

Оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов с учетом перспектив развития газификации регионов России

Assessment of greenhouse gas emissions reduction taking into account the prospects for the development of gasification of Russian regions

Артур Сибгатуллин
Заместитель Директора Нтц
«Энергоснабжение» Ао «Газпром Промгаз»,
К. Т. Н.

Алексей Петличенко
Заведующий Отделом Нтц
«Энергоснабжение» Ао «Газпром Промгаз»

Александр Блинов
Главный Специалист Нтц
«Энергоснабжение» Ао «Газпром Промгаз»,
К. Т. Н.

Александр Ишков
Зам.начальника Департамента – Начальник
Управления Пао «Газпром», Д. Х. Н.,
Профессор Кафедры Юнеско «Зеленая Химия
Для Устойчивого Развития» Рхту Им. Д.и.
Менделеева, Заслуженный Эколог РФ

Константин Романов
Начальник Отдела Пао «Газпром»,
Генеральный Директор Ооо «Газпром
Водород», Ответ.секретарь Координационного
Комитета «Газпрома» По Рациональному
Природопользованию, К. Э. Н.

Аннотация. Авторы провели глубокий сравнительный анализ влияния на окружающую среду выбросов вредных веществ со стороны газовых ТЭС и электростанций, работающих на ВИЭ. В статье они приходят к выводу о экономической и экологической целесообразности перевода электростанций на газ. Одним из наиболее важных мероприятий по улучшению экологических показателей за счет снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ является газификация потребителей в различных регионах Российской Федерации.

Ключевые слова: газификация, тепловые электростанции, выбросы CO₂, ВИЭ.

Abstract. The authors conducted an in-depth comparative analysis of the impact on the environment of emissions of harmful substances from gas thermal power plants and power plants operating on renewable energy sources. In the article they come to the conclusion about the economic and environmental feasibility of converting power plants to gas. One of the most important measures to improve environmental performance by reducing emissions of greenhouse gases and pollutants is the gasification of consumers in various regions of the Russian Federation.

Keywords: gasification, thermal power plants, CO₂ emissions, renewable energy sources.



Вклад ВИЭ в снижение уровня выбросов парниковых газов несомненно имеется, но зачастую он сильно преувеличен и дорого обходится

Курс на снижение углеродного следа

В последние годы, одними из основных вопросов, входящих в экологическую повестку ведущих стран мира, являются: декарбонизация, энергопереход (стремление уйти от ископаемых энергоносителей в пользу возобновляемых источников энергии (ВИЭ), снижение углеродного следа, углеродная нейтральность, контроль и снижение выбросов парниковых газов, борьба с глобальным изменением климата и др.



Воркутинская ТЭЦ-2
Источник: komiinform.ru

Несмотря на то, что в силу геополитических событий, энергетического кризиса и изменений в глобальном топливно-энергетическом балансе, декарбонизация в мире замедляется, и многие страны начинают наращивать поставки и добычу угля, а вопросы борьбы с изменением климата отходят на второй план, намерения по декарбонизации остаются прежними и инвестиции в ВИЭ продолжают. Однако в стремлении уйти от ископаемых видов топлива, мировое сообщество вовлекается в новую зависимость от других видов сырья и минералов, необходимых

для энергоперехода [1]. Кроме того, определенные виды экологического воздействия нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на окружающую среду, по существу, не ясны до настоящего времени, особенно во временном аспекте, а потому изучены и разработаны еще в меньшей степени, чем технические вопросы использования этих источников [2]. Также при рассмотрении экологического воздействия ВИЭ необходимо учитывать полный жизненный цикл энергоустановок от производства до утилизации, а не только эксплуатации, так как производство и утилизация отдельных элементов связаны с переработкой ряда вредных для здоровья человека и окружающей среды веществ. Помимо этого, увеличение доли мощности (к примеру, для ветроэлектрических станций – 10% и более от потребляемой мощности [3]) и выработки электрической энергии энергоустановок на основе ВИЭ в энергосистеме, в силу их основных недостатков – низкой плотности энергии, непостоянства и вероятностного характера поступления энергии, может привести к системным авариям, связанным с потерей устойчивости системы. Поэтому в системах с высоким уровнем замещения традиционного ресурса с помощью ВИЭ (доля энергоустановок на основе ВИЭ, как правило, составляет в таких системах от 100 до 400% по мощности и от 50 до 150% по выработке электроэнергии по сравнению с энергоустановками на основе традиционных энергоресурсов) необходимы дополнительные решения по поддержанию уровней частоты и напряжения [4]. Такие системы, как правило, оборудуются «интеллектуальными» АСУ, что требует дополнительных финансовых затрат.

Каждая сокращаемая за счет ВЭС тонна выбросов CO₂ обходится гораздо дороже, чем за счет природного газа. Основными причинами этого являются высокая стоимость ветроэлектрических установок



ТЭЦ в Южно-Сахалинске
Источник: sakhalinenergo.ru

Вклад использования ВИЭ в снижение уровня выбросов парниковых газов несомненно имеется, но зачастую он преувеличен и дорого обходится. Приведем конкретный пример. В 2020 г. в Ростовской области были введены в эксплуатацию Каменская, Сулинская и Гуковская ветроэлектростанции (ВЭС) суммарной установленной мощностью 296,4 МВт. Согласно [5], коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ВЭС в Ростовской области в 2021 г. составил 26,31%, что эквивалентно годовой выработке указанных ВЭС 684,1 млн кВт·ч. Согласно тому же документу [5], КИУМ тепловых электростанций (ТЭС) в Ростовской области в 2021 г. составил 42,26%. Предполагая, что ВЭС замещают наиболее «грязный» вид генерации – угольную генерацию, замещаемая мощность угольной ТЭС при указанном КИУМ и той же самой выработке составляет 184,8 МВт. При этом годовой объем выбросов парниковых газов от сжигания угля оценивается не более 607,3 тыс. т/год CO₂-экв. Согласно данным из открытых источников [6] в строительство трех ВЭС инвестировано 19,8 млрд руб.

Если рассматривать в качестве альтернативы угольной ТЭС газовую ТЭС с той же годовой выработкой электроэнергии, а, следовательно, и мощностью, то годовой объем выбросов парниковых газов от сжигания природного газа оценивается не более 304,6 тыс. т/год CO₂-экв. Таким

образом, за счет перевода ТЭС с угля на газ сокращается примерно в два раза меньше выбросов парниковых газов, чем предотвращенных выбросов с помощью ВЭС. Однако инвестиции в перевод угольной ТЭС мощностью 184,8 МВт на газ значительно ниже, чем в строительство ВЭС мощностью 296,8 МВт. Так, если взять за основу показатели аналогичных проектов [7] и применить их для условий Ростовской области инвестиции в перевод станций на газ могут быть оценены в 1,587 млрд руб. С учетом рекомендуемого Порядком [8] расчетного периода возврата инвестиций для электростанций равного 10 лет, цен на уголь и на газ в Ростовской области, а также годовых операционных затрат на каждый тип электростанции, можно оценить приведенную за рассматриваемый период удельную стоимость снижения 1 т выбросов парниковых газов за счет ВЭС и за счет перевода угольной ТЭС на газ. При этом, кроме большего объема снижения выбросов парниковых газов, преимуществом ВЭС является отсутствие расходов на топливо. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Как следует из таблицы 1, каждая сокращаемая за счет ВЭС тонна выбросов парниковых газов обходится гораздо дороже, чем за счет природного газа. Основными причинами данного факта являются высокая стоимость ветроэлектрических установок, низкая плотность энергии, низкий КИУМ и необходимость аренды или выкупа больших площадей земельных участков

Наиболее рациональным видом энергоресурса с точки зрения экологических свойств, доступности технологий, теплотворной способности, стоимости и т.д. по-прежнему остается природный газ

для размещения установок по сравнению с традиционными тепловыми электростанциями. Те же факторы характерны и для солнечных электростанций.

Экономическая целесообразность использования ВИЭ определяется в основном наличием необходимого (высокого) потенциала ВИЭ в районе планируемого размещения энергоустановок. В противном случае, при низком поступлении возобновляемого энергоресурса, вырабатываемой ими энергии может быть недостаточно для их энергетической самоокупаемости на протяжении всего срока эксплуатации, которая характеризуется таким показателем, как рентабельность вложенной энергии (ERoEI) – отношение выработанной энергии к затраченной на их изготовление, установку и прочие сопутствующие затраты.

Таблица 1. Результаты расчетов удельной стоимости снижения выбросов парниковых газов за счет строительства ветроэлектростанции взамен угольной теплоэлектростанции и перевода угольной теплоэлектростанции на газ

Показатель	Ед. изм.	ТЭС уголь	ВЭС	ТЭС газ
Мощность	МВт	184,8	296,8	184,8
Выработка	млн кВт·ч/год	684,1	684,1	684,1
Удельный расход условного топлива	г у. т./кВт·ч	330	0	280
Расход условного топлива	тыс. тут/год	225,8	0	191,6
Выбросы CO ₂ -экв.	тыс. т/год	607,3	0	304,6
Снижение CO ₂ -экв.	тыс. т/год	-	607,3	302,7
Стоимость строительства/перевода на газ	млрд руб.	-	19,8	1,6
Затраты на топливо	млн руб./год	1035,8	0	1324,8
Постоянные операционные затраты*	млн руб./год	558,8	939,1	195,1
Переменные операционные затраты без учета топлива*	млн руб./год	273,6	0	218,9
Денежный поток (простой) за 10 лет	млрд руб.	-	10,5	0,3
Удельная стоимость снижения 1 т выбросов CO ₂ -экв.	тыс. руб./т	-	1,7	0,1

Примечание: * – На основании [9] с учетом курса доллара 1 долл. США = 80 руб.

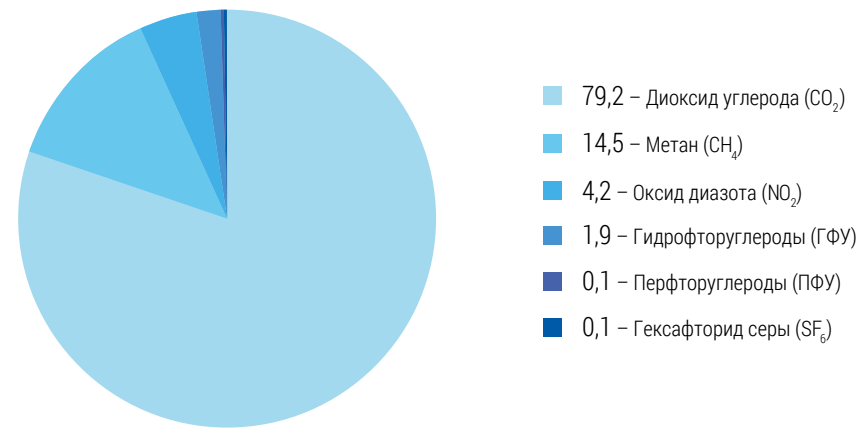


Рис. 1. Структура выбросов парниковых газов в Российской Федерации в 2020 г., в %

В этом контексте наиболее рациональным на сегодняшний день видом энергоресурса с точки зрения его экологических свойств, доступности технологий использования, энергетических параметров (теплотворной способности), стоимости, удобства использования по-прежнему остается природный газ. И для реализации принятого курса по снижению углеродного следа российской экономики необходимо сосредоточиться не на прямом замещении ископаемых видов топлива, в том числе природного газа, а на развитии энергосберегающих, более экологических и энергоэффективных технологиях их использования, в том числе с расширением возможностей комбинированного использования, в частности, когенерации и тригенерации.

Выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ в Российской Федерации

Согласно данным Росстата [10] суммарно объем выбросов парниковых газов за 2020 г. составил 2,05 млрд т CO₂-экв. без учета абсорбции (поглощения) парниковых газов из атмосферы лесными массивами и почвенным покровом.

Основными парниковыми газами в России являются диоксид углерода (CO₂), объем которого в 2020 г. составил 1,62 млрд т или 79,2%, и метан (CH₄) с долей выбросов 14,5% (рис. 1).

Общий объем выбросов загрязняющих веществ, основными из которых являются: оксид углерода, диоксид серы, оксиды

азота (в пересчете на NO₂), летучие органические соединения, в 2021 г. в регионах Российской Федерации увеличился на 0,3% по сравнению с 2020 г. и составил 22,3 млн т [11]. Увеличение объемов выбросов загрязняющих веществ связано преимущественно с восстановлением промышленного производства в 2021 г. на фоне стагнации отрасли в 2020 г., которая произошла, в т. ч. ввиду пандемии COVID-19. Удельный вес выбросов от стационарных источников в общем объеме выбросов по данным за 2021 г. в Российской Федерации составляет 77,2%, от передвижных – 22,8%.

Наибольший уровень выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников в 2021 г. зафиксирован в Сибирском федеральном округе (рис. 2). Однако данный федеральный округ одновременно стал и лидером по снижению выбросов (на 81 тыс. т). На втором месте по снижению – Центральный федеральный округ (на 63 тыс. т). Наименее загрязненным яв-

Объем выбросов загрязняющих веществ, основными из которых являются: оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, в 2021 г. в России увеличился на 0,3% по сравнению с 2020 г., до 22,3 млн т

После перевода ТЭЦ-2 с угля и мазута на природный газ снижение выбросов парниковых газов составило 50%, загрязняющих веществ – 87%, ЦВК – 38% парниковых газов и 83% загрязняющих веществ

ляется Северо-Кавказский федеральный округ (182 тыс. т).

Внимание к вопросу регулирования выбросов парниковых газов в Российской Федерации уделяется на самых различных уровнях, начиная от органов исполнительной власти и заканчивая отдельными организациями.

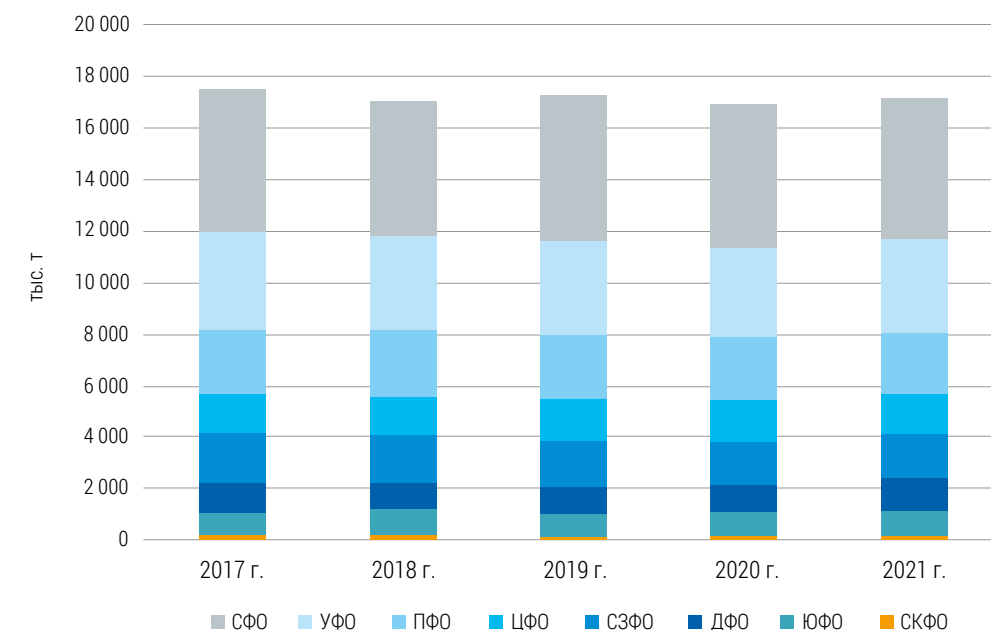
Правительство Российской Федерации распоряжением от 29.10.2021 г. № 3052-р [12] утвердило Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Целевой сценарий, описанный в стратегии, предполагает рост экономики при уменьшении выбросов парниковых газов.

В 2022 г. разработаны сценарии устойчивого развития ПАО «Газпром» до 2050 г. с учетом низкоуглеродного тренда мировой экономики [13]. В 2023 г. завершена научно-исследовательская работа (НИР) «Комплексный анализ и оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации на период 2021–2025 гг. с учетом перспектив развития газификации до 2035 г.» [14]. На результатах последней работы подробнее остановимся в данной статье.

Вклад газификации в снижение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ

Несомненно, большой вклад в снижение уровня выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ вносит перевод потребителей на использование природного газа в качестве топлива. На примере реализации перевода с угля и мазута на природный газ ТЭЦ-2 г. Воркута и Центральной водогрейной котельной (ЦВК) на рис. 3 показано сокращение объемов выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ от данных предприятий.

Рис. 2. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников за 2017–2021 гг. по федеральным округам Российской Федерации



Объем снижения выбросов парниковых газов от сжигания топлива после перевода потребителей РФ на газ к 2025 г. оценивается в 5,9 млн т/год CO₂-экв., на 2035 г. – 10,16 млн т/год CO₂-экв

На ТЭЦ-2 снижение выбросов парниковых газов составило 50%, загрязняющих веществ – 87%. На ЦВК – 38% парниковых газов и 83% загрязняющих веществ.

В соответствии с планом осуществления на территории Республики Коми научно-технической деятельности экологического развития Российской Федерации [15] расчет снижения выбросов на этих предприятиях направлен в управление охраны окружающей среды Минприроды Республики Коми.

Данный расчет выполнялся на основе методических рекомендаций по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации, разработанных в рамках НИР [14].

Разработке настоящих методических рекомендаций предшествовал анализ существующих методик и рекомендаций по оценке выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, в частности [16–22] и др.

Рис. 3. Снижение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ при переводе на природный газ ТЭЦ-2 г. Воркуты и Центральной водогрейной котельной

г. Воркута			
ТЭЦ-2 ЦВК		ТЭЦ-2 ЦВК	
Уголь/Мазут	Мазут	Природный газ	
ПГ – 1 612,51	ПГ – 438,78	ПГ – 803,28	ПГ – 273,19
ЗВ – 35,79	ЗВ – 9,23	ЗВ – 4,59	ЗВ – 1,56

При разработке методических рекомендаций, в соответствии с предложениями Минприроды России [18], был выбран метод расчета выбросов парниковых газов по количеству расходного топлива (с учетом типа, характеристик, конструкций топок и т. д.). Корректность сравнения двух периодов (до и после газификации) достигалась приведением двух периодов к одинаковому энергетическому выработкам (тепла и электроэнергии). Применение такого подхода характеризуется достаточной доступностью исходных данных на основании топливно-энергетических балансов и возможностью четкого выделения вклада проведенной газификации в снижение выбросов парниковых газов (рис. 4).

В 2022 г. по итогам реализации мероприятий программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации [23] снижение выбросов парниковых газов составило 1,446 млн т CO₂-экв. за счет перевода действующих потребителей на природный газ и подключения новых потребителей.

Расчет показателей по снижению выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в регионах Российской Федерации до 2035 г. выполнен на основе прогноза потребления природного газа в соответствии с актуализированными в 2022 г. ранее разработанными и утвержденными программами газификации [23], а также с учетом перспектив развития газификации до 2035 г.

На рис. 5 представлены потенциальные объемы снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в Российской Федерации до 2035 г. нарастающим итогом.

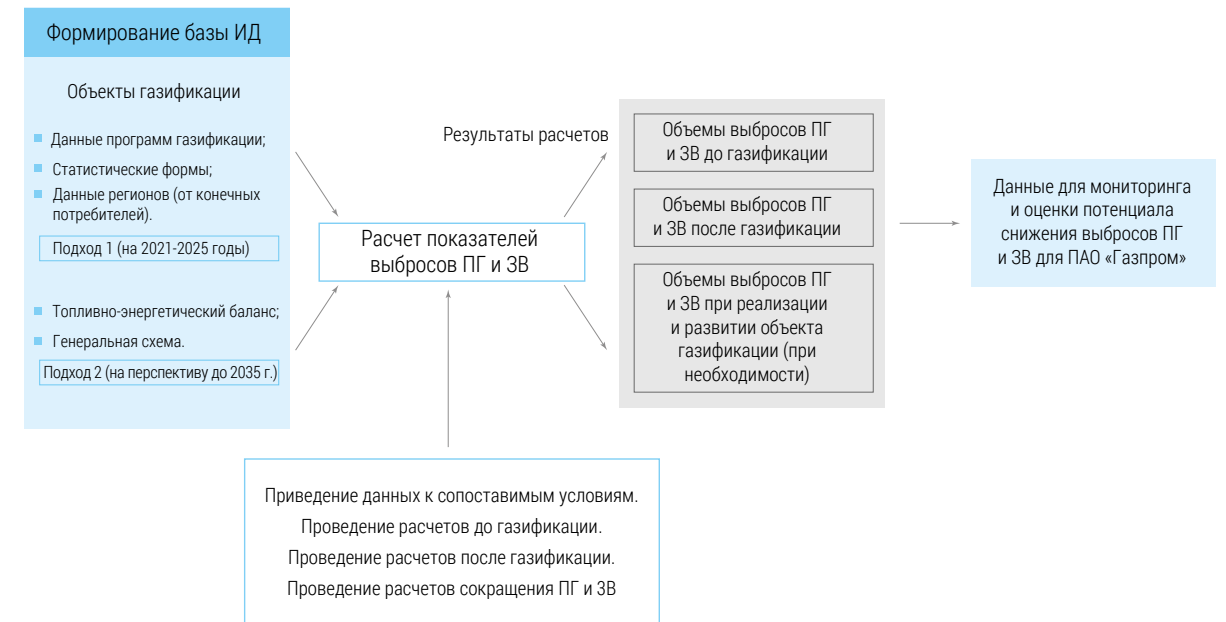


Рис. 4. Апробация методических рекомендаций по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ

Потенциальный объем снижения выбросов парниковых газов от сжигания топлива в связи с переводом потребителей на природный газ к 2025 г. оценивается в 5,9 млн т/год CO₂-экв., на 2035 г. – 10,16 млн т/год CO₂-экв. Потенциальный объем снижения предотвращенных выбросов¹ парниковых газов от сжигания топлива к 2025 г. оценивается в 5,04 млн т/год CO₂-экв., на 2035 г. – 11,84 млн т/год CO₂-экв.

Потенциальный объем снижения выбросов загрязняющих веществ от сжигания топлива в связи с переводом потребителей на природный газ к 2025 г. оценивается в 373,5 тыс. т/год, на 2035 г. – 727,7 тыс. т/год. Потенциальный объем снижения предотвращенных выбросов загрязняющих веществ от сжигания топлива к 2025 г. оценивается в 225,9 тыс. т/год, на 2035 г. – 586,2 тыс. т/год.

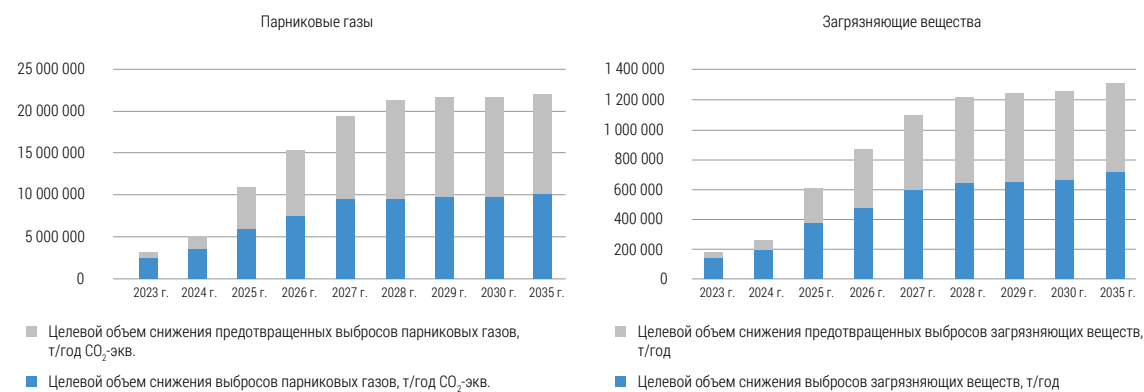
Большая часть объема снижения выбросов парниковых газов приходится на Дальневосточный, Северо-Западный и Южный федеральные округа, загрязняющих веществ – на Дальневосточный, Северо-Западный и Приволжский федеральные округа (рис. 6).

¹ Под предотвращенными выбросами понимается разница в выбросах для нового предприятия между объемом выбросов от природного газа и вероятных других наиболее распространенных видов топлива (кроме природного газа) в регионе расположения предприятия.

Наибольшие значения целевых показателей снижения выбросов парниковых газов в связи с переводом потребителей на природный газ к 2035 г. наблюдаются в Республике Коми, Хабаровском крае, Кемеровской и Челябинской областях, а наибольшие значения предотвращенных выбросов парниковых газов ожидаются в Приморском, Краснодарском и Хабаровском краях, Астраханской, Нижегородской и Рязанской областях. Свявано это в первую очередь с наличием в этих регионах крупных инвестиционных проектов, реализация которых предполагает потребление большого объема природного газа.

Что касается загрязняющих веществ, то в связи с переводом потребителей на природный газ удастся достичь наибольшего сокращения их выбросов в Республике Коми, Хабаровском крае, Кемеровской и Свердловской областях, а наибольшим потенциалом предотвращенных выбросов обладают Приморский край, Нижегородская область, Краснодарский и Хабаровский края.

Особое внимание при расчете снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ было обращено на населенные пункты, попавшие в перечень городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха [24].



10,16 млн т/год

Перевод предприятий на природный газ
(снижение выбросов)

0,728 млн т/год

11,84 млн т/год

Ввод новых предприятий
(предотвращенные выбросы)

0,586 млн т/год

Рис. 5. Целевые показатели снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ с учетом перспектив развития газификации регионов Российской Федерации до 2035 г. нарастающим итогом

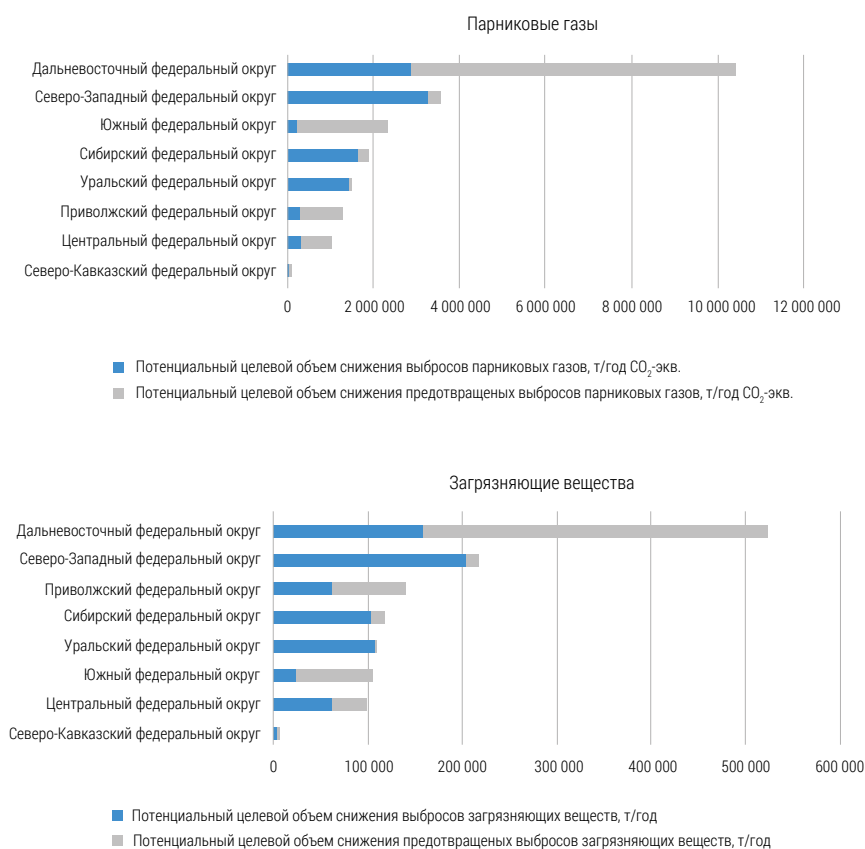


Рис. 6. Распределение целевых показателей снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по федеральным округам Российской Федерации на 2035 г.

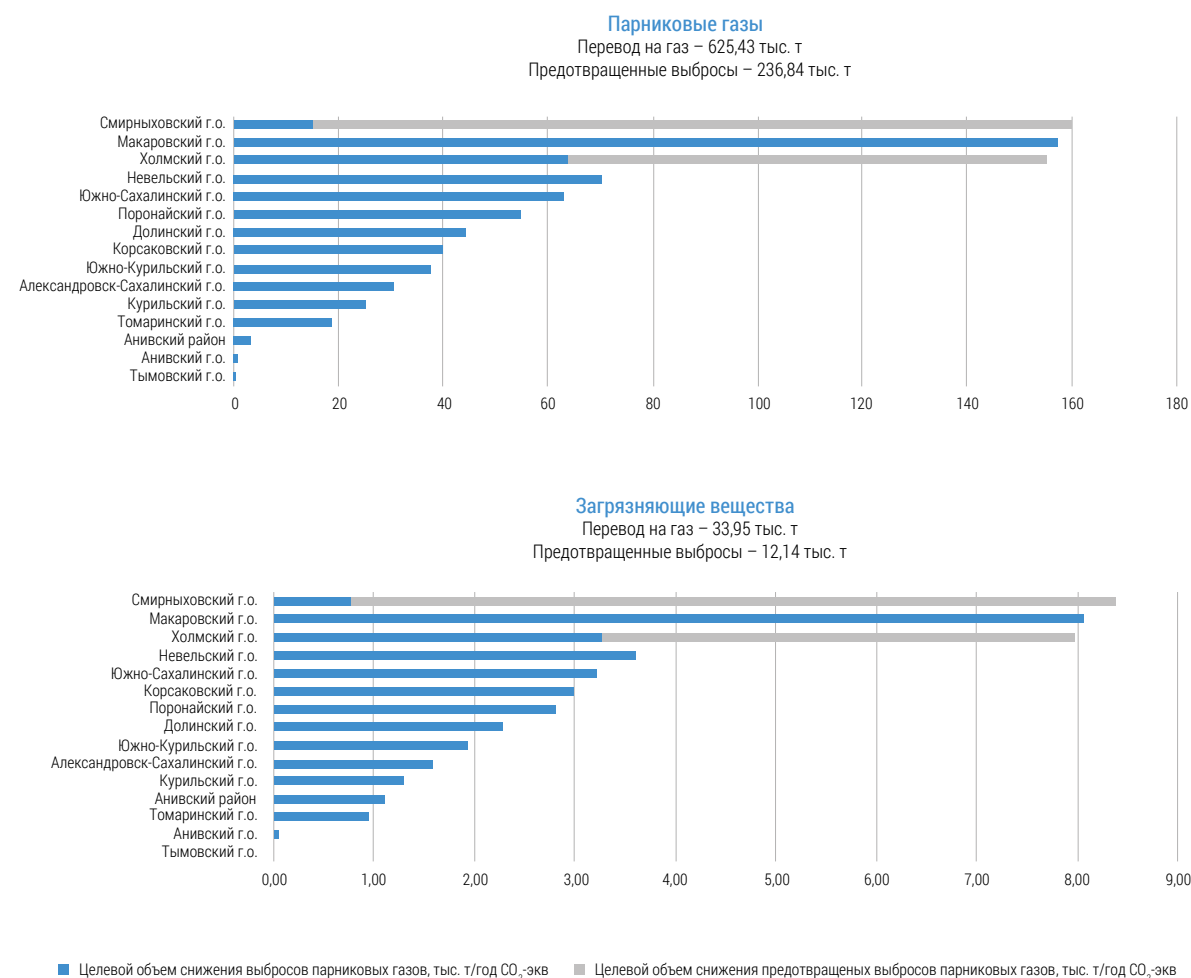
Из 25 перечисленных в перечне [24] населенных пунктов в программах газификации [23] присутствует только г. Южно-Сахалинск. Следует также отметить, что в соответствии с Федеральным законом [25] в Сахалинской области проходит эксперимент по сокращению выбросов парниковых газов. На рис. 7 показаны целевые потенциальные объемы снижения выбросов в разрезе муниципальных образований.

Сравним целевые показатели снижения выбросов парниковых газов за счет развития газификации и ВИЭ. Согласно [26] выработка электрической энергии энергоустановками на базе ВИЭ в Единой энергосистеме (ЕЭС) в 2021 г. составила 5875,5 млн кВт·ч или 0,5% от общей выработки всех станций в ЕЭС. С учетом ввода мощностей в соответствии с [27] и [28] и сложившихся за 2021 г. КИУМ для ВЭС и солнечных электростанций прогно-

зная выработка электроэнергии за счет ВИЭ к 2028 г. должна увеличиться более чем в два раза и составить 13,45 млрд кВт·ч, что эквивалентно объему предотвращенных выбросов парниковых газов в 11,94 млн т/год CO₂-экв. Потенциальный объем снижения выбросов парниковых газов в связи с переводом потребителей на природный газ и предотвращенных выбросов парниковых газов по объектам программ газификации [23] к 2028 г. оценивается в 21,41 млн т/год CO₂-экв. Таким образом, несмотря на практически двукратное увеличение мощностей ВИЭ в течение последующих пяти лет, вклад развития газификации в улучшение качества окружающей среды в течение последующих пяти лет практически в два раза превышает вклад развития ВИЭ. И это без учета финансовых затрат.

Наряду с таким безусловным драйвером снижения уровня парниковых газов

Рис. 7. Целевые показатели снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ к 2035 г. в разрезе муниципальных районов Сахалинской области



и загрязняющих веществ как перевод потребителей на использование природного газа в качестве топлива большое значение имеет и повышение эффективности его использования. Поэтому для достижения комплексного экологического эффекта очень важным является синхронизация проводимой газификации с мероприятиями по повышению эффективности использования топлива потребителями.

В настоящее время в России еще используется большое количество паротурбинных ТЭС с низкими параметрами пара (давление 8,8÷12,8 МПа, температура не более 565 °С), что соответствует КПД менее 35%. Недостаточно используется комбинированная выработка тепла и электроэнергии на ТЭЦ, что также не дает повысить коэффициент полезного использования топлива до 85%. Большое число котельных физически изношены и морально устарели, их КПД зачастую не превышает 80%. Реконструкция и замена оборудования на таких ТЭС и котельных является существенным мероприятием повышения КПД и снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ.

Создание газоснабжающей инфраструктуры для газификации регионов Россий-

ской Федерации относится к стратегическим направлениям деятельности ПАО «Газпром».

ПАО «Газпром» проводит данную работу на основе генеральных схем газоснабжения и газификации и пятилетних программ развития газоснабжения и газификации совместно с Правительством РФ и администрациями субъектов РФ, в которых определены конкретные объекты газификации, сроки их строительства, оценка объемов инвестиций и источники финансирования. В соответствии с концепцией [29] «Газпром» совместно с регионами реализует программы по созданию условий для газификации потребителей в населенных пунктах.

При выполнении технико-экономической оценки реализации мероприятий по переводу потребителей на природный газ важно предусмотреть учет затрат на лечение по методикам оценки рисков для здоровья населения. Для оценки риска заболеваемости необходимо учитывать как краткосрочные, так и долгосрочные воздействия загрязнения воздуха. При дальнейшем развитии такой идеи подобные экономические модели позволяют точнее учитывать затраты на лечение заболеваний, связанных с загрязнением



ТЭС с выбросами CO₂

Источник: ArturVerkhovetskiy / depositphotos.com

воздуха. При этом необходимо будет учитывать не только прямые затраты на лечение, но и косвенные, такие как потеря трудоспособности и снижение продолжительности жизни.

Выводы

Одним из наиболее важных мероприятий по улучшению экологических показателей за счет снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ является газификация потребителей в различных регионах Российской Федерации.

Разработанные в рамках НИР [14] методические рекомендации по оценке потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации позволяют выделить вклад газификации в снижение эмиссии парниковых газов.

Для достижения комплексного экологического эффекта важна синхронизация проводимой газификации с мероприятиями по повышению эффективности использования топлива потребителями.

Выполненная НИР [14] совместно с разработанными сценариями устойчивого развития ПАО «Газпром» до 2050 г., которые учитывают низкоуглеродный тренд мировой экономики [13] является наглядным примером комплексного экологического эффекта деятельности ПАО «Газпром» по газификации регионов Российской Федерации.

Использованные источники

1. Ольга Белоглазова. Декарбонизация на паузе. Ускорится ли процесс после уроков энергокризиса? // Нефтегазовая вертикаль. № 9 (502), 2022. С. 92–96.
2. В.Н. Толмачев, С.Н. Кириухин, М.А. Журавский, А.Р. Сибгатуллин. Оптимизация структуры энергетических комплексов на основе имитационного моделирования // Газовая промышленность. №11/698, 2013. С. 52–56.
3. Безруких П.П. Ветроэнергетика. (Справочное и методическое пособие). М.: – ИД «ЭНЕРГИЯ», 2010. – 320 с.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. Изд. 2-е доп. – СПб.: Наука, 2013. – 308 с.
5. Схема и программа развития Единой энергетической системы России на 2022–2028 гг. (утверждены приказом Минэнерго России от 28 февраля 2022 г. № 146).
6. В Ростовской области построили первую ветроэлектростанцию [Электронный ресурс]. – URL: <https://expertsouth.ru/news/v-rostovskoy-oblasti-postroili-pervuyu-vetroelektrostantsiyu/> (дата обращения: 27.04.2023).
7. Эксперты рассказали, как идет перевод российских ТЭЦ с угля на газ в условиях санкций [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.npsve.ru/press/newsenergy/9711/> (дата обращения: 27.04.2023).
8. Порядок составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований (утвержден Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 29.10.2021 № 1169).
9. Дегтярёв К.С., Залиханов А.М., Соловьёв А.А., Соловьёв Д.А. К вопросу об экономике возобновляемых источников энергии // Энергия: экономика, техника, экология. №10, 2016. С. 10–20.
10. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб./Ростат. М., 2022. – 115 с.
11. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 27.04.2023).
12. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.10.2021 г. № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».
13. Разработка сценариев устойчивого развития ПАО «Газпром» до 2050 г. с учетом низкоуглеродного тренда мировой экономики.
14. Комплексный анализ и оценка потенциала снижения выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ по объектам программ развития газоснабжения и газификации регионов Российской Федерации на период 2021–2025 гг. с учетом перспектив развития газификации до 2035 г.
15. План осуществления на территории Республики Коми научно-технической деятельности экологического развития Российской Федерации и климатических изменений (утвержден распоряжением правительства Республики Коми от 16.05.2022 №167-р).
16. Методика количественного определения объема выбросов парниковых газов (утверждена приказом Минприроды России от 27.05.2022 № 371).
17. Методические указания по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов (утверждены приказом Минприроды России от 29.06.2017 № 330).
18. Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации (утверждены распоряжением Минприроды России от 16.04.2015 № 15-р).
19. Порядок подготовки кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов (утвержден приказом Минприроды России от 25.04.2022 № 298).
20. Порядок формирования и функционирования российской системы оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов (утвержден приказом Росгидромета от 30.06.2006 № 141).
21. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 т пара в час или менее 20 Гкал в час (с учетом Методических писем НИИ «Атмосфера» № 335/33-07 от 17.05.2000 г., № 680/33-07 от 29.09.2000 г. и №838/33-07 от 11.09.2001 г.). Москва, 1999.
22. РД 34.02.305-98. Методика определения валовых выбро-
23. Программа развития газоснабжения и газификации на период 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazpromtar.ru/program> (дата обращения: 27.04.2023).
24. Перечень городских поселений и городских округов с высоким и очень высоким загрязнением атмосферного воздуха, дополнительно относящихся к территориям эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ (за исключением радиоактивных веществ) в атмосферный воздух на основе сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 07.07.2022 г. № 1852-р).
25. Федеральный закон от 06.03.2022 г. № 34-ФЗ «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации».
26. Отчет АО «Системный оператор Единой энергетической системы» о функционировании ЕЭС России в 2021 г.
27. Отчет АО «Системный оператор Единой энергетической системы» о функционировании ЕЭС России в 2022 г.
28. Схема и программа развития электроэнергетических систем России на 2023–2028 гг. (утверждены приказом Минэнерго России от «28» февраля 2023 г. № 108).
29. Концепция участия ОАО «Газпром» в газификации регионов Российской Федерации (утверждена постановлением правления ОАО «Газпром» от 30.11.2009 г. № 57).