

**ТЕМПЕРАТУРНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ БИОТОПЛИВА: ВЫЗОВЫ
ХРАНЕНИЯ И ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ
РОССИЙСКОГО КЛИМАТА**

Сердюкова Н.А., Татаренко И.Р.

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная
академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

**BIOFUEL TEMPERATURE INSTABILITY: STORAGE CHALLENGES
AND WAYS TO OVERCOME THEM UNDER CONDITIONS**

Serdyukova N.A., Tatarenko I.R.

*Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia*

Аннотация: Статья посвящена исследованию температурной неустойчивости биотоплива в условиях холодного климата России. Рассмотрены основные эксплуатационные ограничения биодизеля. Представлены сравнительные данные физических и химических свойств биодизеля, смесей с минеральным дизельным топливом и различными добавками.

Abstract: The article is devoted to the study of the temperature instability of biofuels in the cold climate of Russia. The main operational limitations of biodiesel are considered. Comparative data of physical and chemical properties of biodiesel, mixtures with mineral diesel fuel and various additives are presented.

Ключевые слова: биотопливо, хранение, температурная неустойчивость топлива, окружающая среда, экология.

Keywords: biofuels, storage, fuel temperature instability, environment, ecology.

Бурное развитие альтернативной энергетики, в том числе биотопливных технологий, наталкивается на ряд серьёзных проблем, связанных с эксплуатацией таких топлив в низкотемпературных условиях. Российский климат, особенно в средней полосе и северных регионах, накладывает строгие ограничения на использование биотоплива, особенно в зимние месяцы. Наиболее существенным фактором, ограничивающим практическое применение, выступает температурная неустойчивость топлива – его склонность к помутнению, загустеванию, расслоению и кристаллизации при пониженных температурах. Биодизель, несмотря на его экологические преимущества, проявляет особенно чувствительную реакцию на климатические колебания.

По сравнению с традиционным дизельным топливом, метиловые эфиры жирных кислот (FAME), производимые из растительных масел, характеризуются заметно более высокой температурой застывания и началом помутнения.

Например, биодизель на основе рапсового масла застывает уже при -9°C , а его прозрачность нарушается при -3°C . В то же время зимние сорта минерального дизельного топлива сохраняют текучесть до -35°C , а кристаллизация парафинов начинается лишь при -25°C [1-3]. Это означает, что даже умеренное понижение температуры делает использование чистого биотоплива затруднительным или невозможным без дополнительных мер.

Российские прикладные исследования показывают, что параметры плотности и вязкости биодизеля, особенно при снижении температуры, значительно отличаются от привычных значений дизеля. В работе, опубликованной в журнале «Автомобильный транспорт», были представлены результаты анализа топлива, полученного из использованного кулинарного масла. При температуре $+20^{\circ}\text{C}$ плотность такого топлива составила 880 кг/м^3 , что превышает аналогичный показатель у зимнего дизеля (около 825 кг/м^3). Вязкость же оказалась настолько высокой, что при температуре 0°C требовалось её снижение путём добавления спиртовых компонентов [4].

Ниже представлена сравнительная таблица, иллюстрирующая основные физико-химические параметры различных топлив и смесей (табл. 1).

Таблица 1 – Основные характеристики различных топлив и смесей

Параметр	Биодизель	Смесь В20 (ВД + 20 % спирта)	Зимнее дизтопливо
Плотность при $+20^{\circ}\text{C}$, кг/м^3	880	–	825
Вязкость при 0°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	Высокая	Уменьшается на 40...50 %	Нормативная
Температура текучести, $^{\circ}\text{C}$	≈ -5	до -10 при спиртовой добавке	до -35

Несмотря на улучшения при смешивании, практические испытания показали: смеси, содержащие более 40 % биодизеля, уже при -10°C теряют фильтруемость, а при -15°C наблюдается полный отказ текучести. Поэтому эксплуатация таких смесей в регионах с типичными зимними температурами требует дополнительных решений.

Рассмотрим результаты исследований влияния на морозоустойчивость биодизельных смесей с добавлением различных концентраций рапсового масла (табл. 2) [4, 5].

Из таблицы видно: даже при содержании всего 20 % растительного компонента характеристики смеси значительно ухудшаются – вязкость увеличивается в 20 раз, а застывание наступает на 15 градусов раньше. Это накладывает ограничение на возможный процент биокомпонентов в зимних условиях и указывает на необходимость добавления депрессорных присадок.

Таблица 2 – Параметры топлива при различных концентраций рапсового масла

Композиция топлива	Плотность, кг/м ³	Вязкость, мм ² /с	Точка застывания, °С	Температура помутнения, °С
Минеральное дизтопливо (ДТ)	830	3,8	-35	-25
ДТ + 20 % рапсового масла	916	75	-20	–9
ДТ + 40 % масла	848	19	–	–
ДТ + 60 % масла	865	30	–	–

Ряд опытов показал, что использование депрессоров может радикально изменить поведение биотоплива при низких температурах. Так, при добавлении всего 0,05 % присадки D-110 температура застывания биодизеля снизилась с -5 до -31 °С, а использование Viscoplex-7-610 позволило достичь показателя в -35 °С [6, 7]. Это позволяет судить о высокой эффективности данных добавок, особенно при разработке зимних рецептов биотоплива (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние присадок на температуру застывания биотоплива

Присадка	Концентрация, %	Температура застывания, °С
Без добавок	–	-5
D-110	0,05	-31
Viscoplex-7-610	0,05	-35
Dodiflow (этиленвинилацетат)	0,10	-18
Dodiflow (этиленвинилацетат)	0,20	-25

Полученные данные подтверждают, что, несмотря на изначальную непригодность большинства биотопливных композиций для холодного климата, существует возможность адаптации таких топлив под российские реалии за счёт изменения рецептуры, смешения с зимним дизтопливом и использования современных химических модификаторов.

Однако важно отметить, что большинство присадок разработано под минеральные топлива, и их совместимость с FAME требует дальнейших исследований. Кроме того, биотоплива склонны к гигроскопичности и быстрой деградации при температурных колебаниях, что требует создания специализированных условий хранения – термоизолированных резервуаров, систем подогрева и фильтрации, исключающих попадание влаги.

Температурная нестабильность является критическим ограничением для широкого внедрения биотоплива в России. Исследования подтверждают, что даже при малейшем понижении температуры большинство биотопливных ком-

позиций теряют эксплуатационные свойства. Для преодоления этой проблемы необходим комплексный подход, включающий:

- Использование адаптированных депрессорных присадок;
- Стандартизацию зимних биотопливных смесей;
- Региональную корректировку нормативов по вязкости, фильтруемости и температуре застывания;
- Разработку специализированной логистической и складской инфраструктуры.

Научные данные подтверждают реальность адаптации биотоплива к суровому климату. Однако для этого требуется системная поддержка со стороны государственных структур, научного сообщества и производителей топлива.

Список литературы

1. Биодизель: преимущества, недостатки и перспективы применения в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Агровестник [сайт] [2025]. – URL: <https://biokorova.ru/biodizel-preimushhestva-nedostatki-i-perspektivy-primeneniya-v-selskom-hozyajstve> (дата обращения: 17.09.2025)
2. Пономарева А.А. Топливно-энергетические ресурсы / А.А. Пономарева, Е.О. Самуйлова, А.В. Лесных. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 107 с.
3. Анализ и прогноз рынка биотоплива в России и в мире [Электронный ресурс] // Polymery.ru [сайт] [2025]. – URL: <https://www.polymery.ru/rep.php?id=1416&x=1&folder=> (дата обращения: 25.08.2025)
4. Кривцов С.Н. Низкотемпературные свойства топливных смесей на основе биодизеля, полученного из отработанного фритюрного масла / С.Н. Кривцов, Т.И. Кривцова, Н.И. Ковалёва // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90. – №2. – С. 91-98. DOI: 10.17816/0321-4443-171148
5. Марков В.А. Исследование вязкостных характеристик биотоплив на основе растительных масел / В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.А. Зыков [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – Т. 83. – №12. – С. 3-9. DOI: 10.17816/0321-4443-66237
6. Татаренко И.Р. Исследование влияния условий хранения биодизельного топлива на его свойства / И.Р. Татаренко, Н.А. Сердюкова, А.А. Шевцов // Современный лесной комплекс страны: инновационные разработки и исследования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 03 октября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 105-110.
7. Левин М.Ю. Сохранение качества биодизельного топлива за счет совершенствования технологии его хранения: специальность 05.20.01 , 05.20.03: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Левин Максим Юрьевич. – Мичуринск-Наукоград РФ, 2012. – 186 с.

References

1. Biodiesel: Advantages, Disadvantages, and Prospects for Application in Agriculture [Electronic resource] // Agrovestnik [website] [2025]. – URL:

<https://biokorova.ru/biodizel-preimushhestva-nedostatki-i-perspektivy-primeneniya-v-selskom-hozyajstve> (accessed: 17.09.2025)

2. Ponomareva A.A. Fuel and Energy Resources / A.A. Ponomareva, E.O. Samoylova, A.V. Lesnykh. – St. Petersburg: ITMO University, 2021. – 107 p.

3. Analysis and Forecast of the Biofuel Market in Russia and Globally [Electronic resource] // Polymery.ru [website] [2025]. – URL: <https://www.polymery.ru/rep.php?id=1416&x=1&folder=> (date accessed: 25.08.2025)

4. Krivtsov S.N. Low-temperature properties of fuel mixtures based on biodiesel obtained from waste frying oil / S.N. Krivtsov, T.I. Krivtsova, N.I. Kovaleva // Tractors and agricultural machinery. – 2023. – Vol. 90. – № 2. – pp. 91-98. DOI: 10.17816/0321-4443-171148

5. Markov V.A. Study of viscosity characteristics of biofuels based on vegetable oils / V.A. Markov, S.N. Devyanin, S.A. Zykov [et al.] // Tractors and agricultural machinery. – 2016. – Vol. 83. – № 12. – pp. 3-9. DOI: 10.17816/0321-4443-66237

6. Tatarenko I.R. Study of the influence of storage conditions of biodiesel fuel on its properties / I.R. Tatarenko, N.A. Serdyukova, A.A. Shevtsov // Modern forestry complex of the country: innovative developments and research: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference, Voronezh, October 3, 2024. – Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. – pp. 105-110.

7. Levin M.Yu. Maintaining the quality of biodiesel fuel by improving its storage technology: specialty 05.20.01, 05.20.03: dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Levin Maxim Yuryevich. – Michurinsk-Science City of the Russian Federation, 2012. – 186 p.