

Экономические аспекты перехода на низкоуглеродную энергетику

Сорокин В.В.

Переход на низкоуглеродную энергетику имеет ряд экономических аспектов, которые могут оказать влияние на различные отрасли экономики и общество в целом. Отказ от традиционных источников энергии эмпирически не подтвердил свою экономическую эффективность, учитывая опыт западных стран в 2022 году. Тем не менее переход на низкоуглеродную энергетику является важным вопросом сохранения экологического и общественного благополучия, данные аспекты рассматриваются в исследовании. Объект исследования – энергетика, как отрасль генерации, распределения, передачи энергии. Предмет исследования – низкоуглеродная энергетика, как вид энергетики, источник которой минимизирует вред для окружающей среды путём значительного снижения выброса парниковых газов в результате хозяйственной деятельности человека. Цель исследования – раскрыть экономическое и техническое содержание низкоуглеродной энергетики в современном мире и России. В исследовании представлены исторические этапы развития низкоуглеродной энергетики. Рассмотрены положительные аспекты перехода на низкоуглеродную энергетику и низкоуглеродную экономику. Представлена классификация низкоуглеродных источников энергии по четырём источникам энергетической безопасности. Аргументировано, что наиболее перспективным направлением низкоуглеродной энергетики в России выступает биотопливо. Рассмотрены технические и экономические перспективного источника низкоуглеродной энергии – пеллет.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

ГОСТ 7.1–2003

Сорокин В.В. Экономические аспекты перехода на низкоуглеродную энергетику // Дискуссия. – 2023. – Вып. 116. – С. 46–56.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Возобновляемые источники энергии, биоэнергетика, пеллеты, энергоэффективность, парниковые газы, энергетическая безопасность, зелёные технологии.

JEL: Q400, Q420, Q570

DOI 10.46320/2077-7639-2023-1-116-46-56

Economic aspects of the transition to low-carbon energy

Sorokin V.V.

The transition to low-carbon energy has a number of economic aspects that can have an impact on various sectors of the economy and society. The rejection of traditional energy sources has not empirically confirmed its economic efficiency, taking into account the experience of Western countries in 2022. Nevertheless, the transition to low-carbon energy is an important issue of preserving environmental and social well-being, these aspects are considered in the study. The object of research is energy as a branch of generation, distribution, and transmission of energy. The subject of the study is low-carbon energy as a type of energy, the source of which minimizes damage to the environment by significant reduction of greenhouse gas emissions as a result of human economic activity. The purpose of the study is to reveal the economic and technical content of low-carbon energy in the modern world and Russia. The study presents the historical stages of low-carbon energy development. The positive aspects of the transition to low-carbon energy and low-carbon economy are considered. The classification of low-carbon energy sources according to four sources of energy security is presented. It is argued that the most promising direction of low-carbon energy in Russia is biofuels. The technical and economic aspects of using of pellets as a promising source of low-carbon energy are considered.

FOR CITATION

Sorokin V.V. Economic aspects of the transition to low-carbon energy. *Diskussiya [Discussion]*, 116, 46–56.

APA

KEYWORDS

Renewable energy sources, bioenergy, pellets, energy efficiency, greenhouse gases, energy security, green technologies.

JEL: Q400, Q420, Q570

ВВЕДЕНИЕ

Низкоуглеродная энергетика это концепция, в которой производство и потребление энергии основывается на использовании источников энергии с низким уровнем выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ, метан и дру-

гие. Низкоуглеродная энергетика предполагает в использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая, гидроэнергетика, геотермальная энергия и другие, а также использование энергоэффективных технологий и процессов. Основная идея низко-

углеродной энергетики – это снижение выбросов парниковых газов, которые по мнению сторонников низкоуглеродной энергетики являются основной причиной изменения климата на планете, соответственно замена ископаемых источников энергии на возобновляемые источники, а также повышение энергоэффективности и снижение потребления энергии, являются основной задачей низкоуглеродной энергетики. При этом низкоуглеродная энергетика, меняя энергетическую модель производства и потребления энергии формирует понятие низкоуглеродной экономики. Низкоуглеродная экономика представляет собой экономическая модель, которая предполагает снижение выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ в атмосферу с более эффективным использованием ресурсов и уменьшением негативного воздействия на окружающую среду по сравнению с традиционными источниками энергии и традиционной моделью экономики. Модель низкоуглеродной экономики предполагает, что экономический рост и развитие должны происходить без увеличения выбросов парниковых газов, что может быть достигнуто путём улучшения энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии, снижения потребления энергии и уменьшения объемов производства отходов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

История развития низкоуглеродной энергетики началась в середине 20 века, когда были обнаружены первые признаки изменения климата на планете, связанные с увеличением выбросов парниковых газов. В 1960-х годах были разработаны первые программы по использованию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, но в то время они были слишком дорогими и неэффективными. В современном мире выделяют пять основных низкоуглеродных источников энергии: «...пять низкоуглеродных источников энергии (гидроэлектроэнергия, энергия ветра, солнечная энергия, энергия биомассы и ядерная энергия) по четырем аспектам энергетической безопасности (наличие, доступность, удобство и приемлемость)» [1, с. 130].

В 1970-х годах в связи с энергетическим кризисом и растущим беспокойством об экологических проблемах начался активный поиск альтернативных источников энергии. В этот период были разработаны первые программы по использованию гидроэнергетики, геотермальной энергии и биомассы. Зарубежные исследователи отмечают в своей работе: «...распределение труда и доходов

перехода к устойчивому энергетическому балансу. Эта обновленная концепция вышла за рамки своих истоков в профсоюзах США в 1970-х годах и стала ключевым элементом многих дискуссий по всему миру с различными нюансами» [2].

В 1980-х годах началось активное развитие технологий использования солнечной и ветровой энергии. В этот период были созданы первые солнечные батареи и ветрогенераторы, которые стали все более эффективными и доступными. Исследователи в 80-х годах прошлого века акцентировали внимание на безопасность использования возобновляемых источников энергии: «Концепция рационализирует возможность того, что общество предпочтет платить больше в денежном выражении за более безопасный источник энергии, чем за менее безопасный. Это во многом объясняет интерес к возобновляемым источникам энергии, которые, по общему мнению, имеют более привлекательные экологические характеристики, чем альтернативы, основанные на ископаемом топливе и ядерном делении» [3, с. 241].

В 1990-х годах началось активное развитие технологий использования биотоплива, таких как биодизель и биоэтанол. В этот период также началось активное использование геотермальной энергии для производства электроэнергии. В это же время зарождается дискуссия о целесообразности внедрения возобновляемых источников энергии в случае снижения благополучия общества и уже тогда многие учёные указывали на факт того, что возобновляемые источники энергии не в состоянии поддерживать приемлемый уровень благополучия: «Делается вывод о том, что возобновляемые источники энергии не смогут поддерживать нынешний растущий мировой уровень использования энергии и что устойчивый мировой порядок должен основываться на принятии гораздо более низких уровней потребления энергии на душу населения, гораздо более низкого уровня жизни и экономики с нулевым ростом» [4, с. 241].

В 2000-х годах началось активное развитие технологий использования гидроэнергетики и солнечной энергии. В этот период были созданы первые крупные солнечные электростанции и гидроэлектростанции, происходит активное освоение инвестиций в развитие сектора низкоуглеродной энергетики: «На самом деле цены на ископаемое топливо и возобновляемые источники энергии, а также социальные и экологические издержки движутся в противоположных направлениях, а экономические и политические механизмы, необходимые для поддержки широкого распространения и устойчивых

рынков систем возобновляемых источников энергии, быстро развиваются» [5, с. 7].

С середины 2000-х и по настоящее время низкоуглеродная энергетика продолжает развиваться и становится все более популярной темой в обществе во всем мире, но при этом кризис на рынке энергоносителей Европы, резкое падение объёмов промышленного производства в Европе в 2022 году из-за необдуманной санкционной политики западных стран в отношении экспорта энергетических ресурсов из России убедительно доказывает экономическую несостоятельность полного перехода на низкоуглеродные источники энергии. Современные технологии позволяют использовать возобновляемые источники энергии более эффективно и экономически выгодно использовать в локальном масштабе, но в рамках крупномасштабных производственных систем подобное использование неэффективно, что показывает убедительно пример европейских стран в 2022 году. Кроме того, современные технологии позволяют повышать энергоэффективность и снижать потребление энергии в различных отраслях экономики, где затраты на генерацию и доставку энергии из традиционных источников выше, чем в среднем по отрасли. Так зарубежные исследователи отмечают следующее: *«Рост цен на энергоносители сильно ударяет по Европе – и не только по домохозяйствам. Институты, эксплуатирующие энергоёмкие суперкомпьютеры, ускорители и лазерные установки, также испытывают трудности и могут стать предвестниками краха остальной науки. Если этой осенью и зимой цены продолжат расти, «воздействие на науку будет значительным», – говорит Мартин Фрир, физик-ядерщик, возглавляющий энергетический институт Бирмингемского университета» [6, с. 1244].* Невзирая на это многие страны в настоящее время активно внедряют низкоуглеродные технологии в свою экономику. Например, Европейский союз установил цель достижения нейтральности по углероду к 2050 году, а Китай обещает достичь пика выбросов парниковых газов к 2030 году и достичь нейтральности по углероду к 2060 году, при этом китайские учёные отмечают следующее: *«Фактически низкоуглеродный переход сопровождается ростом населения, потребительских расходов, энергопотребления и энергоэффективности... потребление энергии на единицу ВВП снижается на 0,4%» [7].*

При этом следует выделить положительные аспекты низкоуглеродной энергетике и низкоуглеродной экономики:

1. Снижение выбросов парниковых газов, сама концепция низкоуглеродной энергетике направлена на снижение выбросов парниковых газов, таких как углекислый газ, метан и диоксид азота. Для этого используются различные методы, такие как улучшение энергоэффективности, использование возобновляемых источников энергии, снижение использования ископаемых топлив и т.д. Так исследователи отмечают в своей работе: *«Такая климатическая политика варьируется от стандартизации экономии автомобильного топлива до налогов на бензин, до обязательного получения определенного количества электроэнергии в регионе из возобновляемых источников энергии, до субсидирования выработки солнечной и ветровой электроэнергии до предписаний, требующих смешивания биотоплива с топливом для наземного транспорта и ограничения со стороны предложений на добычу ископаемого топлива» [8, с. 53].*

2. Низкоуглеродная энергетика ставит перед собой задачу повышения энергоэффективности, то есть использования энергии более эффективно и экономично. Для этого используются различные методы, такие как использование энергосберегающих технологий, улучшение транспортной инфраструктуры, снижение потребления энергии в производстве и т.д.

3. Использование возобновляемых источников энергии, где ставится задача увеличения доли использования возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая, гидроэнергетика и другие, что позволяет снизить зависимость от ископаемых топлив и снизить выбросы парниковых газов.

4. Устойчивое использование природных ресурсов таких как вода, почва, леса и другие. Для этого используются различные экономические и управленческие методы, такие как улучшение системы управления ресурсами, повышение эффективности использования ресурсов, уменьшение потребления воды и прочее: *«...базовый сценарий без дополнительного политического вмешательства и два так называемых «сценария устойчивости», моделирующие реализацию шести пакетов политических мер, направленных на отделение экономической деятельности от объемов производства материалов и энергии» [9, с. 204].*

5. Развитие зеленых технологий, то есть технологий, которые не наносят вреда окружающей среде и позволяют снизить выбросы парниковых газов. К таким технологиям относятся, например, электромобили, солнечные батареи, ветрогенераторы и другие, но возникают сопутствующие

риски ресурсного обеспечения: *«В результате было определено, что 13 элементов имеют очень высокий или высокий риск для развития зелёных технологий, что означает, что они могут создать проблемы в будущем: кадмий, хром, кобальт, медь, галлий, индий, литий, марганец, никель, серебро, теллур, олово и цинк. Теллур, который в основном требуется для производства солнечных фотоэлектрических элементов, представляет наибольший риск»* [10, с. 179].

6. Сотрудничество между странами в сфере снижения выбросов парниковых газов и устойчивого развития. Это может происходить через различные международные соглашения и программы, такие как Парижское соглашение по климату, Цели устойчивого развития ООН: *«17 целей в области устойчивого развития (ЦУР) Организации Объединенных Наций представляют собой новый подход к глобальному управлению, в котором постановка целей является ключевой стратегией»* [11, с. 26].

10. Адаптация к изменению климата, то есть подготовку к последствиям изменения климата и уменьшение их воздействия на экономику и общество. Для этого используются различные методы, такие как улучшение системы предупреждения и реагирования на стихийные бедствия, разработка стратегий адаптации в различных секторах экономики и т.д.: *«Степень, в которой адаптивные меры предпринимаются организациями, будет зависеть как от эндогенных факторов, таких как способность к инновациям, так и от отношения к риску, а также внешним экономическим и институциональным контекстом»* [12, с. 91].

11. Развитие экономики с низким уровнем выбросов, то есть экономики, которая не наносит вреда окружающей среде и использует ресурсы более эффективно, что достигается с помощью развития зеленых технологий, повышения энергоэффективности, использования возобновляемых источников энергии: *«Развитие низкоэмиссионных источников энергии связано с проблемами постепенного истощения запасов угля, нефти и природного газа, а также усилением парникового эффекта. Энергетическая политика должна учитывать развитие энергетических технологий с низким уровнем выбросов, которые в основном способствуют достижению целей устойчивого развития в трех измерениях: экономическом, социальном и экологическом»*

12. Социальная справедливость, то есть учет интересов всех слоев населения и обеспечение равных возможностей для всех, что предполагает развитие экономики в малообеспеченных регио-

нах, создание рабочих мест в зеленых отраслях, повышение доступности зеленых технологий.

Можно сделать вывод, что низкоуглеродная экономика – это комплексный подход к решению проблем изменения климата и перехода к устойчивому развитию, который включает в себя множество методов и технологий, а также учет интересов всех слоев населения.

Экономической основой использования низкоуглеродных источников является четыре условия энергетической безопасности: наличие, доступность, приемлемость, удобство, в России и во всем мире таким источником выступает биоэнергия, в частности пеллеты: *«Из приведенной информации следует, что производство и использование древесных (топливных) гранул является перспективной бурно прогрессирующей отраслью биоэнергетики. В ближайшей перспективе следует ожидать роста производства этих гранул как в России, так и за рубежом»* [13, с. 137]. Пеллеты имеют ряд преимуществ перед другими видами топлива. Они экологически чистые, так как производятся из биомассы, которая является возобновляемым источником энергии. Кроме того, пеллеты имеют высокую плотность, что позволяет их легко транспортировать и хранить, они также обладают высокой тепловой эффективностью и могут использоваться в различных системах отопления и котлах: *«Впервые пеллеты были изготовлены в США, а затем стали производиться и в Европе. Сейчас этот вид топлива набирает популярность в России: в разных регионах страны открываются предприятия по производству древесных пеллет, применение которых решает проблему экологически чистого высокоэффективного топлива, в том числе в сфере коммунальной энергетики. Ученые оценивают общий объем накопленного в России лигнина от 100 до 200 млн тонн»* [13, с. 74]. В России значительный запас данного вида биотоплива, который при этом активно экспортируется в западные страны, только в одном регионе Республика Коми объём экспорта составлял: *«...более 90 тыс. тонн до ввода санкций...»* [14, с. 157].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Представим низкоуглеродные источники энергии по четырём источникам энергетической безопасности на рисунке 1.

Экономические аспекты перехода на низкоуглеродную энергетику:

1. Снижение затрат на энергию: использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, может снизить затраты на энергию в долгосрочной перспективе.



Источник: составлено автором

Рисунок 1. Низкоуглеродные источники энергии по четырём источникам энергетической безопасности

Это может привести к снижению стоимости производства и повышению конкурентоспособности отдельных отраслей экономики.

2. Создание новых рабочих мест: переход на низкоуглеродную энергетику может стать источником новых рабочих мест в различных отраслях экономики, таких как производство оборудования для возобновляемых источников энергии, установка и обслуживание солнечных и ветровых электростанций и других видов оборудования.

3. Снижение зависимости от импорта энергии: использование возобновляемых источников энергии может снизить зависимость от импорта энергии и улучшить энергетическую безопасность страны.

4. Снижение выбросов парниковых газов: переход на низкоуглеродную энергетику может снизить выбросы парниковых газов и помочь бо-

роться с изменением климата на планете. Это может привести к снижению затрат на адаптацию к изменению климата и снижению рисков для экономики и общества в целом.

5. Развитие новых технологий: переход на низкоуглеродную энергетику может стать стимулом для развития новых технологий и инноваций в области энергетики. Это может привести к созданию новых рынков и возможностей для развития новых отраслей экономики.

6. Развитие экспортных возможностей: переход на низкоуглеродную энергетику может стать источником новых экспортных возможностей для страны. Это может привести к увеличению экспорта оборудования для возобновляемых источников энергии и других продуктов, связанных с низкоуглеродной энергетикой.

7. Необходимость инвестиций: переход на низкоуглеродную энергетику требует зна-

чительных инвестиций в оборудование, технологии и инфраструктуру. Однако, в долгосрочной перспективе это может оказаться экономически выгодным и привести к снижению затрат на энергию и повышению конкурентоспособности страны.

Одним из самых перспективных источников низкоуглеродной энергии на наш взгляд выступают пеллеты.

Пеллеты (или брикеты) – это компактные блоки из сжатых остатков древесины, таких как опилки, щепа, древесная кора и т.д., используемые в качестве альтернативного источника топлива для производства энергии – рисунок 2.

Одним из главных преимуществ использования пеллет в качестве топлива является их экологическая чистота. При сжигании палет выбрасывается значительно меньше вредных веществ, чем при сжигании традиционных источников топлива, таких как уголь или нефть. Кроме того, палеты являются возобновляемым источником

топлива, так как они производятся из остатков древесины, которые обычно являются отходами от лесозаготовительных работ или производства древесной продукции.

Использование пеллет является более экономически выгодным, так как они обычно стоят дешевле, чем традиционные источники топлива. Кроме того, палеты могут быть произведены на месте, что позволяет сократить затраты на транспортировку топлива, что очень важно для труднодоступных поселений Дальнего Востока и Крайнего Севера.

Экономические и технические характеристики пеллет зависят от многих факторов, таких как тип древесных отходов, используемых для их производства, метод производства, размер и форма палет, а также спроса на рынке, стоимость древесных отходов, стоимость энергии, затраты на производство и транспортировку. Обычно стоимость пеллет на рынке ниже, чем у традиционных источников топлива, таких как уголь или нефть.

Характеристики топливных гранул из различных видов сырья

Виды сырья	Средний насыпной вес, кг/м ³	Теплотворность, ккал/кг	Зольность, %	Влажность, %
Древесина	550-600	4610	0,29	9,7
Лузга подсолнечника	550-600	4780	2,53	10
Солома зерновых	550-600	4187	0,41	8,0-10,0
Барда послеспиртовая	650	4539	0,77	9,3
Камыш	558	3978	4,1	8,1



Сырьём для производства пеллет и брикетов могут быть древесные отходы: кора, опилки, щепа и другие отходы лесозаготовки, а также отходы сельского хозяйства: отходы кукурузы, солома, отходы крупяного производства, лузга подсолнечника, а также отходы жизнедеятельности птицы.

8

Источник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stroiteh-msk.ru/materialy/iz-chego-delayut-pellety-dlya-otopleniya-88-foto.html>

Рисунок 2. Виды пеллет и их характеристики

Основные технические характеристики пеллет:

1. Диаметр: обычно пеллеты имеют диаметр от 6 до 8 мм. Это позволяет им легко проходить через системы транспортировки и сгорать в котлах и печах.

2. Длина: длина пеллет может варьироваться от 10 до 30 мм. Она также может влиять на качество и эффективность сгорания.

3. Плотность: плотность пеллет обычно составляет от 600 до 750 кг/м³. Высокая плотность позволяет легко транспортировать и хранить пеллеты.

4. Влажность: влажность пеллет должна быть не более 10%. Высокая влажность может привести к низкой тепловой эффективности и затруднить сгорание.

5. Теплотворная способность: теплотворная способность пеллет обычно составляет от 4 до 5 кВт/кг. Это означает, что каждый килограмм пеллет может выделять от 4 до 5 кВт тепла.

6. Зольность: зольность пеллет должна быть не более 0,5%. Высокая зольность может привести к образованию нагара и затруднить сгорание.

Технические характеристики пеллет также могут влиять на их эффективность и применимость в различных отраслях промышленности. Например, размер и форма пеллет могут влиять на их транспортировку и хранение, а плотность и содержание влаги могут влиять на их эффективность при сжигании.

Производство пеллет может быть осуществлено различными методами, но наиболее распространенным методом является производство пеллет методом прессования, представим техническое описание производства пеллет методом прессования:

1. Подготовка сырья: древесные отходы, такие как опилки, щепа, стружка и другие биомассы, собираются и транспортируются на производственную площадку. Затем сырье проходит через этапы очистки и сортировки, чтобы удалить примеси и несоответствующие материалы.

2. Измельчение: после подготовки сырья оно измельчается в специальном оборудовании, таком как дробилки или молотковые мельницы. Это позволяет получить мелкие частицы, которые легко прессуются в пеллеты.

3. Смешивание: после измельчения сырье смешивается с водой, чтобы получить однородную массу. В некоторых случаях в смесь могут добав-

ляться различные добавки, такие как красители или связующие вещества.

4. Прессование: полученная смесь подается в пресс, где под давлением прессуется в цилиндрические гранулы. Прессование происходит при высокой температуре и давлении, что позволяет пеллетам сохранять свою форму и плотность.

5. Сушка: после прессования в специальных сушильных камерах, чтобы удалить излишнюю влагу. Сушка происходит при определенной температуре и влажности, чтобы сохранить качество и эффективность пеллет.

6. Упаковка: после сушки пеллеты упаковываются в мешки или биг-бэги и готовятся к транспортировке и продаже. Упаковка может быть различной, в зависимости от требований заказчика и способа транспортировки.

7. Контроль качества: на каждом этапе производства пеллеты проходят контроль качества, чтобы гарантировать их соответствие стандартам и требованиям заказчика. Контроль качества может включать в себя анализ содержания влаги, зольности, теплотворной способности и других параметров.

В целом, производство пеллет является технологическим процессом, который может быть осуществлен с использованием различных методов и древесных отходов. Однако, для обеспечения эффективности и безопасности производства, необходимо учитывать все аспекты производства, такие как использование устойчиво управляемых лесов, экологически чистых методов производства и соблюдение стандартов качества и безопасности.

ОБСУЖДЕНИЕ

Следует отметить, что производство пеллет считается бизнесом с повышенными рисками: *«Пеллетный бизнес считается высокорисковым во всех странах мира, так как сильно зависит от государственных дотаций. В России эта отрасль тоже получает определенную господдержку, которую производители считают недостаточной»* [16]. Экономически выгодным выступает направление использования пеллет в качестве топлива для газогенераторов: *«Применение пеллет, полученных из смеси древесных и полиэтиленовых отходов для газификации, позволяет увеличить теплотворную способность генераторного газа на 30-35% по сравнению с генераторным газом, полученным при газификации древесного топлива»* [17, с. 34].

Необходимо учитывать, что производство пеллет может привести к дополнительному вы-



рубанию лесов и снижению биоразнообразия. Кроме того, при производстве пеллет могут использоваться химические вещества, которые могут быть вредными для окружающей среды и здоровья людей. Таким образом, использование пеллет в качестве источника топлива имеет свои преимущества и недостатки, и должно быть рассмотрено в контексте конкретной ситуации и учитывать экологические, экономические и социальные аспекты. Для уменьшения негативного влияния на окружающую среду и здоровье людей, необходимо использовать только сертифицированные пеллеты, произведенные из остатков древесины, полученных из устойчиво управляемых лесов. Кроме того, необходимо сократить использование химических веществ при производстве пеллет и улучшить систему утилизации отходов от их производства. Также стоит учитывать, что пеллеты не являются универсальным источником топлива и могут быть неэффективными в некоторых отраслях промышленности. Например, для производства стали и цемента

требуется высокотемпературный процесс, который может быть сложно обеспечить с помощью пеллет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, использование пеллет в качестве источника топлива может быть полезным для снижения выбросов вредных веществ и уменьшения зависимости от традиционных источников топлива. Однако, необходимо учитывать все аспекты и принимать меры для минимизации негативного влияния на окружающую среду и здоровье людей. Производство пеллет, это сложный и технологичный процесс, который требует высокой квалификации персонала и использования специального оборудования. Однако, благодаря возможности использования древесных отходов в качестве сырья, производство пеллетов является экологически чистым и эффективным способом производства топлива, экономическая эффективность которого обусловлена логистическими и транспортными трудностями доставки традиционных источников энергии до потребителя.

Список литературы

1. *Ren J., Sovacool B.K.* Prioritizing low-carbon energy sources to enhance China's energy security // *Energy conversion and management*. 2015. Т. 92. С. 129-136. DOI 10.1016/j.enconman.2014.12.044.
2. *García-García P., Carpintero Ó., Buendía L.* Just energy transitions to low carbon economies: A review of the concept and its effects on labour and income // *Energy Research & Social Science*. 2020. Т. 70. С. 101664. DOI 10.1016/j.erss.2020.101664.
3. *Holdren J.P., Morris G., Mintzer I.* Environmental aspects of renewable energy sources // *Annual Review of Energy*. 1980. Т. 5. № 1. С. 241-291.
4. *Trainer F.E.* Can renewable energy sources sustain affluent society? // *Energy Policy*. 1995. Т. 23. № 12. С. 1009-1026. DOI 10.1016/0301-4215(95)00085-2.
5. *Herzog A.V. et al.* Renewable energy sources // *Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Forerunner Volume - 'Perspectives and overview of life support systems and sustainable development*. 2001. Т. 76. С. 1 - 63.
6. *Kwan J.* Europe's energy crisis hits science hard // *Science (New York, NY)*. 2022. Т. 377. № 6612. С. 1244-1245.
7. *Shi H. et al.* The impact of China's low-carbon transition on economy, society and energy in 2030 based on CO2 emissions drivers // *Energy*. 2022. Т. 239. С. 122336.
8. *Gillingham K., Stock J.H.* The cost of reducing greenhouse gas emissions // *Journal of Economic Perspectives*. 2018. Т. 32. № 4. С. 53-72. DOI 10.1257/jep.32.4.53.
9. *Giljum S. et al.* Modelling scenarios towards a sustainable use of natural resources in Europe // *Environmental Science & Policy*. 2008. Т. 11. № 3. С. 204-216. DOI 10.1016/j.envsci.2007.07.005.
10. *Valero A. et al.* Material bottlenecks in the future development of green technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Т. 93. С. 178-200. DOI 10.1016/j.rser.2018.05.041.
11. *Biermann F., Kanie N., Kim R.E.* Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2017. Т. 26. С. 26-31. DOI 10.1016/j.cosust.2017.01.010.
12. *Berkhout F.* Adaptation to climate change by organizations // *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*. 2012. Т. 3. № 1. С. 91-106. DOI 10.1002/wcc.154.
13. *Севастьянова С.Н.* Биоэнергетика. Древесные (топливные) гранулы / С.Н. Севастьянова // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009. № 10 (104). С. 133-138. EDN MLUFMJ.
14. *Костюченко И.В.* Древесная биомасса как перспективный вид топлива для котельных установок жилого сектора / И.В. Костюченко // *Экономика строительства*. 2022. № 12. С. 73-81. EDN GPFENX.
15. *Исраилова Э.А.* Рынок твердого биотоплива Российской Федерации / Э.А. Исраилова, Д.В. Личковаха // *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ)*. 2022. № 3 (79). С. 152-158. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2022.79.3.020. EDN YTAYBK.
16. *Кархова С.А.* Оценка тенденций мирового рынка древесных пеллет и перспективы Российской Федерации на данном рынке / С.А. Кархова // *Baikal Research Journal*. 2022. Т. 13. № 3. DOI 10.17150/2411-6262.2022.13(3).23. EDN LDQBBS.
17. *Андреев А.А.* Ресурсосберегающее топливо для автотракторных газогенераторов / А.А. Андреев, Д.Ю. Чижевская // *Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля*. 2021. № 6 (48). С. 28-35. EDN FVOTNL.

References

1. *Ren J., Sovacool B.K.* Prioritizing low-carbon energy sources to enhance China's energy security // *Energy conversion and management*. 2015. Т. 92. P. 129-136. DOI 10.1016/j.enconman.2014.12.044.
2. *García-García P., Carpintero Ó., Buendía L.* Just energy transitions to low carbon economies: A review of the concept and its effects on labour and income // *Energy Research & Social Science*. 2020. Т. 70. P. 101664. DOI 10.1016/j.erss.2020.101664.
3. *Holdren J.P., Morris G., Mintzer I.* Environmental aspects of renewable energy sources // *Annual Review of Energy*. 1980. Т. 5. № 1. P. 241-291.
4. *Trainer F.E.* Can renewable energy sources sustain affluent society? // *Energy Policy*. 1995. Т. 23. № 12. P. 1009-1026. DOI 10.1016/0301-4215(95)00085-2.
5. *Herzog A.V. et al.* Renewable energy sources // *Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Forerunner Volume - 'Perspectives and overview of life support systems and sustainable development*. 2001. Т. 76. P. 1 - 63.
6. *Kwan J.* Europe's energy crisis hits science hard // *Science (New York, NY)*. 2022. Т. 377. № 6612. P. 1244-1245.
7. *Shi H. et al.* The impact of China's low-carbon transition on economy, society and energy in 2030 based on CO2 emissions drivers // *Energy*. 2022. Т. 239. P. 122336.
8. *Gillingham K., Stock J.H.* The cost of reducing greenhouse gas emissions // *Journal of Economic Perspectives*. 2018. Т. 32. № 4. P. 53-72. DOI 10.1257/jep.32.4.53.
9. *Giljum S. et al.* Modelling scenarios towards a sustainable use of natural resources in Europe // *Environmental Science & Policy*. 2008. Т. 11. № 3. P. 204-216. DOI 10.1016/j.envsci.2007.07.005.
10. *Valero A. et al.* Material bottlenecks in the future development of green technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Т. 93. P. 178-200. DOI 10.1016/j.rser.2018.05.041.
11. *Biermann F., Kanie N., Kim R.E.* Global governance by goal-setting: the novel approach of the UN Sustainable Development Goals // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 2017. Т. 26. P. 26-31. DOI 10.1016/j.cosust.2017.01.010.
12. *Berkhout F.* Adaptation to climate change by organizations // *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*. 2012. Т. 3. № 1. P. 91-106. DOI 10.1002/wcc.154.
13. *Sevastyanova S.N.* Bioenergetics. Wood (fuel) pellets / S.N. Sevastyanova // *Bulletin of Orenburg State University*. 2009. № 10(104). P. 133-138. EDN MLUFMJ.
14. *Kostyuchenko I.V.* Wood biomass as a promising type of fuel for boiler installations in the residential sector / I.V. Kostyuchenko // *Economics of construction*. 2022. № 12. P. 73-81. EDN GPFENX.
15. *Israilova E.A.* Solid biofuel market of the Russian Federation / E.A. Israilova, D.V. Lichkovakha // *Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH)*. 2022. № 3 (79). P. 152-158. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2022.79.3.020. EDN YTAYBK.
16. *Karkhova S.A.* Assessment of trends in the world market of wood pellets and prospects of the Russian Federation in this market / S.A. Karkhova // *Baikal Research Journal*. 2022. Vol. 13. № 3. DOI 10.17150/2411-6262.2022.13(3).23. – EDN LDQBBS.

17. *Andreev A.A. Resource-saving fuel for automotive gas generators / A.A. Andreev, D.Yu. Chizhevskaya // Bulletin of Lugansk*

State University named after Vladimir Dahl. 2021. № 6 (48). P. 28-35. EDN FVOTNL.

Информация об авторах

Сорокин В.В., аспирант Международного института энергетической политики и дипломатии Московского государственного института международных отношений МИД РФ (г. Москва, Российская Федерация). Почта для связи с автором: Sorok.V.V.@mail.ru

Information about the author

Sorokin V.V., Ph.D student of the International Institute of Energy Policy and Diplomacy of the Moscow State Institute of International Relations of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). Corresponding author: Sorok.V.V.@mail.ru

Информация о статье

Дата получения статьи: 26.01.2023
Дата принятия к публикации: 27.02.2023

Article Info

Received for publication: 26.01.2023
Accepted for publication: 27.02.2023

© Сорокин В.В., 2023.

© Sorokin V.V., 2023.