

DOI: 10.58168/GrEGrR2026_24-30

УДК 33.3

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕННОЙ» ЭКОНОМИКИ**
**RATIONAL USE OF RENEWABLE ENERGY RESOURCES TO ENSURE SUSTAINABLE
DEVELOPMENT OF A "GREEN" ECONOMY**

Безрукова Т.Л., д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Кувшинова О.В., к.г.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Гаврилов Е.И., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Кретинин А.А., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Bezrukova T.L., Doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Kuvshinova O.V., Ph.D. in Geography, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Gavrilov E.I., graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Kretinin A.A., graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация. В статье рассматривается потенциал альтернативных источников энергии в контексте перехода промышленности на экологически безопасные технологии в связи с климатическими изменениями и истощением привычных ресурсов. Основное содержание содержит обзор различных альтернативных источников энергии, их достоинства, а также возможные препятствия и перспективы перехода российской экономики на рациональное использование природных ресурсов для обеспечения устойчивого развития «зеленой» экономики.

Abstract. This article examines the potential of alternative energy sources in the context of industrial transition to environmentally friendly technologies due to climate change and the depletion of traditional resources. The main content provides an overview of various alternative energy sources, their advantages, and potential barriers and prospects for the Russian economy's transition to the rational use of natural resources to ensure the sustainable development of a "green" economy.

Ключевые слова: альтернативное топливо, углеродный след, углеродные единицы, углеродная нейтральность.

Keywords: alternative fuel, carbon footprint, carbon units, carbon neutrality.

В условиях изменения климата и истощения запасов нефти, газа и угля развитие альтернативной энергетики становится всё более актуальным. Переход на экологически чистые энергоносители — это уже не просто вынужденная мера, а стратегический вектор развития и модернизации. Альтернативные виды топлива активно внедряются в производство.

Природный газ, биодизель и спиртовые соединения уже широко используются, а водород только начинает занимать свою нишу.

Россия, располагающая обширными ресурсами нефти и газа, сталкивается с необходимостью смены энергетической парадигмы на экологически чистую, что становится особенно актуальным на фоне экономических ограничений и сдвигов в структуре мировых энергетических рынков. В. И. Локтионов подчеркивает, что планета находится на грани значительных изменений, связанных с переходом к энергетике, основанной на принципах устойчивого развития [2]. Россия стоит перед выбором: либо стремительный прогресс в организационном, технологическом и техническом совершенствовании энергетической отрасли, либо безнадежное отставание от мировых лидеров. [4]. Внимание к применению альтернативных видов топлива в последние годы вызвано как экологическими, так и экономическими причинами. Экологические – увеличение выбросов CO₂, всемирное потепление, изменение климата. Экономические – нестабильность цен на традиционные виды топлива и проблемы мировой логистики, вызванные торговыми войнами между крупнейшими участниками топливно-энергетического рынка, а также региональными особенностями ценообразования.

В отличие от ископаемого энергетического топлива — нефти, газа и угля, запасы которого конечны и в конечном итоге исчерпаются, альтернативные (возобновляемые) источники энергии обещают использование природных ресурсов продолжительное время. Их отличительная черта — способность к самовосстановлению в естественных условиях, что обеспечивает практически бесконечное существование запасов в масштабах человеческой истории. К данной категории относятся энергия солнца, ветра, воды и биомассы. Ключевое свойство этих источников — возможность использования без истощения в обозримом будущем, позволяющая удовлетворять энергетические потребности общества длительное время без существенного вреда окружающей среде [2]. Трансформация энергетического сектора в направлении экологической чистоты предполагает декарбонизацию — сокращение выбросов диоксида углерода. Применение указанных источников позволяет минимизировать углеродный след, что критически важно для промышленной энергетики по ряду причин (см. рисунок 1).

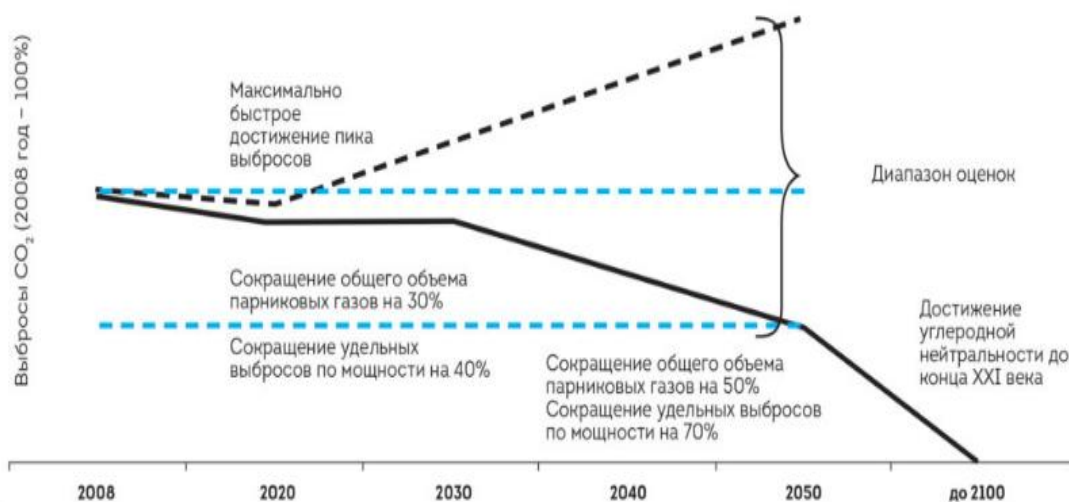


Рисунок 1 – Причины перехода промышленности на экологически чистые источники энергии

Переход на экологически чистые источники энергии подразумевает уменьшение углеродных выбросов, что помогает сократить углеродный след. С. Р. Бекулова пишет: «Развитие технологий возобновляемых источников энергии может выступить драйвером инновационной модернизации экономики и источником формирования низкоуглеродной («зеленой») экономики» [1].

Одним из альтернативных видов топлива выступает метанол. Его активно применяют в электроэнергетике, бытовых плитах, в технике сельскохозяйственного, карьерного и строительного назначения, а также он используется на водном транспорте, в общественном транспорте и автомобилях. В этом контексте метанол выступает как альтернативный энергоноситель. Лидером по разнообразию применения этого топлива является Китай. Избыток угля и нехватка нефти и газа в стране создали благоприятные условия для использования метанола, производимого из угля, в качестве топлива. Опыт Китая представляет особый интерес для оценки потенциала применения метанольного топлива в России. Особую ценность для оценки перспектив технологии в России представляет изучение китайского опыта.

В Китае сложилась уникальная структура ресурсов: при дефиците нефти и газа страна обладает избыточными запасами угля. Это создало условия для производства метанола из угля и его использования как топливного компонента. Экологически содержание оксидов серы и твёрдых частиц практически нивелируется, а выбросы оксидов азота сокращаются примерно вдвое. Экономически метанол в КНР стоит втрое дешевле дизельного топлива. Хотя его удельный расход на единицу энергии вдвое выше, суммарная экономия достигает 30%.

В углеродном балансе китайские источники указывают на снижение выбросов CO₂ на 10–30%, при этом непосредственно при сгорании образуется минимум на 10% меньше углекислого газа.

Для объективной оценки требуются независимые исследования российских специалистов. Это особенно важно для углеродного следа: китайские данные декларируют снижение CO₂ на 10–30%, однако методика «Well-to-Wheel» даёт неоднозначные результаты; достоверно подтверждено лишь сокращение выбросов на 10% при сгорании.

Помимо углеродного следа, значительно сокращаются выбросы классических загрязнителей: оксиды азота снижаются примерно вдвое, а выбросы оксидов серы и сажи практически исчезают. Экономический эффект достигается за счёт стоимости топлива. В Китае метанол втрое дешевле дизельного топлива. Несмотря на вдвое меньшую плотность энергии и, как следствие, двойной расход, итоговая экономия достигает 30%.

Нужно помнить, когда речь заходит о совокупном углеродном следе с использованием методики «от колеса до колеса», которая учитывает выбросы от добычи, переработки, транспортировки и хранения первичного сырья, результаты значительно различаются в зависимости от источника. России необходимы собственные исследования, чтобы развеять спекуляции различных заинтересованных организаций / лиц [8].

«Метанол агрессивен к некоторым металлам и прокладкам двигателя – повышает их износ. Поэтому для метанола либо используют специальные двигатели, либо лимитируют добавку в традиционное топливо (считается, что допустимая доля – до 3%) и применяют

ингибиторы» [8]. Парк метанольной техники в Китае насчитывает свыше 40 тысяч единиц. В него входят легковые автомобили «Geely, автобусы Geely и Yutong, грузовики FAW, Sinotruk, Dongfeng и Geely, также строительная техника XCMG, карьерная техника XCMG, Liugong и SANY, сельхозтехника YTO и Lovol» [8]. Глобальное производство метанольных двигателей уже развёрнуто или готовится к запуску. На рынке представлены китайские Weichai, Yuchai и CSSC, европейские MAN, Wärtsilä и Volvo, американская Caterpillar, а также Mitsubishi и Hyundai.

Производителям электрогенераторов на метаноле закрепиться на российском рынке не удастся, несмотря на их способность конкурировать с дизельными установками. Главная преграда — необходимость создания системы хранения и подачи топлива, гарантирующей герметичность и защиту от несанкционированного доступа к спирту. Аналогичные требования безопасности сдерживают и развитие автотранспорта на метаноле. Традиционная заправка через шланг в открытую емкость в данном случае недопустима.

Вопреки высокой стоимости дизельного топлива, строительные организации и сельхозпроизводители — потенциальные потребители — избегают метанольных генераторов, отдавая предпочтение дизельным аналогам. Причина кроется в российских нормативных требованиях: установки на метаноле квалифицируются как опасные производственные объекты. Это влечёт разработку проекта, госэкспертизу и строгие меры безопасности. Расходы на сертификацию персонала, охрану и ограничение доступа сводят на нет экономию на топливе. Для представителей нехимических отраслей такие бюрократические и финансовые барьеры становятся непреодолимыми.

Ориентиром могут служить оценки китайского рынка, где соотношение цен на метанол и традиционное топливо составляет три к одному. Однако в России пока не сформирован рынок метанола как энергоносителя, что не позволяет корректно сравнивать его стоимость с дизелем и бензином. Параллельно острой проблемой для всего транспорта остаётся создание систем хранения и заправочной инфраструктуры. В итоге применение метанола в России ограничивается морским транспортом, а главные препятствия связаны с жёсткими требованиями к хранению и использованию метилового спирта.

В России к морским судам, эксплуатируемым на метаноле с учетом вида транспорта — грузового и пассажирского, установлены требования Циркулярным письмом Российского морского регистра судоходства № 312-09-1760 ц [8]. Более того, «развитие судоходства на метаноле прописано в Транспортной стратегии РФ до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ № 3363-р)» [10]. «Российский метанол — химического качества, он с запасом перевыполняет требования к топливному метанолу, установленные международным стандартом ISO 6583:2024: метанол в качестве топлива для морских судов» [8].

Доказаны многие преимущества использования топливного метанола в России, но он до сих пор полномасштабно не используется. Какие причины этой проблемы? Во-первых, «метанольное судоходство только набирает обороты в мировом масштабе. Во-вторых, крупные контейнерные перевозчики из недружественных стран, лидирующие в эксплуатации метанольных судов, не заходят в российские порты из-за санкций. Пока нет никаких причин предполагать существенное изменение условий. В-третьих, флот метанольных морских судов дружественных стран тоже в самом начале своего становления, хотя и кажется

перспективным. В-четвертых, собственные российские компании пока не делают никаких шагов в направлении эксплуатации и/или строительства метанольных судов. Мировые тренды отслеживают, интересуются, но реальных действий для пилотирования пока не предпринимают – хватает более злободневных задач для немедленного решения» [9].

В России существует значительный потенциал для использования возобновляемых источников энергии: обширные территории страны создают возможности для установки ветровых и солнечных электростанций в отдалённых местах, таких как Арктика и Сибирь. В. С. Платашин акцентирует внимание на том, что Россия выигрывает благодаря своим просторам, что играет ключевую роль для развития альтернативной энергетики в отдалённых и энергетически не обеспеченных районах, таких как Забайкальский край и Арктическая зона [6]. В регионах, где добывают уголь, таких как Кемеровская область, использование солнечной и ветровой энергии может снизить затраты на добычу.

В международной практике переход на возобновляемые источники энергии заметен в таких странах, как Германия и Дания, где доля ВИЭ превышает 40%. В России реализуются проекты, включающие ветропарки и солнечные электростанции в различных регионах: в Башкортостане, в Оренбургской и Самарской областях - солнечная энергетика; в Ростовской области, на Азове — ветроэлектростанция; в Ростовской области, Калмыкии и Ставропольском крае - ветропарки. Для энергоснабжения изолированных территорий, где прокладка сетей экономически нецелесообразна, в Забайкальском крае и Бурятии применяются солнечные электростанции. Ф. С. Непша подчеркивает, что Ростовский край привлекает внимание как один из самых обещающих регионов для развития возобновляемой энергетики, что обусловлено сильными ветровыми потоками и наличием развитой инфраструктуры [5]. В. И. Локтионов акцентирует внимание на том, что Россия имеет все шансы выбрать путь к стабильному энергетическому прогрессу благодаря наличию необходимых технических, ресурсных и научных основ. [4]. Несмотря на достигнутый прогресс, внедрение возобновляемых источников энергии в России сталкивается с рядом сложностей: значительные затраты на оборудование, зависимость от импортных технологий и недостаточно развитая инфраструктура. Как отмечает Л. Л. Тонышева, «отсутствие собственных разработок мощных ветроэнергетических установок (свыше 2,5 МВт) и уход зарубежных партнеров в 2022 году мешают масштабированию возобновляемой энергетики» [7]. Неустойчивость производства энергии (например, на солнечных и ветровых электростанциях) требует наличия резервных мощностей, что ведет к увеличению затрат.

Следовательно, переход к экологически безопасному промышленному энергоснабжению открывается благодаря широким перспективам альтернативных энергоресурсов. Чтобы Россия заняла лидирующие позиции в сфере экологической модернизации, требуется всестороннее совершенствование сектора возобновляемой генерации. Основными рычагами выступают: расширение государственного содействия посредством контрактов на поставку мощностей и инвестиционных договорённостей, создание инфраструктуры для хранения электроэнергии, а также наращивание локального производственного потенциала. Хотя отрасль характеризуется значительными первоначальными вложениями и зависимостью от зарубежных технических решений, российские возможности в данном направлении остаются высокими. Реализация

запланированных мер поможет в устранении препятствий и переходе к устойчивому энергетическому прогрессу. Использование экологически чистых технологий позволит сократить выбросы углекислого газа, повысить самодостаточность энергетической инфраструктуры и ускорить технологический прогресс. Возобновляемые источники энергии закладывают основу для устойчивого развития национальной промышленности при соблюдении экологических стандартов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекулова, С. Р. Возобновляемые источники энергии в условиях новой промышленной революции: мировой и отечественный опыт / С. Р. Беркулова. – Мир новой экономики. – 2019. – Т. 13, № 4. – С. 14-21.
2. Bezrukova T. L., Kuvshinova O. V., Grigoreva S. V., Pozdeev V. L. Case method for assessing the transition of the forestry sector to the use of innovative technologies in the context of adaptation to climate change // Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations. Cham, 2025. P. 151-156.
3. Бутузов, В. А. Российская возобновляемая энергетика / В.А. Бутузов. – Энергетика и промышленность России. – 2022. – № 1. – С. 10-25.
4. Локтионов, В. И. Россия на пути к устойчивой энергетике / В. И. Локтинов. – Энергетическая политика. – 2021. – № 4. – С. 30-45.
5. Перспективы применения генерации на возобновляемых источниках энергии на угледобывающих предприятиях / Ф. С. Непша, К. А. Варанавский, В. А. Воронин, И. С. Заславский, А. С. Ливен. – Горный журнал. - 2022. - № 5. - С. 50-65.
6. Платашин, В. С. Перспективы развития возобновляемых источников энергии / В. С. Платашин. – Экономическая теория и менеджмент. – 2021. – № 3. – С. 20-35.
7. Тонышева, Л. Л. Устойчивое развитие отечественной возобновляемой энергетики: стратегические цели и механизм поддержки / Л. Л. Тонышева, Г. С. Мизинков. – Менеджмент в ТЭК. – 2023. – № 2. – С. 15-30.
8. Гаврилов, Е. И. Метанол как топливо / Е. И. Гаврилов // ИнфоТЭК. – URL: <https://itek.ru/analytics/metanol-kak-toplivo>.
9. Гаврилов, Е. И. Метанол как судовое топливо / Е. И. Гаврилов // ИнфоТЭК. – URL: <https://itek.ru/analytics/metanol-kak-sudovoe-toplivo>.
10. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года // Правительство РФ. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>.

REFERENCES

1. Bekulova, S. R. Renewable energy sources in the context of the new industrial revolution: world and domestic experience / S. R. Berkulova. – The world of the new economy. – 2019. – Vol. 13, No. 4. – pp. 14-21.
2. Bezrukova T. L., Kuvshinova O. V., Grigoreva S. V., Pozdeev V. L. Case method for assessing the transition of the forestry sector to the use of innovative technologies in the context of adaptation

- to climate change // Technological Horizons of Decarbonization Based on Environmental Innovations. Cham, 2025. pp. 151-156.
3. Butuzov, V. A. Russian renewable energy / V. A. Butuzov. – Energy and industry of Russia. – 2022. – No. 1. – pp. 10-25.
 4. Loktionov, V. I. Russia on the way to sustainable energy / V. I. Loktionov. – Energy policy. – 2021. – No. 4. – pp. 30-45.
 5. Prospects for the use of renewable energy generation at coal mining enterprises / F. S. Nepsha, K. A. Varanavsky, V. A. Voronmn, I. S. Zaslavsky, A. S. Lieven. – Mining magazine. - 2022. - No. 5. - pp. 50-65.
 6. Platashin, V. S. Prospects for the development of renewable energy sources / V. S. Platashin. – Economic theory and management. – 2021. – No. 3. – pp. 20-35.
 7. Tonysheva, L. L. Sustainable development of domestic renewable energy: strategic goals and a support mechanism / L. L. Tonysheva, G. S. Mizinkov. – Management in the fuel and energy complex. – 2023. – No. 2. – pp. 15-30.
 8. Gavrilov, E. I. Methanol as fuel / E. I. Gavrilov // InfoTEK. – URL: <https://itek.ru/analytics/metanol-kak-toplivo>.
 9. Gavrilov, E. I. Methanol as marine fuel / E. I. Gavrilov // InfoTEK. – URL: <https://itek.ru/analytics/metanol-kak-sudovoe-toplivo>.
 10. Decree of the Government of the Russian Federation dated November 27, 2021 No. 3363-r On Approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a Forecast for the period up to 2035 // Government of the Russian Federation. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf>.