

Роль возобновляемых источников энергии в снижении выбросов парниковых газов: перспективы и вызовы для Дальнего Востока России

Role of renewable energy sources in reducing greenhouse gas emissions: prospects and challenges for Russia's Far East

Виталий БУШУЕВ

Ведущий научный сотрудник, д. т. н., профессор, Объединенный институт высоких температур РАН; Институт энергетической стратегии
E-mail: vital@guies.ru

Дмитрий СОЛОВЬЕВ

Старший научный сотрудник, к. ф.-м. н., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; Объединенный институт высоких температур РАН
E-mail: solovev@ocean.ru

Наталья СОКОТУЩЕНКО

Начальник отдела, Государственный университет «Дубна»
E-mail: sokotushenko.nat@mail.ru

Vitalii BUSHYEV

Doctor of Technical Sciences, Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences; Institute of Energy Strategy
E-mail: vital@guies.ru

Dmitry SOLOVYEV

Senior Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences; Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences
E-mail: solovev@ocean.ru

Natalya SOKOTUSHCHENKO

Department head, Dubna State University
E-mail: sokotushenko.nat@mail.ru

Аннотация. Данная статья исследует роль возобновляемых источников энергии в смягчении выбросов парниковых газов на Дальнем Востоке России (ДФО). В исследовании проанализированы мировые тенденции выбросов парниковых газов и вклад крупных экономик, таких как Россия, США, Китай и Европейский союз. Кроме того, акцент сделан на конкретных регионах России, особенно на Сибирском федеральном округе и Дальневосточном федеральном округе (ДФО), где проанализированы паттерны выбросов. Анализ показывает устойчивый рост выбросов парниковых газов как в Сибирском федеральном округе, так и в Дальневосточном федеральном округе, что требует срочных мер по решению экологических проблем. Исследование подчеркивает важность перехода к чистым источникам энергии и потенциальные выгоды использования местных ресурсов для сокращения зависимости от ископаемых топлив. Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая и гидроэнергия, выступают как перспективные решения для борьбы с выбросами в регионе. В статье представлены результаты оценки влияния солнечной фотоэлектрической энергии на сокращение выбросов углекислого газа. Подробные прогнозы выбросов парниковых газов в ДФО показывают важность усилий каждого региона в достижении общих целей по сокращению эмиссии CO₂. Использование технологий возобновляемой энергии, особенно солнечной энергии, значительно снизило выбросы углекислого газа. Анализ показывает, что установленные солнечные электростанции в ДФО, особенно в Республике Бурятия и Забайкальском крае, способствуют сокращению выбросов CO₂ на приблизительно 99,96 тыс. т ежегодно.

Ключевые слова: выбросы, парниковые газы, возобновляемые источники энергии, Дальний Восток России, устойчивое развитие.

Abstract. This article explores the role of renewable energy sources in mitigating greenhouse gas emissions in Russia's Far East (FEFD). The study analyzes the global greenhouse gas emissions trends and the contributions of major economies like Russia, the USA, China, and the EU. Additionally, it focuses on specific regions within Russia, particularly the Siberian Federal District and the Far Eastern Federal District (FEFD), evaluating their emissions patterns. The analysis indicates a sustained increase in greenhouse gas emissions in both the Siberian and Far Eastern Federal Districts over the years, necessitating urgent actions to address the environmental challenges. The study highlights the importance of transitioning towards clean energy alternatives and the potential benefits of utilizing local resources to reduce reliance on fossil fuels. Renewable energy sources, such as solar, wind, and hydroelectric power, emerge as promising solutions to combat emissions in the region. The article provides insights into the utilization of solar photovoltaic (PV) power and its impact on reducing CO₂ emissions. Detailed forecasts for greenhouse gas emissions in the FEFD showcase the significance of each region's efforts in contributing to the overall reduction targets. The implementation of renewable energy technologies, especially solar energy, has demonstrated notable reductions in carbon emissions. The analysis shows that the existing solar photovoltaic installations in the FEFD, particularly in the Republic of Buryatia and Zabaykalsky Krai, have significantly contributed to reducing CO₂ emissions by approximately 99.96 thousand tons annually.

Keywords: emissions, greenhouse gases, renewable energy sources, Russian Far East, sustainable development.

Введение

Оценка выбросов парниковых газов в рамках понятия «геотория» (географическая территория) является важным инструментом для более точного анализа

и понимания динамики выбросов в определенных регионах [1]. Различные регионы имеют свои уникальные особенности, такие как структура экономики, энергетический сектор, природные ресурсы и демография. Оценка выбросов на уровне геоторий

позволяет учитывать эти разнообразные характеристики, что важно для разработки эффективных стратегий по сокращению выбросов и устойчивому развитию в каждом регионе.

Точность и надежность данных – еще одно преимущество оценки выбросов на уровне геоторий. Такой подход использует более точные и надежные данные, основанные на местных статистиках и источниках, что делает анализ более релевантным и полезным для разработки соответствующих мероприятий.

Путем оценки выбросов на уровне геоторий можно сравнивать различные регионы и выявлять тенденции и различия между ними. Это помогает найти успешные практики и определить области, где необходимы дополнительные усилия для сокращения выбросов.

Использование понятия геотория позволяет разрабатывать более устойчивые и адаптированные к местным условиям стратегии по снижению выбросов. Решения, основанные на местных данных и потребностях, могут быть более эффективными и успешными.

Оценка выбросов на уровне геоторий предоставляет полезную информацию для принятия решений на местном, региональном и национальном уровнях. Это помогает формировать более осознанные политики и меры для сокращения влияния на окружающую среду и борьбы с изменением климата.

В целом, проведение оценки выбросов парниковых газов в рамках геоторий является важным инструментом для эффективного управления выбросами на региональном уровне и содействует общим усилиям по борьбе с изменением климата и устойчивому развитию.

Оценка выбросов диоксида углерода (CO₂) в Дальневосточных геоториях России является важным аспектом для понимания влияния этих регионов на изменение климата и окружающей среды



Выбросы парниковых газов
Источник: eric1513 / depositphotos.com

Геотория – это географическая единица, которая объединяет смежные территории с общими социально-экономическими и природными характеристиками [1]. Геотории – важный инструмент для изучения и анализа социогуманитарного развития регионов [2].

Геотории Дальневосточного федерального округа (ДФО) России, играют важную роль в инфраструктурном представлении Центральной Евразии, так как представляют собой центры сосредоточения местных природных ресурсов, в частности энергетических ресурсов. Эти ресурсы являются важным фактором развития не только Дальневосточного региона, но и всей страны, а также регионов, расположенных на территории Евразии [2].

Крупнейшие геотории ДФО России (рис. 1):

- Магаданская геотория (Магаданская область и Камчатский край);
- Чукотская (Арктическая) геотория (Республика Саха (Якутия) и Чукотский автономный округ);
- Амурская геотория (Хабаровский край и Амурская область);
- Байкальская геотория (Республика Бурятия и Забайкальский край);
- Сахалинская геотория (Сахалинская область).

Оценка выбросов диоксида углерода (CO₂) в Дальневосточных геоториях России является важным аспектом для

понимания влияния этих регионов на изменение климата и окружающей среды. Диоксид углерода является основным газом, приводящим к парниковому эффекту и глобальному потеплению. Важность оценки выбросов CO₂ в Дальневосточных геоториях включает в себя несколько аспектов.

Так, оценка выбросов CO₂ позволяет определить вклад этих регионов в изменение климата и его последствия, такие как рост температур, изменение погодных условий, таяние льдов и т. д. Это критически важно для понимания общего вклада территории России в глобальные климатические процессы. Оценка выбросов CO₂ помогает определить уровень зависимости регионов от ископаемых топлив и необходимость перехода к устойчивым источникам энергии на базе ВИЭ. В связи с глобальными устремлениями к снижению выбросов парниковых газов, переход к ВИЭ становится необходимостью для обеспечения устойчивого развития регионов. Россия принимает участие в международных соглашениях, направленных на снижение выбросов CO₂, таких как Парижское соглашение, что также определяет важность оценки уровня выбросов CO₂ в Дальневосточных геоториях.

ВИЭ могут играть важную роль в адаптации регионов к изменению климата и способствовать устойчивому развитию всего ДФО, обеспечивая экологически чистую энергию и улучшая качество жизни

Расширение использования ВИЭ в Дальневосточных геоториях, в первую очередь таких как солнечная и ветровая энергия, могут частично заменить использование ископаемых топлив для производства электроэнергии. Это позволяет сократить выбросы CO₂, так как ВИЭ не производят парниковых газов при эксплуатации. Продвижение ВИЭ и увеличение их доли в общей генерации электроэнергии позволят уменьшить зависимость геоторий ДФО от ископаемых источников и снизить общий уровень выбросов CO₂.

Кроме того, ВИЭ могут играть важную роль в адаптации регионов к из-

Рис. 1. Геотории в составе ДФО

Источник [2]



менению климата и способствовать устойчивому развитию всего ДФО РФ, обеспечивая экологически чистую энергию и улучшая качество окружающей среды. Это также может привлечь инвестиции и создать рабочие места в сфере возобновляемых источников энергии. Ветровые и солнечные электростанции могут быть гибкими и адаптироваться к различным климатическим условиям, что делает их ценными источниками энергии в условиях изменяющегося климата.

данных и адаптироваться к изменяющимся условиям. Это позволяет более точно предсказывать будущие значения выбросов диоксида углерода, учитывая изменения в экономике, технологиях и других факторах. Временная динамика выбросов CO₂ может содержать нелинейные зависимости и неоднородные тренды. Нейронные сети обладают способностью моделировать сложные нелинейные взаимосвязи между переменными и предсказывать неочевидные тренды. Нейронные сети позволяют делать прогнозы на различные горизон-

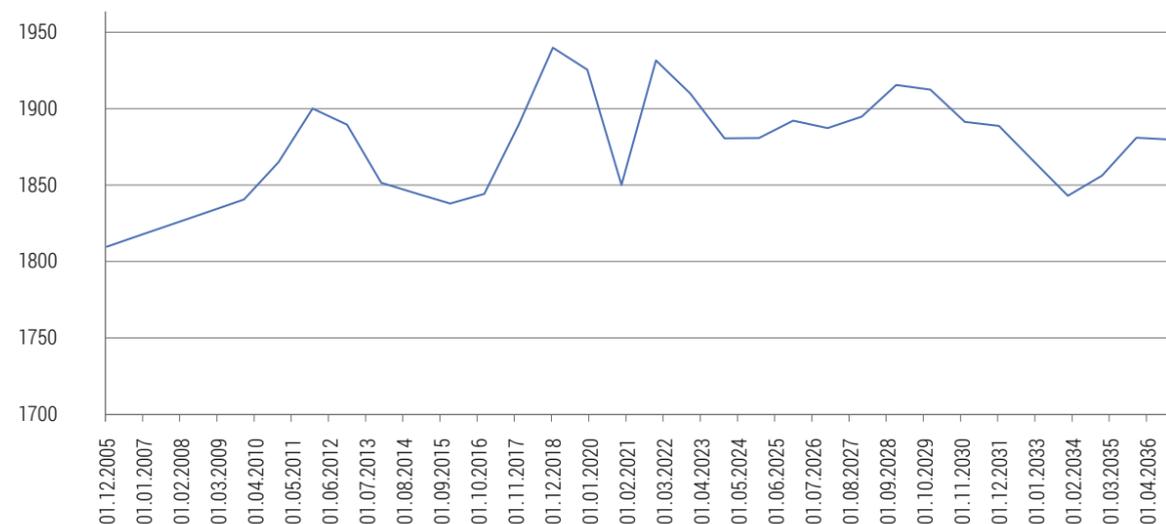


Рис. 2. Общие выбросы парниковых газов РФ (энергетика и промышленность), млн т CO₂-эквивалента в год

Источники: Росстат, результаты нейронного прогноза ИЭС

Прогнозная оценка общего состояния эмиссии CO₂ в мире и России

Использование методов нейронного прогнозирования для оценки временной динамики выбросов диоксида углерода имеет целый ряд важных преимуществ [3]. Выбросы диоксида углерода подвержены влиянию различных факторов, таких как экономические условия, технологические инновации, климатические условия и другие. Методы нейронного прогнозирования позволяют обрабатывать и анализировать сложные временные зависимости, учитывая множество факторов и взаимодействий между ними. Нейронные сети способны обучаться на основе имеющихся

ты времени, от краткосрочных до долгосрочных. Это важно для планирования эффективных мероприятий по снижению выбросов CO₂ и адаптации к изменениям климата. Методы нейронного прогнозирования также обладают высокой степенью точности в предсказании временных рядов, что делает их полезными инструментами для оценки и прогнозирования выбросов диоксида углерода с высокой степенью достоверности, что является критически важным для принятия обоснованных решений по снижению воздействия на окружающую среду и более эффективному управлению экологическими ресурсами геотерий.

На рис. 2 представлена прогнозная оценка, построенная с использованием нейронной модели ИЭС, для общих выбросов парниковых газов РФ (энергети-

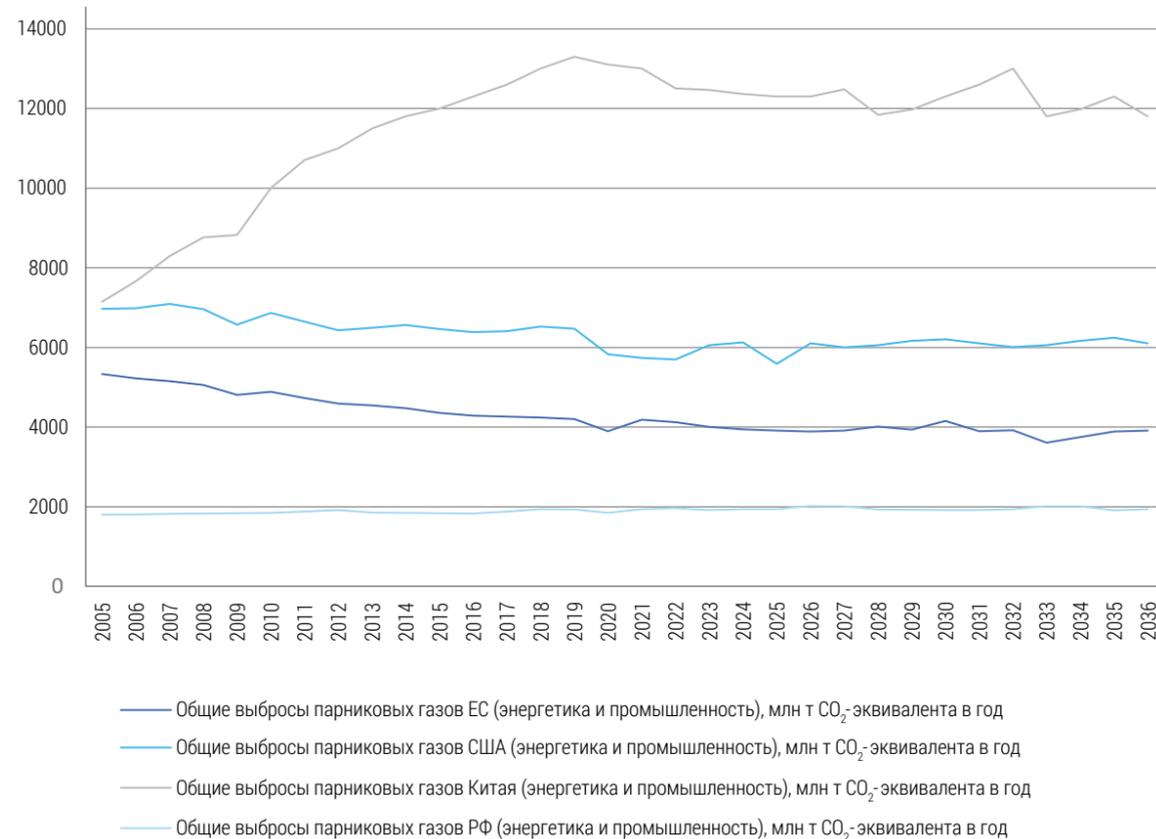


Рис. 3. Общие выбросы парниковых газов ЕС, США, КНР и РФ (энергетика и промышленность), млн т CO₂-эквивалента в год

Источники: Our World in Data, URL: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>, результаты нейронного прогноза ИЭС

ка и промышленность) [4]. Прогноз получен с использованием данных Росстата и Российского национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом.

Если оценивать полученные прогнозные среднегодовые значения общих выбросов парниковых газов (в тах CO₂-эквивалента) в России за период с 2005 по 2036 гг., включающие выбросы от энергетической и промышленной деятельности, можно сделать несколько выводов.

Общие выбросы парниковых газов в России показывают некоторую вариативность в разные годы. В первой половине периода (с 2005 по 2010 гг.) наблюдается умеренный рост выбросов. С 2011 г. происходит более заметный рост до 2020 г., после чего выбросы остаются примерно на одном уровне. В 2019 г. и 2018 г. выбросы парниковых газов достигают максимальных значений – 1933,25 и 1919,92 млн

т CO₂-эквивалента соответственно. С 2020 по 2023 гг. наблюдается некоторое снижение выбросов, связанное с отложенными последствиями экономической стагнации на фоне пандемии COVID-19, но к 2024 г. их уровень вновь начнет расти.

В период с 2030 по 2036 гг. в России прогнозируется умеренное снижение выбросов, хотя они остаются на достаточно высоком уровне.

Чтобы сделать оценку места России в рейтинге количества общих выбросов среди крупнейших промышленных стран мира был также выполнен прогноз для общих выбросов парниковых газов ЕС, США, КНР, представленный на рис. 3, из которого можно сделать некоторые наблюдения.

Общие выбросы парниковых газов (в тах CO₂-эквивалента) в Европейском союзе (ЕС) с 2005 по 2036 годы снизились с 5330 млн т до 3915 млн т. Это указывает на устойчивые усилия ЕС в сокращении выбросов парниковых газов и принятии мер для борьбы с изменением климата.

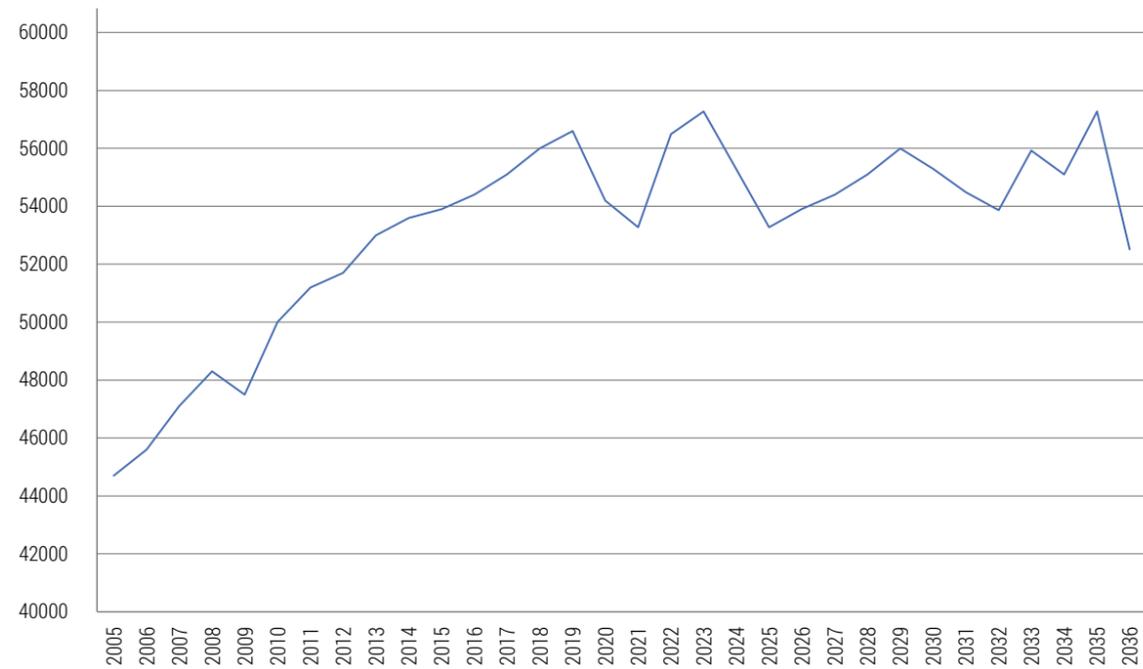


Рис. 4. Общие выбросы парниковых газов в мире (энергетика и промышленность), млн т CO₂-эквивалента в год

Источники: Our World in Data, URL: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>, результаты нейронного прогноза ИЭС

Общие выбросы парниковых газов в США также снижаются с 6970 млн т в 2005 г. до 6106 млн т в 2036 г. Это говорит о постепенной трансформации энергетического сектора и переходе к более экологически чистым источникам энергии.

В то время как общие выбросы парниковых газов в Китае стремительно росли с 7150 млн т в 2005 г. до 13000 млн т в 2032 г. Однако, начиная с 2033 г., наблюдается небольшое снижение этого показателя. Такие значительные выбросы в Китае объясняются его быстрым экономическим ростом и высоким уровнем индустриализации.

Общие выбросы парниковых газов в России с 2005 по 2036 гг. показывают

умеренный рост с 1803 млн т до 1940 млн т, оставаясь на относительно высоком уровне.

Таким образом, данные свидетельствуют о том, что Россия, Европейский союз и США предпринимают усилия по снижению выбросов парниковых газов, хотя в Европейском союзе и США этот процесс идет более активно. Важно заметить, что в перспективе сокращение выбросов становится более значимым и приобретает все большее значение в контексте глобального вызова изменения климата и необходимости борьбы с его негативными последствиями.

Если рассматривать прогнозную оценку для общих выбросов парниковых газов в мире (энергетика и промышленность) до 2036 г., представленную на рис. 4, следует отметить, что в целом глобальные выбросы парниковых газов в период с 2005 по 2036 гг. показывают некоторое увеличение с 44 700 млн т CO₂-эквивалента в 2005 г. до 52 509 млн т CO₂-эквивалента в 2036 г. Это указывает на то, что глобальные выбросы парниковых газов сохраняют тенденцию к росту, что является серьезным вызовом в контексте борьбы с изменением климата.

Отдельно стоит отметить, что выбросы парниковых газов в мире, Европейском союзе и США также показывают умеренное увеличение с 2005 г. до 2036 г., хотя этот

Нейронные сети способны обучаться на основе имеющихся данных и адаптироваться к изменяющимся условиям. Это позволяет более точно предсказывать будущие значения выбросов диоксида углерода

рост менее значителен по сравнению с Китаем. Китай с 2005 по 2032 гг. продемонстрировал быстрый рост выбросов парниковых газов, однако начиная с 2033 г., наблюдается некоторое снижение этого показателя. В 2020 г. в мире произошло временное снижение выбросов, связанное, вероятно, с пандемией COVID-19 и снижением экономической активности, но к 2021 г. уровень выбросов снова начал расти.

Для вычисления средней доли России, США, Китая и ЕС в общих выбросах парниковых газов за период с 2005 по 2036 гг., мы сначала найдем суммарные выбросы каждой из стран за этот период, а затем рассчитаем их долю от общих выбросов парниковых газов мира. В результате получим, что средняя доля выбросов парниковых газов за период с 2005 по 2036 гг. составляет примерно: Россия: 3,2 %, США: 22,09 %, Китай: 14,94 %, ЕС: 13,5 %.

Полученные результаты можно объяснить следующими факторами. Доля выбросов США выше, чем Китая, т. к. США являются одной из крупнейших экономик в мире с высоким уровнем развития промышленности и технологий. Высокий уровень производства и потребления энергии в США приводит к большим выбросам парниковых газов. В США для производства энергии до сих пор активно используется уголь и нефть, которые являются основными источниками выбросов угле-

Общие выбросы парниковых газов в Китае стремительно растут с 7150 млн т в 2005 г. до 13000 млн т в 2032 г. Однако, начиная с 2033 г., наблюдается небольшое снижение этого показателя

кислого газа. В то время как Китай стремится увеличить долю возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, чтобы снизить свою зависимость от ископаемых топлив. США имеют более высокую долю промышленности в своей экономике, чем Китай. Производственные процессы, особенно в тяжелой и энергоемкой промышленности, могут привести к большим выбросам парниковых газов.

Китай имеет гораздо большее население, чем США, и в результате может возникнуть впечатление, что его выбросы должны быть выше. Однако на практике США с их более развитой и энергоемкой экономикой все равно имеют более высокие общие выбросы.

ВЭС в селе Никольское. Камчатка, Россия

Источник: ns.mountain.ru



В целом глобальные выбросы парниковых газов в период с 2005 по 2036 гг. показывают некоторое увеличение с 44 700 млн т CO₂-эквивалента в 2005 г. до 52 509 млн т CO₂-эквивалента в 2036 г.

Если мы рассмотрим выбросы на душу населения, то выбросы в США будут выше, чем в Китае. Китай, имея огромное население, разделяет свои общие выбросы на большую численность населения, что приводит к более низким показателям на душу населения.

США и Китай значительно опережают Россию по общим выбросам парниковых газов. В среднем за этот период обе страны показывают выбросы, превышающие 50 000 млн т CO₂-эквивалента в год, тогда как Россия имеет общие выбросы около 20 000 млн т CO₂-эквивалента в год. Европейский союз также обладает более высокими выбросами по сравнению с Россией, но их уровень менее значителен, чем у США и Китая.

Прогнозная оценка выбросов диоксида углерода в восточных регионах РФ

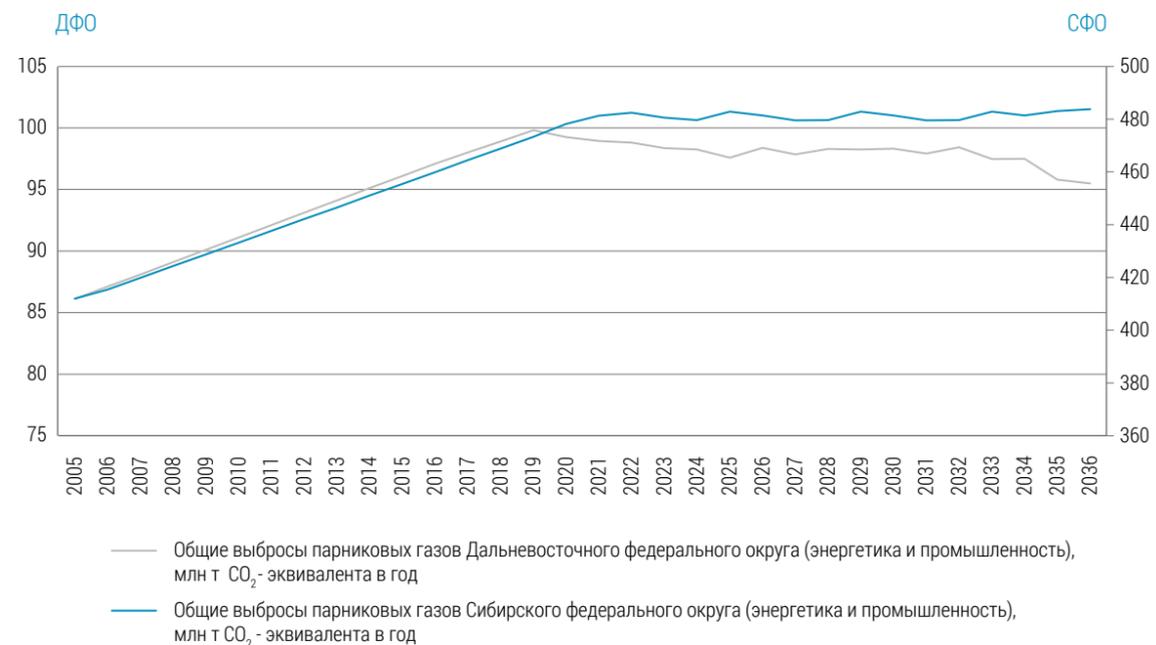
Перейдем к более детальному рассмотрению региональной составляющей выбросов диоксида углерода в Восточной части России. Если отдельно рассматривать прогнозные данные по общим выбросам парниковых газов Сибирского федерального округа и Дальневосточного федерального округа (энергетика и промышленность) РФ, представленные на рис. 5, можно провести анализ и сравнение тенденций за рассматриваемый период. Общие выбросы парниковых газов в обоих федеральных округах возрастают с течением времени, что свидетельствует о сохраняющейся тенденции роста выбросов в этих регионах.

В начале периода (2005–2006 гг.), выбросы в Сибирском федеральном округе были выше, чем в Дальневосточном федеральном округе. Однако, начиная с 2007 г., ситуация изменилась, и общие выбросы в ДФО превышают выбросы в СФО. Имеется также некоторое снижение выбросов парниковых газов в Дальневосточном федеральном округе (ДФО) начиная с 2033 г.

В целом, прогноз выбросов парниковых газов в СФО и ДФО до 2036 гг. под-

Рис. 5. Общие выбросы парниковых газов Сибирского федерального округа и Дальневосточного федерального округа (энергетика и промышленность) РФ, млн т CO₂-эквивалента в год

Источники: Росстат, результаты нейронного прогноза ИЭС



Углеродоемкость энергии, отпускаемой источниками на органическом топливе

Субъект РФ	Электроэнергия, г CO ₂ /кВт·ч		Тепло, кг CO ₂ /Гкал	
	ТЭС	ДЭС	ТЭС	Котельные
Российская Федерация, всего	605	648	301	299
В том числе по Федеральным округам РФ:				
Центральный	507	356	287	261
Северо-Западный	535	741	300	290
Южный	602	367	223	287
Северо-Кавказский	499	814	225	254
Приволжский	443	631	239	254
Уральский	584	642	291	268
Сибирский	940	752	404	431
Дальневосточный	922	692	365	499

Таблица 1. Углеродоемкость энергии, отпускаемой источниками на органическом топливе

разумеет продолжение общего тренда устойчивого роста. Для обеспечения экологической устойчивости и снижения вредного влияния на окружающую среду, необходимы дополнительные усилия в области экологической политики, внедрения экологически чистых технологий, а также повышения осведомленности и ответственности всех участников общества в отношении охраны окружающей среды. Также стоит обратить внимание на то, что в Дальневосточном федеральном округе уровень выбросов значительно ниже, чем в Сибирском федеральном округе, несмотря на их территориальную близость. Это может быть обусловлено различиями в структуре промышленности, наличием разных видов энергетических ресурсов в ДФО.

В связи с отсутствием статистических данных по общим выбросам парниковых газов для отдельных регионов РФ, для геоторий Дальнего Востока уровень выбросов оценивался на основе данных работы [5], где приведена углеродоемкость энергии, отпускаемой источниками на органическом топливе (таблица 1) и данных электробаланса Росстата по потреблению электроэнергии по субъектам Российской Федерации 2005–2022 гг.

Углеродоемкость энергии (г CO₂/кВт·ч), отпускаемой источниками на органическом топливе для потребленной электроэнергии в субъектах Дальневосточного федерального округа в среднем составляет 807 г CO₂/кВт·ч. (согласно [5] и таблице 1) Для пересчета в (млн т CO₂-эквивалента в год)

надо умножить выбросы CO₂ на коэффициент 1,02, который учитывает влияние других парниковых газов, таких как метан и оксид азота.

Таким образом, были получены данные по выбросам парниковых газов ДФО РФ (энергетика), млн т CO₂-эквивалента в год, которые показаны на рис. 6.

Рассматривая данные, приведенные на рис. 6 о выбросах парниковых газов от потребления электроэнергии для Дальневосточных геоторий можно отметить, что имеются существенные различия в выбросах между геоториями: ДФО в совокупности имеет около 4,91 % общих выбросов парниковых газов РФ за период 2008–2036 гг. При этом, каждая геотория в ДФО имеет свой вклад в выбросы, и самая значимая по выбросам геотория – Амурская геотория, которая вносит наибольший вклад в общие выбросы РФ. В течение рассматриваемого периода (с 2008 по 2036 гг.) выбросы парниковых газов значительно различаются между разными геоториями. Например, Магаданская геотория имеет более низкие выбросы по сравнению с другими геоториями, в то время как Амурская и Сахалинская геотории имеют более высокие выбросы. В течение периода 2008–2036 годы в некоторых геоториях (например, Чукотская геотория и Магаданская геотория) наблюдается тенденция к снижению выбросов парниковых газов. Это положительный тренд, который может быть связан с внедрением более эффективных технологий, улучшением энергоэффектив-

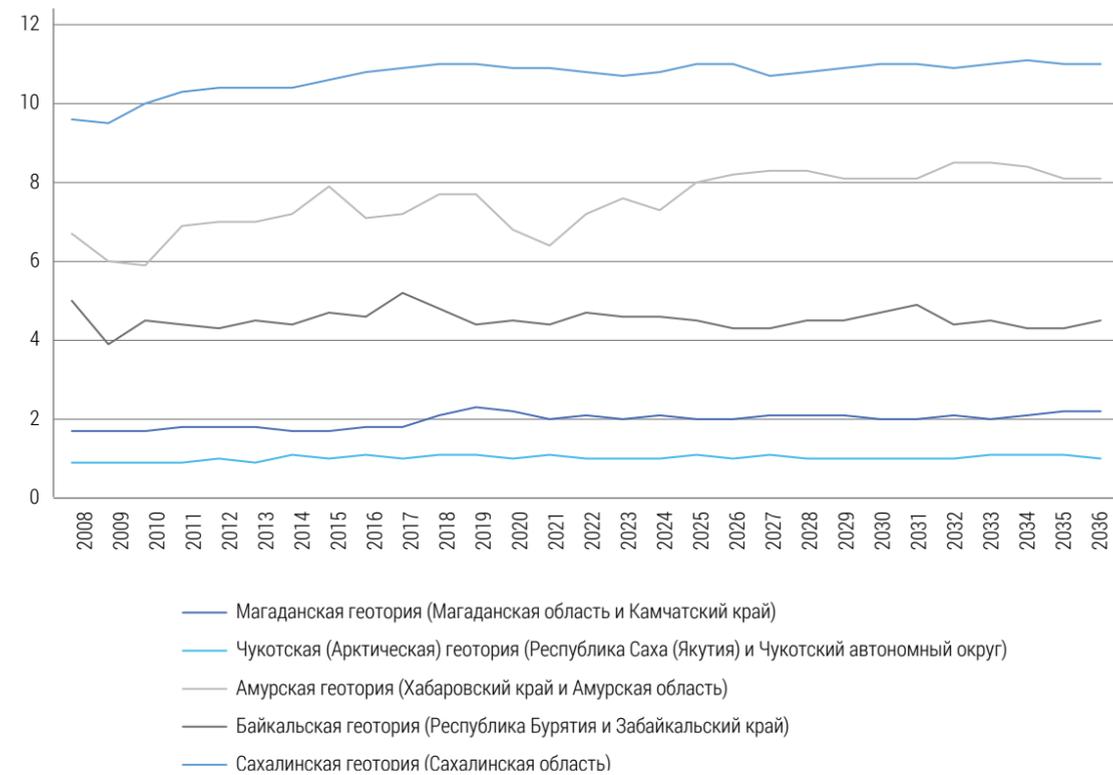


Рис. 6. Выбросы парниковых газов от потребления электроэнергии в геоториях ДФО РФ, млн т CO₂-эквивалента в год

Источники: Росстат, результаты нейронного прогноза ИЭС

ности и переходом на более экологически чистые источники энергии. В то же время, в некоторых геоториях, таких как Амурская и Сахалинская, выбросы остаются относительно стабильными или даже немного повышаются. Это может быть вызвано ростом потребления электроэнергии в этих регионах и недостаточным использованием экологически чистых источников энергии. Различия в выбросах могут быть обусловлены региональными особенностями

и переходом на более экологически чистые источники энергии. В то же время, в некоторых геоториях, таких как Амурская и Сахалинская, выбросы остаются относительно стабильными или даже немного повышаются. Это может быть вызвано ростом потребления электроэнергии в этих регионах и недостаточным использованием экологически чистых источников энергии. Различия в выбросах могут быть обусловлены региональными особенностями

В ДФО уровень выбросов значительно ниже, чем в СФО, несмотря на их территориальную близость. Это обусловлено различиями в структуре промышленности и разными видами энергоресурсов

Роль ВИЭ в снижении выбросов в ДФО РФ

Ориентация на местные ресурсы и расширенное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в геоториях была бы значимым шагом с экологической точки зрения. Замена традиционных ископаемых топлив (например, нефти, мазута, газа и угля) на чистые источники энергии позволит значительно снизить выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ в атмосферу.

Возобновляемые источники энергии, такие как солнечная, ветровая, и гидроэнергия, являются чистыми и экологически безопасными альтернативами. Их использование не только снизит выбросы парниковых газов, но также содействует сохранению природных ресурсов и биоразнообразия регионов.

Трансформация геоторий в чистые экологические оазисы будет способствовать улучшению качества окружающей среды, защите здоровья населения и поддержанию устойчивого развития регионов. Помимо экологических выгод, развитие ВИЭ и сокращение выбросов вредных веществ также могут привести к сокращению затрат на транспортировку угля, нефти и газа, что стимулирует экономическую самостоятельность регионов.

В целом, ориентирование геоторий на местные ресурсы, включая ВИЭ, представляется перспективным шагом для обеспечения чистой, устойчивой и экологически безопасной энергетики в регионах Дальнего Востока России. Это поможет стране двигаться в направлении устойчивого развития и содействовать глобальным усилиям по борьбе с изменением климата и сохранению окружающей среды.

На основе данных о суммарной установленной мощности солнечных фотоэ-

Трансформация геоторий в чистые экологические оазисы будет способствовать улучшению качества окружающей среды, защите здоровья населения и поддержанию устойчивого развития регионов

лектрических электростанций, работающих в геоториях ДФО на начало 2022 г. для регионов с суммарной мощностью СЭС более 5 МВт, построенных по программе ДПМ проведем расчет выработки электроэнергии в отдельных регионах ДФО. Было принято среднегодовое значение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) по данным «Системного оператора» Единой ЭС РФ 2020–2021 гг.: 15,2 % по солнечным электростанциям 14,6 % [6]. Расчет сокращения выбросов CO₂ проводился с использованием методики предложенной в работе [7]. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Анадырская ветряная электростанция 2 МВт на мысе Обсервации Анадырского района

Источник: goarctic.ru



Федеральный округ (ФО), субъект РФ	Установленная мощность СЭС на 01.01.22 г., МВт	Выработка ЭЭ за год, млн кВт·ч	Сокращение выбросов CO ₂ , тыс. т
Дальневосточный ФО, в том числе:	165		
Респ. Бурятия	115	153,12	69,67
Забайкальский край	50	66,58	30,29
Всего по ДФО РФ на 01.01.22 г.	330	219,7	99,96

Таблица 2. Оценка производства электроэнергии и сокращений выбросов CO₂ и на действующих солнечных электростанциях в ДФО России (по состоянию на 01.01.2022 г.)

Источник: НП Совет рынка. Перечень квалифицированных энергообъектов, функционирующих на основе ВИЭ. – URL: <https://www.np-sr.ru/ru/market/vie/index.htm>

Согласно таблице 2, на начало 2022 года в ДФО установлена солнечная мощность СЭС общей мощностью 330 МВт. Эти солнечные электростанции смогли выработать около 219,7 млн кВт·ч электроэнергии за год. Это важный вклад в обеспечение региона солнечной энергией.

Однако, помимо экономии на производстве электроэнергии, использование солнечных электростанций позволило сократить выбросы углекислого газа на 99,96 тысяч т. Это значительное снижение вредных выбросов, которое оказывает положительное влияние на окружающую среду и помогает снизить влияние на изменение климата.

Таким образом, солнечные электростанции в ДФО играют важную роль в сокращении выбросов парниковых газов и в переходе к более чистой и устойчивой энергетике. Продолжение развития солнечной энергетики в регионе и внедрение возобновляемых источников энергии в других сферах экономики могут стать ключевыми шагами к обеспечению устойчивого развития и защите окружающей среды в Дальневосточном федеральном округе и в России в целом.

Из приведенного примера расчетов с оценками производства электроэнергии и сокращений выбросов CO₂ и на действующих солнечных электростанциях в ДФО России можно сделать несколько важных выводов о роли возобновляемых источников энергии в снижении выбросов парниковых газов в Дальневосточном федеральном округе ДФО РФ:

1. Эффективность сокращения выбросов. Использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия (СЭС), позволяет добиться значительного снижения выбросов парниковых газов. Например, в данном приме-

ре установленная мощность солнечных электростанций составляет 165 МВт, что позволило сократить выбросы CO₂ на 99,96 тыс. т CO₂-эквивалента в год. Это является значительным вкладом в снижение загрязнения атмосферы парниковыми газами.

2. Региональное воздействие. Каждая геотория (регион) в ДФО вносит свой вклад в снижение выбросов CO₂. В данном примере установленные солнечные электростанции в Республике Бурятия и Забайкальском крае позволили сократить выбросы на 69,67 тыс. т и 30,29 тыс. т CO₂-эквивалента в год соответственно.

3. Важность разнообразия ВИЭ. Применение различных видов возобновляемых источников энергии в разных регионах позволяет оптимизировать снижение выбросов. Например, солнечные электростанции имеют свои особенности и применимы не во всех условиях. Регионы могут воспользоваться также ветровой энергией, гидроэнергией и другими ВИЭ, адаптируя использование к особенностям своей территории.

Значительное сокращение выбросов достигается не сразу, а постепенно, по мере развертывания и развития возобновляемых источников энергии. Важно поощрять инвестиции в ВИЭ и стимулировать развитие этой отрасли. Применение возобновляемых источников энергии позволяет создавать экологически чистые зоны (экологические оазисы), которые способствуют более чистой и здоровой окружающей среде, а также снижают зависимость от традиционных источников энергии, таких как нефть и уголь.

Выводы

В результате прогнозной оценки общего состояния эмиссии CO₂ в мире и России было выявлено, что выбросы парниковых газов продолжают расти во всем мире, представляя серьезную угрозу для окружающей среды и климатической стабильности. Особенно важно отметить участие России в общем объеме выбросов CO₂, так как страна является одним из крупнейших производителей этих газов.

Проанализировав данные о выбросах CO₂ в различных регионах мира, можно отметить, что Восточные регионы России, в частности Сибирский и Дальневосточный федеральные округа, не являются исключением. Общие выбросы парниковых газов в этих регионах также продолжают увеличиваться, что требует срочных и эффективных мер по сокращению вредного влияния на окружающую среду.

Ориентация на местные ресурсы и активное использование возобновляемых источников энергии в геоториях Восточных регионов России представляется перспективным подходом для снижения выбросов парниковых газов. Применение чистых источников энергии, таких как солнечные электростанции, позволит снизить зависимость от традиционных ископаемых топлив и способствовать более экологически безопасной энергетике.

Представленные данные показывают устойчивую тенденцию роста выбросов парниковых газов в этих регионах, и особенно важно обратить внимание на значительное увеличение общих выбросов в Дальневосточном федеральном округе начиная с 2007 г.

Основываясь на данных о суммарной установленной мощности солнечных фотоэлектрических электростанций в Дальневосточном федеральном округе, была

представлена оценка производства электроэнергии и сокращения выбросов CO₂. Применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные электростанции, доказало свою эффективность в снижении вредных выбросов и внесло значимый вклад в обеспечение региона экологически чистой энергией.

Оценка выбросов парниковых газов на уровне геоторий имеет ряд преимуществ. Она обеспечивает более точный анализ и учет уникальных особенностей каждого региона, что позволяет разрабатывать более эффективные стратегии по сокращению выбросов и устойчивому развитию. Точные и надежные данные на уровне геоторий улучшают качество анализа и принятия решений.

Важность разнообразия ВИЭ также была подчеркнута. Различные регионы могут использовать разные виды возобновляемых источников энергии, адаптированные к особенностям своей территории, чтобы оптимизировать снижение выбросов. Продолжение развития ВИЭ и применение их в различных сферах экономики могут стать ключевыми шагами к обеспечению устойчивого развития и защите окружающей среды в регионах Восточной части России и в целом в стране.

Проведение оценки выбросов парниковых газов в рамках понятия «геотория» играет важную роль в формировании экологически устойчивой энергетике на региональном уровне и способствует общим усилиям по борьбе с изменением климата и сохранению окружающей среды. Применение возобновляемых источников энергии, а также разработка специфических мер для каждого региона, могут способствовать улучшению качества окружающей среды и обеспечению устойчивого будущего для восточных регионов России.

Использованные источники

- Бушуев В.В., Зайченко В.М. Энергетика геотории // Региональная энергетика и энергосбережение. 2021. № 3. С. 50–53.
- Соловьев Д.А., Нефедова Л.В., Бушуев В.В. Местные энергоресурсы и ВИЭ геоторий Дальневосточного федерального округа России // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник трудов XXIV Международной научно-практической конференции: в 2 т. Москва, 20-22 апреля 2023 г. Т. 2. – 419 с. Москва: РУДН, 2023. С. 129–136.
- Бушуев В.В., Сокотущенко В.Н. Интеллектуальное прогнозирование в энергетике // Инновационная электроэнергетика – 21. Москва: Энергия, 2016.
- Санев Б., Иванова И., Ижбулдин А., Майсюк Е. Оценка территориальной структуры выбросов диоксида углерода от объектов энергетике в Российской Федерации // Энергетическая политика. 2022. № 11 (177). С. 92–103.
- Gerbinet S., Belboom S., Léonard A. Life Cycle Analysis (LCA) of photovoltaic panels: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. (38). С. 747–753. DOI:10.1016/j.rser.2014.07.043.
- Nefedova L.V., Soloviyev D.A. Current and Prospective Role of Solar and Wind Energy in Reducing CO₂ Emissions in Russia // Applied Solar Energy. 2023. № 1. С. 104–112. DOI:10.3103/S0003701X2360025X.