

<https://doi.org/10.21122/1029-7448-2026-69-3-197-217>

УДК 338.436.33:620.97(476)

Анализ структуры энергопотребления и энергоэффективности в агропромышленном секторе Республики Беларусь

С. В. Михайлов¹⁾, В. А. Седнин¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

Реферат. Агропромышленный комплекс (АПК) Республики Беларусь, продукция которого составляет около 7,0 % валового внутреннего продукта (ВВП), – важный сектор экономики страны, который обеспечивает продовольственную безопасность и высокую долю экспорта. Белорусская продукция поставляется в 117 стран. Надежное энергообеспечение играет ключевую роль в стабилизации и эффективности развития АПК. В условиях глобальных экономических и экологических вызовов, наличия мировых тенденций перехода на низкоуглеродную энергетику и экономику устойчивого развития, а также неустойчивости цен на энергоресурсы разработка эффективной стратегии развития энергетического комплекса агросектора особенно актуальна. Важным аспектом повышения надежности энергообеспечения АПК является рост устойчивости к чрезвычайным ситуациям, связанным с природными катаклизмами, приводящими к кратковременным, но очень чувствительным по разрушениям и ущербам, наносимым производственным объектам в результате нарушения энергоснабжения. В статье представлены результаты комплексного исследования эффективности энергопотребления в агропромышленном секторе Республики Беларусь, на основании которых сделан анализ существующих проблем, предложены рекомендации по повышению эффективности использования энергетических ресурсов, реализация которых должна позволить не только повысить конкурентоспособность аграрного сектора, но и обеспечить устойчивое развитие экономики в целом. Показано, что внедрение новых технологий в энергообеспечение АПК Беларуси может существенно повысить экономическую эффективность энергоснабжения малых городов и объектов сельской местности. В качестве основных систем энергоснабжения предлагается создавать распределенные интегрированные энергетические системы на базе энергетических хабов, объединяющих существующие электрические, газораспределительные и тепловые сети, позволяющие оптимизировать использование традиционных и местных энергоресурсов. Инновационные решения позволят не только сократить затраты на производство и повысить надежность энергообеспечения, но и оптимизировать потребление традиционных энергоносителей, что приобретает особую актуальность в условиях растущего интереса к возобновляемым источникам энергии, необходимости диверсификации энергетических ресурсов, декарбонизации энергетики и промышленности.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, надежность, энергоснабжение, интегрированные энергетические системы, энергопотребление, энергоэффективность, энергетическая безопасность

Для цитирования: Михайлов, С. В. Анализ структуры энергопотребления и энергоэффективности в агропромышленном секторе Республики Беларусь / С. В. Михайлов, В. А. Седнин // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2026. Т. 69, № 3. С. 197–217. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2026-69-3-197-217>

Адрес для переписки

Михайлов Сергей Владимирович
Белорусский национальный технический университет
просп. Независимости, 65/2,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел. +375 17 308-26-25
pte@bntu.by

Address for correspondence

Mikhailov Sergey V.
Belarusian National Technical University
65/2, Nezavisimosty Ave.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Тел. +375 17 308-26-25
pte@bntu.by

Analysis of the Structure of Energy Consumption and Energy Efficiency in the Agro-Industrial Sector of the Republic of Belarus

S. V. Mikhailov¹⁾, V. A. Sednin¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The agro-industrial complex of the Republic of Belarus, whose products account for about 7.0 % of gross domestic product (GDP), is an important sector of the country's economy, which ensures food security and a high share of exports. Belarusian products are exported to 117 countries. Reliable energy supply plays a key role in the stabilization and efficiency of the development of the agro-industrial complex of our country. Given global economic and environmental challenges, the global trend toward a transition to low-carbon energy and a sustainable economy, as well as volatile energy prices, the design of an effective strategy for the development of the agricultural sector's energy complex is particularly relevant. An important aspect of increasing the reliability of agricultural energy supply is the growth of resilience to emergencies related to natural disasters, leading to short-term, but very sensitive damage and destruction caused to industrial facilities as a result of disruption of energy supply. The article presents the results of a comprehensive study of energy consumption efficiency in the agro-industrial sector of the Republic of Belarus; based on these results an analysis of existing problems is made and recommendations for improving the efficiency of energy resources use are proposed. The implementation of these recommendations should not only increase the competitiveness of the agricultural sector, but also ensure the sustainable development of the economy as a whole. Also, it is shown that the introduction of new technologies into the energy supply of the agro-industrial complex of Belarus can significantly increase the economic efficiency of energy supply to small towns and rural areas. It is proposed to create distributed integrated energy systems (to be used as core energy supply facilities) based on energy hubs that combine existing electric, gas distribution and heating networks to optimize the use of traditional and local energy resources. The innovative solutions will not only reduce production costs and improve the reliability of energy supply, but also optimize the consumption of traditional energy sources, which is becoming particularly relevant in the context of growing interest in renewable energy sources, the need for the diversification of energy resources, and decarbonization of power industry and manufacturing.

Key words: agro-industrial complex, reliability, energy supply, integrated energy systems, energy consumption, energy efficiency, energy security

For citation: Mikhailov S. V., Sednin V. A. (2026) Analysis of the Structure of Energy Consumption and Energy Efficiency in the Agro-Industrial Sector of the Republic of Belarus. *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* 69 (3), 197–217 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2026-69-3-197-217>

Введение

Республика Беларусь – активно развивающееся индустриально-аграрное государство, которое обладает развитыми сельским хозяйством и машиностроением. Ее территория составляет 207,6 тыс. км² (страна занимает по этому показателю 84-е место в мире и 13-е место среди европейских государств). Согласно государственному земельному кадастру, сельскохозяйственные земли составляют приблизительно 39 % территории Беларуси, леса – 43 %, реки, озера и болота – 6 %, другие земли – 12 % [1, с. 32]. Как следствие, большинство территории составляют сельские районы,

где проживает свыше 20 % населения. Эти районы играют важную роль в жизни страны ввиду значимости аграрного сектора для ее безопасности (табл. 1) и поддержки традиционного уклада жизни.

Таблица 1

**Уровень обеспечения продукцией сельского хозяйства
в Беларуси в 2023/24 г. [2, с. 6; 3, с. 6]**

**The level of agricultural products supply
in Belarus in 2023/24 [2, p. 6; 3, p. 6]**

Вид продукции	Уровень самообеспечения, %
Картофель	110,8/100
Молоко	283,0/291,9
Мясо	134,9/140,2
Овощи и бахчевые культуры	123,2/101,7

На текущий момент агропромышленный комплекс (АПК) Беларуси представляет собой сложную структуру, включающую растениеводство, животноводство, перерабатывающую промышленность и сервисные услуги для агросектора, функционирование которых обеспечивает продовольственную безопасность страны [3, с. 4]. Его продукция составляет более 7,0 % валового внутреннего продукта (ВВП), играя ключевую роль в экономике страны и обеспечивая не только продовольственную безопасность, но и высокую долю экспорта: продукция белорусского АПК поставляется в 117 стран [1, с. 32; 4]. Это значительно превышает показатели индустрии информационных технологий и телекоммуникаций, чей вклад в экономику в 2023 г. 4,5 %. Экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в 2025 г. составил на сумму свыше 11,0 млрд дол. США, достигнув 17 % в объеме экспорта страны [1, с. 152; 5].

По данным [1, с. 56, 60], примерно 7 % активно работающего населения, что составляет около 251,3 тыс. чел., вовлечены в агропромышленный сектор страны. 61 % этих работников – мужчины. Средний возраст специалистов, занятых в аграрной сфере, равен 43 годам. Высшее или среднее специальное образование есть у 36,3 %, общее среднее образование у 32 %, профессионально-техническое – у значительной части персонала.

Отличительные черты белорусского АПК – значительная доля крупных государственных предприятий и, как результат, высокая степень механизации процессов. В плане развития населенных пунктов в сельской местности в Беларуси превалирует политика строительства и развития агрогородков, которые представляют собой важный элемент структуры сельского хозяйства и одновременно имеют свои уникальные преимущества в организации энергоснабжения. Сельское хозяйство Беларуси продолжает развиваться благодаря сочетанию традиционных подходов и современных технологий. При этом основное внимание уделяется повышению эффективности производства, сохранению природных ресурсов и укреплению позиций на международных рынках. Эти тенденции делают белорусское

сельское хозяйство устойчивым и конкурентоспособным в условиях меняющегося мира.

Однако ключевой проблемой остается высокое удельное энергопотребление, что в целом негативно влияет на конкурентоспособность продукции. Так, при расходе 1 кг у. т. в Республике Беларусь производится продукции на 1,07 дол. США, в то время как в Финляндии, Франции, Дании и Швейцарии соответственно на 4,76; 6,67; 11,5 и 11,5 дол. США [6]. При сравнении, конечно, следует учитывать, что энергоемкость сельскохозяйственной продукции разных стран варьируется в зависимости от большого числа факторов, таких как тип производства, технологии, используемые удобрения и пестициды, а также климатические условия. В целом развитые европейские страны с более интенсивным сельским хозяйством обычно демонстрируют более высокую энергоемкость.

Развитие АПК республики сдерживается рядом проблем. И в первую очередь это физическое и моральное старение технологического оборудования, недостаточно высокие уровни экологической устойчивости и использования энергетических ресурсов. В качестве ключевых проблем следует отметить низкий уровень энерговооруженности и высокую энергоемкость производственных процессов, дефицит квалифицированных специалистов и ненадежность систем энергоснабжения, нехватку топливно-энергетических ресурсов, сопровождающуюся постоянным ростом их цен, что в совокупности негативно сказывается на стабильности работы. Среди существующих на данный момент вызовов в области энергоснабжения объектов малых городов и сельской местности выделим следующие [7, 8]:

- необходимость модернизации энергетической инфраструктуры во многих отраслях экономики, особенно в сельской местности, где часто еще используются оборудование и сети советского периода. Модернизация этих систем требует значительных инвестиций, но является критически важной задачей;

- проблему доступности энергоресурсов во многих сельских районах. Перебои в подаче энергии при чрезвычайных ситуациях могут приводить к существенным убыткам как для частных хозяйств, так и для предприятий. Высокие тарифы на энергию нередко являются препятствием для развития бизнеса в сельской местности.

Учитывая отмеченное выше, а также особенности современных глобальных экономических и экологических вызовов, неустойчивость цен на энергоресурсы, мировые тенденции перехода на экономику устойчивого развития, разработка эффективной стратегии и инновационных подходов к развитию энергетического комплекса в агропромышленном секторе нашей страны является особенно актуальной.

Анализ энергопотребления агропромышленным комплексом Республики Беларусь

Энергоснабжение АПК организовано через несколько ключевых каналов:

- получение электроэнергии из Объединенной энергетической системы (ОЭС) Беларуси;

- генерация электроэнергии или совместной выработки электрической и тепловой энергии на местных мини-электростанциях (в основном газопоршневых), работающих на природном газе или биогазе;
- генерация тепловой энергии на центральных котельных, работающих на природном газе или жидком топливе;
- производство тепловой энергии местных и локальных котельных, работающих на местных видах топлива (МВТ) (в основном древесного происхождения).

Анализ современных тенденций энергопотребления и энергосбережения в аграрном секторе [9] показал, что в 2010–2020 гг. структура потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в аграрном секторе оставалась относительно стабильной, имелись незначительные колебания как в процентном выражении (рис. 1), так и в абсолютных цифрах (рис. 2) [10].

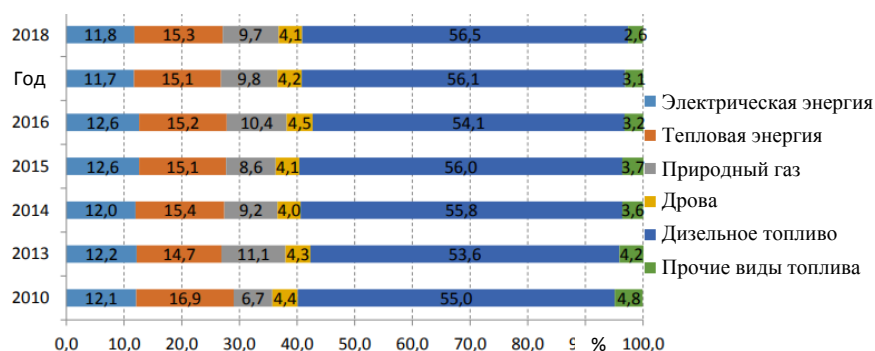


Рис. 1. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в аграрном секторе Республики Беларусь в 2010–2018 гг. (%)

Fig. 1. The structure of consumption of fuel and energy resources in the agricultural sector of the Republic of Belarus in 2010–2018 (%)

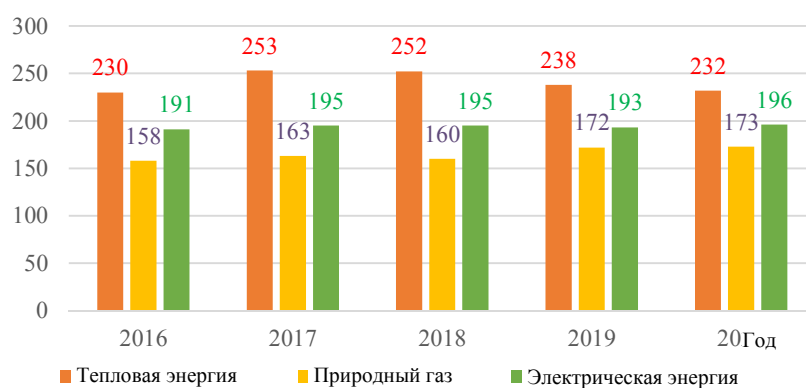


Рис. 2. Конечное потребление топливно-энергетических ресурсов в секторах сельского, лесного и рыбного хозяйства (тыс. т у. т. в угольном эквиваленте)

Fig. 2. Final consumption of fuel and energy resources in the sectors of agriculture, forestry and fisheries (thousand tons of coal equivalent)

В то же время вследствие низкого уровня энерговооруженности (в сравнении с промышленностью агропромышленный комплекс демонстрирует отставание по энерговооруженности в 2–3 раза [3]), высокой энергоемкости производственных процессов, дефицита ТЭР и волатильности цен на них себестоимость продукции остается высокой из-за высокой доли затрат на энергоресурсы. Очевидно, что внедрение новых технологий в АПК Беларуси, модернизация системы энергоснабжения производственного комплекса и агрогородков могут существенно повысить экономическую эффективность. Этот вопрос приобретает особую актуальность в условиях растущего интереса к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) и необходимости диверсификации энергетических ресурсов [11].

Внедрение инновационных решений позволит не только снизить затраты на производство, но и сократить зависимость от импорта традиционных энергоносителей. При этом важен конечный результат, а не выбор типа энергосистемы, структура и состав системы энергоснабжения, которая минимизирует производственные расходы на ТЭР, сохраняя при этом нужное качество и объем продукции. В Беларуси уделяется особое внимание использованию ВИЭ. Энергоисточники на ВИЭ представляют собой независимые подсистемы, исключаящие затраты на топливо и его транспортировку, уменьшают радиус энергосетей, что особенно важно для объектов сельской местности. Доля ВИЭ в структуре энергосистемы растет, и если в начале 2000-х гг. она составляла всего 3,3 %, то к 2023 г. этот показатель достиг 7,6 % [11]. Тем не менее потенциальные возможности использования ВИЭ в нашей стране не позволяют обеспечить потребности агрокомплекса в требуемом объеме. При выборе варианта энергетической системы прямой эмпирический или экспертный подход не эффективен, важно иметь теоретически обоснованное решение.

Энергоемкость и эффективность использования энергетических ресурсов в АПК. Вопросы энергетической безопасности и эффективного использования ТЭР для Республики Беларусь всегда являлись актуальными ввиду отсутствия требуемых ресурсов ископаемых видов топлива. В последние годы актуальность еще больше возросла в связи как с динамичным развитием экономического потенциала страны и необходимостью интеграции в глобальные энергетические процессы, так и обострением в мировой политике.

Сравнительные данные за 2015 и 2020 гг. потребления ТЭР представлены на рис. 3 [10, с. 53].

За последующие годы структура потребления ТЭР в Беларуси претерпела незначительные изменения в отличие от структуры генерации энергии, что объясняется как внутренними, так и внешними факторами. Среди ключевых аспектов выделяются:

- рост зависимости от импорта энергоресурсов – от поставок нефти и газа из Российской Федерации;
- увеличение доли альтернативной энергетики, в частности таких, как ветроэнергетика и солнечная энергия, что способствует диверсификации энергетического баланса;
- ввод в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции (БелАЭС), что оказало значительное влияние на энергетическую отрасль страны.

С одной стороны, это снизило зависимость от импортируемых энергоресурсов, в первую очередь природного газа, и позволяет удовлетворять растущие внутренние потребности в электроэнергии, т. е. в развитии электрификации производственных и сервисных отраслей экономики и жилищно-коммунального сектора. С другой стороны, проявились проблемы регулирования графика генерации электроэнергии в Объединенной энергетической системе и зависимость от импорта ядерного топлива.

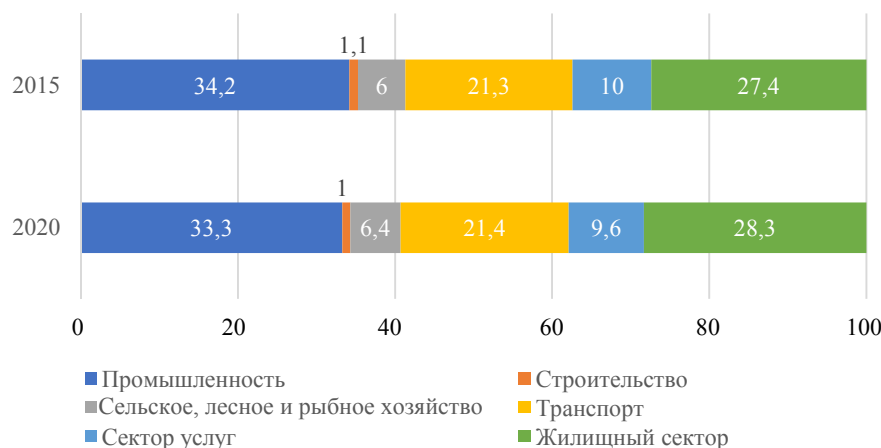


Рис. 3. Структура конечного потребления топливно-энергетических ресурсов по секторам потребления в 2015 и 2020 гг. (%)

Fig. 3. The structure of final consumption of fuel and energy resources by consumption sectors in 2015 and 2020

В сельском хозяйстве ключевыми направлениями энергосбережения [11] оставались вопросы модернизации сельскохозяйственного оборудования, использования более экономичных видов топлива для обогрева теплиц, расширения сферы использования биогазовых установок для переработки отходов животноводства. За счет внедрения данных мер удалось в определенной степени сократить затраты на энергию без ущерба для объемов производимой продукции, но прорывного результата не было получено. Энергетическая эффективность агропромышленного сектора Республики Беларусь требует особого внимания в свете роста потребления энергетических ресурсов в последние годы.

В современной экономике агропромышленного сектора ключевым аспектом является оптимизация затрат на энергоресурсы. Ввиду того что удельный вес расходов на электричество и отопление в общем объеме потребления энергии очень высок, основное внимание при решении вопросов энергосбережения следует уделять этим видам ТЭР. Но возвращаясь к рис. 1 и обращаясь к табл. 2, легко увидеть, что основным видом ТЭР в аграрном секторе является дизельное топливо (наибольший удельный вес в структуре потребления – около 56 %) и только на втором и третьем местах находятся тепловая (около 14 %) и электрическая (около 12 %) энергия. Их потребление в течение 2010–2020 гг. осталось практически неизменным. Это объясняется уникальными процессами в аграрном секторе, где

преобладает использование спецтехники, такой как тракторы, самоходные комбайны и различные транспортные средства, которые нуждаются в определенных видах топлива. Как видно из табл. 3, в Беларуси наблюдается уменьшение количества тракторов, однако при этом качество используемой техники растет (рис. 4). Это подтверждает тот факт, что в АПК страны идет модернизация парка агротехники в сторону увеличения ее удельной производительности и экономичности.

Таблица 2

Конечное потребление топливно-энергетических ресурсов в секторе сельского, лесного и рыбного хозяйства (тыс. т у. т./% от конечного потребления)¹

Final consumption of fuel and energy resources in the agriculture, forestry and fisheries sector (thousand tons of reference fuel/% of final consumption)

Вид ТЭР	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Конечное потребление, в том числе:	1496/100,0	1521/100,0	1673/100,0	1709/100,0	1664/100,0	1624/100,0
электроэнергия	188/12,6	191/12,6	195/11,7	195/11,4	193/11,6	196/12,1
тепловая энергия	226/15,1	230/15,1	253/15,1	252/14,8	238/14,3	232/14,3
топливо дизельное	838/56,0	825/54,2	939/56,1	986/57,7	946/56,9	916/56,4
газ природный	128/8,6	158/10,4	163/9,7	160/9,4	172/10,3	173/10,7
бензин автомобильный	9/0,6	9/0,6	9/0,5	9/0,5	10/0,6	9/0,6
керосин прочий	2/0,1	1/0,1	2/0,1	1/0,1	2/0,1	2/0,1
дрова	61/4,1	68/4,5	71/4,2	72/4,2	68/4,1	61/3,8
брикеты из торфа	3/0,2	3/0,2	3/0,2	3/0,2	3/0,2	2/0,2
топливо печное	8/0,5	7/0,5	13/0,8	7/0,4	13/0,8	12/0,7
прочие виды топлива	33/2,2	29/1,9	25/1,5	24/1,4	19/1,1	21/1,3

¹ Составлена на основе статистических данных [10, с. 56].

Таблица 3

Динамика изменения основных видов сельскохозяйственной техники, машин и оборудования в сельскохозяйственных организациях (на конец года; тыс. шт.) в 2019–2023 гг.¹

Dynamics of changes in the main types of agricultural machinery, machinery and equipment in agricultural organizations (at the end of the year; thousands of pieces) in 2019–2023

Вид оборудования	2019	2020	2021	2022	2023
Тракторы*	39,0	38,1	37,2	36,3	35,8
Грузовые автомобили	17,9	17,4	16,7	16,3	15,9
Комбайны:					
зерноуборочные	8,8	8,7	8,3	7,9	8,0
картофелеуборочные	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6
свеклоуборочные, шт.	298	290	271	251	225
кормоуборочные	4,1	4,1	4,0	3,9	3,8
льноуборочные, шт.	428	415	389	355	314
Доильные установки и агрегаты	10,8	10,5	10,1	9,7	9,4

* Без тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины.

¹ Составлена на основе статистических данных [2, с. 13].

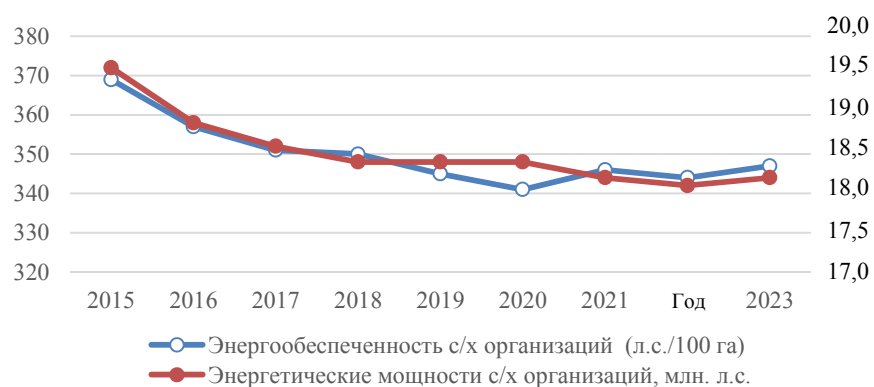


Рис. 4. Динамика энергетических мощностей в аграрном секторе Республики Беларусь (составлен на основе статистических данных [2])

Fig. 4. Dynamics of energy capacities in the agricultural sector of the Republic of Belarus (compiled on the basis of statistical data [2])

Анализ состояния энергоэффективности агропродовольственной системы Республики Беларусь с учетом природно-климатических, естественно-биологических, территориальных, технологических, технических, энергетических, экономических, экологических и других особенностей приведен в [12]. Взаимодействие двух комплексов (топливно-энергетического и агропромышленного) как потребителя и поставщика энергоресурсов по интегральному критерию оптимизации позволяет внедрять оптимальные модели и механизмы повышения энергоэффективности [12]. Вопрос выбора критерия оптимизации процесса взаимодействия указанных секторов нашей экономики является сложнейшим вопросом в условиях переходной модели экономики и остается за рамками данной статьи.

В мировой практике сегодня энергоэффективность экономики часто оценивают с помощью показателя энергоемкости валового внутреннего продукта, т. е. отношения объема первичных ТЭР, потребленных за определенный период, к объему ВВП, произведенного в это же время. Считается, что низкий уровень энергоемкости свидетельствует о рациональном использовании ресурсов и высоком уровне технологического развития. Однако это не всегда соответствует действительности, так как этот критерий не учитывает целый ряд факторов: структуру экономики, климатические условия, доступ к дешевым энергоресурсам и пр. [13]. Поэтому показательно использовать сравнительный тренд для нашего государства с учетом вариации климатических условий и складывающейся политико-экономической обстановки. Зарубежный опыт развитых стран следует рассматривать критически и принимать избирательно. Так, тенденции европейских стран, направленные на необходимость реформирования структуры потребления ТЭР в части снижения зависимости от традиционных источников энергии и активного внедрения ВИЭ [14, 15], для нашей страны

малоперспективны. В то же время применение новых технологий может значительно повысить энергетическую, а следовательно, и экономическую эффективность агрономических хозяйств, сократив издержки на производство. Осторожно следует относиться и к рекомендациям [16] по применению энергосберегающих технологий, которые не только способствуют сокращению затрат, но и минимизируют негативное воздействие на окружающую среду, так как надо аккуратно сравнивать капитальные (инвестиционные) затраты с результатами «мнимого» экологического эффекта. Сравнительный анализ [17] показывает, что государственные программы развития агропромышленного комплекса в большинстве стран адаптированы к местным условиям и потребностям.

Важным фактором в развитии экономики является то, что внедрение передовых технологий, якобы экономящих энергию, может приводит к увеличению потребления ТЭР либо на предприятии, либо в экономике страны. В первом случае это происходит, когда рост производительности на один процент приводит к возрастанию использования энергии на несколько процентов. В агросекторе особенно заметно это в животноводстве, где из общего объема энергоресурсов для нужд производства потребляется 18–22 % жидкого топлива и 19–20 электроэнергии. Второй вариант возможен в случае применения несбалансированной тарифной политики или при термодинамически необоснованном потреблении того или иного вида энергоресурса. Оценивая возможности повышения эффективности агрокомплекса в контексте Республики Беларусь, отметим, что общий расход энергии достигает 250–290 кг у. т./га обрабатываемой земли (рис. 5), в то время как в США этот показатель, согласно [18], составляет около 140 кг у. т./га.



Рис. 5. Расход энергии (общей и по основным видам, кг у. т./га обрабатываемой земли) (составлено на основе статистических данных [10, с. 52, 56; 2, с. 20])

Fig. 5. Energy consumption (total and by main types), kg of reference fuel/ha of cultivated land (compiled on the basis of statistical data [10, p. 52, 56; 2, p. 20])

Направления повышения энергоэффективности аграрного производства. Текущее состояние энергопотребления в агропромышленном комплексе Республики Беларусь свидетельствует о необходимости комплексных реформ. Эффективная работа сегмента будет базироваться на интеграции энергосберегающих технологий, адаптации к экологическим требованиям и стремлении к энергетической независимости. В средне- и долгосрочной перспективе успешное решение данных задач обеспечит не только ресурсную эффективность, но и повышенную конкурентоспособность сельского хозяйства на внутреннем и международном рынках.

За последние годы в нашей стране большое внимание уделено разработке нормативной базы и государственных программ, направленных на повышение энергетической эффективности и уменьшение углеродного следа сельского хозяйства. В этом контексте также необходимо отметить важность повышения квалификации кадров и пропаганды новых подходов к управлению энергетическими ресурсами среди аграриев [13]. Существующие меры, такие как государственные субсидии и обучение, помогают сократить первоначальные затраты, связанные с переходом на более эффективные технологии. Аграрный комплекс Республики Беларусь действительно развивается как высокотехнологичная и экспортоориентированная отрасль. Ключевыми направлениями модернизации сельского хозяйства стали развитие агрохолдингов, эффективное использование ресурсов и внедрение передовых технологий.

Программа возрождения и развития села на 2005–2010 гг., утвержденная Указом Президента Республики Беларусь № 150 от 23.03.2005 [19], сыграла важную роль в укреплении позиций сельского хозяйства, а создание 1481 агрогородка улучшило инфраструктуру и условия жизни в сельской местности. Основная цель данной программы также предполагала «обеспечение эффективного производства сельскохозяйственной продукции и продовольствия в объемах, достаточных для внутреннего рынка и формирования экспортных ресурсов» [19, с. 6]. В программе было определено, что «предстоит создать устойчивую аграрную экономику, гарантирующую продовольственную безопасность» [19, с. 14]. Республика Беларусь смогла решить поставленную задачу путем достижения достаточного уровня обеспечения продовольствием внутреннего рынка и создать объемный и многовидовой экспортный потенциал.

Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 гг., утвержденная Указом Президента Республики Беларусь № 342 от 01.08.2011 [20], была направлена на решение вопросов по «укреплению продовольственной безопасности и продовольственной независимости страны с выходом на оптимальные параметры продовольственного снабжения населения», помимо «обеспечения безопасности и высокого качества продукции сельского хозяйства и продовольствия» [20, с. 6].

На следующую пятилетку постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196 была утверждена Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь

на 2016–2020 гг.» [21], которая предусматривала «повышение эффективности сельскохозяйственного производства и сбыта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, а также повышение их конкурентоспособности», «обеспечение внутреннего рынка страны отечественной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием в необходимых объемах и надлежащего качества на основе формирования рыночных механизмов хозяйствования и развития аграрного бизнеса» [21, с. 12].

А в 2017 г. Совет Министров Республики Беларусь утвердил Доктрину продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 г. (постановление Совета Министров Республики Беларусь № 962 от 15 декабря 2017 г.), которая определила вектор развития агропромышленного комплекса на долгосрочный период. В Доктрине даны три сценария продовольственного снабжения – оптимистический, недостаточный и критический, уточнены перечни внешних и внутренних факторов и угроз национальной безопасности, новые цели и задачи развития АПК, а также критерии, параметры и индикаторы состояния национальной продовольственной безопасности.

Особого внимания заслуживает Концепция отраслевой кадровой политики на 2026–2030 гг., утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 3 января 2024 г. № 1. Она направлена на привлечение молодых специалистов, внедрение системы мотивации труда и развитие сельской инфраструктуры, что в долгосрочной перспективе поможет сделать сельское хозяйство более устойчивым и конкурентоспособным.

Приоритетными направлениями развития в АПК в эти годы планируются [22]:

- «технологический рывок» (развитие производства на базе «Индустрии 4.0» и искусственного интеллекта);
- «инвестиционный маневр» (вложение средств в проекты с высоким мультипликативным эффектом);
- «кадры будущего» (подготовка специалистов для цифровой экономики);
- «проактивный экспорт» (активное сотрудничество со странами Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока, Африки и Латинской Америки);
- «регионы для человека» (создание экологически безопасных и развитых территорий).

Судя по масштабам и стратегическим направлениям, Беларусь стремится укрепить агросектор и сделать его не только технологически развитым, но и комфортным для жизни и работы. В этих условиях повышение энергоэффективности является одной из ключевых задач. Рассмотрим два основных сценария повышения энергоэффективности в аграрном секторе: децентрализацию и централизацию.

Децентрализация энергетической системы предполагает распределенное локальное размещение источников энергии, не объединенных между собой энергетическими сетями, в непосредственной близости к потребителю. Считается, что это позволяет значительно сократить потери при транс-

портировке и повысить надежность энергообеспечения. В контексте сельского хозяйства Республики Беларусь децентрализованная энергетическая система может включать использование ВИЭ (солнечный и ветровой ресурсы), установки утилизации отходов производства (в основном биогаз) с размещением их прямо на территории сельскохозяйственных усадеб и фермерских хозяйств, в то же время, как правило, все потребители включены в древовидную электрическую сеть ОЭС страны.

В [9] отмечается, что в настоящее время в Республике Беларусь имеются удачные примеры работы объектов децентрализованной энергетики на основе ВИЭ. Анализ данных по установкам, использующим возобновляемые источники энергии, показал следующее: в стране насчитывается 374 установки возобновляемых источников энергии суммарной электрической мощностью 638,93 МВт. Имеющиеся установки производят 2232,95 тыс. кВт·ч/год электрической энергии, 1595,24 Гкал/год тепловой энергии, что приводит к экономии потребления традиционных видов топлива в размере 352,73 т у. т./год, а также позволяет снизить выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в объеме 1 527 081,98 т/год. В аграрном секторе наибольшее распространение в настоящее время получили биогазовые установки, что объясняется как имеющимися ресурсными возможностями, так и необходимостью снижения негативного воздействия на окружающую среду объектами животноводства. Из отходов животноводства и птицеводства можно получать около 2,0 млрд м³ биогаза, или около 850 тыс. т у. т., что составляет 2,2 % потребности страны в энергоресурсах, и вырабатывать на его основе, с использованием высокоэффективных когенерационных установок, около 2,8–3,0 млрд кВт·ч электрической энергии, что составляет около 7,0 % потребности страны [23].

Региональные централизованные энергетические системы подразумевают создание распределенной системы на базе интегрированных энергетических систем (ИЭС) [24] с энергетическим хабом (энергохаб), располагающимся в центре региона, и локальными источниками энергии, расположенными на территории потребителей, объединенными энергетическими сетями и взаимодействующими с Объединенной энергетической системой, с опциями мультиагентного управления, централизованным аккумулярованием и хранением энергии (рис. 6). ИЭС представляют собой комплекс взаимосвязанных технических решений по генерации, распределению и применению различных видов энергии на одной территории. Эти системы включают в себя установки комбинированного производства электрической и тепловой энергии (когенерация) на традиционных и искусственных топливных ресурсах (биотопливо и продукты переработки органических отходов), а также применение ВИЭ (солнечной и ветровой энергии) с учетом современных методов управления энергоэффективностью. Использование ИЭС предоставляет ряд преимуществ:

- повышение надежности – уменьшение зависимости от внешних источников энергии благодаря локальному производству;

- высокую экономичность – снижение затрат на энергию за счет применения ВИЭ и органических отходов;
- экологичность – уменьшение выбросов парниковых газов благодаря чистым технологиям;
- высокую устойчивость – способность адаптироваться к изменяющимся условиям спроса на энергию.

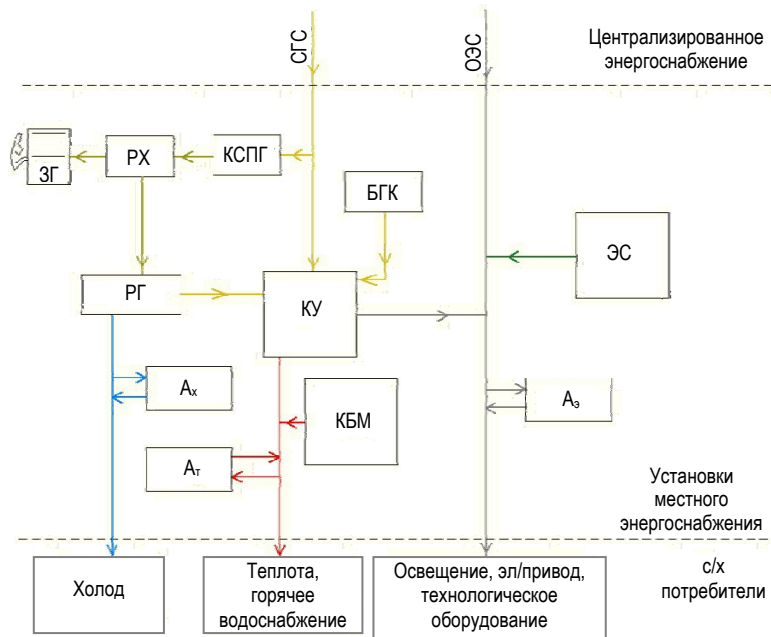


Рис. 6. Примерная структура интегрированной энергетической системы: СГС – система газоснабжения; ОЭС – Объединенная энергетическая система; КСПГ – комплекс сжиженного природного газа; РХ – резервуары хранения сжиженного природного газа; ЗГ – заправка газовая; РГ – регазификатор; БГК – биогазовый комплекс; КУ – когенерационная установка; КБМ – котельная на биомассе (дрова, щепа, пеллеты, солома); ЭС – электростанции (солнечные, ветровые, мини-ГЭС); А_э – аккумулятор электрической энергии; А_т – аккумулятор тепловой энергии; А_х – аккумулятор холода

Fig. 6. Approximate structure of the integrated energy system:

СГС – gas supply system; ОЭС – Unified Energy System; КСПГ – liquefied natural gas complex; РХ – liquefied natural gas storage tanks; ЗГ – gas filling station; РГ – regasifier; БГК – biogas complex; КУ – cogeneration plant; КБМ – biomass boiler (firewood, wood chips, pellets, straw); ЭС – power plants (solar, wind, mini-hydroelectric power plants); А_э – electric energy accumulator; А_т – thermal energy accumulator; А_х – cold accumulator

Следует отметить, что для улучшения результатов развития систем энергообеспечения в аграрной отрасли реализуются отдельные принципы организации ИЭС. В ведущих сельхозпредприятиях и на заводах по переработке продукции основной акцент сделан на внедрение оборудования для выработки электрической и тепловой энергии на базе МВТ, введены когенерационные установки на биотопливе, имеются примеры успешных проектов по использованию солнечных панелей и ветряных электростан-

ций. Отдельно следует выделить интеграцию в Объединенную энергетическую систему биогазовых комплексов. По состоянию на конец 2023 г. [25], на территории республики функционируют 37 таких комплексов, общая установленная мощность которых составляет 53,682 МВт: 16 из них используют органические отходы животноводства (21,219 МВт), 21 – твердые бытовые отходы, из которых производят свалочный газ (32,463 МВт). Ежегодно только за счет применения навоза крупного рогатого скота, свиного навоза, птичьего помета, отходов зерно- и мясопереработки потенциально можно получать до 2,5 млрд м³ биогаза, что позволяет генерировать до 5 млрд кВт·ч электрической энергии и около 8,5 млн Гкал тепловой. При этом собственная годовая потребность АПК Беларуси составляет около 3,5 млрд кВт·ч.

ИЭС представляет собой комплексное объединение всех элементов энергетического хозяйства в единую метасистему. В данной системе осуществляется координированное планирование и управление процессами газо-, тепло-, электроснабжения. Это дает возможность учитывать сложные взаимосвязи между различными режимами их работы и производимой энергетической продукцией. Таким образом, интеграция позволяет повысить эффективность и надежность снабжения энергией, обеспечивая оптимальное использование ресурсов и улучшая качество обслуживания жителей агрогородков. Организация ИЭС должна быть основана на принципах создания энергохаба – интегрированной системы со множеством входов и выходов для разных видов энергии, включающей функции ее передачи, накопления и преобразования. Энергохаб может быть подключен как к Объединенной энергетической системе, региональным системам газо- и теплоснабжения, так и к местным источникам генерации энергии, в том числе работающим на МВТ и ВИЭ. Среди его основных элементов может быть и энергогенерирующее оборудование, и аккумуляторы энергии. Таким образом, энергохабы представляют собой гибкие системы, которые могут интегрироваться с различными источниками энергии, такими как ископаемое топливо, биомасса, центральные электросети или локальная генерация, а также использовать отработанную теплоту от соседних объектов. Энергохабы способны преобразовывать, распределять и хранить энергию, адаптируясь к потребностям в теплоте, электричестве или охлаждении. Это позволяет им в реальном времени оптимизировать потребление ТЭР и сократить выбросы. Современные технологии позволяют максимально привлечь к энергоснабжению аграрного сектора местные ресурсы.

При этом одним из ключевых преимуществ централизованной логистики является эффект экономии масштаба. Мини-ТЭЦ способны эффективно использовать разные виды топлива и обеспечивать стабильное энергоснабжение больших территорий [26–28]. Для Республики Беларусь реализация централизованных систем может повысить надежность энергообеспечения аграрных районов даже в условиях растущих климатических рисков, а включение в состав энергетического хаба малотоннажного завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) принесет ряд преимуществ [29].

Использование малотоннажного производства СПГ может способствовать сокращению потребления дизельного топлива за счет перевода транспортных средств и других потребителей на его использование. Экономическая привлекательность использования СПГ проявляется в нескольких ключевых аспектах. Прежде всего, применение сжиженного природного газа позволяет снизить затраты на горюче-смазочные материалы в 2,5–3 раза. Стоимость СПГ как моторного топлива на порядок ниже, что напрямую уменьшает переменные издержки аграрных предприятий при эксплуатации сельскохозяйственной и автомобильной техники. Кроме того, снижение потребления дизельного топлива способствует освобождению объемов этого топлива на белорусских нефтеперерабатывающих заводах для экспортных поставок, что приносит дополнительную валютную выручку стране и улучшает торговый баланс [30]. Результаты оценки эффективности инвестиционного проекта по организации производства энергонасыщенных газомоторных тракторов «БЕЛАРУС 2022.3» показали высокую ожидаемую эффективность при сроке окупаемости капиталовложений на переоборудование техники [31]:

- без заправочного комплекса – 1,7 года;
- с учетом заправочных средств – 3 года.

Это экологически более чистая альтернатива дизельному топливу. Применение СПГ позволяет уменьшить зависимость от импорта нефти по сравнению с дизельным топливом, обеспечивает снижение выбросов токсичных веществ в окружающую среду: оксида углерода – в 2,5 раза, оксида азота – в 2 раза, углеводородов – в 3 раза, задымленности – в 9 раз (экологические требования на уровне Stage V) без удорожания моторной установки [31].

Если обратиться к энергетическому балансу (рис. 1 и табл. 2), легко заметить, что в мероприятии замены дизельного топлива на СПГ имеется наибольший потенциальный ресурс экономии ТЭР в агросекторе. Дальнейшее снижение расхода энергоресурсов возможно посредством внедрения инновационных энергосберегающих технологий в производство сельскохозяйственной продукции. Также важным направлением является развитие концепции создания энергетических хабов, которые будут заняты логистикой энергообеспечения, то есть занимаются управлением и оптимизацией распределения потоков энергии (электричества, газа, теплоты, воды, нефти и т. д.) и включают в себя планирование, организацию, контроль и координацию всех процессов, связанных с транспортировкой, хранением и распределением энергетических ресурсов, от источника до потребителя [24].

Энергетические хабы представляют собой узловые точки, объединяющие различные источники энергии и распределяющие ее в зависимости от потребности. В условиях АПК они позволяют шире использовать биомассу, ВИЭ и органические отходы, так как позволяют оптимизировать графики генерации и потребления энергии. Этот подход не только увеличивает энергоэффективность, но в первую очередь повышает надежность и спо-

способствует устойчивому развитию сельского хозяйства, так как обеспечивает стратегическое развитие агрогородков с системным комплексным энергообеспечением, ориентированным на рациональное использование местных ресурсов и внедрение инновационных решений в производство [32].

ВЫВОДЫ

1. Агропромышленный сектор ввиду его важности с точки зрения национальной безопасности является одним из ключевых потребителей энергии в стране. Эффективное использование энергии позволяет снизить затраты на производство, что в свою очередь повышает конкурентоспособность белорусских агропромышленных предприятий на международной арене. Технические инновации, такие как автоматизация процессов и внедрение интеллектуальных систем управления энергией, становятся необходимыми для достижения поставленных целей.

2. Выполненный анализ статистических данных показывает, что структура энергопотребления претерпевает значительные изменения, наблюдается тенденция к снижению потребления традиционных источников энергии, таких как природный газ и уголь, в пользу более экологически чистых и возобновляемых источников. Это в определенной степени связано с реализацией ряда государственных программ по развитию сельского хозяйства и повышению энергоэффективности экономики страны за счет оптимизации использования энергоресурсов и внедрения новых технологий, а также мировых тенденций по снижению углеродного следа как в промышленном, так и агропромышленном секторах экономики.

3. Дальнейшее развитие энергоснабжения агропромышленного сектора и повышения его эффективности требует инновационных подходов, одним из которых является интеграция энергетических и технологических сфер производства. Учитывая, что Республика Беларусь является одной из самых развитых стран в области газификации, в основе этой интеграции следует рассматривать системы газоснабжения сельской местности с созданием на их базе энергетических хабов, способствующих расширению сферы использования природного газа не только для стационарных, но и транспортно-технологических систем, повышению числа активных потребителей энергии, дальнейшему росту доли возобновляемых и местных источников энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беларусь в цифрах, 2025: стат. справ. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь; пред. редкол. И. В. Медведева. Минск: РУП «ИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2025. 305 с.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2024: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь; отв. за вып. А. В. Жарикова. Минск: РУП «ИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2024. 35 с.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2025: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь, Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь; отв. за вып. А. В. Жарикова. Минск: РУП «ИВЦ Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2025. 35 с.

4. Минсельхоз Белоруссии сообщил о росте экспорта продовольствия в 2024 году // Прайм. URL: <https://1prime.ru/20250304/belorusiya-855460453.html?in=1>. Дата публ.: 04.03.2025.
5. Беларусь получила рекордные 10 млрд долларов от экспорта продовольствия и сельхоз-сырья в 2025 году // SB.by. URL: <https://www.sb.by/articles/belarus-ustanovila-rekord-eksporta-prodovolstviya-10-mlrd-v-2025-godu.html>. Дата публ.: 30.01.2026.
6. Энергоэффективность аграрного производства / В. Г. Гусаков [и др.]; ред.: В. Г. Гусаков, Л. С. Герасимович; рец.: М. М. Севернев, Г. И. Гануш, Л. П. Падалко; Национальная академия наук Беларуси. Минск: Белорусская наука, 2011. 775 с.
7. Современные проблемы устойчивого развития АПК: вопросы теории и методологии / В. Г. Гусаков [и др.]; под ред. В. Г. Гусакова. Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2017. 29 с.
8. Проблемы и стратегия устойчивого энергообеспечения аграрных регионов Беларуси // AgroBelarus URL: https://agrobeltarus.by/articles/nauka/problemu_i_strategiya_ustoychivogo_energoobespecheniya_agrarnykh_regionov_beltarusi/ (дата обращения: 03.03.2026).
9. Рудченко, Г. А. Экономические инструменты совершенствования системы энергосбережения предприятий АПК на основе использования децентрализованных источников энергии: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»: дис. ... канд экон. наук / Галина Анатольевна Рудченко; Республиканское научное уни-тарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной акаде-мии наук Беларуси». Минск, 2020. 190 с.
10. Энергетический баланс Республики Беларусь, 2021: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; отв. за вып. А. С. Снетков. Минск: РУП «ИВЦ Национального статистическо-го комитета Республики Беларусь», 2021. 146 с.
11. Государственная программа «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 дек. 2025 г. № 819. URL: https://energoeffect.gov.by/downloads/laws/resolution/2026_resolution/20260126_psm_819_31122025.pdf
12. Пилипук, А. В. Энергоэффективность производства продовольствия: понятие и отрасле-вая специфика обеспечения / А. В. Пилипук, Г. А. Рудченко // Аграрная экономика. 2024. № 4. С. 3–16. <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-4-3-16>
13. Цилибина, В. М. Уровень энергоэффективности экономики Беларуси / В. М. Цилибина // Нефтехимия. URL: <https://belchemoil.by/news/nauka2/triedinstvo-obektivnyjrascheteffektivnosti>. Дата публ.: 07.12.2022.
14. Жаронкина, Е. А. Стратегия Европейского союза в области использования возобновляе-мых источников энергии / Е. А. Жаронкина, А. А. Гольцева // Вестник Кемеровского государственного университета. 2022. Т. 24. № 3. С. 299–308. <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2022-24-3-299-308>
15. Ковалёв, И. Л. Краткий анализ показателей энергообеспеченности и энерговооруженно-сти сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь / И. Л. Ковалёв, А. А. Еф-ремов // Нормирование и оплата труда в сельском хозяйстве. 2021. № 12. URL: <https://panor.ru/articles/kratkiy-analiz-pokazateley-energoobespechennosti-i-energovoorozhennosti-selskokhozyaystvennykh-organizatsiy-respubliki-beltarus/75394.html#>; <https://doi.org/1033920/sel-06-2112-02>
16. Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве / А. А. Слободскова, Е. С. Се-мина, Н. М. Латышенко, О. О. Максименко // Вестник Рязанского государственного аг-ротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2024. Т. 16, № 3. С. 171–177. <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.71.49.022>
17. Осипова, Н. В. Сравнительный анализ государственных программ развития сельского хозяйства: зарубежный опыт / Н. В. Осипова // Аграрное и земельное право. 2022. № 7 (211). С. 82–85. http://doi.org/10.47643/1815-1329_2022_7_82
18. United States 2024. Energy Policy Review / International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/reports/united-states-2024> (date of access: 12.06.2025).
19. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы // Мини-стерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. URL: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-vozrozhdenija-i-razvitiya-sela-na-2005-mdash-2010-gody-4234/>
20. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы: Указ Прези-дента Респ. Беларусь 1 авг. 2011 г. № 342 // Министерство сельского хозяйства и продо-

- вольствия Республики Беларусь. URL: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-ustojchivogo-razvitija-sela-na-20112015-gg-4189/>
21. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 11 марта 2016 г. № 196 // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. URL: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-razvitija-agrarnogo-biznesa-v-respublike-belarus-na-20162020-gody-4182/>
 22. О Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь 31 декабря 2025 г. № 814 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500814>.
 23. Пашинский, В. А. Циркулярная энергетика на основе сельскохозяйственных отходов животноводства в Беларуси / В. А. Пашинский // Энергоэффективность. 2026. № 2 (340). С. 26–30.
 24. Седнин, В. А. Оптимизация схем энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий: вызовы и перспективы / В. А. Седнин, С. В. Михайлов // Энергоэффективность. 2025. № 4 (330). С. 28–32.
 25. В Беларуси мощность возобновляемых источников энергии выросла в 14 раз / [Электронный ресурс] // Office Life. URL: <https://officelife.media/news/49451-v-belarusi-moshchnost-ustanovok-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii-vyroslo-v-14-raz/>. Дата публ.: 03.01.2024.
 26. Седнин, В. А. О целесообразности строительства мини-ТЭЦ на местных видах топлива в условиях Республики Беларусь. Ч. 1: Состояние использования местных видов топлива в системах теплоснабжения / В. А. Седнин, Р. С. Игнатович, И. Л. Иокова // Наука и техника. 2023. Т. 22, № 5. С. 418–427. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-5-418-427>
 27. Игнатович, Р. С. Анализ и оптимизация режимов работы мини-ТЭЦ на местных видах топлива в условиях профицита электроэнергетических мощностей в Объединенной энергетической системе Беларуси. Ч. 1 / Р. С. Игнатович, В. А. Седнин, Е. С. Зуева // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 3. С. 241–246. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2024-67-3-241-256>
 28. Игнатович, Р. С. Анализ и оптимизация режимов работы мини-ТЭЦ на местных видах топлива в условиях профицита электроэнергетических мощностей в Объединенной энергетической системе Беларуси. Ч. 2 / Р. С. Игнатович, В. А. Седнин, Е. С. Зуева // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2024. Т. 67, № 4. С. 315–331. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2023-67-4-315-331>
 29. Игнатович, Р. С. Принципы организации и функционирования мини-ТЭЦ на местных видах топлива в условиях водородной энергетики / Р. С. Игнатович // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2025. Т. 68, № 1. С. 76–96. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2025-68-1-76-96>
 30. Юшков, И. Газ для промышленности: выгоды Белоруссии от сотрудничества с Россией по производству СПГ / И. Юшков // Евразия Эксперт [сайт]. URL: <https://eurasia.expert/gaz-dlya-promyshlennosti-vygody-belorussii-ot-sotrudnichestva-s-rossiye-po-proizvodstvu-spg/>. Дата публ.: 03.10.2024.
 31. Состояние и перспективы использования сжиженного природного газа (СПГ) в сельскохозяйственной технике Республики Беларусь / В. В. Арсенов, С. А. Матох, В. М. Паубо, В. Л. Мисун // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Т. 14, № 1А. С. 195–203.
 32. Герасимович, Л. С. Энергетическая эффективность системы комплексного энергообеспечения агрогородков Республики Беларусь / Л. С. Герасимович, О. Л. Сапун // Актуальные проблемы инновационной экономики. 2018. № 2. С. 10–15.

Поступила 01.12.2025 Подписана в печать 14.02.2026 Опубликовано онлайн 29.05.2026

REFERENCES

1. National Statistical Committee of the Republic of Belarus, State Property Committee of the Republic of Belarus (2025) *Belarus in Numbers, 2025: Statistical Handbook*. Minsk, RUE “ICC of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus”. 305 (in Russian).
2. National Statistical Committee of the Republic of Belarus, State Property Committee of the Republic of Belarus (2024) *Agriculture of the Republic of Belarus, 2024: Statistical Book-*

- let. Minsk, RUE "ICC of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus". 35 (in Russian).
3. National Statistical Committee of the Republic of Belarus, State Property Committee of the Republic of Belarus (2025) *Agriculture of the Republic of Belarus, 2025: Statistical Booklet*. Minsk, RUE "ICC of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus". 35 (in Russian).
4. The Ministry of Agriculture of Belarus Reported an Increase in Food Exports in 2024. *Prime*. (04 March 2025). Available at: <https://1prime.ru/20250304/belorusiya-855460453.html?in=1> (in Russian)
5. Belarus Received a Record 10 Billion Dollars from the Export of Food and Agricultural Raw Materials in 2025. *SB.by* (30 January 2026). Available at: <https://www.sb.by/articles/belarus-ustanovila-rekord-eksporta-prodovolstviya-10-mlrd-v-2025-godu.html> (in Russian)
6. Gusakov V. G., Gerasimovich L. S., Rusan V. I., Prishchepov M. A., Zayats E. M., Kuzmich V. V. [et al.] (2011) *Energy Efficiency of Agricultural Production*. Minsk, Belorusskaya nauka Publ. 775 (in Russian).
7. Gusakov V. G. (ed.) [et al.] (2017) *Modern Problems of Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex: Issues of Theory and Methodology*. Minsk, Institute of System Research in Agriculture of the National Academy of Sciences of Belarus. 129 (in Russian).
8. Problems and Strategy of Sustainable Energy Supply in Agricultural Regions of Belarus. *AgroBelarus*. Available at: https://agrob Belarus.by/articles/nauka/problemy_i_strategiya_ustoychivogo_energoobespecheniya_agrarnykh_regionov_bielarusi/ (accessed 03 March 2026) (in Russian).
9. Rudchenko G. A. (2020) *Economic Tools for Improving the Energy Saving System of Agricultural Enterprises Based on the Use of Decentralized Energy Sources* [Dissertation]. Minsk, Institute of System Research in Agriculture of the National Academy of Sciences of Belarus". 190 (in Russian).
10. National Statistical Committee of the Republic of Belarus (2021) *Energy Balance of the Republic of Belarus: Statistical Book*. Minsk, RUE "ICC of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus". 146 (in Russian).
11. *The State Program "Sustainable Energy and Energy Efficiency" for 2026-2030*. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus of December 31, 2025, No. 819. Available at: https://energoeffect.gov.by/downloads/laws/resolution/2026_resolution/20260126_psm_819_31122025.pdf (in Russian).
12. Pilipuk A., Rudchanka H. (2024) Energy Efficiency of Food Production: Concept and Industry Specifics of Provision. *Agrarian Economics*, (4), 3–16 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1818-9806-2024-4-3-16>
13. Tsilibina V. M. (07 December 2022) The Level of Energy Efficiency of the Economy of Belarus. *Petrochemistry*. Available at: <https://belchemoil.by/news/nauka2/triedinstvo-obektivnyjrascheteffektivnosti> (in Russian).
14. Zharonkina E. A., Gol'tseva A. A. (2022) European Union Renewable Energy Strategy. *The Bulletin of Kemerovo State University*, 24 (3), 299–308 (in Russian). <https://doi.org/10.21603/2078-8975-2022-24-3-299-308>
15. Kovalev I. L., Efremov A. A. (2021) Brief Analysis of Indicators of Energy Resources Provision of Agricultural Organizations of the Republic of Belarus. *Normirovanie i oplata truda v sel'skom khozyaistve*, (12). Available at: <https://panor.ru/articles/kratkiy-analiz-pokazateley-energoobespechennosti-i-energovoorozhennosti-selskokhozyaystvennykh-organizatsiy-respubliki-belarus/74104.html> (in Russian). <https://doi.org/10.33920/sel-06-2112-02>
16. Slobodskova A. A., Semina E. S., Latyshenok N. M., Maksimenko O. O. (2024) Energy-Saving Technologies in Agriculture. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*, 16 (3), 171–177 (in Russian).
17. Osipova N. V. (2022) Comparative Analysis of State Programs for the Development of Agriculture: Foreign Experience. *Agrarnoe i zemel'noe pravo = Agrarian and Land Law*, (7), 82–85 (in Russian). http://doi.org/10.47643/1815-1329_2022_7_82
18. International Energy Agency (IEA) (2024) *United States 2024. Energy Policy Review*. Available at: <https://www.iea.org/reports/united-states-2024> (accessed 12 Juny 2025).
19. The State Program of Rural Revival and Development for 2005-2010. *Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus*. Available at: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-vozhrozhdeniya-i-razvitiya-sela-na-2005-mdash-2010-gody-4234/> (in Russian).

20. The State Program of Sustainable Rural Development for 2011–2015: Decree of the President of the Republic of Belarus of August 1, 2011, No. 342. *Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus*. Available at: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-ustojchivogo-razvitiya-sela-na-20112015-gg-4189/> (in Russian).
21. The State Program for the Development of Agricultural Business in the Republic of Belarus for 2016–2020: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus. March 11, 2016, No. 196. *Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus*. Available at: <https://mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-razvitiya-agrarnogo-biznesa-v-respublike-belarus-na-20162020-gody-4182/> (in Russian).
22. On the State Program “Agro-Industrial Complex of the Future” for 2026–2030: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus No. 814 of December 31, 2025. *National Legal Internet Portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500814> (in Russian).
23. Pashinskii V. A. (2026) Circular Energy Based on Agricultural Livestock Waste in Belarus. *Energoeffektivnost' [Energy Efficiency]*, (2) 26–30 (in Russian).
24. Sednin V. A., Mikhailov S. V. (2025) Optimization of Energy Supply Schemes for Agricultural Enterprises: Challenges and Prospects. *Energoeffektivnost' [Energy Efficiency]*, (4), 28–32 (in Russian).
25. In Belarus, the Capacity of Renewable Energy Sources Has Increased 14-Fold. *Office Life* (03 January 2024). Available at: <https://officelife.media/news/49451-v-belarusi-moshchnost-ustanovok-vozobnovlyayemykh-istochnikov-energii-vyrosla-v-14-raz/> (in Russian).
26. Sednin V. A., Ignatovich R. S., Iokova I. L. (2023) On the Feasibility of Building Mini-Thermal Power Plant Using Local Fuels in the Conditions of the Republic of Belarus. Part 1. State of Use of Local Fuels in Heat Supply Systems. *Nauka I Tehnika = Science & Technique*, 22 (5), 418–427 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2023-22-5-418-427>
27. Ignatovich R. S., Sednin V. A., Zuyeva Ye. S. (2024) Analysis and Optimization of Operating Modes of Mini-CHP on Local Fuels in Conditions of Surplus Electric Power Capacities in the Unified Energy System of Belarus. Part 1 *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 67 (3), 241–256 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2024-67-3-241-256>
28. Ignatovich R. S., Sednin V. A., Zuyeva Ye. S. (2024) Analysis and Optimization of Operating Modes of Mini-CHP on Local Fuels in Conditions of Surplus Electric Power Capacities in the Unified Energy System of Belarus. Part 2. *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 67 (4), 315–331 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2024-67-4-315-331>
29. Ignatovich R. S. (2025) Principles of Organization and Functioning of Mini-CHP Plants Using Local Fuels in Conditions of Hydrogen Energy. *Energetika. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii i Energeticheskikh Ob'edinenii SNG = Energetika. Proceedings of CIS Higher Education Institutions and Power Engineering Associations*, 68 (1), 76–96 (in Russian). <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2025-68-1-76-96>
30. Yushkov I. (03 October 2024) Gas for Industry: Benefits of Belarus from Cooperation with Russia on LNG Production. *Evrasia Ekspert*. Available at: <https://eurasia.expert/gaz-dlya-promyshlennosti-vygody-belorussii-ot-sotrudnichestva-s-rossiei-po-proizvodstvu-spg/> (in Russian).
31. Arsenov V. V., Matokh S. A., Raubo V. M., Misun V. L. (2024) Status and Prospects for the Use of Liquefied Natural Gas (LNG) in Agricultural Equipment of the Republic of Belarus. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow]*, 14 (1A), 195–203 (in Russian).
32. Gerasimovich L. S., Sapun O. L. (2018) Energy Efficiency of the Complex Energy Supply System for Agro Towns of the Republic of Belarus. *Aktual'ni problemi innovatsiinoi ekonomiki [Actual Problems of Innovative Economy]*, (2), 10–15 (in Russian).