

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В.В. Рябинин, В.В. Терентьев

Василий Викторович Рябинин*, Владимир Викторович Терентьев (ORCID 0000-0002-9189-8076)
Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, Советская, 45, Иваново 153012, РФ
E-mail: raybin@yandex.ru*, vladim-terent@yandex.ru

Статья посвящена изучению экономической эффективности производства биодизельного топлива. Добыча нефти в РФ находится на высоком уровне, но показатель обеспеченности разведанными запасами варьируется от 19 до 59 лет в зависимости от методики расчета. В перспективе ожидается увеличение себестоимости добычи нефти с соответствующим увеличением стоимости топлив нефтяного происхождения, что приведет к необходимости использования газового или альтернативных топлив. Одним из вариантов альтернативного топлива, является биодизельное топливо. Сырьем для получения биодизеля является любое растительное масло, а само топливо без каких-либо конструктивных изменений можно использовать в дизельных двигателях в условиях положительных температур атмосферного воздуха. Технология получения биотоплива не сложная и хорошо отработана. Промышленность выпускает установки для получения биодизеля с различной производительностью, и сельскохозяйственное предприятие может на их базе осуществить производство самостоятельно, для замещения приобретаемого дизельного топлива. Целесообразность производства зависит от многих факторов: наличия площадей, технических и кадровых ресурсов у предприятия, но главное от экономической эффективности замещения дизельного топлива альтернативным. В данной статье поэтапно определено формирование стоимости биодизельного топлива. Показано, что на первом этапе - выращивании рапса на семена, требуется обеспечить высокую урожайность, свыше 35 ц/га, иначе биотопливо будет не конкурентным. На втором этапе определена себестоимость получения рапсового масла методом холодного отжима, при котором гарантируется получение побочного продукта – жмыха высокого качества, используемого в кормлении КРС. На третьем этапе определена стоимость производства биотоплива - метилового эфира рапсового масла, получаемого по традиционной технологии методом переэтификации. Полученные расчетные данные указывают на преждевременность использования биодизельного топлива и его низкую конкурентоспособность.

Ключевые слова: масличные культуры, альтернативные источники энергии, себестоимость семян рапса, эффективность производства биотоплива.

ECONOMIC EFFICIENCY OF USING BIODIESEL

V.V. Ryabinin, V.V. Terentyev

Vasily V. Ryabinin*, Vladimir V. Terentyev (ORCID 0000-0002-9189-8076)
Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biothechnlogy, Sovetskaya str., 45, Ivanovo 153012, Russia
E-mail: raybin@yandex.ru*, vladim-terent@yandex.ru

The article is devoted to the study of the economic efficiency of biodiesel production. Extraction of petroleum in the Russian Federation is highly developed, but the indicator of availability of explored reserves varies from 19 to 59 years, depending on the calculation method. In the future, the cost of oil production is expected to increase, with a corresponding increase in the cost of petroleum-based fuels, which will lead to the need to use gas or alternative fuels. One of the options for alternative fuels is biodiesel. The raw material for producing biodiesel is any vegetable oil, and the fuel itself can be used in diesel en-

gines at atmospheric temperatures above zero without any structural changes. The technology for producing biofuel is simple and well-established. The industry manufactures biodiesel production units with different capacities, and an agricultural enterprise can use them to produce biodiesel on its own to replace purchased diesel fuel. The feasibility of production depends on many factors, such as the availability of space, technical resources, and personnel, but most importantly, it depends on the economic efficiency of replacing diesel fuel with alternative ones. This article provides a step-by-step analysis of the cost of biodiesel fuel. It has been shown that in the first stage, when rapeseed is grown for seed, it is necessary to ensure a high yield of more than 35 centners per hectare, otherwise the biofuel does not have a competitive advantage. In the second stage, the cost of producing rapeseed oil by cold pressing has been determined, which guarantees the production of a high-quality by-product, rapeseed press cake, which is used in cattle feeding. In the third stage, the cost of producing biofuel, methyl ester of rapeseed oil, obtained by the traditional technology of transesterification, has been determined. The calculated data indicate the premature use of biodiesel fuel and its lack of competitive edge.

Keywords: oil yielding plants, alternative energy sources, cost of rapeseed seeds, efficiency of biofuel production.

Для цитирования:

Рябинин В.В., Терентьев В.В. Экономическая эффективность использования биодизельного топлива. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2026. №01(67). С. 110-118. DOI: 10.6060/ivecofin.2026671.765

For citation:

Ryabinin V.V., Terentyev V.V. Economic efficiency of using biodiesel. *Ivecofin*. 2026. N 01(67). P. 110-118. DOI: 10.6060/ivecofin.2026671.765 (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Всем известно, что нефть относится к невозобновляемым ресурсам и более половины добываемой в мире нефти используется для получения топлив для двигателей внутреннего сгорания. Нефть является не только важным энергетическим ресурсом, но сырьем для химической промышленности и ряда других отраслей.

Отказ от низкоэффективных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в пользу тяговых электродвигателей, имеющих КПД более 95% в ближайшие десятилетия не реалистичен, хотя бы из-за того, что двигателями внутреннего сгорания вырабатывается мощность, пятикратно превышающая мощность генерации электроэнергии. Сама же генерация электроэнергии на 66% осуществляется на тепловых электростанциях, большая часть из которых использует природный газ [1]. КПД газотурбинной установки тепловой электростанции выше, чем двигателя внутреннего сгорания и достигает величины 55%, но при передаче электроэнергии, ее преобразование в химическую энергию в аккумуляторной батарее, при ее хранении и при повторном преобразовании для использования, существуют потери превышающие потери в ДВС работающим на режиме полной мощности. Несмотря на строительство атомных электростанций, тепловые электростанции будут еще долго являться основным генерирующим источником в стране.

Именно ДВС на ближайшие десятилетия сохраняют статус лидера по объему вырабатываемой энергии и должны быть обеспечены топливом.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Прогнозы по времени дальнейшего широкого использования нефти или по длительности периода «нефтяной эры» постоянно изменяются, как в связи с изменением уровня ее добычи, так и с новыми данными геологоразведки. Оценки экспертов рознятся, так, например, министр Природных ресурсов и экологии РФ А.А. Козлов, указывает, что обеспеченность России запасами нефти при существующем уровне ее добычи составляет 59 лет, природного газа – 103 года [2], по оценке же экспертов счетной палаты срок обеспеченности добычи нефти разведанными запасами составляет 35 лет [3].

Если за основу расчета обеспеченностью нефтью брать месторождения категории А, детально разведанные и которые уже непосредственно вовлечены в добычу, то показатель обеспеченности для разных субъектов колеблется от 9 до 29 лет, и в среднем для РФ составляет 19 лет [4].

Надо отметить, что при этом общемировые запасы разведанной нефти неуклонно растут, определяется это изменением в технологии добычи и на учет ставят месторождения, ранее считавшиеся не доступными, так и тем, что объемы разведываемых запасов нефти превышает уровень ее добычи за тот же период [5].

Большие объемы разведываемых запасов нефти не гарантирует их эффективной разработки в связи с их неоднородностью, и рентабельная добыча может осуществляться лишь на некоторых, лучших участках. Существуют мнения о том, что после выработки «удобных» месторождений, переход к разработке низко рентабельных участков или не начнется, или произойдет на фоне дорожающей нефти.

Возможно, на смену жидкому топливу придет газовое – природный газ, запасы которого в РФ велики, но его использование для владельца техники не удобно, и повсеместно не получило распространение несмотря на господдержку в виде субсидирования перевода транспорта на сжиженный природный газ (Постановление Правительства РФ №873 от 27 июня 2024 г.). В стране отсутствует развитая сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. Также следует помнить о необходимости переобучения персонала и переоснащения мастерских по ремонту и обслуживанию техники, использующей газ.

Известны технологии производства синтетических топлив, например, из угля, газа, биомассы, но экономическая эффективность подобных проектов сомнительная, так как себестоимость их производства превышает в несколько раз стоимость традиционных моторных топлив. Тем не менее, в работе [6] утверждается приемлемость переработки газа в жидкое топливо в случае удаленности газового месторождения от транспортной инфраструктуры или в случае переработки нефтяного газа.

В связи с изложенным выше, вполне вероятно, что истощение запасов нефти может привести к необходимости перехода к производству нетрадиционных жидких моторных топлив, в том числе из растительных масел. Близость физико-химических свойств сложных эфиров растительных масел (биодизель) к дизельному топливу позволяет применять их без внесения изменений в конструкцию двигателя, но только в условиях положительных температур окружающего воздуха. Температура помутнения биотоплива из рапсового масла, при которой начинаются процессы кристаллизации, приводящие к «забитию» топливных фильтров двигателя близка к $-3...-5^{\circ}\text{C}$ [7], в лучшем случае -11°C при использовании в качестве сырья горчичного масла [8].

Можно предположить, что могут развиваться и другие виды альтернативной энергетики, но анализ, представленный в [9] демонстрирует более высокую эффективность биоэнергетических видов топлива по таким критериям, как мощность, цена и срок окупаемости, именно

биоэнергетика имеет наиболее короткие сроки окупаемости капитальных вложений.

Переход на биодизельное топливо, получаемое из семян масличных культур должен сопровождаться введением в оборот новых земель, чтобы не изменять объемы производства продуктов питания и не повлечь увеличение их стоимости. С этой точки зрения, в РФ есть высокий потенциал, который можно задействовать при наличии технических и людских ресурсов. По данным Росстата [10] в 2023 г. вся площадь пашни была 116 млн. га, включая территории фермерских и личных подсобных хозяйств. Известно также, что площадь пашни занимает всего 7,5% российской суши и может быть увеличена.

Сырьем для производства биодизеля могут служить различные масличные культуры, но переход на биодизельное топливо рационален лишь в случае если цена (себестоимость) его производства окажется ниже, чем стоимость дизельного топлива, а это возможно при низкой стоимости сырья.

СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ТЕМЫ

Широко возделываются подсолнечник, соя и рапс, на долю которых приходится более 77% площадей, занятых масличными культурами в РФ. Несмотря на существенное увеличение в последние годы посевов сои и рапса, около 70% площадей занимает подсолнечник [11]. Такая ситуация привела к изменению рыночных цен (рис. 1), подсолнечное масло стало дешевле на фоне роста цены рапсового. В практике других государств и во многих отечественных источниках рапсовое масло рассматривается, как наиболее дешевая основа для получения биодизельного топлива, и может и далее считаться таковой, тем более, что зоны возделывания ее не ограничиваются районами с теплым летом, как у подсолнечника.

Высокая стоимость рапсового масла в стране не определяется ни себестоимостью его производства, ни дефицитом его на внутреннем рынке, а формируется мировыми ценами. По данным [14] производство рапсового масла в РФ увеличилось на 16% с 1,240 в сезон 2023/24 гг. до 1,435 млн т за сезон 2024/25 гг., и при этом объемы внутреннего потребления всего – 45 тыс. т в год, остальная часть экспортируется. За тот же период экспорт рапсового масла возрос на 14% с 1,214 до 1,388 млн т.

Технологии получения и очистки биодизеля известны и хорошо отработаны. Промышленность выпускает установки для получения биотоплива и его очистки. Этапы производства следующие: выращивание сырья (семян масличных культур); отжим масла; реакцию этерификации, заключающуюся в удалении из раститель-

ного жира молекул глицерина, придающего ему недопустимую для использования в двигателях вязкость, и замещение его молекулами спирта проходящую при нагреве в присутствии щелочи, как катализатора; очистку биодизельного топлива от остатков катализатора, спирта, воды и мыла. В случае если в производстве будут задействованы несколько участников, каждый из которых введет добавочную стоимость, то есть прирастит стоимость биотоплива, его конкурен-

тоспособность будет низкая. Считаем, что крупные сельскохозяйственные предприятия способны самостоятельно реализовать все стадии производства биодизельного топлива, но и в этом случае, себестоимость литра биодизельного топлива будет зависеть от многих факторов: урожайности семян рапса, затрат на их хранение, переработку, очистку и контроль качества.

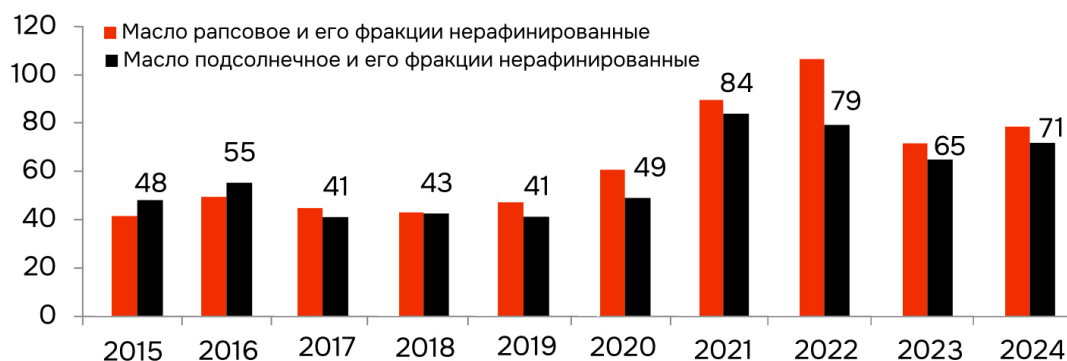


Рисунок 1. Динамика цен производителей на продукцию масложировой отрасли в РФ, руб./кг [12, 13]

Figure 1. Dynamics of producer prices for the fat and oil industry in the Russian Federation, RUB/kg [12, 13]

В литературе отсутствуют данные, об экономической эффективности производства биодизельного топлива по актуальным ценам, действующим в РФ, и чаще всего представляются на основе данных, полученных из других стран в иностранной валюте.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Для интенсивной технологии возделывания озимого рапса, предложенной в [15] определены затраты на работу техники составляющие 9806 руб./га и они не существенно меняются с изменением урожайности рапса. В данные затраты входят оплата труда трактористов, топлива, амортизационные отчисления при выполнении механизированных работ при обработке почвы, посеве, внесении удобрений и химзащите, уборке прямым комбайнированием, без учета затрат на семена, пестициды и минеральные удобрения.

Норма высева семян озимого рапса примерно 4 кг/га и не меняется с урожайностью культуры. Стоимость 1 кг семян 250 руб. [16] Перед посевом семена протравливают, например, препаратом «Круйзер Рапс, КС» стоимостью 17994 руб./л [17] и расходом 10 л на т семян.

На формирование 1 т урожая семян рапс расходует 50–60 кг азота, 25–35 кг фосфора, 40–60 кг калия [15]. Потребление должно быть компенсировано вносимыми минеральными удобрениями. При основном внесении применяют удобрения перекрывающие потребления фосфо-

ра и калий и 1/4 азота. При применении комплексного удобрения «АФК марка NPKS-1» с составом N8P20K30+2S производства Уралхим потребуется 17 кг данного удобрения на 1 ц урожая семян. Две подкормки аммиачной селитрой должны компенсировать вынос азота и суммарно составлять 12 кг на ц планируемого урожая семян рапса. Оптовая цена на удобрения «Селитра аммиачная» по состоянию на 27.02.2025 г. составляет 22 руб./кг, «АФК марка NPKS-1» 45 руб./кг [18]. На один центнер планируемого урожая затраты на минеральные удобрения равны 1029 руб./ц.

Технология возделывания рапса предполагает внесение гербицида и обработку инсектицидом. Расход гербицида «Фюзилад Форте, КЭ (150г/л)» стоимостью 2650 руб./кг около 0,75 кг/га, а инсектицида «Децис Профи ВДГ (250 г/кг)» 0,03 кг/га при стоимости 95 тыс. руб./кг [19]. Затраты на химзащиту в объеме 6383 руб./га не зависят от урожайности.

Транспортные расходы, на вывоз семян рапса с поля к месту очистки на расстояние 5 км определим из примерной стоимости транспортной работы в 14,5 руб./(т·км).

Исходя из этих данных в табл. 1 указаны величины прямых затрат на получение семян рапса и полная себестоимость с учетом накладных прочих расходов на уровне 25%.

Таблица 1. Объемы прямых затрат и себестоимость производства семян рапса в зависимости от урожайности
Table 1. Direct costs and production costs of rapeseed seeds, depending on yield

Наименование показателя	Урожайность семян рапса, ц/га						
	15	20	25	30	35	40	45
На работу техники, руб./га	9806						
Покупка семенного материала, руб./га	1000						
Покупка препарата для протравливания семян, руб./га	899,7						
Затраты на минеральные удобрения, тыс. руб./га	15,4	20,6	25,7	30,9	36,0	41,2	46,3
Затраты на приобретение гербицидов и инсектицидов, руб./га	6383						
Транспортные расходы, руб./га	108,8	145,0	181,3	217,5	253,8	290,0	326,3
Прямые затраты на получение семян рапса, руб./кг	22,40	19,42	17,59	16,40	15,53	14,89	14,38
Полная себестоимость семян рапса, руб./кг	28,00	24,28	21,99	20,50	19,41	18,61	17,98

Масличность семян озимого рапса сорта «Селегор» может достигать 47% [16], но эффективность отжима зависит от совершенства применяемого оборудования, и в случае холодного отжима, низкая и составляет порядка 75%. При принятой эффективности отжима, на кг масла будет получено 1,8 кг жмыха. Жмых следует считать побочным продуктом - кормом для крупного рогатого скота. Этот ценный корм: балансирует рацион кормления по протеину; увеличивает надои молока, среднесуточные приросты

и предотвращает потери живой массы коров на раздое; повышает белок и жирность молока [20]. Рыночная цена жмыха с высоким содержанием протеина примерно 19 руб./кг [21].

По технической характеристике маслопресса ММШ-130 определены затраты на электроэнергию и оплату труда, амортизацию пресса в пересчете на 1 кг семян, поступающих на отжим. Себестоимость производства рапсового масла (РМ) указана в табл. 2.

Таблица 2. Расчет себестоимости производства рапсового масла методом холодного отжима
Table 2. Calculation of the cost of rapeseed oil production by cold pressing

Показатель	Значение						
Стоимость семян рапса, руб./кг	29,12	25,25	22,87	21,32	20,19	19,36	18,69
Эффективность отжима, %	75						
Выход масла (маслоотдача), %	35,25						
Потребление электроэнергии, кВт·ч/кг	0,06						
Затраты на электроэнергию по тарифу 8 руб./(кВт·ч), руб./кг	0,48						
Трудозатраты, чел.-ч/кг	0,01						
Оплата труда, руб./кг	3,1						
Амортизация пресса и ремонт, руб./кг	1,92						
Выход жмыха, %	64,75						
Стоимость побочного продукта (жмыха), руб./кг семян	12,3						
Себестоимость основного продукта РМ (по прямым затратам), руб./кг	62,8	52,2	45,7	41,5	38,4	36,2	34,4
Себестоимость РМ с учетом накладных и транспортных расходов (10%), руб./кг	69,1	57,4	50,3	45,7	42,3	39,8	37,8

Получение биодизельного топлива из масел может осуществляться в реакторах непрерывного или периодического действия в присутствии гомогенных (щелочных, кислотных, ферментных) или гетерогенных катализаторов (оксиды металлов, силикат кальция). Также применяются реакторы суперкритических режимов, не требующие присутствия катализатора. Выход и

загрязненность биодизельного топлива, энергоэффективность и производительность установки зависят от применяемой технологии, которая может быть оценена на основе модели — некоего цифрового двойника, сфера использования которого определена в работе [22].

Биодизельное топливо или метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ), как правило, по-

лучают в установках методом прямой переэтерификации жирных кислот с метиловым спиртом (метанолом) при температуре 80–90°C в присутствии щелочного катализатора.

Для осуществления реакции на каждый кг масла потребуется 0,25 кВт·ч электроэнергии, 0,12 кг спирта (метанол), 0,018 кг щелочи (KOH), трудозатраты для установки производительностью 250 л/ч биодизеля (например, EXON-250, обслуживается одним человеком) 0,004 чел·ч, затраты же на амортизацию и обслуживание установки были оценены в 1,2 руб. После реакции будет получено 0,842 кг МЭРМ и 0,296 кг загрязненного

глицерина, который не имеет коммерческой ценности. С учетом расхода компонентов, трудоемкости и энергозатрат определены суммарные затраты на переэтерификацию в расчете на 1 кг масла поступающего в установку (табл. 3).

Полученное биодизельное топливо очищают, например, сорбентом. Расход сорбента от 3 до 10 кг на тонну очищаемого МЭРМ. Затраты на сорбент (силикат магния - 450 руб./кг) увеличат стоимость килограмма биодизельного топлива примерно на 4,5 руб. Расчетная себестоимость готового биодизельного топлива указана в табл. 4.

Таблица 3. Прямые затраты на осуществление реакции переэтерификации 1 кг масла в установке производительностью 250 л/ч

Table 3. Direct costs of the transesterification reaction of 1 kg of oil in a unit with a capacity of 250 l/h

Наименование затрат	Значение, руб./кг
Приобретение метанола (оптовая цена 33 руб./кг)	3,96
Приобретение щелочи (калия гидроксид твердый - 160 руб./кг)	2,88
Оплата труда	1,6
Электроэнергия (по тарифу 8 руб. за кВт·ч)	2,0
Амортизация и обслуживание установки	1,2
Общие затраты на переэтерификацию РМ	11,64

Таблица 4. Расчетная величина себестоимости биодизельного топлива

Table 4. Estimated cost of biodiesel

Величина	Значение						
Себестоимость РМ, руб./кг	69,1	57,4	50,3	45,7	42,3	39,8	37,8
Себестоимость МЭРМ по прямым затратам), руб/кг	100,36	86,55	78,07	72,56	68,53	65,57	63,20
Полная себестоимость МЭРМ с учетом накладных и транспортных расходов (10%), руб/кг	110,39	95,21	85,88	79,82	75,38	72,12	69,52
Стоимость энергии сгорания МЭРМ, руб./МДж	2,90	2,50	2,25	2,09	1,98	1,89	1,82

Низшая удельная теплота сгорания МЭРМ составляет 38,1 МДж/кг, что на 12% ниже, чем у дизельного 42,6 МДж/кг [23]. Средняя цена по РФ дизельного топлива 73,56 руб. за литр [24] или с учетом его плотности (0,84 кг/дм³) 87,6 руб./кг. Таким образом, стоимость энергии, получаемой от сгорания дизельного топлива закупленного по розничным ценам 2,05 руб./МДж. Из данных табл. 4 следует, что при себестоимости РМ ниже 42,3 руб./кг, получаемой при урожайности семян рапса свыше 35 ц/га, производимое биотопливо может конкурировать с ДТ, отпускаемым по розничным ценам. Если предположить, что сельскохозяйственное предприятие закупает ДТ по оптовым ценам в районе 72 руб./кг [25] или 1,69 МДж/кг, то производство им биодизельного топлива становится не оправданным.

Дизельное топливо дорожает, за год его цена увеличилась почти на 9%. Существует вероятность ускоренного увеличения цен на нефтепродукты, опережающего темпы инфляции, и экономическая привлекательность производства биодизельного топлива возрастет, однако и в данном случае массовый переход на биодизельное топливо маловероятен по ряду причин.

Для развития растениеводства, необходимого для наращивания производства масличных культур, существуют трудности, отмеченные в работе [26], среди которых устойчивое сокращение парка техники во многих агроформированиях [27], а также погодные риски, из-за которых объёмы производимого биотоплива и его стоимость могут сильно колебаться. Изменение землеполь-

зования может спровоцировать нарушения в поставках продовольствия и рост цен на сельскохозяйственную продукцию. Производя биодизельное топливо, сельскохозяйственное предприятие лишает себя дополнительного дохода от реализации растительного масла, рыночная стоимость которого значительно превышает себестоимость.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В производстве биодизеля затраты на сырье (масло, спирт, щелочь, сорбент) составляют около 80...85% себестоимости, в то время как на оплату труда, электроэнергию, обслуживание и амортизацию оборудования лишь 5..10%, осталь-

ное это транспортные и накладные расходы. Поэтому именно от стоимости и доступности сырья зависит экономическая эффективность производства биодизеля. На рис. 2 представлены графики изменения среднегодовых цен, на основные виды сырья используемого для производства биодизеля (по средним ценам производителей промышленных товаров) и график изменения потребительских цен на дизельное топливо за период с января 2017 по октябрь 2025 включительно. Существующая динамика изменения цен дополнена прогнозируемыми значениями, полученными методом линейной экстраполяции.

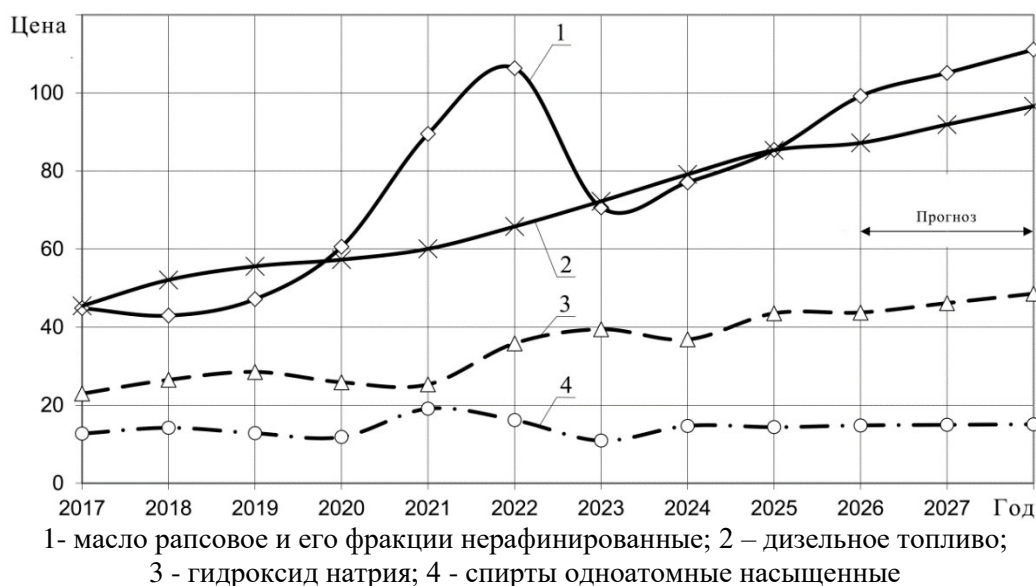


Рисунок 2. Динамика среднегодовых цен производителей на некоторые виды сырья и потребительских цен на дизельное топливо, руб./кг [13]

Figure 2. Dynamics of average annual production prices for some types of raw materials and consumer prices for diesel, RUB/kg [13]

Прогнозируемая в 2028 г. цена рапсового масла 111,08 руб./кг, а рассчитанная на его основе стоимость биодизельного топлива 165,6 руб./кг, против прогнозируемой цены дизельного топлива в 96,6 руб./кг. Из сложившихся тенденций изменения цен, производство биодизеля в ближайшей перспективе окажется не выгодным, в основном

из-за сохранения высокой цены рапсового масла, имеющего высокий экспортный потенциал.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ремизова Т.С., Табуров Д.Ю. Изменение структуры генерации в России в контексте экологического перехода. *ЭКО*. 2023. № 4. С. 134-148. DOI: 10.30680/EC00131-7652-2023-4-134-148.
2. Глава Минприроды рассказал, когда в России закончатся нефть и газ. <https://www.rbc.ru/business/11/05/2021/609971fe9a7947e065f63cd4>.
3. Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия "Анализ воспроизводства минерально-сырьевой базы Российской Федерации в 2015-2019 годах". <https://ach.gov.ru/upload/iblock/b99/b998773313b87e724ed09f287754d180.pdf>.

REFERENCES

1. Remizova T.S., Taburov D.Yu. Changing the Generation Structure in Russia in the Context of Environmental Transition. *ECO*. 2023. N 4. P. 134-148. DOI: 10.30680/EC00131-7652-2023-4-134-148. (in Russian).
2. The head of the Ministry of Natural Resources reveals when oil and gas reserves will run out in Russia. <https://www.rbc.ru/business/11/05/2021/609971fe9a7947e065f63cd4>. (in Russian).
3. Report on the results of the expert and analytical event "Analysis of the reproduction of the mineral resources base of the Russian Federation in 2015-2019". <https://ach.gov.ru/upload/iblock/b99/b998773313b87e724ed09f287754d180.pdf>. (in Russian).

4. **Соколов А.В., Шубина А.В.** Обеспеченность добычи извлекаемыми запасами нефти – о достоверности расчетов. *Георесурсы*. 2022. №24(3). С. 10-16. DOI: 10.18599/grs.2022.3.2.
5. **Федченко А.А., Исеева Л.И.** Тенденции изменения добычи и воспроизводства минерально-сырьевой базы нефти в России и мире. *Записки Горного института*. 2013. Т. 205. С. 266-270.
6. **Миргаязов И.И., Абдуллин А.И.** Индустрия GTL: состояние и перспективы. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 9. С. 253-257.
7. **Рябинин В.В., Телегин И.А., Терентьев В.В., Гуркина Л.В.** Сравнительный анализ эффективности различных способов очистки метилового эфира рапсового масла. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 4(68). С. 74-79. DOI: 10.6060/snt.20216804.00011.
8. **Белозерцева Н.Е., Богданов И.А., Алтынов А.А., Балжанова А.Т., Белинская Н.С., Киргина М.В.** Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива с позиции его выхода и физико-химических свойств. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2020. №10(1). С. 114-123. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-1-114-123
9. **Колосовский А.М., Койчев В.С., Рожков А.С., Черкасов В.Е.** Пути повышения эффективности использования альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве Калининградской области. *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2024. № 3 (48). С. 84–91.
10. Статистический сборник «Сельское хозяйство в России». М.: Росстат. 2023. 104 с.
11. **Прахова Т.Я., Прахов В.А., Бражников В.Н., Бражникова О.Ф.** Масличные культуры - биоразнообразие, значение и продуктивность. *Нива Поволжья*. 2019. № 3(52). С. 30-37.
12. **Тугачева Л.В., Борода О.В.** Экономическая эффективность производства масличных культур и масложирового производства. *Экономические науки*. 2023. № 220. С. 147-154. DOI: 10.14451/1.220.147.
13. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). <https://fedstat.ru/indicator/>.
14. Итоги масложирового сезона 2024/25: лидером стало рапсовое масло. <https://oleoscope.com/analytics/itogimaslzhirovogo-sezona-2024-25/>.
15. **Лукомец В.М., Бочкарев Н.И., Тишков Н.М. и др.** Адаптивные технологии возделывания масличных культур в южном регионе России: коллективная монография. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта, 2010. 159 с.
16. Сайт компании ООО «Русское поле». <https://www.russ-pole.ru/raps>.
17. Сайт компании ООО "Стим Агро". <https://stimagro.ru/ru/protraviteli-semyan/768-krujzer-ks>.
18. Сайт ООО Торговая Компания «Еврохим Союз». <https://www.euhs.ru/tseni/prajs-list-na-mineralnye-udobreniya.html>.
19. Интернет-магазин «Magnus-Agro». <https://magnus-agro23.ru/prajs-all>.
20. **Фоменко П.А., Богатырева Е.В.** Белковые корма растительного происхождения. *Молочнохозяйственный вестник*. 2022. № 4(48). С. 125-138. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_125.
21. Рапсовый жмых в России. <https://promportal.su/tags/29087/rapsoviy-zhmih/>.
22. **Невиницын В.Ю., Грименицкий П.Н., Ваняйкин И.К., Отлягузов Д.С.** Разработка цифровых двойников типовых технологических процессов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2025. № 1(81). С. 111-117. DOI: 10.6060/snt.20258101.00013.
4. **Sokolov A.V., Shubina A.V.** Reserves-to-production ratio – on the reliability of estimates. *Georesources*. 2022. N 24(3). P. 10-16. DOI: 10.18599/grs.2022.3.2. (in Russian).
5. **Fedchenko A.A., Iseeva L.I.** Trends in production of oil and reproduction of the mineral resource base in Russia and the world. *Notes of the Mining Institute*. 2013. Vol. 205. P. 266-270. (in Russian).
6. **Murgayazov I.I., Abdullin A.I.** GTL Industry: current state and prospects. *Bulletin of Kazan technological university*. 2014. Vol. 17. N 9. P. 253-257. (in Russian).
7. **Ryabinin V.V., Telegin I.A., Terentyev V.V., Gurkina L.V.** Comparative Analysis of the Effectiveness of Various Methods of Purification of Rapeseed Oil Methyl Ether. *Modern High Technologies. Regional Application*. 2021. N 4(68). P. 74-79. DOI: 10.6060/snt.20216804.00011. (in Russian).
8. **Belozertseva N.E., Bogdanov I.A., Altynov A.A., Balzhanova A.T., Belinskaya N.S., Kirgina M.V.** Selection of the most preferable raw materials for the synthesis of biodiesel from a standpoint of its yield and physicochemical properties. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2020. N 10(1). P. 114-123. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-1-114-123 (in Russian).
9. **Kolosovsky A.M., Koichev V.S., Rozhkov A.S., Cherkasov V.E.** Ways to improve the efficiency of using alternative energy sources in agriculture in the Kaliningrad region. *Agrarian bulletin of the Upper Volga region*. 2024. N 3(48). P. 84–91. (in Russian).
10. Statistical bulletin «Agriculture in Russia». Moscow: Rosstat. 2023. 104 p. (in Russian).
11. **Prakhova T.Ya., Prakhov V.A., Brazhnikov V.N., Brazhnikova O.F.** Oil-bearing crops - biodiversity, importance, and productivity. *Niva Povolzhya*. 2019. N 3(52). P. 30-37. (in Russian).
12. **Tugacheva L.V., Boroda O.V.** Economic efficiency of oilseed production and fat-and-oil production. *Economic Sciences*. 2023. N 220. P. 147-154. DOI: 10.14451/1.220.147. (in Russian).
13. Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS). <https://fedstat.ru/indicator/57606>. (in Russian).
14. Results of the 2024/25 oil and fat season: rapeseed oil became the leader. <https://oleoscope.com/analytics/itogimaslzhirovogo-sezona-2024-25>. (in Russian).
15. **Lukomets V.M., Bochkarev N.I., Tishkov N.M. et al.** Adaptive technologies of oilseed cultivation in the southern region of Russia: collective monograph. Krasnodar: All-Russian scientific research institute of oilseeds named after V.S. Pustovoita. 2010. 159 p. (in Russian).
16. Website of Russian Field LLC. <https://www.russ-pole.ru/raps>. (in Russian).
17. Website of Steam Agro LLC. <https://stimagro.ru/ru/protraviteli-semyan/768-krujzer-ks>. (in Russian).
18. Website of LLC Trading Company "Eurochem Union". <https://www.euhs.ru/tseni/prajs-list-na-mineralnye-udobreniya.html>. (in Russian).
19. Online store "Magnus-Agro". <https://magnus-agro23.ru/prajs-all/>. (in Russian).
20. **Fomenko P.A., Bogatyreva E.V.** Protein Feeds of Vegetable Origin. *Dairy Bulletin*. 2022. N 4(48). P. 125-138. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_3_125. (in Russian).
21. Rapeseed press cake in Russia. <https://promportal.su/tags/29087/rapsoviy-zhmih/>. (in Russian).
22. **Nevinitsyn V.Yu., Grimenitsky P.N., Vanyaykin I.K., Otyaguzov D.S.** Digital twins design of typical technological processes. *Modern High Technologies. Regional Application*. 2025. N 1(81). P. 111-117. DOI: 10.6060/snt.20258101.00013. EDN KOXBZP. (in Russian).

23. Милютин Л.В., Чулков А.В., Петров П.Г. Моделирование процессов влияния физико-химических показателей метиловых эфиров рапсового масла на характеристики впрыскивания и распыливания топлива. *Известия Транссиба*. 2017. № 2(30). С. 25-33.
24. О потребительских ценах на нефтепродукты с 14 по 20 октября 2025 года. http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/164_22-10-2025.html.
25. Цена летнего ДТ на бирже достигла максимума за два года. <https://oilcapital.ru/news/2025-09-22/tsena-letnego-dt-na-birzhe-dostigla-maksimuma-za-dva-goda>.
26. Малигин А.А. Параметрическая оценка и мониторинг устойчивости регионального аграрного производства: растениеводство. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2023. № 2(56). С. 62-70. DOI: 10.6060/ivecofin.2023562.644. EDN VMFBVV.
27. Гонов О.В. К вопросу анализа эффективности использования машинно-тракторного парка агроформирований. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2025. № 3(83). С. 6-13. DOI: 10.6060/snt.20258303.0001. EDN WGLBAW.
23. Milyutina L.V., Chulkov A.V., Petrov P.G. Modeling of the processes of influence of the physico-chemical indicators of methyl esters of rapeseed oil characteristics of injection and spraying of fuel. *Izvestiya Transsiba*. 2017. N 2(30). P. 25-33. (in Russian).
24. On consumer prices for petroleum products from October 14 to 20, 2025. http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/164_22-10-2025.html. (in Russian).
25. The price of summer diesel fuel on the exchange reached its highest level in two years. <https://oilcapital.ru/news/2025-09-22/tsena-letnego-dt-na-birzhe-dostigla-maksimuma-za-dva-goda>. (in Russian).
26. Malygin A.A. Parametric Assessment and Monitoring of Regional Agricultural Production Sustainability: Crop Production. *Ivecofin*. 2023. N 2(56). P. 62-70. DOI: 10.6060/ivecofin.2023562.644. EDN VMFBVV. (in Russian).
27. Gonova O.V. Analysis of the Efficiency of Using the Tractor Park of Agro-Formations. *Modern High Technologies. Regional Application*. 2025. N 3(83). P. 6-13. DOI: 10.6060/snt.20258303.0001. EDN WGLBAW. (in Russian).

Поступила в редакцию 31.10.2025
Принята к опубликованию 13.11.2025

Received 31.10.2025
Accepted 13.11.2025