

DOI: 10.58168/TBiEc2025_397-403

УДК 620.97

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

BUSINESS CASE AND ENVIRONMENTAL RELEVANCE OF BIODIESEL PRODUCTION

Татаренко И.Р., федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия.

Сердюкова Н.А., к.т.н., доцент Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия.

Tatarenko I.R., Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education «Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia.

Serdyukova N.A., candidate of Technical Sciences, Associate Professor Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education «Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia.

Аннотация: данная работа посвящена исследованию потенциала биодизельного топлива как устойчивой альтернативы традиционным видам энергии в условиях углубляющегося экологического кризиса и роста цен на ископаемое топливо. Автор обосновывает необходимость перехода к возобновляемым источникам энергии, раскрывая как экологические, так и социально-экономические преимущества биотоплива. На основе конкретных расчётов представлены капитальные вложения, текущие издержки, уровень доходности и срок окупаемости проекта по производству биодизеля. Работа содержит ссылки на международный и отечественный опыт, что подчеркивает её прикладной характер.

Abstract: this paper explores the potential of biodiesel as a sustainable alternative to conventional energy in the face of a deepening environmental crisis and rising fossil fuel prices. The author justifies the need to switch to renewable energy sources, revealing both the environmental and socio-economic advantages of biofuels. On the basis of specific calculations, capital investments, current costs, the level of profitability and the payback period of the bio-diesel project are presented. The work contains references to international and domestic experience, which emphasizes its applied nature.

Ключевые слова: биотопливо, экономическая эффективность, себестоимость, капитальные вложения, окупаемость.

Keywords: biofuels, economic efficiency, cost, capital investment, payback.

Актуальность разработки альтернативных видов топлива, включая источники на базе возобновляемого сырья, продиктована совокупностью значимых факторов. К ним относятся: неуклонный рост стоимости нефти, приближающееся истощение действующих месторождений, ухудшение состояния окружающей среды, а также нарастающие последствия изменения климата, вызванные усилением парникового эффекта.

Сегодня выбросы CO₂ рассматриваются как одна из ключевых экологических угроз, поскольку именно они являются доминирующим фактором, способствующим глобальному потеплению. Так, уровень концентрации диоксида углерода в атмосфере продолжает расти: если в 1960-х годах он составлял порядка 315 ppm (частей на миллион), то к 2024 году этот показатель достиг рекордных 426 ppm. Такое изменение провоцирует ускоренное таяние полярных льдов, подъем уровня Мирового океана, а также учащение экстремальных природных явлений, включая лесные пожары, засухи и ураганы [1].

Основные источники эмиссии углерода – это использование ископаемого топлива, интенсивное промышленное производство и масштабная вырубка лесов, приводящая к снижению естественной способности биосферы поглощать CO₂. Согласно последним исследованиям, около 66% всех глобальных выбросов приходится на десять стран. В числе крупнейших эмитентов парниковых газов находится и Россия, наряду с Китаем, США и Индией. Эти газы, включая углекислый газ и метан, удерживают тепловое излучение, возвращая его обратно к поверхности Земли и способствуя тем самым перегреву атмосферы.

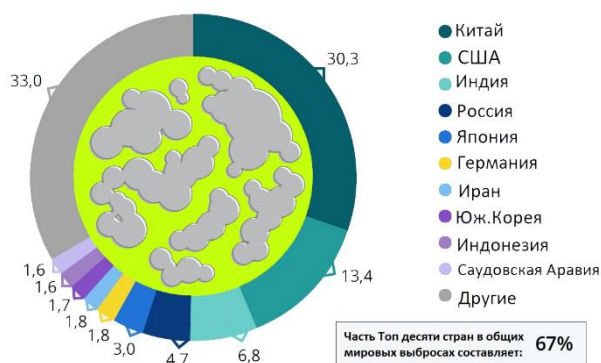


Рисунок 1 – Доля стран в мировом объеме выбросов CO₂ (%)

В 2019 году Европейская комиссия представила масштабную стратегическую инициативу под названием «Европейский зелёный курс», направленную на глубокую трансформацию глобальной экономической модели. Этот план предусматривает переход к устойчивому развитию, снижению антропогенной нагрузки на природу и постепенному отказу от углеродной зависимости. В рамках обозначенной программы перед Россией также

поставлена амбициозная долгосрочная задача – достижение углеродной нейтральности и минимизация выбросов парниковых газов до нуля к 2050 году.

Одним из перспективных направлений в этом контексте является использование биодизельного топлива. Это вид возобновляемого энергоносителя, который отличается экологической чистотой и изготавливается на основе растительных масел или животных жиров. Популярность биодизеля неуклонно растёт, поскольку он позволяет одновременно снижать уровень выбросов CO₂ в атмосферу и уменьшать зависимость от традиционных углеводородных ресурсов. Преимущества использования биотоплива:

1. Экологические преимущества: применение биотоплива снижает выбросы парниковых газов, что положительно влияет на состояние окружающей среды.
2. Экономические преимущества: развитие производства биотоплива способствует созданию новых рабочих мест и стимулирует рост экономики.
3. Социальные преимущества: переход на биотопливо позволяет сократить зависимость от импорта нефти и газа, укрепляя энергетическую безопасность страны.

Недостатки использования биотоплива

1. Ограниченные ресурсы: производство биотоплива зависит от доступности органического сырья, что может вызывать конкуренцию за сельскохозяйственные земли.
2. Высокие издержки: производство и транспортировка биотоплива требуют значительных затрат энергии, воды и финансовых ресурсов.
3. Конкуренция с продовольственным производством: выращивание сырья для биотоплива первого поколения может уменьшать площади для выращивания продуктов питания и способствовать росту цен на продовольствие.

Биотопливо обладает большим потенциалом в контексте перехода на низкоуглеродные энергетические системы. Однако для его эффективного применения необходимо учитывать все преимущества и недостатки, развивать технологии и обеспечивать экологическую безопасность.

Во многих странах успешно внедрения производство биотоплива, например в Россия "Татэнерго" запустила линию по производству пеллет из лесной биомассы в Татарстане; в США активно развивает биотопливную отрасль через программу RFS (Renewable Fuel Standard), а крупнейшая компания "Poet" имеет заводы в 27 штатах; в Германии развиты мощности по производству биогаза, биодизеля и биоэтанола; в Швеции около 30% топлива в стране приходится на биотопливо, активно внедряются проекты по биогазу и биоэтанола [2, 3].

Эти примеры показывают, что биотопливо становится важной частью энергетической стратегии многих стран. Поэтому производство биодизельного топлива является перспективным направлением, обусловленным ростом спроса на альтернативные источники энергии и стремлением сократить выбросы парниковых газов. Чаще всего биодизельное топливо получают в результате химической реакции трансэстерификации растительных масел или животных жиров с метанолом в присутствии катализатора.

Производство биодизельного топлива при грамотной организации – высокорентабельный проект с быстрой окупаемостью, особенно на фоне увеличения спроса на экологически чистые виды топлива [4].

Для обеспечения экономической целесообразности организации производства биотоплива необходимо учесть капитальные вложения, текущие издержки, предполагаемые доходы и, что не маловажно, срок окупаемости.

Капитальные вложения включают затраты на строительство производственного цеха, закупку технологического оборудования (реакторов, фильтров, насосов, резервуаров), проведение монтажных и пусконаладочных работ, а также приобретение вспомогательных транспортных средств [3] (табл. 1). Общая сумма капитальных затрат обозначается как:

$$K = K_{\text{стр}} + K_{\text{об}} + K_{\text{м}} + K_{\text{п}} \quad (1)$$

где $K_{\text{стр}}$ – затраты на строительство цехов;

$K_{\text{об}}$ – затраты на приобретение оборудования и комплектующих;

$K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж и настройку оборудования;

$K_{\text{п}}$ – прочие затраты (сырье, электроэнергия, зарплата и прочее).

Таблица 1 – Капитальные вложения на производство биотоплива

Статья расходов	Сумма (млн. руб.)
Строительство цехов (здание, коммуникации)	30
Оборудование (реакторы, насосы, системы фильтрации, резервуары)	40
Проектные и пусконаладочные работы	10
Прочие расхода	7

Переменные издержки на производство одной тонны биодизельного топлива включают стоимость сырья, энергоресурсов, заработную плату производственного персонала и прочие расходы (табл. 2).

Таблица 2 – Переменные затраты на производство 1 т биотоплива

Статья расходов	Сумма (руб.)
Масло (80%)	80 000
Метанол и катализатор	6 000
Электричество	5 000
Зарплата	4 000

Формула расчёта себестоимости одной тонны выглядит следующим образом:

$$C = C_{\text{м}} + C_{\text{МК}} + C_{\text{э}} + C_{\text{з}} \quad (2)$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость сырья (масла);

$C_{\text{МК}}$ – стоимость метанола и катализатора;

$C_{\text{э}}$ – стоимость энергетических затрат (электричество, вода, тепло);

C_3 – заработная плата и прочие расходы

Доходы от реализации биодизеля рассчитываются по формуле:

$$D = P \cdot V \quad (3)$$

где P – цена продаж одной тонны биотоплива;

V – объем реализации биотоплива в год.

По данным аналитиков ChemAnalyst, к концу 22 ноября 2024 года цена биодизеля UCO CFR Хьюстон (США) оценивалась в 1545 долларов США за тонну [5]. В России средняя цена за тонну биодизельного топлива 150 000 руб., что соответствует среднемировой цене.

Анализ экономической эффективности предприятий по производству биодизельного топлива с использованием щелочного катализа и рафинированного соевого масла с тремя различными масштабами производства (8, 30, 100 килотонн в год), что более высокая производительность приводит к более привлекательной окупаемостью после уплаты налогов, более низкой безубыточной ценой биодизеля и более высокой чистой годовой прибылью [6, 7].

Прибыль от производства одной тонны биодизельного топлива определяется как разница между ценой и себестоимостью его производства:

$$П_T = P - C \quad (4)$$

Годовая прибыль рассчитывается по формуле:

$$П_G = П_T \cdot V \quad (5)$$

Срок окупаемости проекта по производству биотоплива можно определить по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = K / П_G \quad (6)$$

Подставив имеющиеся расчётные данные в экономическую модель проекта, можно определить ориентировочный срок окупаемости, который составляет порядка шести месяцев.

Заключение.

Таким образом, проект по производству биотоплива является экономически целесообразным: он требует сравнительно небольших вложений, быстро окупается и может приносить стабильную прибыль при условии устойчивых цен на сырьё и готовую продукцию. Дополнительным источником дохода служит глицерин — побочный продукт, востребованный в фармацевтике и косметике.

В то же время важно учитывать возможные риски: рост цен на сырьё, усиление конкуренции, изменения нормативной базы и технические сбои.

Биотопливо остаётся одним из наиболее перспективных энергетических решений будущего. Его широкое внедрение требует комплексного подхода — технологического развития, оценки рентабельности и экологической безопасности. При грамотной реализации оно может сыграть ключевую роль в переходе к устойчивой энергетике.

Список литературы

1. Мировой рынок биодизеля в 2024 году // Oilworld.ru: [сайт]. – 2024 – 18 июля. – URL: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331740> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Биотопливо возобновляемой энергетики. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/> (дата обращения 20.04.2025 г.).
3. Кучкина А. Ю., Сущик Н. Н. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива // Журнал СФУ. Биология. 2014. №1. – С. 14-42.
4. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Экономическое обоснование внутрихозяйственного производства и применение биотоплива на основе рапсового масла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. №1 (31). – С. 104-107.
5. Oilworld. – URL: <https://www.oilworld.ru/news/oleochemistry/354802> (дата обращения 20.04.2025 г.).
6. Паша, М.К., Дай, Л., Лю, Д. и др. Обзор проектирования процессов, моделирования и оценки экологичности производства биодизельного топлива. *Biotechnol Biofuels* 14, 129 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01977-z>.
7. Дер Ю Й, Ши Дж.Л., Чанг Сай, Хуан Ш., Пай Сай, Юй ЙХ, Чанг Ч. Анализ экономических затрат на производство биодизельного топлива: пример на примере соевого масла. *Энергетические виды топлива*. 2008;22:182–9. *Journal of Agricultural and Applied Economics*: page 1 of 16 2017 The Author(s). (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the Management. 2016. Volume 56. P. 151-157.

References

1. Мировой рынок биодизеля в 2024 году // Oilworld.ru: [сайт]. – 2024 – 18 июля. – URL: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331740> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Biofuels for renewable energy. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/> (дата обращения 20.04.2025 г.).
3. Kuchkina A. Yu., Sushchik N. N. Sources of raw materials, methods and prospects for obtaining biodiesel//SFU Journal. Biology. 2014. №1. – pp. 14–42.
4. Shekikhachev Yu. A., Batyrov V. I. Economic justification of on-farm production and the use of biofuels based on rapeseed oil//Izvestia of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2021. №1 (31). – pp. 104–107.
5. Oilworld. – URL: <https://www.oilworld.ru/news/oleochemistry/354802> (date of circulation 20.05.2025 г.).
6. Pasha, MK, Dai, L, Liu, D, et al. Review of process design, modeling and evaluation of environmental friendliness of biodiesel production. *Biotechnol Biofuels* 14, 129 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01977-z>.

7. Der Yu Y, Shi JL, Chang Sai, Huang SH, Pai Sai, Yu YH, Chang C. Analysis of the economic costs of biodiesel production: an example of soybean oil. *Energy fuels*. 2008;22:182–9. *Journal of Agricultural and Applied Economics*: page 1 of 16 2017 The Author(s). (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the Management. 2016. Volume 56. pp. 151-157.