биодизеля и увеличения доступности этих видов биотоплива для потребителей.

С 2022 года Агентство по окружающей среде США (EPA) должно учитывать факторы, представленные в «Законе об энергетической независимости и безопасности» (EISA) 2007 года, включающие в том числе экономические затраты, качество воздуха и воды, изменение климата, энергетическую безопасность, проблемы развития инфраструктуры, изменение цен на сырье [16, 17].

В 2023 году EPA установило требования к объему производства биотоплива, полученного из биомассы, на 2023 – 2025 гг. (данные в табл. 2 представлены в единицах RIN, эквивалентных одному галлону (1 американский галлон равен 3,79 л) возобновляемого топлива в эквиваленте этанола).

Таблица 2

**Конечные целевые показатели объема производства
некоторых видов биотоплива [16]**

Целевые показатели	2023	2024	2025
Биоэтанол на основе целлюлозы (древесный спирт) (млрд RIN в год)	0,84	1,09	1,38
Биодизель (млрд галлонов)	2,82	3,04	3,35

Бразилия

В связи с энергетическим кризисом 1970-х гг., сделавшим экономически невыгодным импорт нефтепродуктов в страны Южной Америки, Бразилия провела крупномасштабный эксперимент по производству биоэтанола при финансовой поддержке правительства, в результате чего стала одним из ведущих мировых производителей биотоплива.

В целях реализации климатической повестки и стимулирования местного производства правительством Бразилии принято решение о смешивании неэтилированного бензина с биотопливом. В 1975 году в стране запущена Национальная правительственная программа Pro'alcool, в соответствии с которой доля этанола в бензине увеличивалась до 25 % (E25²), и внедрялся гидратированный этанол для использования в легковых автомобилях. В настоящее время в бразильских автомобилях в основном используется 27%-й этанол (E27) [18].

В 2005 году запущена программа производства и использования биодизеля Brazil's Biodiesel Production and Use Program – PNPB. В соответствии с этой программой дизельное топливо должно иметь определенную долю биодизеля, составляющую смесь (B_{xx}) [19], например, в 2008 г. доля биодизеля в смеси с дизельным топливом в Бразилии составляла 2 %, в 2010 г. – 5 %, а к 2020 г. она составила 12 % (B_{12}) [20].

В 2017 году в Бразилии принят закон № 13,576/2017– RENOVABIO, направленный на снижение углеродоемкости транспортного топлива на 10 % и предотвращение выбросов 620 млн т эквивалента CO₂ в период с 2018 по 2030 гг. с их последующей коммерциализацией на Бразильской фондовой бирже. Уже в 2021 г. поставленная цель политики была выполнена на 97,6 %, а выручка производителей биотоплива достигла 650 млн бразильских реалов (125 млн долл. США).

Евросоюз

В Евросоюзе (ЕС) действует одно из самых сложных и технически развитых законодательств по биотопливу. Основные директивы законодательства ЕС касаются реализации вопросов устойчивого развития, возобновляемых источников энергии, климатической, торговой, сельскохозяйственной политик, государственной помощи и защиты окружающей среды. Законодательство ЕС осложнено тем, что оно сосуществует с национальными законами стран, входящих в ЕС.

Европейская законодательная база определяет подробные стандарты и критерии устойчивого развития, добровольные схемы и схемы поддержки, а также планы действий по производству биотоплива. Например, законодательство ЕС в области биотоплива предусматривает использование широкого спектра политических инструментов, таких как субсидии, смешанные мандаты, пошлины, налоги и стимулы [21, 22].

² Для биоэтанола и смесевых бензинов на его основе используются буквенно-цифровые обозначения: E5, E10, E85. E – от английского ethanol, а цифры – это процентное (в объемных долях) содержание биоэтанола в топливе. Наиболее распространены смеси E5, E10 и E85, в Бразилии пользуется спросом и чистый биоэтанол – E100.

Правительство ЕС изначально поощряло более широкое использование биотоплива с целью смягчения последствий изменения климата, поставив перед собой цель использования к 2020 г. 20 % возобновляемых источников энергии.

Директива RED 2009 г. предписывала, чтобы возобновляемые источники могли обеспечить к 2020 г. минимум 10 % конечного потребления энергии в транспортном секторе [23].

В 2015 году Европейский парламент одобрил Директиву ILUC (2015/1513), которая устранила один из основных недостатков предыдущей законодательной базы, а именно отсутствие решений по косвенным изменениям в землепользовании. Хотя общая цель по количеству использования биотоплива в транспортном секторе осталась прежней – 10 % к 2020 году – новая директива предписывала, чтобы, по крайней мере, 3 % производства биотоплива производилось не из продовольственных культур (биотопливо II и III поколений) [24].

В 2018 году принята REDII, в 2023 г. в нее внесены поправки, которые предписывают сократить выбросы парниковых газов в 2030 г. на 55 % (по сравнению с 1990 г.), а к 2050 г. достичь полной углеродной нейтральности [25].

В июне 2023 г. принята Директива 2023/1640, которая устанавливает использование доли биотоплива транспортными средствами (включая морские и авиационные суда) совместно с ископаемым топливом [26]. Целевой показатель общей доли возобновляемых источников энергии составляет не менее 42,5 % к 2030 г. Для использования биотоплива в транспортных средствах государства-члены ЕС могут выбрать к 2030 г. либо перспективу сокращения интенсивности выбросов парниковых газов на 14,5 %, либо обеспечить использование не менее 29 % возобновляемых источников в конечном потреблении энергии. Также директива устанавливает обязательный целевой показатель для биотоплива, произведенного не из сельскохозяйственного сырья, в размере 1 % в 2025 г. и 5,5 % в 2030 г. [25].

Индия

Индийский закон об энергетическом этаноле 1948 г. можно назвать первым законом о биотопливе, который требовал смешения бензина с 20 % этанола, но он так и не был реализован из-за ограничений на сырье [27]. В 2009 году Индия смогла разработать свою первую политику в области производства и использования биотоплива с целью замены 20 % транспортного топлива биотопливом, однако она также не была реализована из-за нехватки сырья (мелассы) [28].

Несмотря на ограниченность рынка биодизельного топлива и низкие агротехнические показатели сырья (ятрофы), Индия старалась точно поддерживать его производителей [29].

В 2018 году Министерством нефти и природного газа Индии опубликована Национальная политика в области биотоплива, целью которой стало сокращение импорта нефтепродуктов путем стимулирования внутреннего производства биотоплива. В соответствии с дорожной картой, к 2025 – 2026 гг., предполагается достичь смешивания 20 % биоэтанола и обнаружить дополнительные виды сырья для его производства [6].

Эти мероприятия позволят государству поддержать рост внутреннего производства биоэтанола, произведенного из излишков зерновых культур, с 7 млрд баррелей в 2021 г. до 15 баррелей в 2025 г., а также продвигать биотопливо на экспорт в рамках кампании «Сделано в Индии» [30].

В настоящее время основным источником производства биоэтанола в Индии является сахарный тростник; достичь уровня Е-20 к концу 2025 г. будет трудно из-за высокого спроса как на экспорт сахара, так и на внутреннее производство питьевого спирта. Тем не менее правительство Индии в мае 2021 г. внесло соответствующие поправки в Приказ о контроле над сахарным тростником от 1966 г.

Кроме того, Индия планирует к 2030 г. ввести 5 % долю биодизеля, произведенного из животных жиров, а также непищевых и отработанных пищевых масел, в дизельное топливо.

Использование биодизеля в Индии остается исключительно низким из-за ограничений на импорт, отсутствия организованной цепочки поставок, а также чрезмерных затрат и отсутствия сырья. Ежегодно производится около 3,0 млн т отработанного пищевого масла, но отсутствие спроса приводит к их ограниченному использованию. Около 80 % затрат на производство биодизеля приходится на закупку сырья [30].

Китай

Китай является пятым по величине производителем топливного этанола в мире после США, Бразилии, Индии и ЕС. Основными видами сырья для него (порядка 80 %) являются зерно риса, кукурузы и пшеницы. Еще 10 % биоэтанола производится из импортируемых в страну маниоки и сахарного тростника.

В 2017 году в Китае в промышленных масштабах началось производство транспортного биодизеля для последующего экспорта в Европу. Это связано с тем, что в Китае практически отсутствуют меры государственной поддержки для создания внутреннего спроса на биодизель. В конце 2020 г. Китай взял на себя международное обязательство по достижению пиковых выбросов углекислого газа к 2030 г., однако для реализации поставленных целей биотопливо в качестве директивы отсутствовало.

Единственная в стране программа по производству биодизельного топлива реализуется в Шанхае, где в начале 2023 г. был опубликован План реализации по координированному сокращению загрязнения и снижению выбросов углерода, призывающий к подготовке технико-экономического обоснования производства из отработанного кулинарного масла биодизеля В₁₀ и его дальнейшего использования в качестве топлива на речных судах.

Что касается реализации программы производства топливного этанола, то она, по сути, является программой утилизации излишков кукурузы. В начале 2000-х гг. Китай реализовал одну из первых в мире программ по производству топливного этанола для формирования в те годы дополнительного спроса на поставки зерна.

В 2007 году опубликован «Средне- и долгосрочный план развития возобновляемой энергетики», а с 2010 г. начался поэтапный отказ от государственных субсидий КНР для заводов, производящих традиционный

зерновой этанол, который завершился в 2018 г. В этот период Китай стал нетто-импортером кукурузы. В 2016 году Государственный совет Китая объявил о своих целях по производству к 2020 г. 5,1 млрд л этанола и 2,3 млрд л биодизельного топлива, что больше показателей 2016 г. в 4 раза.

Государственная политика, принятая в 2016 г., проложила путь к возрождению индустрии топливного этанола за счет отмены политики временных резервов для кукурузы; восстановление возврата НДС на продукцию этанола оказало дополнительную поддержку.

В 2017 году кабинет министров КНР, совместно с Национальной комиссией развития и реформ (NDRC) и национальным энергетическим управлением (NEA) Китая объявили о планах по расширению производства этанола и его продвижению в качестве транспортного топлива (E10) к 2020 г. и переходу на производство целлюлозного этанола к 2025 г.

В декабре 2019 г. СМИ сообщили, что Китай приостановит расширение своего мандата E10, по сути, ограничив его регионами, где он уже был введен, поскольку запасы кукурузы были ограничены, а мощности по производству этанола слишком малы для правильного внедрения E10 по всей стране. Что касается производства и использования биодизеля, то он по-прежнему не поддерживается на внутреннем рынке и становится все более ориентированным на экспорт [20, 31].

**Государственная политика России
в области развития биотопливных технологий**

Российская Федерация входит в число крупнейших производителей нефтепродуктов и традиционного топлива в мире (рис. 2) [32], кроме того, она занимает четвертое место в мире по выбросам парниковых газов за счет использования природного газа, нефти и угля. Общий объем выбросов парниковых газов в 2023 г. составил 1 577 млн т CO₂-экв. (рис. 3) [33].

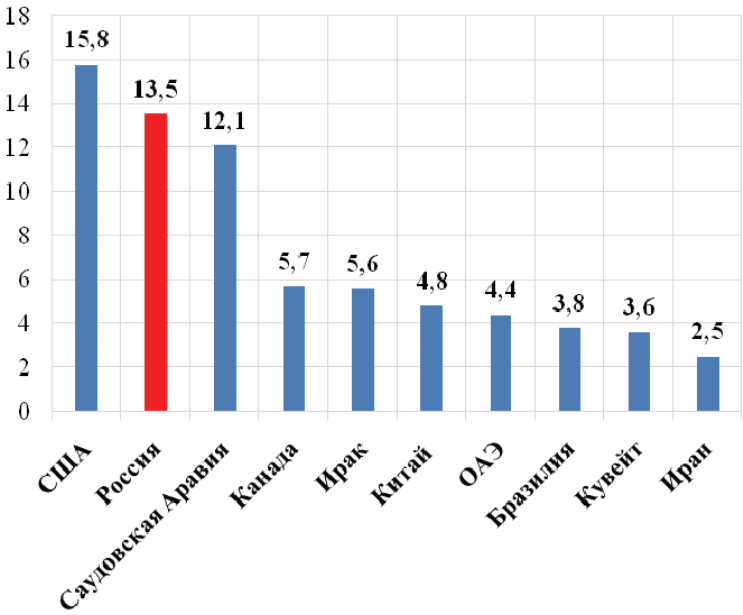


Рис. 2. Страны-лидеры по добыче нефти, млн баррелей в день, в 2021 г.

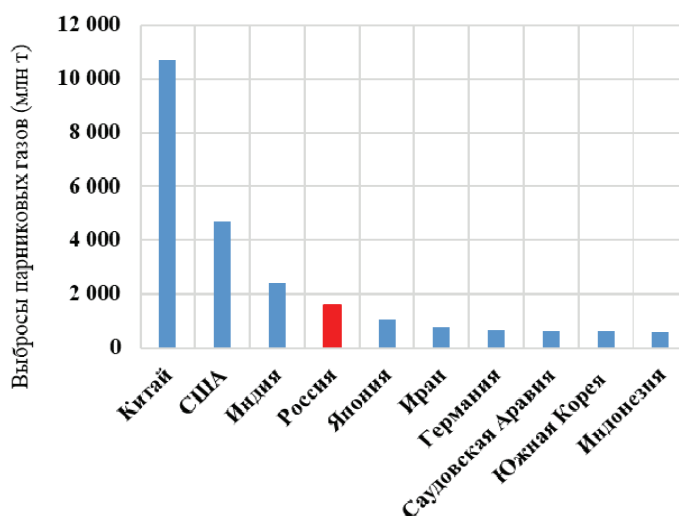


Рис. 3. Крупнейшие страны-эмитенты парниковых газов в 2023 г.

Российская Федерация ратифицировала климатические конвенции и международные соглашения [34 – 37], выполняет соответствующие обязательства по достижению показателей уровня выбросов парниковых газов. В частности, в стране проводятся мероприятия по внедрению возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В 2023 году 340 МВт из введенных 801 МВт новой мощности пришлось именно на ВИЭ [38].

Установленная мощность ВИЭ-генерации из биомассы на территории России в 2015 – 2022 гг. составила 12 МВт, при этом объем выработки электроэнергии из биомассы в том же временном интервале составил 42млн кВт·ч [39].

Наша страна имеет высокий потенциал производства этанола и дизеля из биомассы, однако основной целью производства биотоплива является снятие с рынка излишков сельскохозяйственной продукции. На сегодняшний день производство биотоплива в Российской Федерации ограничено. Это связано в основном с нерентабельностью использования биотоплива из-за наличия больших запасов нефти, газа и угля.

Тем не менее биотопливо может быть востребовано для решения весьма специфических задач, к которым относятся:

- утилизация твердых коммунальных отходов, а также отходов агропромышленного комплекса [40, 41] с созданием производственных предприятий малой мощности для обеспечения топливом городского и сельского транспорта, а также для генерации тепловой энергии для собственных нужд;

- обеспечение потребностей в распределенной энергии в отдаленных и труднодоступных районах, включая арктическую зону (за счет местного сырья, водорослевой биомассы [42] или осадка очистных сооружений сточных вод);

- обеспечение моторным топливом и электроэнергией районов при чрезвычайных ситуациях природного или техногенного характера [28].

Развитию производства биотоплива в России может помочь государственная поддержка, в том числе в виде снятия законодательных ограни-

чений, препятствующих производству биоэтанола, а также формирование четкой структуры сбыта биотоплива на внутреннем рынке и в зарубежные страны [43].

Российское нормативно-правовое регулирование в части производства биотоплива в настоящий момент находится в стадии развития, однако уже сейчас утвержден ряд документов, которые предоставляют возможность использования возобновляемых источников энергии, в том числе с низким выбросом парниковых газов (табл. 3).

Стоит обратить внимание, что в правительственных нормативных правовых актах речь идет в основном о генерации электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии, таких как ветровые, солнечные электростанции, гидроэлектростанции. Для генерирующих объектов, функционирующих на основе биологических возобновляемых источников энергии, в нормативно-правовых документах пока не представлены целевые показатели [47].

Существует также ряд негативных факторов, не позволяющих ускорить на территории России темпы развития и использования возобновляемых источников энергии из биомассы:

1. Неконкурентоспособность реализации проектов использования биотоплива в сравнении с использованием традиционного топлива в условиях текущей рыночной экономики.

2. Незрелость инфраструктуры для развития тепло- и электроэнергетики из биологического сырья, дисбаланс в размещении центров производства и потребления энергии, большое логистическое плечо перевозки энергоресурсов. Например, 60 % от общего энергопотребления страны расположено в европейской части России, 80 % добычи традиционных энергоресурсов приходится на Сибирский и Дальневосточный федеральные округа и Арктическую зону Российской Федерации [49].

Данные препятствия влияют на ценовую политику производства, транспортировки и потребления энергоресурсов из биологического сырья. Реализация приоритетов развития энергетической политики России предполагает значительное увеличение добычи и переработки всех видов энергоресурсов в Российской Арктике³, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Целью является увеличение производства транспортабельной энергоемкой продукции высокой степени переработки и улучшение транспортной, экономической и социальной инфраструктуры энергетического сектора в восточной и северной частях нашей страны

Что касается долгосрочных трендов, возможно скрытое субсидирование за счет установления государством определенного процента содержания биотоплива. Благодаря этому может быть создан рынок для биодизеля и биоэтанола.

Производство биодизеля может быть существенной частью переработки масличных культур, в то время как производство этанола может осуществляться из древесного сырья (древесный спирт) [50]. При этом необходимые стандарты на территории Российской Федерации уже имеются [51 – 54].

³В соответствии со Стратегией развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности до 2035 года

Таблица 3

Перечень нормативных правовых актов, способствующих развитию биотопливных технологий на территории Российской Федерации

Нормативно-правовой документ	Цель	Ссылка
Климатическая доктрина Российской Федерации	Обеспечение безопасного и устойчивого развития Российской Федерации, в том числе с использованием возобновляемых и альтернативных источников энергии с низким уровнем выбросов парниковых газов	[37]
Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации	Сокращение в период до 2050 г. накопленного объема чистой эмиссии парниковых газов в Российской Федерации до 70 % относительно уровня 1990 г.	[44]
Стратегия научно-технического развития Российской Федерации	Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, а также к формированию новых источников энергии, способов ее передачи и хранения. Развитие производства и увеличение объемов потребления газомоторного топлива, снижение отрицательного воздействия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) на окружающую среду и климат, а также повышение инвестиционной активности в отраслях ТЭК	[45]
Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г.	Возможности развития биотехнологий, включающих в себя производство биотоплива и компонентов из биомассы, а также развитие аквабиокультуры, которая также может стать источником биомассы для производства биотоплива и биополимеров	[46]
Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 г.	Повышение энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии, необходимое для надежного, устойчивого и долгосрочного энергообеспечения экономического развития Российской Федерации	[47]
Внесение изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике»	Увеличение в топливно-энергетическом балансе России доли продукции объектов с установленной мощностью до 15 кВт, которые функционируют на основе ВИЭ	[48, 40, 41]

Заключение

В настоящее время наиболее распространенными видами биотоплива являются биоэтанол и биодизель, однако их применение вызывает серьезные риски влияния на мировую продовольственную безопасность в связи

с использованием сельскохозяйственных культур и их остатков в качестве сырья для производства биотоплив. Это особенно важно, поскольку доля производства и применения биотоплива существенно и неуклонно увеличилась на 26,2 % в течение последнего десятилетия (с 130,7 в 2014 г. до 169,9 млрд л в 2023 г.).

В качестве наиболее серьезных недостатков внедрения биодизеля и биоэтанола можно назвать экономические аспекты, обусловленные дороговизной создания новых производств и необходимостью конкуренции с более дешевым по своей себестоимости ископаемым топливом. Основные проблемы, связанные с производством биотоплива, могут быть решены заменой или поиском новых видов сырья (смена «поколений») – отходов, аквакультур [55].

Стоит отметить, что количество в исследуемых странах внедренных нормативных актов, касающихся производства и применения биотоплива, существенно возросло с 2006 г., что говорит об активном развитии биотопливного направления в последние годы. Наибольший прогресс в плане поставленной цели/реализация в части производства и применения биотоплива наблюдается у Бразилии. Также активное развитие биотопливного сектора наблюдается в США и Европейском союзе.

Наибольшее количество затруднений при введении в действие принятого законодательства можно отметить у Китая, где биотопливным технологиям не уделяется большого внимания и отсутствует государственная поддержка для их развития, а также у России, где, несмотря на проработанную законодательную политику, основным фактором является широкая доступность ископаемого топлива. Тем не менее развитие биотопливной отрасли как минимум в рамках утилизации отходов может иметь как экономическую выгоду, так и способствовать улучшению экологичности топлива.

Список литературы

1. Biofuels an alternative to traditional fossil fuels: A comprehensive review / L. Cherwoo, I. Gupta, G. Flora [et al.] // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2023. – Vol. 60. – Art. 103503. doi: 10.1016/j.seta.2023.103503
2. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (2023 г.). Краткий обзор: Доклад о разрыве в уровне выбросов за 2023 год. Заезженная пластинка – температура установила новые рекорды, однако миру не удастся сократить объемы выбросов (снова) [Электронный ресурс] // Найроби. – URL: <https://www.unep.org/interactives/emissions-gap-report/2023/ru/> (дата обращения: 15.12.2024).
3. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel / D. Singh, D. Sharma, S. L. Soni [et al.] // Fuel. – 2019. – Vol. 262(082208). – Art. 116553. doi: 10.1016/j.fuel.2019.116553
4. Biofuels: Potential Alternatives to Fossil Fuels / F. A. Malla, S. A. Bandh, S. A. Wani, A. T. Hoang, N. A. Sofi // In book: Biofuels in Circular Economy. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2023. – P. 1 – 15. doi: 10.1007/978-981-19-5837-3_1
5. Optimizing biomass pathways to bioenergy and biochar application in electricity generation, biodiesel production, and biohydrogen production / A. I. Osman,

Zh. Y. Lai, M. Farghali [et al.] // *Environmental Chemistry Letters*. – 2023. – Vol. 21, No. 5. – P. 2639 – 2705. doi: 10.1007/s10311-023-01613-2

6. *World Energy Outlook 2023* // IEA. Paris. – URL : <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (дата обращения: 25.12.2024).

7. *Global conventional biofuel production, 2011-2023* // IEA. Paris. – URL : <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-conventional-biofuel-production-2011-2023> (дата обращения: 17.01.2025)

8. *Biofuels Market Size & Share, by Type (First Generation, Second Generation, Third Generation); Fuel Type (Ethanol, Propanol, Butanol); Feedstock (Starch Crops, Sugar Crops, Oil, Lignocellulosic Crop, Algae and Aquatic Biomass), Form (Solid, Liquid, Gas); Application (Transportation, Automotive, Aviation, Heating, Energy Generation, Industrial Processes) – Global Supply & Demand Analysis, Growth Forecasts, Statistics Report 2025-2037* // Research Nester. – 2024. – URL : <https://www.researchnester.com/reports/biofuels-market/6209> (дата обращения: 17.01.2025)

9. *Combustion kinetics of alternative jet fuels. Part-II: Reaction model for fuel surrogate* / T. Kathrotia, P. Obwald, Cl. Naumann, S. Richter, M. Köhler // *Fuel*. – 2021. – Vol. 302, No. 1. – Art. 120736. doi: 10.1016/j.fuel.2021.120736

10. *Biodegradation half-lives of biodiesel fuels in aquatic and terrestrial systems: A review* / W. Wilms, J. Homa, M. Woźniak-Karczewska, M. Owsianiak, Ł. Chrzanowski // *Chemosphere*. – 2023. – Vol. 313. – Art. 137236. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137236

11. *Effects of Biodiesel on Thermal Safety and Detonation Characteristics of Emulsion Explosive* / H.-W. Li, C. Yang, J.-H. Sun, Y. Cheng // *Propellants Explosives Pyrotechnics*. – 2023. – Vol. 48, No. 5. – Art. e202200258. doi: 10.1002/prep.202200258

12. *Guo, M. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective* / M. Guo, W. Song, J. Buhain // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 42, No. 20. – P. 712 – 725. doi: 10.1016/j.rser.2014.10.013

13. *Niculescu, R. Review on the Use of Diesel–Biodiesel–Alcohol Blends in Compression Ignition Engines* / R. Niculescu, A. Clenci, V. Iorga-Siman // *Energies*. – 2019. – Vol. 12, No. 7. – P. 1 – 41. doi: 10.3390/en12071194

14. *Renewables 2023. Analysis and forecast to 2028* // IEA. Paris. – URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023> (дата обращения: 19.01.2025).

15. *Roundtable on Sustainable Biofuels Certification Readiness Study: Hawai'i Biofuel Projects* // RSB Certification Readiness Study: Hawaii Biofuel Projects. – Hawaii Biofuel Foundation and NCSI Americas Inc. – August, 2012. – 116 p. – URL : <https://www.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/Roundtable-on-Sustainable-Biofuels-Certification-Readiness-Study.pdf> (дата обращения: 19.01.2025).

16. *Final Renewable Fuels Standards Rule for 2023, 2024, and 2025* // EPA. Renewable Fuel Standard Program., 2023. – URL : <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuels-standards-rule-2023-2024-and-2025#rule-summary> (дата обращения: 16.12.2024).

17. *Bernt N. EPA Proposes Renewable Fuel Standards for 2023, 2024 and 2025* // MARKET INTEL. – Jan 31, 2023. – URL : <https://www.fb.org/market-intel/epa-proposes-renewable-fuel-standards-for-2023-2024-and-2025> (дата обращения: 15.12.2024)

18. *Sustainability Assessment of Ethanol and Biodiesel Production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala* / N. Canabarro, P. S. Ortiz, L. A H. Nogueira [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2022. – Vol. 171. – Art. 113019. doi: 10.1016/j.rser.2022.113019

19. Lei nº 11.097 de 13/01/2005. – Brasília, 13 de janeiro de 2005; 184º da Independência e 117º da República. – 5 p. – URL : <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=86644> (дата обращения: 15.12.2024)
20. Su, Y. An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries/ Y. Su, P. Zhang, Y. Su // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2015. – Vol. 50. – P. 991 – 1003. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.032
21. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast) (Text with EEA relevance) // *Official Journal of the European Union*. 21.12.2018. – 128 p. – URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> (дата обращения: 15.12.2024)
22. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC (Text with EEA relevance) // *Official Journal of the European Union*. 05.06.2009. – 26 p. – URL : <https://faolex.fao.org/docs/pdf/eur111099.pdf> (дата обращения: 15.12.2024)
23. Issues to consider, existing tools and constraints in biofuels sustainability assessments / E. E. S. Lora, J. C. E. Palacia, M. H. Rocha [et al.] // *Energy*. – 2011. – Vol. 36, No. 4. – P. 2097 – 2110. doi: 10.1016/j.energy.2010.06.012
24. Morone, P. Biofuels: Technology, Economics, and Policy Issues / P. Morone, L. Cottoni, F. Giudice // In book: *Handbook of Biofuels Production*. – Woodhead Publishing, 2023. – P. 55 – 92. doi:10.1016/B978-0-323-91193-1.00012-3
25. Kumar S. (Ed.). Biofuels: Technologies, Policies, and Opportunities / S. Kumar. – CRC Press, 2023. – 406 p. doi: 10.1201/9781003197737
26. Lieberz, S. Biofuel Mandates in the EU by Member State – 2024 / S. Lieberz, A. Rudolf. – USDA, June 27, 2024. European Union, Berlin. – 34 p. – URL : https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuel%20Mandates%20in%20the%20EU%20by%20Member%20State%20-%202024_Berlin_European%20Union_E42024-0016.pdf (дата обращения: 15.12.2024)
27. Топ стран по добыче нефти: когда закончатся запасы в России // РИА Новости. – 13.04.2022. – URL : <https://ria.ru/20220413/neft-1783302785.html> (дата обращения: 18.12.2024).
28. Greenhouse Gas Emissions Countries 2024 // *GeeksforGeeks*. 22 March, 2024. – URL : <https://www.geeksforgeeks.org/global-greenhouse-gas-emissions-data/> (дата обращения: 15.01.2025).
29. Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1640 of 5 June 2023 on the methodology to determine the share of biofuel and biogas for transport, produced from biomass being processed with fossil fuels in a common process *Official Journal of the European Union*. 18.08.2023. – 6 p. – URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1640> (дата обращения: 15.01.2025).
30. On the Viability of Implementing the Industrial Production of Liquid Biofuels in Russia / A. Yu. Krylova, V. M. Zaitchenko, T. N. Gaeva, I. I. Lishchiner, O. V. Malova // *Nanobiotechnology Reports*. – 2023. – Vol. 18, No. 1. – P. 12 – 18. doi: 10.1134/S2635167623010068
31. Agarwal, A. K. Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport / A. K. Agarwal, H. Valera (Eds.). – Singapore : Springer, 2022. – 706 p. doi: 10.1007/978-981-16-8344-2
32. Das, Sh. Biofuels Annual – 2023 / Sh. Das, M. Rosmann // USDA, June 20, 2023. India's Biofuel Policy 2018. India, New Delhi. – 23 p. – URL : <https://apps.fas>

usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_New%20Delhi_India_IN2023-0039.pdf (дата обращения: 15.01.2025).

33. Covert, E. Biofuels Annual / E. Covert and FAS China Staff // USDA, Oct. 19, 2023. China, People's Republic of, Beijing. – 26 p. – URL : https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2023-0109 (дата обращения: 15.01.2025).

34. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (принята 09.05.1992). – URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 15.01.2025).

35. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (принят 11.12.1997). – URL : https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 15.01.2025).

36. Парижское соглашение Организации Объединенных Наций (принято 12.12.2015). – URL : <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (дата обращения: 15.01.2025).

37. Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации : Указ Президента РФ от 26.10.2023 № 812. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49910> (дата обращения: 15.01.2025).

38. Новак, А. ТЭК России сегодня и завтра: итоги и задачи / А. Новак // Энергетическая политика. – 2024. – №1. – С. 6 – 13. – URL : <https://energypolicy.ru/tek-rossii-segodnya-i-zavtra-itogi-i-zadachi/business/2024/12/25/> (дата обращения: 15.01.2025).

39. Статистика ВИЭ. Динамика совокупной установленной мощности объектов ВИЭ-генерации в России // Ассоциация развития возобновляемой энергетики. – URL: <https://trreda.ru/industry/statistics/#graph1> (дата обращения: 10.12.2024).

40. Shushpanova, D. V. Life-Cycle Assessment of Kelp in Biofuel Production / D. V. Shushpanova, D. O. Kapralova // IOP Conference Series Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1079, No. 6. – Art. 072023. doi: 10.1088/1757-899X/1079/7/072023

41. О внесении в Государственную Думу Федерального Собрания РФ проекта федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации : Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2018 № 2381-р. – URL : <http://static.government.ru/media/acts/files/0001201811070015.pdf> (дата обращения: 10.12.2024).

42. О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации : Федер. закон от 27.12.2019 г. № 471-ФЗ. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44996> (дата обращения: 10.12.2024).

43. Бронникова, А. Есть ли шанс у биодизеля в России и за рубежом? / А. Бронникова // Свое медиа от Россельхозбанка. – 02.05.2023. – URL : <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/est-li-shans-u-biodizelja-v-rossii-i-zarubezhom> (дата обращения: 15.01.2025).

44. Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года : Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р. – URL : <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf> (дата обращения: 15.01.2025).

45. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 15.01.2025).

46. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года : утв. Правительством РФ 3 января 2014 г. – URL :

<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70484380/> (дата обращения: 15.01.2025).

47. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р. – URL : <http://government.ru/docs/all/66930/> (дата обращения: 15.01.2025).

48. О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» : Федер. закон № 501-ФЗ от 19.10.2023. – URL : <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49897> (дата обращения: 15.01.2025).

49. Erokhin, V. Energy Innovations and Sustainable Development of Circumpolar Territories in Russia / V. Erokhin, G. Tianming // In book: Innovation and Sustainable Manufacturing. – Elsevier, 2022. – P. 67 – 108. doi: 10.1016/B978-0-12-819513-0.00001-9

50. Асланова, П. Биодизель в России / П. Асланова // Сфера Медиа. – 25.07.2023. – URL: <https://sfera.fm/articles/mzhi/biodizel-v-rossii> (дата обращения: 11.01.2025).

51. ГОСТ 33131–2014. Смеси биодизельного топлива (B6-B20). Технические требования. Введ. 2015-05-29. – М. : Стандартинформ, 2015. – 20 с.

52. ГОСТ 33113–2014. Топливо базовое биодизельное B100 и смеси биодизельные. Введ. 2015-05-29. – М. : Стандартинформ, 2015. – 15 с.

53. ГОСТ 56146–2014. Этанол денатурированный, используемый в качестве компонента топлива для двигателей с искровым зажиганием. Технические требования. Введ. 2015-07-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 15 с.

54. ГОСТ 32513–2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 21 с.

55. Shushpanova, D. V. Possibilities of Bioethanol Production from Brown Seaweeds / D. V. Shushpanova // III Междунар. науч. конф. SEWAN – 2021 : сб. тр. / отв. ред. С. В. Романенко. – СПб., 2021. – С. 269 – 271.

References:

1. Cherwoo L., Gupta I., Flora G. [et al.]. Biofuels an alternative to traditional fossil fuels: A comprehensive review, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2023, vol. 60, art. 103503. doi: 10.1016/j.seta.2023.103503

2. Available at: <https://www.unep.org/interactives/emissions-gap-report/2023/ru/> (accessed 15 December 2024).

3. Singh D., Sharma D., Soni S.L. [et al.]. A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel, *Fuel*, 2019, vol. 262(082208), art. 116553. doi: 10.1016/j.fuel.2019.116553

4. Malla F.A., Bandh S.A., Wani S.A., Hoang A.T., Sofi N.A. Biofuels: Potential Alternatives to Fossil Fuels, In book: *Biofuels in Circular Economy*, Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 1-15. doi: 10.1007/978-981-19-5837-3_1

5. Osman A.I., Lai Zh.Y., Farghali M. [et al.] Optimizing biomass pathways to bioenergy and biochar application in electricity generation, biodiesel production, and biohydrogen production, *Environmental Chemistry Letters*, 2023, vol. 21, no. 5, pp. 2639-2705. doi: 10.1007/s10311-023-01613-2

6. Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023> (accessed 25 December 2024).

7. Available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-conventional-biofuel-production-2011-2023> (accessed 17 January 2025)

8. Available at: <https://www.researchnester.com/reports/biofuels-market/6209> (accessed 17 January 2025)

9. Kathrotia T., Oßwald P., Naumann Cl., Richter S., Köhler M. Combustion kinetics of alternative jet fuels. Part-II: Reaction model for fuel surrogate, *Fuel*, 2021, vol. 302, no. 1, art. 120736. doi: 10.1016/j.fuel.2021.120736
10. Wilms W., Homa J., Woźniak-Karczewska M., Owsianiak M., Chrzanowski Ł. Biodegradation half-lives of biodiesel fuels in aquatic and terrestrial systems: A review, *Chemosphere*, 2023, vol. 313, art. 137236. doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.137236
11. Li H.-W., Yang C., Sun J.-H., Cheng Y. Effects of Biodiesel on Thermal Safety and Detonation Characteristics of Emulsion Explosive, *Propellants Explosives Pyrotechnics*, 2023, vol. 48, no. 5, art. e202200258. doi: 10.1002/prep.202200258
12. Guo M., Song W., Buhain J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, vol. 42, no. 20, pp. 712-725. doi: 10.1016/j.rser.2014.10.013
13. Niculescu R., Clenci A., Iorga-Siman V. Review on the Use of Diesel–Biodiesel–Alcohol Blends in Compression Ignition Engines, *Energies*, 2019, vol. 12, no. 7, pp. 1-41. doi: 10.3390/en12071194
14. Available at: <https://www.ica.org/reports/renewables-2023> (accessed 19 January 2025).
15. Available at: <https://www.hnei.hawaii.edu/wp-content/uploads/Roundtable-on-Sustainable-Biofuels-Certification-Readiness-Study.pdf> (accessed 19 January 2025).
16. Available at: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuels-standards-rule-2023-2024-and-2025#rule-summary> (accessed 16 December 2024).
17. Available at: <https://www.fb.org/market-intel/epa-proposes-renewable-fuel-standards-for-2023-2024-and-2025> (accessed 15 December 2024)
18. Canabarro N., Ortiz P.S., Nogueira L.A H. [et al.] Sustainability Assessment of Ethanol and Biodiesel Production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, vol. 171, art. 113019. doi: 10.1016/j.rser.2022.113019
19. Available at: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=86644> (accessed 15 December 2024)
20. Su Y., Zhang P., Su Y. An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2015, vol. 50, pp. 991-1003. doi: 10.1016/j.rser.2015.04.032
21. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001> (accessed 15 December 2024)
22. Available at: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/eur111099.pdf> (accessed 15 December 2024)
23. Lora E.E.S., Palacia J.C.E., Rocha M.H. [et al.] Issues to consider, existing tools and constraints in biofuels sustainability assessments, *Energy*, 2011, vol. 36, no. 4, pp. 2097-2110. doi: 10.1016/j.energy.2010.06.012
24. Morone P., Cottoni L., Giudice F. Biofuels: Technology, Economics, and Policy Issues, In book: *Handbook of Biofuels Production*, Wood head Publishing, 2023, pp. 55-92. doi:10.1016/B978-0-323-91193-1.00012-3
25. Kumar S. (Ed.). *Biofuels: Technologies, Policies, and Opportunities*, CRC Press, 2023, 406 p. doi: 10.1201/9781003197737
26. Available at: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuel%20Mandates%20in%20the%20EU%20by%20Member%20State%20-%202024_Berlin_European%20Union_E42024-0016.pdf (accessed 15 December 2024)
27. Available at: <https://ria.ru/20220413/neft-1783302785.html> (accessed 18 December 2024).
28. Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/global-greenhouse-gas-emissions-data/> (accessed 15 January 2025).

29. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1640> (accessed 15 January 2025).
30. Krylova A.Yu., Zaitchenko V.M., Gaeva T.N., Lishchiner I.I., Malova O.V. On the Viability of Implementing the Industrial Production of Liquid Biofuels in Russia, *Nanobiotechnology Reports*, 2023, vol. 18, no. 1, pp. 12-18. doi: 10.1134/S2635167623010068
31. Agarwal A. K., Valera H. (Eds.). *Greener and Scalable E-fuels for Decarbonization of Transport*, Singapore: Springer, 2022, 706 p. doi: 10.1007/978-981-16-8344-2
32. Available at: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_New%20Delhi_India_IN2023-0039.pdf (accessed 15 January 2025).
33. Available at: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_CH2023-0109 (accessed 15 January 2025).
34. Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (accessed 15 January 2025).
35. Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (accessed 15 January 2025).
36. Available at: <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement> (accessed 15 January 2025).
37. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49910> (accessed 15 January 2025).
38. Available at: <https://energypolicy.ru/tek-rossii-segodnya-i-zavtra-itogi-i-zadachi/business/2024/12/25/> (accessed 15 January 2025).
39. Available at: <https://rreda.ru/industry/statistics/#graph1> (accessed 10 December 2024).
40. Shushpanova D.V., Kapralova D.O. Life-Cycle Assessment of Kelp in Biofuel Production, *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2021, vol. 1079, no. 6, art. 072023. doi: 10.1088/1757-899X/1079/7/072023
41. Available at: <http://static.government.ru/media/acts/files/0001201811070015.pdf> (accessed 10 December 2024).
42. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44996> (accessed 10 December 2024).
43. Available at: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/est-li-shans-u-biodizelja-v-rossii-i-za-rubezhom> (accessed 15 January 2025).
44. Available at: <http://static.government.ru/media/files/ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtlpyzWfHaiUa.pdf> (accessed 15 January 2025).
45. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (accessed 15 January 2025).
46. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70484380/> (accessed 15 January 2025).
47. Available at: <http://government.ru/docs/all/66930/> (accessed 15 January 2025).
48. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49897> (accessed 15 January 2025).
49. Erokhin V., Tianming G. Energy Innovations and Sustainable Development of Circumpolar Territories in Russia, In book: *Innovation and Sustainable Manufacturing*, Elsevier, 2022, pp. 67-108. doi: 10.1016/B978-0-12-819513-0.00001-9
50. Available at: <https://sfera.fm/articles/mzhi/biodizel-v-rossii> (accessed 11 January 2025).
51. GOST 33131-2014. *Smesi biodizel'nogo topliva (B6-B20). Tekhnicheskiye trebovaniya* [Biodiesel fuel blends (B6-B20). Technical requirements], Moscow: Standartinform, 2015, 20 p. (In Russ.)

52. GOST 33113-2014. *Toplivo bazovoye biodizel'noye V100 i smesi biodizel'nyye* [Biodiesel base fuel B100 and biodiesel blends], Moscow: Standartinform, 2015, 15 p. (In Russ.)
53. GOST 56146-2014. *Etanol denaturirovanny, ispol'zuyemy v kachestve komponenta topliva dlya dvigateley s iskrovym zazhiganiyem. Tekhnicheskiye trebovaniya* [Denatured ethanol used as a fuel component for spark-ignition engines. Technical requirements], Moscow: Standartinform, 2015, 15 p. (In Russ.)
54. GOST 32513-2013. *Topliva motornyye. Benzin neetilirovanny. Tekhnicheskiye usloviya* [Motor fuels. Unleaded gasoline. Specifications], Moscow: Standartinform, 2019, 21 p. (In Russ.)
55. Shushpanova D.V.; Romanenko S.V. [Ed.] Possibilities of Bioethanol Production from Brown Seaweeds, *III Mezhdunar. nauch. konf. SEWAN – 2021: sb. tr.* [III Int. scientific conf. SEWAN – 2021: collection of papers], St. Petersburg, 2021, pp. 269-271.
-

National Policy of Countries on the Use of Plant Biofuels Using the Criteria of Sustainable Development

**E. S. Solodukhin, A. N. Shushpanov, A. R. Shugaeva,
D. O. Kapralova, D. V. Shushpanova**

*D. I. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia;
Peoples' Friendship University of Russia named after P. Lumumba,
Moscow, Russia;
Research Institute "Environmental Industrial Policy Centre", Mytishchi,
Russia*

Keywords: biofuel; bioethanol; biodiesel; state policy of countries; development of biofuel technologies.

Abstract: This article presents an overview of the production and use of bioethanol and biodiesel from the point of view of sustainable development criteria in a number of countries, including the Russian Federation. It briefly describes the economic aspects of biofuel production from plant materials and their use in a mixture with fossil fuels in the transport sector. It provides information on the state policies of the USA, China, Brazil, India, the EU and Russia on the development of the biofuel industry, including a number of documents that provide the opportunity to use biofuels in these countries. It identifies factors that limit the use of biofuels in some countries, including China and Russia. Proposals are given for the use of biofuels as a promising method for the disposal of production and consumption waste.

© Е. С. Солодухин, А. Н. Шушпанов, А. Р. Шугаева,
Д. О. Капралова, Д. В. Шушпанова, 2025