

УДК 504.7

ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИИ В СНИЖЕНИИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

© 2023 г. А. В. Клименко¹, А. Г. Терёшин², *, О. Е. Прун^{1, 2}¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования “Национальный исследовательский технологический университет “МИСИС”, Москва, Россия²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования “Национальный исследовательский университет “МЭИ”, Москва, Россия

*e-mail: nilgpe@mpei.ru

Поступила в редакцию 19.12.2022 г.

После доработки 16.01.2023 г.

Принята к публикации 20.01.2023 г.

В работе проведен анализ возможностей России по выполнению национальных обязательств по сокращению выбросов парниковых газов. Отмечается большой разброс оценок антропогенных выбросов метана и объемов эмиссии CO₂ при лесных пожарах, а также практически полное отсутствие проектов по утилизации метановых выбросов. Показано, что для России приоритетными направлениями снижения выбросов парниковых газов могут быть модернизация газотранспортной системы, использование технологий улавливания и утилизации шахтного метана и свалочного газа, совершенствование лесопользования и борьба с природными пожарами, а также энергосберегающие мероприятия. Кроме существенного климатического эффекта, они способствуют рациональному использованию энергетических ресурсов, расширению топливной базы отечественной энергетики и повышению качества окружающей среды.

Ключевые слова: изменения климата, сокращение выбросов, диоксид углерода, метан, добыча угля, полигоны ТБО, лесные пожары, энергосбережение

DOI: 10.31857/S0002331023020036, EDN: JXOTOM

ВВЕДЕНИЕ

Проблема глобальных изменений климата остается в фокусе внимания мирового сообщества, несмотря на другие потрясения планетарного масштаба, преследующие человечество в последние годы. С тех пор как в Рио-де-Жанейро в 1992 г. была подписана рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН), практически ежегодно страны-участницы собираются на конференции для обсуждения хода выполнения Конвенции и формирования новых инструментов защиты климата. Результаты трех таких встреч, на которых были приняты наиболее значимые решения, представлены в табл. 1.

Анализируя табл. 1, можно отметить нарастание решительности предпринимаемых мировым сообществом мер по противодействию опасным изменениям климата, которая обусловлена сохраняющимися тенденциями глобального потепления, более глубоким пониманием существа и опасности происходящих процессов, а также медленными темпами декарбонизации мировой экономики.

Вопросы эффективности предлагаемых мер по предотвращению катастрофического изменения климата (а таким считается повышение среднеглобальной температуры выше 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом) находятся в центре внимания научного сообщества. В частности, в [1–4] было показано, что мероприятия ни Киот-

Таблица 1. Цели и предложенные инструменты трех Конференций сторон РКИК ООН

Конференции сторон РКИК ООН	Цель	Предложенные инструменты
Киото (1997)	Снижение темпов роста среднеглобальной температуры	Обязательства группы 38 стран по ограничению эмиссии парниковых газов в 2008–2012 гг. Первые экономические механизмы международной кооперации в области снижения выбросов парниковых газов
Париж (2015)	Не допустить роста среднеглобальной температуры выше 2°C по сравнению с доиндустриальным периодом	Принятие более чем 190 странами добровольных обязательств по снижению выбросов парниковых газов после 2020 г.
Глазго (2021)	Ограничение глобального потепления в 1.5°C по сравнению с доиндустриальным периодом	1. Обязательства большинства стран, включая все крупнейшие страны-эмитенты парниковых газов, достичь климатической нейтральности в период 2050–2070 гг. 2. Обязательства группы из 109 (в настоящее время уже 130) стран снизить антропогенную эмиссию метана на 30% к 2030 г. 3. Обязательства 140 стран остановить утрату лесов к 2030 г. и в дальнейшем приступить к их восстановлению.

ского протокола (1997 г.), ни Парижского соглашения (2015 г.) не в состоянии удерживать глобальное потепление в пределах 2°C, и лишь полное выполнение решений пакта Глазго (2021 г.) способно предотвратить повышение среднеглобальной температуры выше 1.5°C (рис. 1).

1. ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РОССИИ

Россия относится к числу государств, имеющих существенную эмиссию парниковых газов (диоксид углерода, метан, закись азота и др.). Согласно данным Росгидромета (рис. 2), в 2019 г. доля диоксида углерода в суммарных выбросах парниковых газов составляла примерно 80% (1.6 млрд т, из которых примерно треть поглощалась наземными биосистемами), 15% приходилось на метан и 5% — на закись азота и прочие газы. Что касается источников, 80% всех парниковых выбросов приходится на энергетику, около 10% — на промышленные процессы, не связанные со сжиганием топлива, и примерно по 5% — на сельское хозяйство и обращение с отходами.

Россия принимает активное участие в деятельности РКИК ООН, последовательно подписав и ратифицировав все ее основные документы (за исключением Глобального обязательства по метану 2021 г.). На федеральном уровне принят ряд стратегических документов, определяющих направления климатической политики нашей страны. К числу важнейших из них следует отнести:

Климатическая доктрина Российской Федерации (утв. Распоряжением Президента РФ от 17.12.2009 г. № 861-рп);

Стратегия социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 г. №3052-р);

Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ Об ограничении выбросов парниковых газов.

Согласно этим документам, Россия планирует до 2030 г. не превысить 70–75% от уровня выбросов парниковых газов в 1990 г., а к 2060 г. достичь углеродной нейтральности своей экономики (т.е. суммарные выбросы парниковых газов будут равны сум-

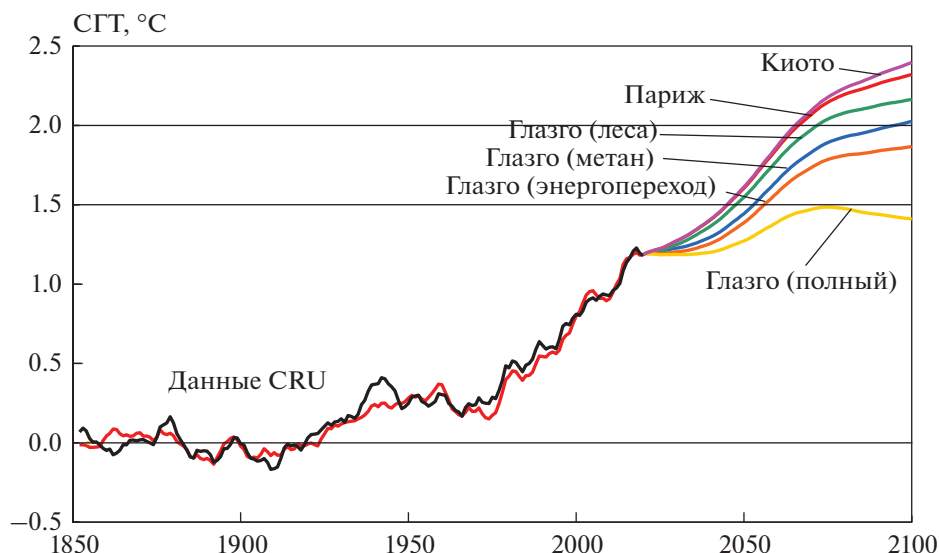


Рис. 1. Изменения среднеглобальной температуры (в отклонениях от среднего значения за 1850–1900 гг.): модельные оценки по различным сценариям [1–4] и данные инструментальных измерений Центра климатических исследований Университета Восточной Англии (CRU) [5].

марному их поглощению на территории страны биологическими и техногенными системами) (рис. 3).

Каким же образом могут быть достигнуты эти ориентиры? Попробуем оценить возможности достижения поставленных целей и обоснования перспективных путей их реализации.

Особые надежды возлагаются на “максимально полный учет поглощающей способности лесов”. Из рис. 3 видно, что в период 1990–2010 гг. сток углерода в наземную биоту существенно увеличился, что связано в первую очередь с радикальным уменьшением лесозаготовок и возделывания сельскохозяйственных земель в 1990-е гг. По мере восстановления лесозаготовительной промышленности и сельского хозяйства поглощение углекислого газа уменьшилось, и его 2.5-кратный рост к 2050 г. (при сохранении тенденций роста лесозаготовки и сельскохозяйственного производства) может быть обеспечен только массовым лесовосстановлением, на порядок превышающим современные масштабы посадок.

2. ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Теперь обратимся к главному источнику парниковых газов — энергетике. Энергетика России в настоящее время основана на использовании ископаемого топлива (рис. 4а). Доля безуглеродных источников энергии (ГЭС, АЭС, возобновляемые источники энергии) составляет менее 15% (в среднем по миру — 18%). Отметим практически нулевой вклад (0.2% без учета крупных ГЭС и некоммерческого использования древесного топлива) возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетику России, что резко отличается от других стран. Как было показано в [8], лишь преобладание природного газа в топливно-энергетическом балансе России пока позволяет удерживать карбоноёмкость национального энергопотребления на среднемировом уровне (рис. 4б).

Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. [10], равно как и Стратегия низкоуглеродного развития России [11], не предполагают существенного роста доли

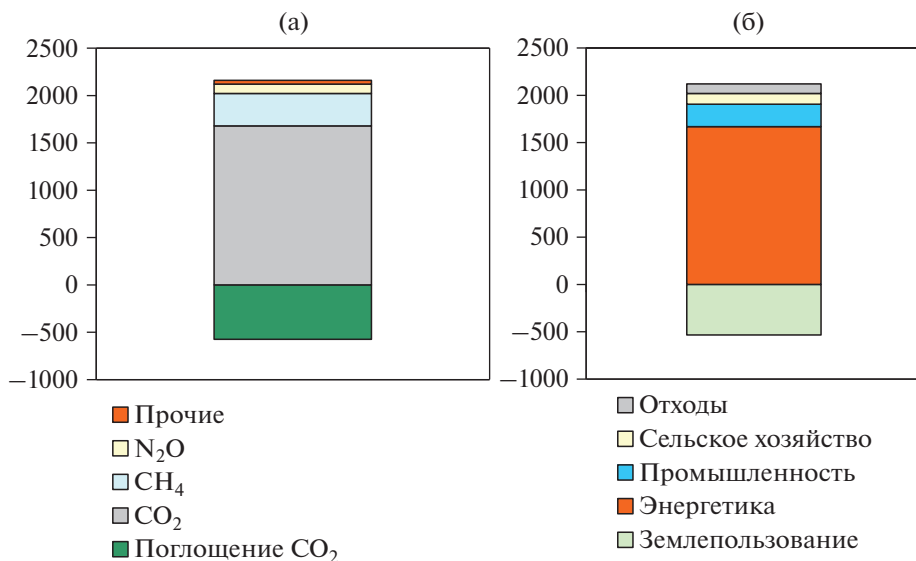


Рис. 2. Структура выбросов парниковых газов в России в 2020 г. в пересчете на диоксид углерода¹ (млн т CO₂экв) по компонентам (а) и по источникам (б) по данным Росгидромета [6].

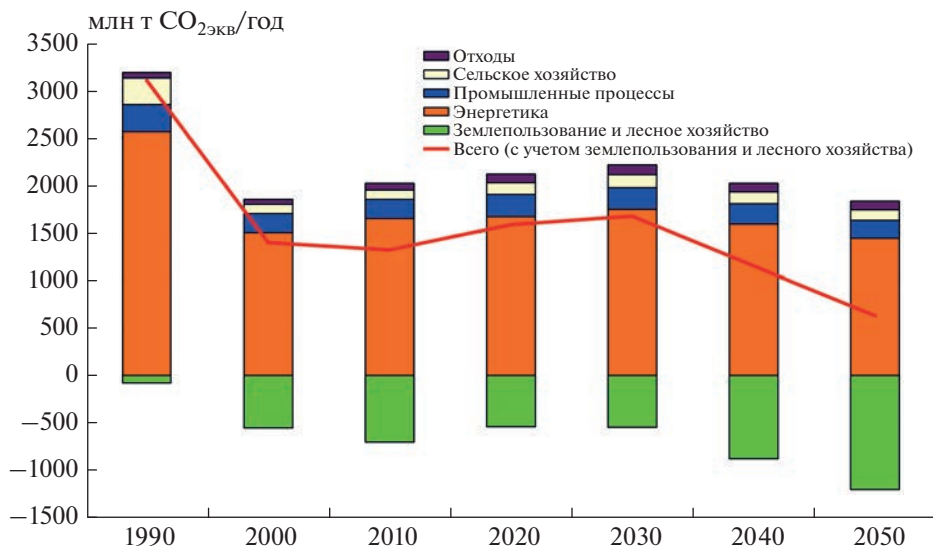


Рис. 3. Динамика выбросов и поглощения парниковых газов (в пересчете на диоксид углерода) из различных источников в России по целевому сценарию Стратегии низкоуглеродного развития [11].

ВИЭ в производстве энергии. За предыдущие 20 лет, когда обновилось около четверти российской электрогенерации (рис. 5), было введено лишь 3.7 ГВт солнечных и ветровых электростанций, и их доля в суммарной установленной мощности электростан-

¹ Пересчет ведется через переводные коэффициенты (GWP_{100} – потенциал глобального потепления), показывающие насколько большее воздействие на тепловой радиационный баланс атмосферы (по сравнению с диоксидом углерода) оказывает одинаковое количество того или другого парникового газа на 100-летнем интервале времени [7].

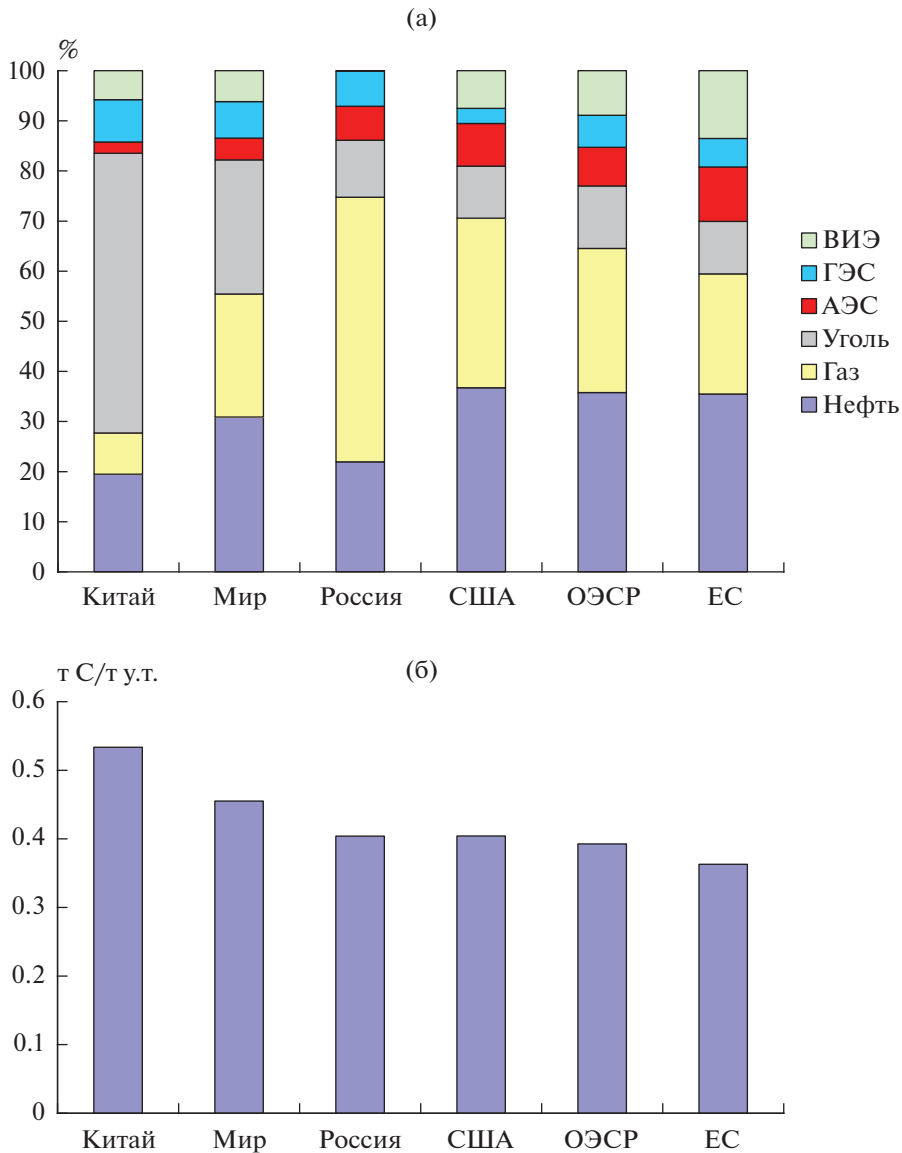


Рис. 4. Топливо-энергетические балансы (а) и удельные выбросы при производстве энергии (б) мира, ЕС, стран ОЭСР, США, Китая и России в 2020 г. по данным ВР [9].

ций не достигла и 2%. Таким образом рассчитывать на помощь ВИЭ в снижении эмиссии парниковых газов, прежде всего диоксида углерода, не приходится.

3. ЭМИССИЯ МЕТАНА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Как было показано в [4], вслед за снижением выбросов углекислого газа при сжигании ископаемого топлива наиболее эффективным инструментом уменьшения глобального парникового эффекта должны стать мероприятия по сокращению выбросов метана и увеличению площади лесов.

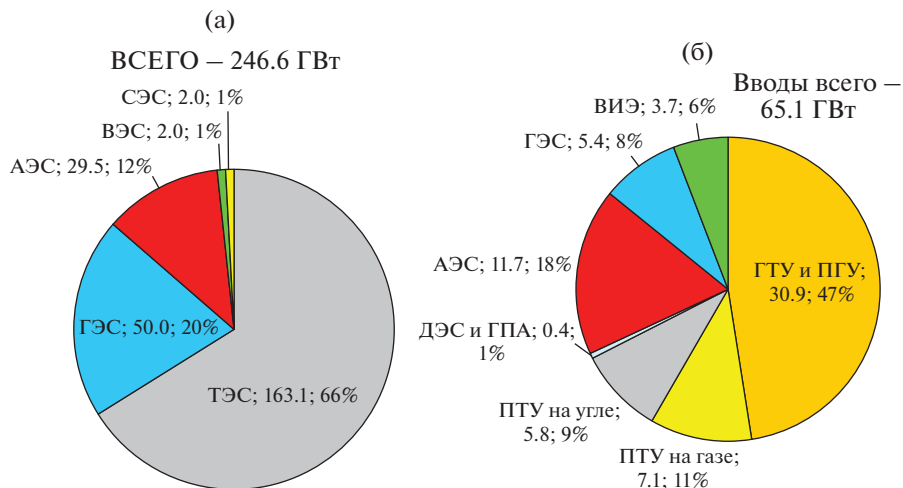


Рис. 5. Структура установленной мощности электростанций в 2022 г. (а) и вводов новой генерации в 2001–2021 гг. по данным СО ЕЭС (б).

К сожалению, в отличие от эмиссии углерода при сжигании топлива расчеты выбросов метана представляют значительно более сложную задачу и не отличаются необходимой точностью. Как видно из рис. 6, показывающего динамику выбросов CH_4 на территории страны за последние 50 лет, эти оценки могут различаться в несколько раз. Инвентаризация метановых выбросов, проводимая в 1994–2021 гг. Росгидрометом, претерпела два существенных изменения: смена методики расчетов в 2011 г. привела к увеличению оценок примерно в 1.5 раза, а модификация 2017 г. – к их снижению почти в два раза, причем основные изменения коснулись энергетических источников – шахтного метана и утечек из газопроводов (рис. 6б).

Выбросы метана в настоящее время можно оценить в 15–35 млн т ежегодно, т.е. примерно 20–50 млрд м^3 , или около 10% от ежегодного потребления природного газа экономикой России. В мире разработаны и успешно применяются различные технологии улавливания и утилизации шахтного [16, 17] и свалочного метана [18], а также производства биогаза из сельскохозяйственных отходов [19]. К сожалению, в России реализованы единичные проекты в этой области. Модернизация газотранспортной системы, использование технологий улавливания и утилизации шахтного метана и свалочного газа способны не только дать заметную экономию топлива, но и обеспечить существенный “климатический” эффект – парниковый эффект, вызываемый метаном, в 25 раз выше, чем у диоксида углерода [7].

4. ВЫБРОСЫ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ

Лесное хозяйство России занимает особое место в экономике и повседневной жизни страны хотя бы в силу известного факта, что ее леса составляют по площади 20%, а по запасу углерода более 10% от общего резервуара планеты. Одновременно малая плотность населения и слабое экономическое развитие лесных территорий делают затруднительным не только их охрану и восстановление, но даже учет. Если по вырубке лесов в ходе лесозаготовки, а также по лесовосстановлению ведется прямой учет, то основная опасность – лесные пожары, – оценивается по данным наблюдений – на-

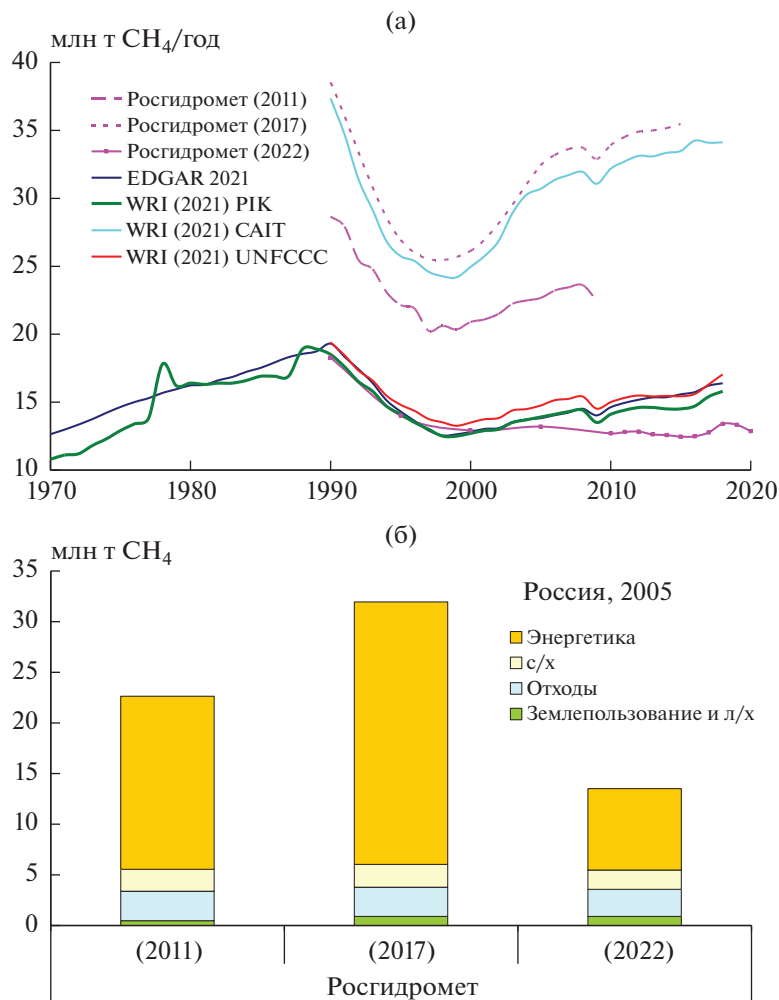


Рис. 6. Суммарные выбросы метана на территории России в 1990–2020 гг. (а) и их структура в 2005 г. (б) по оценкам Росгидромета [6, 12–13], Европейской комиссии (EDGAR) [14] и Института мировых ресурсов (WRI) [15].

земного и дистанционного зондирования. Рис. 7а демонстрирует разброс оценок гибели лесов в России от пожаров и соответствующих выбросов диоксида углерода.

Споры относительно корректности различных оценок не только не утихают, но и разгораются со временем, в том числе и на международных площадках, поскольку эти оценки формируют научный базис для осуществления Россией ее национальных стратегий в области низкоуглеродного развития и охраны климата, а также выполнения международных обязательств. В целом можно констатировать, что в последние 20 лет наблюдается тенденция к росту потерь леса и увеличения эмиссии диоксида углерода в результате лесных пожаров, причем величина этих выбросов после 2010 г. находится в диапазоне 700–1100 млн т CO₂ (рис. 7б). Таким образом, в России пожарная эмиссия составляет 50–75% от индустриальной и в 3–5 раз превышает среднемировой показатель.

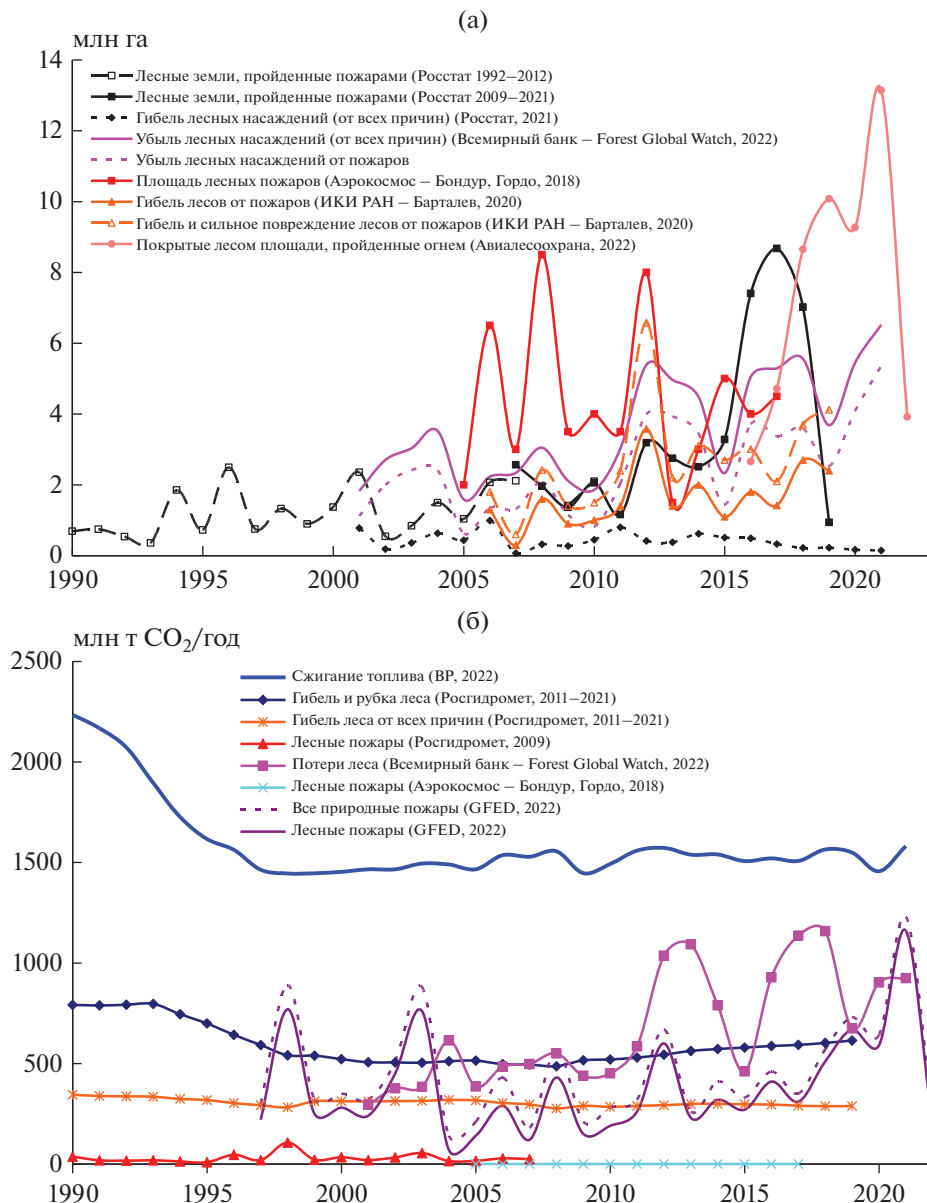


Рис. 7. Лесные площади, пройденные огнем, гибель лесов от пожаров в России (а) и соответствующие выбросы углекислого газа в сравнении с эмиссией от сжигания топлива (б) по данным инвентаризаций Росгидромета [6, 12–13], дистанционного зондирования Земли (Аэрокосмос [20–22], ИКИ РАН [23–24], Авиалесоохраны [25], программы Всемирного банка Global Forest Watch [26] и архива GFED [27]).

Это предопределяет не только особую роль охраны лесов в осуществлении Россией релевантной климату стратегии, но и саму возможность исполнения этой стратегии.

Совершенствование лесопользования, в том числе развитие энергетического использования древесины [28] и борьба с природными пожарами, могут обеспечить существенный вклад в достижение целей снижения выбросов парниковых газов.

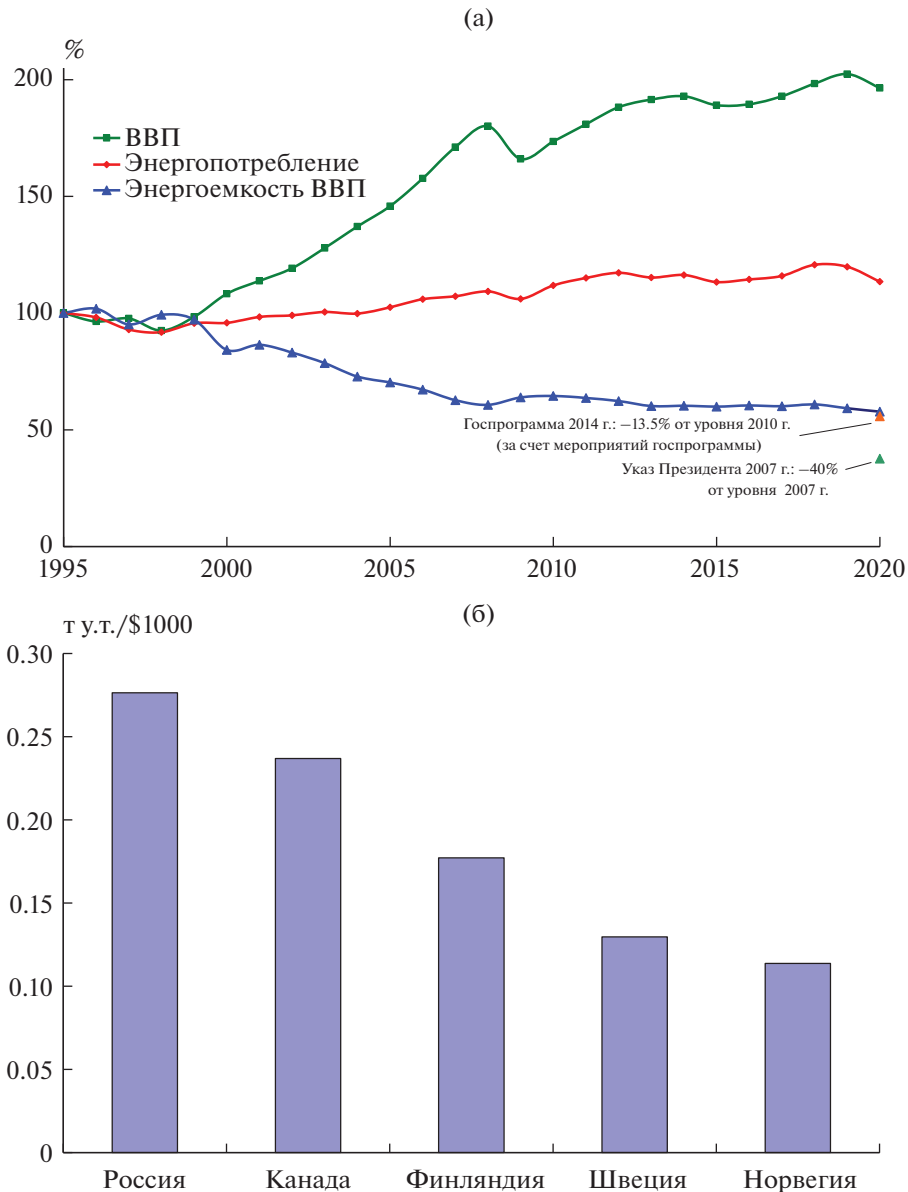


Рис. 8. Динамика энергопотребления, ВВП и его энергоемкости в России по данным Росстата [29] и целевые показатели [30–31] (а) и сравнение энергоемкости ВВП некоторых стран (по данным Всемирного банка [32]) (б).

5. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

Еще одним заметным ресурсом снижения выбросов парниковых газов является энергосбережение, потенциал которого в России оценивается в 300 млн т у.т. На рис. 8 представлена динамика энергопотребления, ВВП и его энергоемкости в России.

Из рис. 8а видно, что после существенного снижения энергоемкости ВВП России в 2000–2008 г., что дало основание поставить целью на 2020 г. в Указе Президента

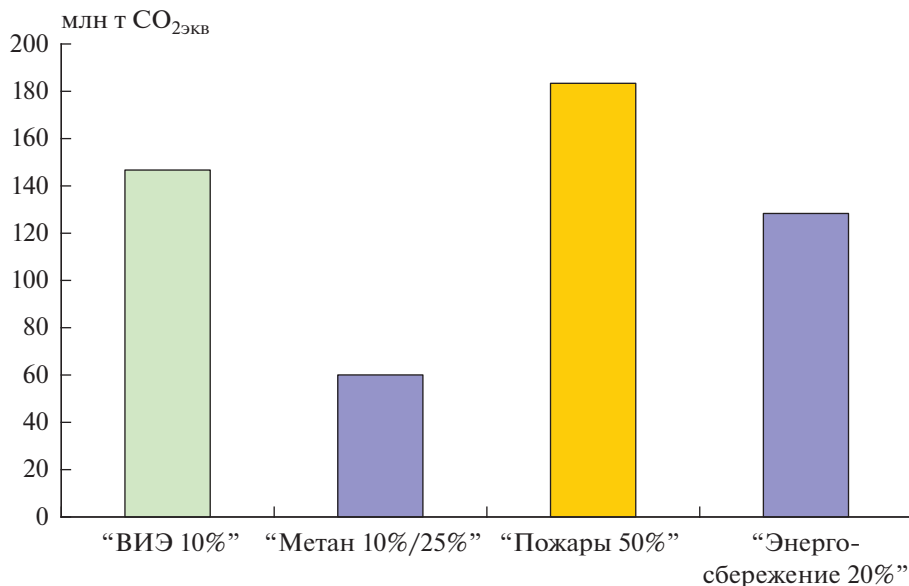


Рис. 9. Снижение выбросов парниковых газов за счет различных групп мероприятий (относительно современного уровня).

России “О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики” [31] снижение ее на 40% по сравнению с уровнем 2007 г. (рис. 8а), темпы роста энергоэффективности экономики России упали практически до нуля. В результате в качестве целевого ориентира государственной программы Российской Федерации “Энергоэффективность и развитие энергетики” (2014 г.) [30] на 2020 г. было принято снижение энергоемкости ВВП всего на 13.5% от уровня 2010 г., что и было достигнуто (рис. 8а). Рис. 8б показывает, что в настоящее время энергоемкость ВВП России примерно на 15% выше аналогичного показателя наиболее близкой по размерам, климатическим условиям и структуре экономики Канады и в 2.5 раза выше, чем у также холодной и ориентированной на добычу углеводородов Норвегии.

6. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В РОССИИ

На основе анализа приведенной выше информации были сформированы следующие группы мероприятий по снижению выбросов парниковых газов на территории России:

- 1) “ВИЭ 10%” — увеличение доли ВИЭ в энергобалансе страны до 10% (это потребует ввода более 50 ГВт солнечных и ветровых электростанций);
- 2) “Метан 25%/10%” — снижение утечек в газотранспортной системе на 25% и утилизация 10% шахтного и свалочного метана, а также отходов сельского хозяйства;
- 3) “Пожары 50%” — сокращение ежегодных лесных пожаров на 50% (целевой ориентир Указа Президента Российской Федерации от 15 июня 2022 г. № 382 “О мерах по сокращению площади лесных пожаров в Российской Федерации”);
- 4) “Энергосбережение 20%” — реализация малозатратных энергосберегающих мероприятий [33].

На рис. 9 приведено сравнение возможных объемов сокращения выбросов парниковых газов за счет реализации мероприятий этих групп.

Замена выработки тепловых станций в объеме примерно 100 млрд кВт ч/год на безуглеродные источники (кроме 50 ГВт ВИЭ, это могут быть АЭС — примерно 15 гигаваттных реакторов, или ГЭС масштаба Ангара—Енисейского каскада) приведет к снижению выбросов диоксида углерода (за счет замещения органического топлива, сжигаемого на ГЭС) в объеме около 150 млн т/год.

Модернизация газотранспортной системы и утилизация метана угольных шахт и полигонов ТКО обеспечит эквивалентное уменьшение выбросов этого парникового газа в масштабе 60 млн т $\text{CO}_{2\text{экв}}$ /год. Двукратное уменьшение потерь леса от пожаров снизит выбросы диоксида углерода в атмосферу в среднем на 180 млн т/год. Реализация малозатратных энергосберегающих мероприятий — почти 130 млн т/год.

Как видно из приведенных результатов расчетов, совместная реализация “метановых”, “лесных” и “энергосберегающих” мероприятий дает эффект почти в 2.5 раза превышающий эффект строительства гигантского парка ВИЭ-генерации.

ВЫВОДЫ

Для России приоритетными направлениями снижения выбросов парниковых газов могут быть комплексные мероприятия, климатический эффект которых сопровождается расширением топливной базы отечественной энергетики, экономией природных ресурсов, ростом промышленной безопасности и повышением качества окружающей среды:

- модернизация газотранспортной системы, использование технологий улавливания и утилизации шахтного метана и свалочного газа;
- совершенствование лесопользования и борьба с природными пожарами;
- повышение энергоэффективности во всех отраслях экономики.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-29-00680).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко В.В., Безносова Д.С., Терешин А.Г. Есть ли будущее у Киотского протокола? // Теплоэнергетика. 2006. № 5. С. 2—9.
2. Клименко В.В., Микушина О.В., Терешин А.Г. Парижская конференция по климату — поворотный пункт в истории мировой энергетики // Доклады Академии наук. 2016. Т. 468. № 5. С. 521—524.
<https://doi.org/10.7868/S0869565216170102>
3. Клименко В.В., Клименко А.В., Микушина О.В., Терешин А.Г. Избежать потепления на 2°C — миссия невыполнима // Теплоэнергетика. 2016. № 9. С. 3—8.
<https://doi.org/10.1134/S0040363616090022>
4. Клименко В.В., Микушина О.В., Терешин А.Г. Глазго-2021: трудная дорога к цели в 1.5°C // Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. Т. 505. С. 50—56.
<https://doi.org/10.31857/S2686740022040046>
5. Центр климатических исследований Университета Восточной Англии (CRU) — URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/> (дата обращения 01.12.2022).
6. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990—2020 гг. (ч. 1) М.: Росгидромет, 2022.
7. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M.M.B. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013.
8. Клименко В.В., Клименко А.В., Терешин А.Г. От Рио до Парижа через Киото: как усилия по охране глобального климата влияют на развитие мировой энергетики // Теплоэнергетика. 2019. № 11. С. 5—15.
<https://doi.org/10.1134/S004036361911002X>
9. BP Statistical Review of World Energy 2022. London: BP p.l.c., 2022. 58 p.
10. Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. Утв. расп. Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р.

11. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Утв. расп. Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р.
12. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2009 гг. (ч. 1) / Научн. рук. Израэль Ю.А. М.: Росгидромет, 2011.
13. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2015 гг. (ч. 1) М.: Росгидромет, 2017.
14. Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release EDGAR v6.0_GHG (1970–2018) of May 2021. European Commission, Joint Research Centre (EC-JRC)/Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). <https://edgar.jrc.ec.europa.eu> (дата обращения 01.12.2022).
15. CAIT Climate Data Explorer. Washington, DC: World Resources Institute, 2022. <https://www.wri.org/data/cait-climate-data-explorer> (дата обращения 01.12.2022).
16. Харионовский А.А., Данилова М.Ю. Использование угольного метана – важный фактор производственной и экологической безопасности угольных шахт (обзор) // Экология промышленного производства. 2018. № 1 (101). С. 60–70.
17. Поздеев Е.Э., Комиссаров И.А. Международный опыт утилизации и перспективы использования дегазационного метана в условиях АО “СУЭК-Кузбасс” // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2021. № 3 (123). С. 61–65.
18. Вострецов С.П. Оптимизация использования биогаза полигонов ТКО // Твердые бытовые отходы. 2017. № 9 (135). С. 42–45.
19. Анажев А.К., Шехмачев Ю.А. Инновационные технологии и техника утилизации отходов животноводства // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2021. № 3 (33). С. 79–83
20. Бондур В.Г., Гордо К.А. Космический мониторинг площадей, пройденных огнем, и объемов эмиссий вредных примесей при лесных и других природных пожарах на территории Российской Федерации // Исследование Земли из космоса. 2018. № 3. С. 41–55.
21. Бондур В.Г., Воронова О.С., Черепанова Е.В., Цидилина М.Н., Зима А.Л. Пространственно-временной анализ многолетних природных пожаров и эмиссий вредных газов и аэрозолей в России по космическим данным // Исследование Земли из космоса. 2020. № 4. С. 3–17.
22. Бондур В.Г., Цидилина М.Н., Черепанова Е.В. Космический мониторинг воздействия природных пожаров на состояние различных типов растительного покрова в федеральных округах Российской Федерации // Исследование Земли из космоса. 2019. № 3. С. 13–32.
23. Лупян Е.А., Барталев С.А., Балашов И.Б., Егоров Б.А., Ершов Д.Б., Кобец Д.А., Сенько К.С., Стыцено Ф.Б., Сычугов И.Г. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 158–175. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175>
24. Барталев С.А. Крупномасштабные изменения лесов России в XXI веке по данным спутниковых наблюдений // Лекции школы-конференции молодых ученых по проблемам дистанционного зондирования растительного покрова высокоширотных регионов в контексте изменения климата и других воздействий. 16–17 ноября 2020 г. М.: ИКИ РАН, 2020. http://conf.rse.geosmis.ru/files/pdf/18/8465_Bartalev_YSS_2020_Eng.pdf
25. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства. ФГУП “Авиалесоохрана”. Сводный отчет о лесных пожарах по данным космического мониторинга. https://public.aviales.ru/main_pages/public.shtml (дата обращения 01.12.2022).
26. Global Forest Watch. World Resources Institute, 2022. <https://www.globalforestwatch.org/> (дата обращения 01.12.2022).
27. Global Fire Emissions Database, Version 4, (GFEDv4). Oak Ridge National Laboratory (ORNL) Distributed Active Archive Center (DAAC), 2022. https://daac.ornl.gov/VEGETATION/guides/fire_emissions_v4.html (дата обращения 01.12.2022).
28. Клименко В.В., Терешин А.Г., Микушина О.В. Влияние изменений атмосферы и климата на энергетический потенциал лесов России // Доклады РАН. 2019. Т. 488. № 6. С. 612–618. <https://doi.org/10.31857/s0869-56524886612-618>
29. Федеральная служба государственной статистики (Росстат) <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 01.12.2022).
30. Государственная программа “Энергоэффективность и развитие энергетики Российской Федерации”. Утв. Пост. Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 321.
31. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. N 889 “О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики”
32. World Bank. <https://data.worldbank.org/> (дата обращения 01.12.2022).
33. Гаряев А.Б., Яковлев И.В., Клименко А.В., Данилов О.Л., Очков В.Ф., Вакулко А.Г. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / под ред. А.В.Клименко. М.: Изд-во МЭИ, 2021.

Prospects for Reducing Greenhouse Gas Emissions in Russia**A. V. Klimenko^a, A. G. Tereshin^{b, *}, and O. E. Prun^{a, b}**^a*National Research Technological University “MISIS”, Moscow, Russia*^b*National Research University “MPEI”, Moscow, Russia***e-mail: nilgpe@mpei.ru*

The paper analyzes Russia's ability to meet national obligations to reduce greenhouse gas emissions. There is a wide variation in estimates of anthropogenic methane emissions and CO₂ emissions from forest fires, as well as an almost complete absence of projects for the utilization of methane emissions. It is shown that for Russia, the priority areas for reducing greenhouse gas emissions can be the modernization of the gas transmission system, the use of technologies for capturing and utilization of coalbed methane and landfill gas, improving forest management and combating natural fires, as well as energy-saving measures. In addition to a significant climatic effect, they contribute to the rational use of energy resources, the expansion of the fuel base of the national energy sector and the improvement of the quality of the environment.

Keywords: climate change, emission reduction, carbon dioxide, methane, coal mining, solid waste landfills, forest fires, energy conservation