

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2026.40.32.034

Аспекты применения биоэкономических подходов в развитии промышленности Тульской области

Сабина Анна Львовна

Доктор экономических наук,
профессор,
заведующий кафедрой финансов и менеджмента,
Тульский государственный университет,
300012, Российская Федерация, Тула, просп. Ленина, 92;
e-mail: sabinina-anna@yandex.ru

Сычева Ирина Викторовна

Доктор экономических наук,
профессор,
профессор кафедры финансов и менеджмента,
Тульский государственный университет,
300012, Российская Федерация, Тула, просп. Ленина, 92;
e-mail: sychova15@mail.ru

Шульженко Николай Антонович

Доктор технических наук,
профессор,
профессор кафедры финансов и менеджмента,
Тульский государственный университет,
300012, Российская Федерация, Тула, просп. Ленина, 92;
e-mail: nik.shulzhenko46@mail.ru

Калиниченко Максим Петрович

Доктор экономических наук,
доцент,
заведующий кафедрой менеджмента и бизнеса,
Тульский филиал -
Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова,
300041, Российская Федерация, Тула, просп. Ленина, 53;
e-mail: mpk79@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы и оценивается экономическая эффективность внедрения альтернативных источников энергии (АИЭ) на промышленных предприятиях Тульской области. *Предмет и тема* — анализ ресурсного потенциала региона и обоснование наиболее экономически целесообразных направлений развития АИЭ в промышленности. *Цель работы* — выявить и обосновать приоритетные направления использования возобновляемой энергетики с учётом природно-климатических особенностей и промышленной специализации региона. *Методология* базируется на комплексном анализе, включающем традиционные методы оценки инвестиционной эффективности (NPV, IRR, DPP) и специфические показатели для проектов АИЭ (LCOE, углеродоемкость), а также на концептуальных подходах биоэкономики и циркулярной экономики. *Результаты* показывают, что масштабное внедрение солнечной и ветровой генерации в регионе нецелесообразно из-за недостаточного ресурсного потенциала. Однако перспективными направлениями являются биоэнергетика на основе переработки органических отходов и сточных вод, использование RDF-топлива из ТКО в цементной промышленности, а также развитие высокотехнологичных производств оборудования для «зелёной» энергетики. *Область применения* — региональная промышленная политика, управленческие решения на предприятиях, оценка инвестиционных проектов в области альтернативной энергетики. *Выводы* подтверждают, что применение подходов биоэкономики позволяет снизить экологическую нагрузку и создать новые источники дохода для промышленности региона.

Для цитирования в научных исследованиях

Сабина А.Л., Сычева И.В., Шульженко Н.А., Калинин М.П. Аспекты применения биоэкономических подходов в развитии промышленности Тульской области // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 4А. С. 355-363. DOI: 10.34670/AR.2026.40.32.034

Ключевые слова

Альтернативные источники энергии, возобновляемая энергетика, экономическая эффективность, промышленные предприятия, биоэкономика, биоэнергетика.

Введение

Указом Президента РФ от 7 мая 2024 года №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» определена стратегия социально-экономического развития Российской Федерации, включающая целевую задачу обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации. В связи с этим вопросы обеспечения и поддержания энергоэффективности и энергонезависимости промышленного сектора экономики страны приобретают стратегическое значение. Тульская область, являясь одним из старейших и наиболее индустриально развитых регионов страны, сталкивается с необходимостью модернизации энергетической инфраструктуры. Изучение возможностей применения альтернативных источников энергии (АИЭ) в промышленном секторе экономики, как инструмента снижения операционных затрат и экологической нагрузки на окружающую среду региона становится всё более актуальным.

Современное состояние и потенциал биоэкономики в Тульской области

Биоэкономика понимается как модель экономической деятельности, основанная на междисциплинарной концепции устойчивого развития, объединяющей достижения биотехнологий, рациональное использование возобновляемых биологических ресурсов и экологическое регулирование. Линейная модель экономики, существующая в настоящее время, опирается на последовательное использование ресурсов, начинающееся добычей ресурсов, продолжающееся их переработкой, и завершающееся утилизацией отходов. Биоэкономика, в отличие от линейной экономики, основана на принципиально другом подходе: использование биологических ресурсов для производства продуктов, топлива и материалов при минимальном образовании отходов [Хамраев, Аллакулыева, 2023, 46].

На первый взгляд, биоэкономика обнаруживает сходство с циркулярной экономикой (экономикой замкнутого цикла). Эти концепции действительно тесно связаны, но при этом они не тождественны. Циркулярная экономика предполагает модель производства и потребления в рамках замкнутого цикла переработки и потребления ресурсов. Достижимая при этом эффективность потребления ресурсов и минимизация отходов, так же, как и в биоэкономической модели, снижает загрязнение окружающей среды, потребление невозполнимых ресурсов [Попова, 2023, 33]. Однако, процессы производства в биоэкономике, демонстрируя такие же положительные эффекты, базируются на потреблении возобновляемых биологических ресурсов. Использование принципов циркулярной и биоэкономики в совокупности позволяет выстроить многоуровневую самоорганизующуюся систему производства и потребления, так называемую «зеленую» стратегию развития [Дробот, Гаврилина, 2025, 95].

Применимость принципов биоэкономики к промышленности Тульской области следует оценивать по нескольким критериям:

- наличие ресурсной базы (органические отходы предприятий, сточные воды, отходы сельского хозяйства);
- технологическая готовность;
- институциональная поддержка;
- кадровое обеспечение.

Оценка ресурсной базы Тульской области и ее природно-климатических условий позволяет сделать вывод о существующих в регионе значительных ограничениях в использовании наиболее известных солнечной и ветровой видах энергии. Строительство новых генерирующих объектов на основе солнечной и ветровой энергии в регионе признано экономически нецелесообразным по природным факторам. Основной причиной является недостаточный гелиопотенциал (продолжительность солнечного сияния составляет 1750–1800 часов в год при 72–75 солнечных днях) и низкая среднегодовая скорость ветра (3,4 м/с) [Постановление Правительства Тульской области № 161 (схема и программа развития электроэнергетики), 2019].

Поэтому регион делает ставку не на генерацию энергии на основе альтернативных источников, а на повышение технологической готовности промышленности, в частности путем создания высокотехнологичных производств оборудования для «зелёной» энергетики. В частности, в ОЭЗ «Узловая» реализуется проект строительства завода по выпуску ветроустановок для местностей со слабыми ветрами с объёмом инвестиций более 3,5 млрд руб.

[Строительство завода ветроустановок в ОЭЗ «Узловая», 2022].

В этих условиях более перспективным направлением является развитие биоэнергетики: разработка технологии получения электроэнергии в процессе очистки сточных вод [Создание бактерий для выработки электричества в Тульской области, 2025]; использование RDF-гранул из твёрдых коммунальных отходов в качестве альтернативного топлива для цементных заводов. Предприятия холдинга «ЦЕМЕНТУМ», расположенные в Тульской области, уже готовы принимать до 124 тыс. тонн такого топлива в год, что позволяет заместить часть природного газа [Использование RDF-топлива на цементных заводах, 2025].

Методика оценки экономической эффективности внедрения биоэкономических проектов на предприятиях региона

Оценка эффективности проектов в области биоэкономики требует применения специфических показателей, дополняющих традиционные (NPV, IRR, DPP) и отражающих особенности получения ресурсов из биологических источников. К таким показателям относятся: приведённая стоимость электроэнергии (LCOE), удельная эмиссия CO₂ и материальная интенсивность [Сысоева, Пахомов, 2021, 56].

Для системной оценки биоэкономических проектов целесообразно применять подход, основанный на системе сбалансированных показателей, позволяющий формировать стратегические карты развития биоэкономических предприятий с учётом финансовых, клиентских, внутренних процессных и инновационных аспектов [Система сбалансированных показателей для биоэкономики, 2024].

На основе проведённого анализа разработанных на настоящий момент методик предлагается комплексная методика оценки, включающая три этапа:

- технико-экономическая оценка ресурсного потенциала (объём, состав и стабильность поступления органических отходов, потенциальный выход полезной продукции);
- инвестиционный анализ (расчёт NPV, IRR, DPP с учётом дополнительных выгод: экономия на платежах за размещение отходов, снижение экологических штрафов);
- эколого-экономический анализ (оценка предотвращённого ущерба окружающей среде, сокращения выбросов парниковых газов).

Совокупный результат оценки позволяет учесть все аспекты реализации биоэкономических процессов производства и обеспечиваемый ими эффект снижения негативного влияния промышленного производства на окружающую среду.

Практическими примерами реализации принципов биоэкономики в промышленном секторе экономики Тульской области являются следующие проекты:

1. Получение энергии из органических отходов.

В 2024 году на в г. Туле реализован новый проект утилизации жидких органических отходов: вместо сжигания для получения энергии отходы передаются на компостирование. За год предприятие передало на переработку 415 тонн пищевых отходов, что позволило снизить затраты на сжигание отходов, исключить выбросы продуктов горения в атмосферу, создать базу для производства органических удобрений и сэкономить порядка 2 млн руб. [Стимулирование предприятий Тульской области к экологичной деятельности через «зелёные» инициативы, 2025]. Активно разрабатывается способ выработки электроэнергии в процессе переработки сточных вод. Микроорганизмы, выделенные из активного ила, служат естественным катализатором, генерируя электрический ток в биоэлектрохимических устройствах. Технология

в перспективе способна обеспечивать электроэнергией саму очистную станцию, что снизит затраты на энергоснабжение процесса очистки сточных вод и повысит экологическую безопасность процесса [Создание бактерий для выработки электричества в Тульской области, 2025].

2. Биотехнологические производства.

В рамках нацпроекта «Технологическое обеспечение биоэкономики» в ОЭЗ «Узловая» компания «Органические кислоты» строит завод по производству лимонной кислоты — продукта, ранее преимущественно импортировавшегося [Стимулирование предприятий Тульской области к экологичной деятельности через «зелёные» инициативы, 2025]. Компания «Ресурсинвест-развитие» наладила выпуск горохового протеина, используя биотехнологии переработки растительного сырья [Стимулирование предприятий Тульской области к экологичной деятельности через «зелёные» инициативы, 2025].

Приоритетные направления внедрения принципов биоэкономики на промышленных предприятиях Тульской области

Исследование условий и возможностей реализации принципов и подходов биоэкономики в промышленном секторе экономики Тульской области позволят сформулировать следующие основные направления их внедрения:

- Развитие биоэнергетики на основе переработки органических отходов. Определение экономической эффективности данных проектов должна базироваться на показателях LCOE и оценке предотвращённого ущерба.
- Создание промышленных кооперационных цепей поставок ресурсов, при которых отходы одних предприятий становятся сырьём для других (в частности, передача органических отходов на компостирование или биогазовые станции). Для оценки эффективности такого промышленного взаимодействия целесообразно применение механизма расчета сбалансированной системы показателей.
- Подготовка кадров для биоэкономики. В виду растущей потребности в кадрах для биоэкономики следует развивать сотрудничество вузов с промышленными предприятиями. Губернатором Тульской области Д.В. Миляевым [Дмитрий Миляев предложил закрепить в стратегии биоэкономики механизм базовых кафедр, [www...](#)] предложена модель «базовых кафедр», обеспечивающая активное взаимодействие производств и учебных заведений Тулы и области в рамках подготовки кадров для реализации биоэкономических проектов в регионе.
- Мониторинг показателей эффективности реализации биоэкономических проектов. Целесообразно формирование региональной системы отслеживания показателей эффективности биоэкономических проектов, включающих как экономические, так и экологические индикаторы. Основой системы показателей может служить система сбалансированных показателей, адаптированная к специфике биоэкономических предприятий [Система сбалансированных показателей для биоэкономики, [ww...](#)].

Заключение

Проведённый анализ перспектив внедрения принципов биоэкономики в промышленный сектор Тульской области позволяет сделать вывод, что наиболее экономически обоснованным

является направление развития и внедрения биоэнергетических технологий в части утилизации органических отходов и развитие смежных высокотехнологичных производств на промышленных предприятиях Тульской области. Применение принципов биоэкономики позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду региона, создать новые источники энергии для промышленных предприятий, снизить их затраты на энергоносители. Предложенный подход к формированию комплексной методики оценки экономической эффективности биоэкономических проектов, учитывающей как традиционные инвестиционные показатели, так и специфические биоэкономические индикаторы, позволит разработать эффективный инструментарий для принятия обоснованных управленческих решений в развитии промышленности региона.

Библиография

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 “О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года” <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (дата обращения: 23.03.2026).
2. Хамраев М., Аллакулыева М.А. Роль биоэкономики в безотходном производстве // Экономика и управление: проблемы, решения. -2023. -Т. 1, № 5. -С. 45-52.
3. Ильина Е. А. Циркулярная экономика: концептуальные подходы и механизмы их реализации // Организатор производства. 2022. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-kontseptualnye-podhody-i-mehanizmy-ih-realizatsii> (дата обращения: 24.03.2026).
4. Попова И.Н. Биоэкономика и циркулярная экономика: различия в подходах // Социальные и экономические системы. - 2023. - № 5.2(48). - С. 31-37.
5. Дробот Е.В., Гаврилина М.Ю. Концепции зеленой, циркулярной и биоэкономики в контексте устойчивого развития: синергия и стратегия // Экономические стратегии. -2025. -№ 2. -С. 88-96.
6. О схеме и программе развития электроэнергетики Тульской области на 2020-2024 годы: Постановление Правительства Тульской области от 30.04.2019 № 161. <http://publication.pravo.gov.ru/document/7100201905070005?ysclid=mpjwobssb171476238>
7. В ОЭЗ «Узловая» построят завод ветроустановок [Электронный ресурс]// Первый Тульский телеканал. - 2022. - Режим доступа: <https://1tulatv.ru/> (дата обращения: 23.03.2026).
8. В Тульской области ученые создали бактерии для выработки электричества [Электронный ресурс]// «Тульская пресса». -2025. -Режим доступа: <https://ti71.ru/news/society/v-tulskoy-oblasti-uchenye-sozdali-bakterii-dlya-vyrabotki-elektrichestva/> (дата обращения: 23.03.2026).
9. Цементные заводы готовятся к масштабному использованию RDF-топлива [Электронный ресурс]//Polymerbranch.com .-2025. -Режим доступа: <https://polymbranch.com/> (дата обращения: 23.03.2026).
10. Сысоева М.С., Пахомов М.А. Методика оценки экономической эффективности инновационно-инвестиционных проектов в области внедрения альтернативных источников энергии // Экономический анализ: теория и практика. -2021. -№ 2. -С. 45-58.
11. Система сбалансированных показателей для биоэкономики [Электронный ресурс]// Springer. -2024. -Режим доступа: <https://link.springer.com> (дата обращения: 23.03.2026).
12. Предприятия Тульской области стимулируют к экологичной деятельности через «зелёные» инициативы [Электронный ресурс]// Myseldon. -2025. -Режим доступа: <https://myseldon.com> (дата обращения: 23.03.2026). <https://gazetanasledie.ru/n940103.html>
13. Предприятия Тульской области стимулируют к экологичной деятельности через «зелёные» инициативы [Электронный ресурс]// Myseldon. -2025. -Режим доступа: <https://myseldon.com> (дата обращения: 23.03.2026). <https://gazetanasledie.ru/n940103.html>
14. Дмитрий Миляев предложил закрепить в стратегии биоэкономики механизм базовых кафедр [Электронный ресурс]// «Тульская пресса». -2026. -Режим доступа: tulapressa.ru (дата обращения: 23.03.2026).
15. Система сбалансированных показателей для биоэкономики [Электронный ресурс]// Springer. -2024. -Режим доступа: <https://link.springer.com> (дата обращения: 23.03.2026).

Aspects of Applying Bioeconomic Approaches in the Industrial Development of the Tula Region

Anna L. Sabinina

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the Department of Finance and Management,
Tula State University,
300012, 92, Lenina ave., Tula, Russian Federation;
e-mail: sabinina-anna@yandex.ru

Irina V. Sycheva

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Professor of the Department of Finance and Management,
Tula State University,
300012, 92, Lenina ave., Tula, Russian Federation;
e-mail: sychova15@mail.ru

Nikolai A. Shul'zhenko

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor of the Department of Finance and Management,
Tula State University,
300012, 92, Lenina ave., Tula, Russian Federation;
e-mail: nik.shulzhenko46@mail.ru

Maksim P. Kalinichenko

Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Management and Business,
Tula Branch –
Plekhanov Russian University of Economics,
300041, 53, Lenina ave., Tula, Russian Federation;
e-mail: mpk79@mail.ru

Abstract

The article examines the prospects and assesses the economic efficiency of introducing alternative energy sources (AES) at industrial enterprises of the Tula region. The subject and topic are the analysis of the region's resource potential and the substantiation of the most economically feasible directions for the development of AES in industry. The aim of the work is to identify and substantiate priority directions for the use of renewable energy, taking into account the natural and climatic features and industrial specialization of the region. The methodology is based on a comprehensive analysis, including traditional methods of assessing investment efficiency (NPV, IRR, DPP) and specific indicators for AES projects (LCOE, carbon intensity), as well as on

conceptual approaches of bioeconomy and circular economy. The results show that large-scale implementation of solar and wind generation in the region is impractical due to insufficient resource potential. However, promising directions are bioenergy based on the processing of organic waste and wastewater, the use of RDF fuel from municipal solid waste in the cement industry, as well as the development of high-tech production of equipment for "green" energy. The scope of application is regional industrial policy, management decisions at enterprises, and the assessment of investment projects in the field of alternative energy. The findings confirm that the application of bioeconomic approaches allows reducing the environmental burden and creating new sources of income for the region's industry.

For citation

Sabinina A.L., Sycheva I.V., Shul'zhenko N.A., Kalinichenko M.P. (2026) Aspekty primeneniya bioekonomicheskikh podkhodov v razvitii promyshlennosti Tul'skoy oblasti [Aspects of Applying Bioeconomic Approaches in the Industrial Development of the Tula Region]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (4A), pp. 355-363. DOI: 10.34670/AR.2026.40.32.034

Keywords

Alternative energy sources, renewable energy, economic efficiency, industrial enterprises, bioeconomy, bioenergy.

References

1. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 maya 2024 g. № 309 "O natsional'nykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda i na perspektivu do 2036 goda" [Decree of the President of the Russian Federation No. 309 of 7 May 2024 "On the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030 and for the Outlook up to 2036"]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (Accessed: 23 March 2026).
2. Khamrayev M., Allakulyeva M.A. (2023). Rol' bioekonomiki v bezotkhodnom proizvodstve [The Role of Bioeconomy in Waste-Free Production]. *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*, 1(5), 45-52.
3. Ilyina E.A. (2022). Tsirkulyarnaya ekonomika: kontseptual'nyye podkhody i mekhanizmy ikh realizatsii [Circular Economy: Conceptual Approaches and Mechanisms for Their Implementation]. *Organizator proizvodstva*, 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-kontseptualnye-podkhody-i-mekhanizmy-ih-realizatsii> (Accessed: 24 March 2026).
4. Popova I.N. (2023). Bioekonomika i tsirkulyarnaya ekonomika: razlichiya v podkhodakh [Bioeconomy and Circular Economy: Differences in Approaches]. *Sotsial'nyye i ekonomicheskiye sistemy*, 5.2(48), 31-37.
5. Drobot E.V., Gavrilina M.Yu. (2025). Kontseptsii zelenoy, tsirkulyarnoy i bioekonomiki v kontekste ustoychivogo razvitiya: sinergiya i strategiya [Concepts of Green, Circular and Bioeconomy in the Context of Sustainable Development: Synergy and Strategy]. *Ekonomicheskiye strategii*, 2, 88-96.
6. Postanovleniye Pravitel'stva Tul'skoy oblasti ot 30.04.2019 № 161 "O skheme i programme razvitiya elektroenergetiki Tul'skoy oblasti na 2020-2024 gody" [Decree of the Government of the Tula Region No. 161 of 30 April 2019 "On the Scheme and Programme for the Development of the Electric Power Industry of the Tula Region for 2020-2024"]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/document/7100201905070005> (Accessed: 23 March 2026).
7. V OEEZ «Uzlovaya» postroyat zavod vetroustanovok [A wind turbine plant will be built in the Uzlovaya SEZ]. (2022). *Pervyy Tul'skiy telekanal*. Available at: <https://1tulatv.ru/> (Accessed: 23 March 2026).
8. V Tul'skoy oblasti uchenyye sozdali bakterii dlya vyrabotki elektrichestva [Scientists in the Tula Region have created bacteria for generating electricity]. (2025). *Tul'skaya pressa*. Available at: <https://ti71.ru/news/society/v-tul'skoy-oblasti-uchenye-sozdali-bakterii-dlya-vyrabotki-elektrichestva/> (Accessed: 23 March 2026).
9. Tsementnyye zavody gotovyatsya k masshtabnomu ispol'zovaniyu RDF-topliva [Cement plants are preparing for the

- large-scale use of RDF fuel]. (2025). *Polymerbranch.com*. Available at: <https://polymebranch.com/> (Accessed: 23 March 2026).
10. Sysoyeva M.S., Pakhomov M.A. (2021). Metodika otsenki ekonomicheskoy effektivnosti innovatsionno-investitsionnykh proyektov v oblasti vnedreniya al'ternativnykh istochnikov energii [Methodology for Assessing the Economic Efficiency of Innovative and Investment Projects in the Field of Introducing Alternative Energy Sources]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2, 45-58.
 11. Sistema sbalansirovannykh pokazateley dlya bioekonomiki [Balanced Scorecard for Bioeconomy]. (2024). *Springer*. Available at: <https://link.springer.com> (Accessed: 23 March 2026).
 12. Predpriyatiya Tul'skoy oblasti stimuliruyut k ekologichnoy deyatel'nosti cherez «zelyonyye» initsiativy [Enterprises of the Tula Region are encouraged to adopt environmentally friendly activities through "green" initiatives]. (2025). *Myseldon*. Available at: <https://myseldon.com> (Accessed: 23 March 2026). Also available at: <https://gazetanasledie.ru/n940103.html>
 13. Predpriyatiya Tul'skoy oblasti stimuliruyut k ekologichnoy deyatel'nosti cherez «zelyonyye» initsiativy [Enterprises of the Tula Region are encouraged to adopt environmentally friendly activities through "green" initiatives]. (2025). *Myseldon*. Available at: <https://myseldon.com> (Accessed: 23 March 2026). Also available at: <https://gazetanasledie.ru/n940103.html>
 14. Dmitrii Milyayev predlozhit' zakrepat' v strategii bioekonomiki mekhanizm bazovykh kafedr [Dmitry Milyaev proposed to establish a mechanism of basic departments in the bioeconomy strategy]. (2026). *Tul'skaya pressa*. Available at: tulapressa.ru (Accessed: 23 March 2026).
 15. Sistema sbalansirovannykh pokazateley dlya bioekonomiki [Balanced Scorecard for Bioeconomy]. (2024). *Springer*. Available at: <https://link.springer.com> (Accessed: 23 March 2026).