

ТРИ ПЛЮС ДВА

И.А. Башмаков и А.А. Лунин

Центр энергоэффективности – XXI век

1. МЭА. Пять опор глобального перехода на траекторию 1,5°

В преддверии COP-28 8-я ежегодная глобальная конференция по энергоэффективности (The 8th Annual Global Conference on Energy Efficiency)¹ призвала увеличить темпы повышения энергоэффективности до 4% в год. Позже МЭА сформулировало пять критериев успеха движения по траектории декарбонизации, позволяющей удержать глобальное потепление в границах 1,5°C²:

- Утроить глобальную мощность источников ВИЭ.
- Удвоить темпы повышения энергоэффективности.
- Принять обязательства со стороны компаний, добывающих ископаемые топлива, и сократить выбросы метана на 75%.

- Создать крупномасштабные механизмы финансирования, позволяющие **утроить инвестиции в чистую энергетику** в странах с формирующейся рыночной экономикой и развивающихся странах.
- Принять обязательства по реализации мер, обеспечивающих планомерное сокращение использования ископаемого топлива, включая **прекращение выдачи разрешений на строительство новых угольных электростанций**.

Реализация этих мер до 2030 г. предполагает использование только уже применяемых технологий, что снижает как затраты, так и риски.

2. Глобальное обязательство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности

Обязательства по первому и второму пунктам были оформлены как *Глобальное обязательство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности (Global Renewables and Energy Efficiency Pledge)*. Под этим документом подписались

124 страны.³ В их число не вошли ключевые страны БРИКС: ни Россия, ни Китай, ни Индия, ни Южная Африка.⁴ У каждой из этих стран, по-видимому, были свои причины для такого решения.

¹ <https://www.iea-events.org/8th-global-conference>.

² [What does COP28 need to do to keep 1.5 °C within reach? These are the IEA's five criteria for success – Analysis - IEA.](#)

³ [IEA assessment of the evolving pledges at COP28 - News - IEA.](#)

⁴ [COP28: Global Renewables And Energy Efficiency Pledge.](#)

Задача данной работы – понять:

- что для России означает «утроить мощность источников ВИЭ и удвоить темпы повышения энергоэффективности»?
- может ли Россия до 2030 года утроить мощность источников ВИЭ и удвоить темпы повышения энергоэффективности?

Ответ на первый вопрос не однозначный. В части мощности источников ВИЭ важно определиться с их перечнем и границами учета – только централизованные источники или централизованные и децентрализованные. В документе *Global Renewables and Energy Efficiency Pledge* указано, что цель для мира в целом – доведение мощностей ВИЭ к 2030 году до как минимум 11 000 ГВт. В отношении повышения темпов энергоэффективности в этом документе дана формулировка – «необходимо удвоить глобальный среднегодовой темп повышение энергоэффективности примерно с 2% до более 4% каждый год до 2030 года».

Страны, подписавшие *Глобальное обязательство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности (Global Renewables and Energy Efficiency Pledge)*, взяли на себя обязательства:⁵

- работать вместе, чтобы коллективно удвоить глобальные среднегодовые темпы повышения энергоэффективности примерно с 2% до более 4% каждый год до 2030 года;
- поставить принцип энергоэффективности в качестве «первого топлива» в основу принятия политических решений, планирования и принятия крупных инвестиционных решений;
- предпринять комплексные внутренние действия для содействия выполнению этого обязательства, в том числе путем принятия амбициозной национальной политики в области возобновляемых источников энергии и энергоэффективности и отражения этих амбиций в ОНУВ, работая с городами и субнациональными правительствами, уделяя особое внимание ключевым

инструментам и наиболее актуальным факторам реализации, национальным и местным обстоятельствам;

- сотрудничать в области устойчивых цепочек создания стоимости и развития технологий, в том числе посредством добровольной передачи на взаимосогласованных условиях;
- расширить финансовую поддержку для масштабирования программ возобновляемой энергетики и энергоэффективности на развивающихся рынках и в развивающихся странах, включая инвестиции из нескольких источников со стороны частного сектора, многосторонних банков развития и благотворительной деятельности;
- сотрудничать в области доступных механизмов финансирования для снижения стоимости капитала на развивающихся рынках и в развивающихся странах;
- усилить техническую поддержку и наращивание потенциала развивающихся стран, использующих возобновляемые источники энергии и энергоэффективность;
- ускорить трансграничные межсетевые соединения;
- ускорить выдачу разрешений на проекты возобновляемых источников энергии и связанную с ними инфраструктуру;
- развивать и расширять сетевые соединения, а также улучшать интеграцию энергетических систем;
- обеспечить ясность в отношении структуры рынка и схем стимулирования, а также укрепить рыночные условия и инвестиционный климат для облегчения инвестиций в возобновляемые источники энергии и энергоэффективность;
- содействовать энергоэффективности, электрификации и управлению спросом на энергию во всех соответствующих секторах;
- повышать осведомленность общественности и поощрять изменение поведения;
- поощрять увеличение и значимость частных и государственных инвестиций из нескольких источников, особенно для развивающихся стран;

⁵ Там же.

- совершенствовать и масштабировать новые технологические решения, в том числе посредством поддержки исследований, разработок и инноваций;
- обеспечить, чтобы меры политики способствовали справедливому энергетическому переходу, расширяя возможности потребителей и поддерживая развитие квалифицированной рабочей силы в области возобновляемых источников энергии и энергоэффективности, поддерживая нынешних работников энергетики, которые рискуют быть вытесненными в результате энергетического перехода, способствуя продуктивной реконверсии застрявших активов и гарантируя, что сообщества, затронутые этим переходом, также извлекут выгоду из возможностей, предлагаемых энергетическим переходом;
- обеспечить, чтобы усилия по расширению использования возобновляемых источников энергии и повышению эффективности проводились экологически ответственным образом;
- рассмотреть возможность поддержки существующих международных инициатив, таких, как те, что изложены в Программе энергетического прорыва (*Power Breakthrough Agenda*), для продвижения технической и политической работы, которая послужит основой действий в рамках этого обязательства;
- согласовать дальнейшие действия по рассмотрению прогресса в выполнении *Глобального обязательства по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности* на ежегодной основе до 2030 года, например, посредством специальных министерских совещаний и ежегодных отчетов о глобальном прогрессе в достижении целей этого обязательства, отмечая использование существующих флагманских обязательств, отчеты МЭА и IRENA.

Если предполагается утроить глобальные мощности источников ВИЭ и довести их до уровня 11000 ГВт в 2030 г., то исходный уровень установленной мощности в 2022 г. получается равным 3667 ГВт. Это означает,

что речь идет только об электрогенерирующих мощностях, а перечень технологий ВИЭ включает ГЭС, ВЭС, СЭС, БиоГЭС, ГеоГЭС, приливные и другие электростанции на ВИЭ. Возможно, именно включение ГЭС привело к тому, что ряд стран с высокой долей ГЭС в структуре генерации отказались подписывать *Глобальное обязательство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности*. В России в 2022-2023 гг. на ГЭС пришлось около 17% генерации электроэнергии и 50 ГВт мощности. Утроение означало бы доведение доли ГЭС в выработке до 51% и 150 ГВт уже в 2030 г. Это нереалистично. Даже в прогнозе МЭА с нетто-нулевыми выбросами мировые мощности ГЭС в 2022-2030 гг. растут только на 27%.⁶

МЭА стоило бы сформулировать задачу по-другому:

- расширить охват ВИЭ с включением в них ВИЭ и для производства тепловой энергии, но
- оставить на усмотрение стран включение или исключение крупных ГЭС в сферу охвата.

В данной работе крупные ГЭС из анализа исключаются и рассматривается возможность утроения мощностей ВИЭ по трем индикаторам:

- мощности централизованных электроустановок на ВИЭ по перечню схемы ДПМ (ВЭС, СЭС, и мини-ГЭС);
- мощности централизованных и децентрализованных электроустановок на ВИЭ (ВЭС, СЭС и мини-ГЭС);
- мощности централизованных и децентрализованных электро- и теплогенерирующих установок на ВИЭ: ВЭС, СЭС, мини-ГЭС, солнечные водоподогреватели, тепловые насосы, котлы на биомассе.

В отношении повышения энергоэффективности количественная цель сформулирована только для глобального показателя – коллективное удвоение глобальных среднегодовых темпов повышения энергоэффективности примерно

⁶ IEA. 2023. Word Energy Outlook. 2023.

с 2% до более 4% в год до 2030 года. Простой расчет показывает, что при равенстве темпов повышения энергоэффективности во всех странах их удвоение приведет к почти удвоению глобальных темпов повышения энергоэффективности. Отклонение определяется разницей в исходных уровнях и темпах снижения энергоемкости и темпах экономического роста для разных стран. Но это не является единственным решением задачи. Может быть много других комбинаций при неравномерном повышении энергоэффективности. Для отдельных стран решение задачи удвоения заметно отличается от решения задачи достижения темпов повышения энергоэффективности на 4%.

Ни в формулировке МЭА, ни в тексте *Глобального обязательства по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности* не указан точно показатель энергоэффективности, темпы которого нужно удвоить. По умолчанию в этом качестве может выступать энергоемкость ВВП мира или страны. Однако при расчете этого показателя в числителе используется потребление топлива на неэнергетические нужды. В 1971 году в мире в целом на эти цели приходилось 4,3% всего потребления первичной энергии, а в последние годы – 6,3%. В Южной Корее за эти годы эта доля выросла с 3,7% до 18,8%. В Нидерландах в 1960 году она была равна 1,7%, а в 2019 году составила 17%. В России она выросла с 5,8% в 2000 г. до 15,3% в 2021 г. и снизилась до 13,4% в 2022 г. Это означает, что энергоемкость снижалась бы быстрее, если бы не учитывался расход топлива на сырьевые нужды. Поэтому при расчете энергоемкости ВВП потребление топлива на сырьевые нужды следует вычитать.

Таким образом, есть альтернативный показатель – динамика энергоемкости ВВП (без учета неэнергетических нужд).

Со времени принятия Государственной программы Российской Федерации «*Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 г.*» в России используется еще один индикатор – снижение энергоемкости ВВП за счет технологического фактора. Его мониторинг ежегодно ведет ЦЭНЭФ-XXI по модели МТФК-16-80-ПГ на основе Приказа Минэкономки России от 1 августа 2019 г. № 471 «Об утверждении методики расчета энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации». В рамках этой системы также рассчитывается индекс энергоэффективности – снижение энергоемкости экономики только за счет технологического фактора.

Таким образом, важно оценить возможности России по удвоению темпов повышения энергоэффективности по каждому из пяти индикаторов:

- снижение энергоемкости ВВП по первичной энергии;
- снижение энергоемкости ВВП по конечной энергии;
- снижение энергоемкости ВВП по первичной энергии без учета неэнергетических нужд;
- снижение энергоемкости ВВП по конечной энергии без учета неэнергетических нужд;
- снижение энергоемкости ВВП за счет технологического фактора.

3. Пределы изменений

Как показывают эмпирические данные, снижение энергоемкости ВВП на 4% в год на протяжении десятилетия возможно только в специфических условиях, обеспечивающих высокий вклад структурного фактора. Ограничено ли повышение глобальной энергетической эффективности уровнем 2% в год? Можно ли его повысить до 4% в год? Обсуждение «пределов роста» следует сместить в сторону обсуждения «пределов изменений». Исследования по смягчению последствий изменения климата при движении к безуглеродной экономике в ближайшие 30 лет либо предполагают, либо моделируют снижение энергоемкости глобального ВВП в среднем на 3-3,5% в год.⁷ Для сотен сценариев, которые ограничивают глобальное потепление уровнем 1,5°C, ожидается снижение энергоемкости (по конечной энергии) на 2,7-3,3% к 2030 г., на 2,6-2,7% к 2050 г. и на 1,7-1,8% к 2100 г. На многовековом временном горизонте энергоемкость глобального ВВП снижалась примерно на 1% в год.⁸ На временном горизонте, ограниченном последними десятилетиями, для мира в целом энергоемкость ВВП (по первичной энергии) снижалась на 1,44% в 1990-2000 гг., на 1,08% в 2000-2010 гг. и на 1,65% в 2010-2022 гг. (рис. 1). Рубеж в 4%

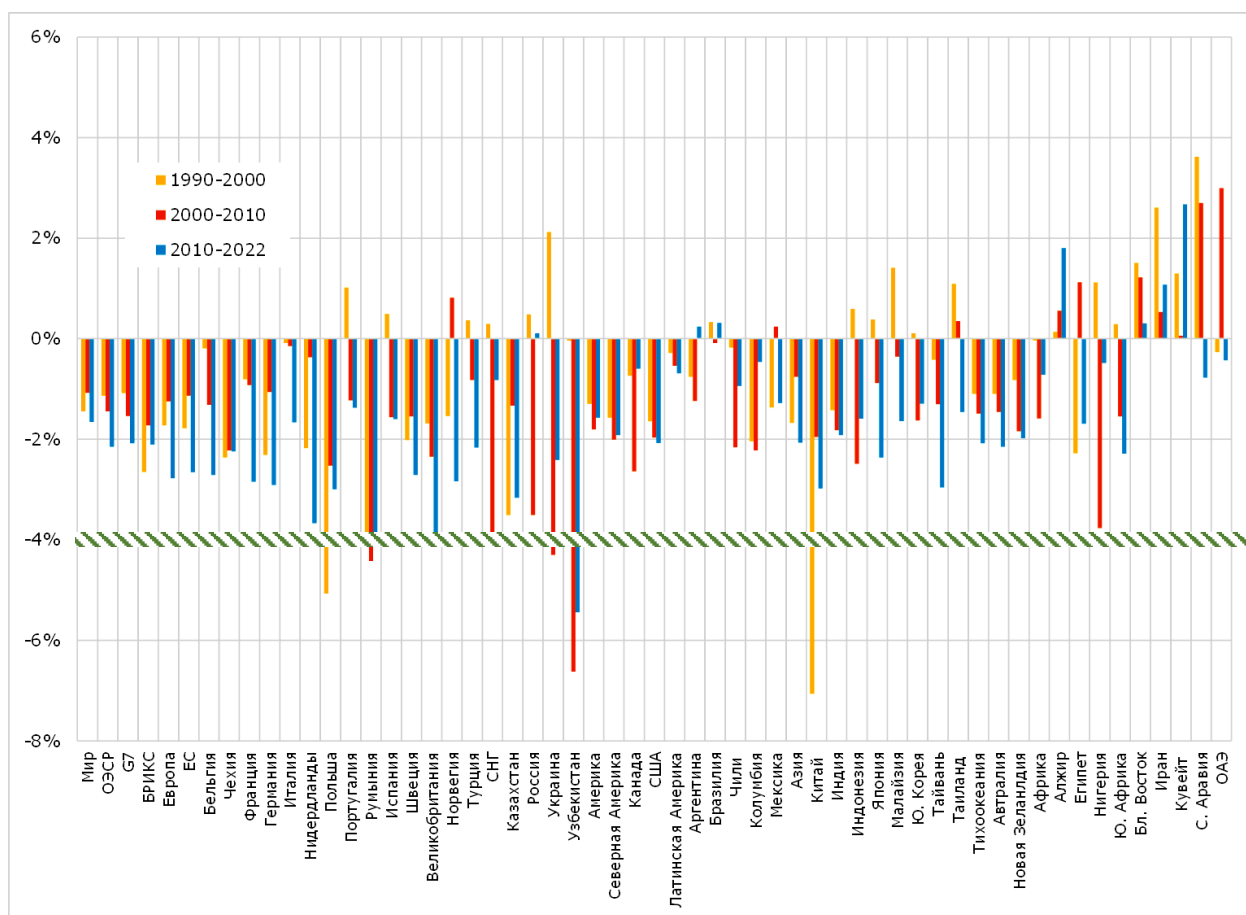
пересекался только несколько раз. Только Румынии, которая постепенно избавляется от наследия энерго-расточительной централизованной экономики, удалось удерживать темп снижения энергоемкости около 4% в год в 1990-2022 гг. По той же причине в 1990-2000 гг. это удалось Польше, в 2000-2010 гг. – Украине, а в 2000-2022 гг. – Узбекистану и Нигерии. В 1990-2000 гг. уровень 4% заметно превзошел Китай. Снижение энергоемкости на уровне 3-4% в год возможно только для стран с существенными структурными сдвигами в экономике. В случае с Китаем это отставание роста жилого фонда от роста ВВП при очень быстром росте последнего. За счет этого структурного сдвига было обеспечено 63% снижения энергоемкости ВВП. Когда темпы роста ВВП ограничены 3% в год, разрыв с ростом жилой площади является умеренным и такой структурный сдвиг вносит лишь ограниченный вклад: 20% в США в 1971-2019 годах. Переход от плановой к рыночной экономике также порождает заметные структурные изменения в экономике, что приводит к ускоренному снижению энергоемкости ВВП за счет сворачивания неконкурентоспособных производств.

⁷ BP (2023). BP Energy Outlook 2050: January 2023; IRENA (2022). World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi; Riahi, K., R. Schaeffer, J. Arango, K. Calvin, C. Guivarch, T. Hasegawa, K. Jiang, E. Kriegler, R. Matthews, G.P. Peters, A. Rao, S. Robertson, A.M. Sebbit, J. Steinberger, M. Tavoni, D.P. van Vuuren (2022). Mitigation pathways compatible with long-term goals. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.

Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera; IEA. 2023. World Energy Outlook. 2023.

⁸ Башмаков И.А. Повышение энергоэффективности и экономический рост. *Вопросы экономики*. 2019;(10):32-63. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-10-32-63>.

Рисунок 1 – Динамика энергоёмкости ВВП ведущих стран и регионов мира



Источник: World Energy & Climate Statistics – Yearbook. 2023.

Впечатляют достижения Великобритании и Нидерландов, которым после 2010 г. также удалось выйти на темпы снижения энергоёмкости ВВП около 4% в год. Для Великобритании это в значительной степени результат структурных изменений, которые в основном явились результатом оффшоринга – переноса энергоёмких производств в другие страны,⁹ но не только. Важную роль сыграл рост выработки первичной энергии на ВИЭ (см. обсуждение ниже). В Нидерландах после 2010 г. к этим факторам прибавилось снижение

потребления топлива на неэнергетические нужды, что ускорило снижение энергоёмкости ВВП на 0,4% в год.¹⁰

Урок прошлого сводится к тому, что в 1990-2020 годах человечеству не удалось ускорить среднегодовые темпы снижения энергоёмкости ПГП сверх дополнительных 0,5% даже при введении во многих странах энергетических, экологических и углеродных налогов и значительных улучшений в административных и рыночных механизмах для содействия энергоэффективности.¹¹

⁹ Hardt L., A. Owen, P. Brockway, M.K. Heund, J. Barrett, P.G. Taylor, T.J. Foxon. 2018. Untangling the drivers of energy reduction in the UK productive sectors: Efficiency or offshoring? Applied Energy. Volume 223, 1 August 2018, pp. 124-133. [Untangling the drivers of energy reduction in the UK productive sectors: Efficiency or offshoring? \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618300000); ODYSSEE-MURE. United Kingdom | Energy profile, March 2021. Energy

efficiency trends and policies. [united-kingdom-country-profile-english.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/684442/united-kingdom-country-profile-english.pdf).

¹⁰ Eurostat. European Union, 2024 Energy consumption decomposition analysis on EU-27 and EU-27 members. 2023 edition. [Energy consumption decomposition analysis on EU27 and EU27 members \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&plugin=1).

¹¹ Башмаков И.А. Прогнозы развития энергетики мира 30 лет спустя: проверка прошлым уроков

В 1992 году автор сформировал глобальный энергетический прогноз до 2020 г., результаты которого были опубликованы в книге «Мировая энергетика: уроки будущего». ¹² В первых шести сценариях было смоделировано снижение энергоемкости мирового ВВП примерно на 1% в год. В сценарии «Энергосбережение: новые стимулы», где экологические и климатические факторы рассматривались как важные факторы энергосбережения, было смоделировано снижение энергопотребления на 1,5% в год. Фактически, в 1990-2020 гг. энергоемкость ППП снижалась на 1,1-1,5% в год в зависимости от показателя (первичная или конечная энергия, ППП по обменным курсам или в ППС).

Для снижения энергоемкости на 2% при росте глобального ВВП на 3% в год необходимо: ежегодно выводить из эксплуатации 3% устаревших производственных фондов, зданий и сооружений с наибольшей энергоемкостью (значительно больше, чем делается на практике); ежегодно модернизировать не менее 3% мощностей с сокращением удельного энергопотребления не менее чем на 25% (на практике оба показателя ниже), а также ежегодно вводить в эксплуатацию не менее 6% новых активов с удельным энергопотреблением на 50% ниже среднего (практически оба показателя также ниже). Для достижения снижения энергоемкости мирового ВВП на 4% все перечисленные выше доли вывода из эксплуатации, модернизации и ввода в эксплуатацию необходимо удвоить. Это возможно только теоретически, а на практике, видимо, нет, тем более что ряд промышленных технологий приближаются к термодинамическим минимумам и 50-процентное снижение удельного энергопотребления там просто невозможно.

будущего. Вопросы экономики. 2022;(5):51-78. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-5-51-78>.

¹² Башмаков И.А. и др. (1992). Энергетика мира: уроки будущего / Под ред. И. А. Башмакова. М.: МТЭА, ИНЭИ РАН.

Решение задачи утроения глобальной мощности источников ВИЭ является важным условием решения задачи удвоения темпов повышения энергоэффективности. Есть несколько многообещающих дополнительных возможностей для снижения энергоемкости: рост доли ВИЭ в энергобалансе, электрификация конечного потребления энергии, повышение эффективности использования материалов и достаточность. Производство электроэнергии на базе гидро-, солнечной и ветровой энергии считается 100%-эффективным при учете по первичной энергии. Растущая доля этих первичных источников энергии, скажем, с нуля до половины за 10-12 лет при заданном уровне конечного энергопотребления может способствовать снижению энергоемкости ВВП на 1% в год. Это подтверждается данными по Великобритании. Согласно базе данных МЭА, в 2010-2019 гг. энергоемкость ВВП по первичной энергии снижалась на 3,7% в год, что на 0,95% больше снижения энергоёмкости по конечной энергии (2,7% в год). В 2010-2022 гг. разница снизилась до 0,94%. Она сформировалась благодаря тому, что доля потерь при производстве и преобразовании энергии в суммарном потреблении первичной энергии снизилась с 33% в 2010 г. до 25% в 2022 г. ¹³

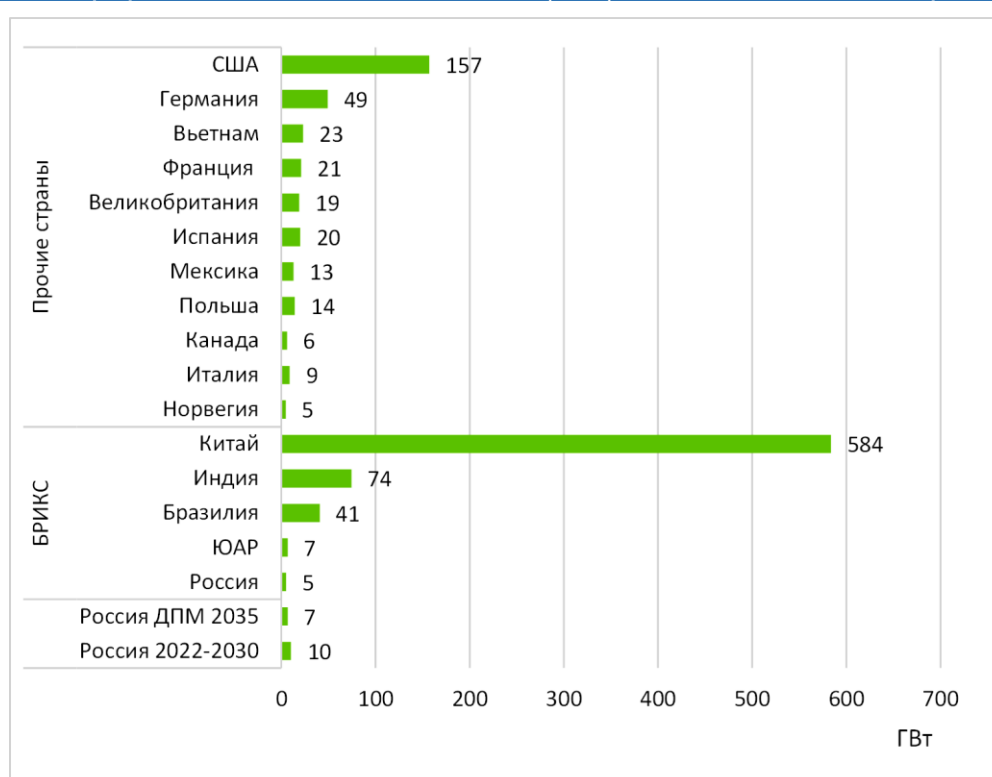
Процесс электрификации конечного использования энергии, в первую очередь, внедрение электромобилей и тепловых насосов, может повысить эффективность преобразования конечной энергии в полезную, поскольку эти технологии имеют примерно в 3 раза более высокую энергоэффективность по сравнению с традиционными. Это может добавить к темпам снижения энергоемкости еще около 1% в год при условии выработки электроэнергии на ВИЭ. В отличие от энергоэффективности, существенного прогресса в повышении материальной

¹³ UK ENERGY IN BRIEF 2023. <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-energy-security-and-net-zero/about/statistics>.

эффективности мировой экономики с 1900 года не произошло.¹⁴ В будущем прогресс в эффективности использования материалов и использования вторичных ресурсов может также способствовать повышению энергоэффективности, но оценить этот вклад пока трудно. Что касается управления спросом и достаточности,¹⁵ то этот фактор может проявляться через снижение материалоемкости, хотя баланс его влияния на потребность в энергии и материалах и на динамику ВВП еще мало изучен.

В отношении ввода мощностей ВИЭ для решения задачи их утроения Россия далека от пределов достижимого. В 2015-2022 гг. Россия заметно уступила многим странам, включая все основные страны БРИКС (рис. 2). Вводы мощностей ВЭС и СЭС составили лишь 10% от вводов в Германии. Вводы мощностей СЭС и ВЭС до 2030 г., необходимые для их утроения, также выглядят умеренными на фоне ретроспективы по другим странам. Они скромнее, чем вводы в Польше в 2015-2022 гг.

Рисунок 2 – Прирост мощности СЭС и ВЭС (ГВт) в 2015-2022 гг. по странам



Источник: IRENA (2023), Renewable capacity statistics 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. [Renewable Energy Capacity Statistics 2023 \(unreeca.org\)](https://www.irena.org/publications/2023/05/renewable-capacity-statistics-2023).

¹⁴ Bashmakov, I.A., L.J. Nilsson, A. Acquaye, C. Bataille, J.M. Cullen, S. de la Rue du Can, M. Fishedick, Y. Geng, K. Tanaka, 2022: Industry. In IPCC, 2022a: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK

and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.013; Delahaye R., M. Rensman, A. Walker. 2023. Structural changes in material flows from the mid-20th century in the Netherlands. Material use related to climate change. Statistics Netherlands. October 2023. [dutch material flows from 1950.pdf](https://www.csb.nl/en/publications/2023/05/dutch-material-flows-from-1950.pdf)

¹⁵ A resilient and resource-wise Europe: sufficiency at the heart of the EU's future. [sufficiency manifesto.pdf \(negawatt.org\)](https://www.negawatt.org/en/sufficiency-manifesto).

4. Базовые уровни для России

4.1. Ретроспективная динамика мощностей ВИЭ

За последние годы в отношении доли ВИЭ (без ГЭС и биомассы) в России произошел переход от бесконечно малых к малым величинам. По данным Росстата, на долю безуглеродной генерации в России приходилось: 32% всех мощностей в 2022 г.; 64% прироста мощностей в 2015-2022 гг., в т.ч. за счет ВИЭ – 38%, а за счет ВЭС и СЭС – 26%. По данным Росстата, установленная мощность 41718 электрических станций России на конец 2022 г. составила 269,7 ГВт, из них: АЭС – 29,6 ГВт; ГЭС – 52,5 ГВт; ТЭС и ТЭЦ – 183,7 ГВт; ВЭС – 1,7 ГВт; СЭС – 2,1 ГВт; ГАЭС – 1,2 ГВт; ГеоТЭС – 0,075 ГВт. Только часть этих мощностей работает на единую энергосистему. По данным системного оператора единой энергетической системы России (СО ЕЭС России), мощность электрических станции в ее составе на конец 2023 года составила 250,2 ГВт, из них: АЭС – 29,5 ГВт; ГЭС – 50,2 ГВт; ТЭС – 163,7 ГВт (119,7 ГВт газовых ТЭС и 43,3 ГВт угольных ТЭС); ВЭС – 2,5 ГВт; СЭС – 2,2 ГВт; ГАЭС – 1,2 ГВт; ГеоТЭС – 0,07 ГВт и БиоТЭС – 0,7 ГВт. Доля АЭС в составе мощности

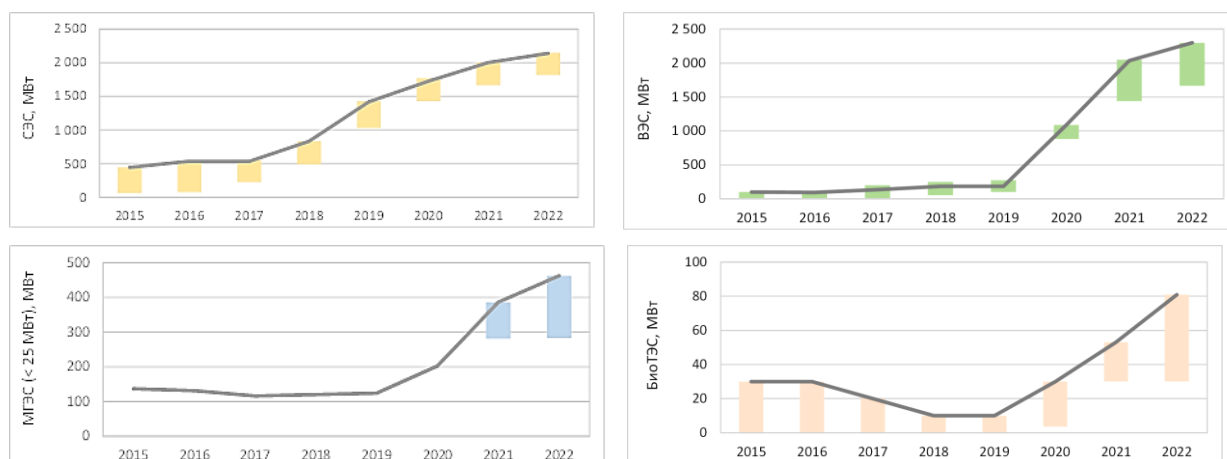
равна 11,8%, ГЭС – 20,1%; ТЭС – 65,4%; ВЭС – 1,01%; СЭС – 0,87%; ГАЭС – 0,49%; ГеоТЭС – 0,03% и БиоТЭС – 0,28%.

Данные разных источников информации по мощности ВИЭ в России различаются в зависимости от охвата рынков электроэнергии. За пределами общесетевых объектов ЕЭС России есть децентрализованные установки:

- промышленных и других предприятий;
- расположенные в изолированных системах энергоснабжения;
- микрогенерации у населения.

Сравнение данных из разных источников показано в табл. 1 и на рис. 3. На основе этих источников сформированы оценки, по мнению авторов, наиболее полно характеризующие охват мощностей генерации электроэнергии на базе ВИЭ (за исключением крупных ГЭС). В основном выбраны наиболее высокие оценки в предположении, что охват источников в них наиболее полный.

Рисунок 3 – Оценки мощностей отдельных видов ВИЭ генерации



Источники: см. источники к табл. 1.

Для решения задачи утроения мощностей ВИЭ в зависимости от охвата рынков электроэнергии и видов ВИЭ генерации прирост мощностей в 2022-2030 гг. должен составить 9-11 ГВт. Мощности СЭС и ВЭС, включая децентрализованные источники, в 2022 г. достигли 4644 МВт, из которых на долю оптового и розничного рынков приходится 4438 МВт. Утроение первых к 2030 г. означает доведение суммарной мощности до 13932 МВт, или ее прирост на 9288 МВт, а вторых – до 13314 ГВт, или прирост на 8876 ГВт. Мощности всех ВИЭ, рассмотренных в табл. 1, в 2022 г. составили 5267 МВт. Их утроение к 2030 г. означает доведение суммарной мощности до 15801 МВт, или ее прирост на 10534 МВт. В соответствии с графиком реализации ДПМ 2.0 ожидается, что мощности общесетевых ВЭС и СЭС в 2030 г. составят 10,4 ГВт.¹⁶ Таким образом, по сравнению с этим графиком дополнительный ввод мощности для решения задачи утроения составляет только 1,5 ГВт (10,4-8,9). Для обеспечения движения по траектории углеродной нейтральности таких вводов мощности ВЭС и СЭС к 2030 г. достаточно.¹⁷ **Для утроения децентрализованных мощностей ВЭС и СЭС бизнес должен увеличить их к 2030 г. на 100-200 МВт.** Это в основном мощности СЭС. По имеющимся данным, в 2023 г. эти

мощности оцениваются в диапазоне 50-100 МВт.¹⁸ Утроение означает их наращивание до 150-300 МВт, или на 100-200 МВт, или на 12,5-25 МВт в год. Для изолированных энергосистем для утроения требуется ввод 146 МВт (ВЭС и СЭС) к 2030 г.

Планы наращивания мощности микрогенерации до 1 ГВт к 2030 г. обсуждались в качестве целевого показателя социально-экономического развития России, но не были зафиксированы в нормативных документах.¹⁹ В жилом секторе в основном используются СЭС-установки. Статистика по ним не ведётся. По оценке ЦЭНЭФ-XXI, их мощность²⁰ составила 33 МВт (табл. 1) и прирастала в год примерно на 1 МВт. Для ее утроения потребуется прирост мощностей в размере 66 МВт, или в среднем на 8,25 МВт в год. При средней мощности установки 6 кВт это означает оснащение ими 1375 жилых зданий в год. Это скромная цель на фоне планировавшегося оснащения 100 тыс. жилых зданий к 2030 г. для достижения уровня мощности 1 ГВт. По оценкам ЦЭНЭФ-XXI, для движения по траектории углеродной нейтральности нужно ежегодно вводить не менее 18 МВт мощностей микрогенерации в 2023-2030 гг.²¹

¹⁶ По данным Минэнерго России, новая программа поддержки развития ДПМ ВИЭ 2.0 составит 350 млрд руб. в 2025-2035 гг. За этот срок планируется введение порядка 6,7 ГВт мощностей на ВИЭ. В эти объемы войдут более 2 ГВт солнечной и 4 ГВт ветряной генерации, а также 200 МВт малой гидрогенерации.

¹⁷ Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Движение России к углеродной нейтральности: развилки на дорожных картах. <https://cenef-xxi.ru/articles/dvizhenie-rossii-k-uglerodnoj-nejtralnosti-razvilki-na-dorozhnyh-kartah>; Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyeshnij-status-i-perspektivy>.

¹⁸ [Бизнес увеличил закупку солнечных панелей из-за роста тарифов на электричество \(kommersant.ru\)](https://kommersant.ru)

¹⁹ <https://www.pnp.ru/economics/senator-rasskazal-omerakh-podderzhki-razvitiya-mikrogeneracii-v-rossii.html>

²⁰ Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyeshnij-status-i-perspektivy>

²¹ Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyeshnij-status-i-perspektivy>

Таблица 1 Оценки установленной мощности источников ВИЭ (без крупных ГЭС) в России в 2015-2023 гг. (МВт)

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2022-2015	2022-2015
СЭС	Выбрано	446	536	534	834	1418	1728	2003	2140	2170	1694	4,8
	Минэнерго	330	365	425	490	1028	1725	1979	2140		1810	
	СО ЕЭС	60	75	534	834	1363	1727	1961	2116	2170	2055	
	Росстат	446	536		677	1418	1728	2003	2123		1677	
	IRENA	61	76	225	535	1276	1428	1661	1816		1755	
	РЭА	75	150	550	700	1350	1750	1977				
	АРВЭ	360	430	540	830	1430	1770	1990	2150	2190	1790	
ВЭС	Выбрано	101	96	134	184	184	1089	2035	2298	2518	2197	22,7
	Минэнерго	101	95	95	105	159	884	2012	2183		2082	
	СО ЕЭС	11	11	134	184	184	1028	2035	2298	2518	2288	
	Росстат	100	96		161	161	1089	1439	1667		1567	
	IRENA	11	11	11	52	102	945	1955	2218		2207	
	РЭА	68	75	200	250	275	950	2035				
	АРВЭ	100	10	140	200	200	1040	2050	2280	2530	2180	
МГЭ С (< 25)	Выбрано	137	131	116	120	124	203	386	462		325	3,4
	Минэнерго	137	131	116	120	124	203	281	283		146	
	Росстат							386	462		462	
ГеоГЭС	Выбрано	74	74	74	74	74	74	74	74			1,0
	Минэнерго	78	78	74			74	74	74		-4	
	Росстат	74	74		74		74		75		1	
	IRENA	78	78	74	74	81	74	74	74		-4	
	АРВЭ	70	70	70	70	80	80	80	80		10	
	Выбрано	30	120	20	10	10	30	53	81		51	2,7
БиоГЭС	Минэнерго						4	53	81			
	IRENA	1370	1370	1370		1373	1373	1373	1373	1373		3
	АРВЭ	30	120	20	10	10	30	30	30			
	Выбрано				9		25		73			
ВИЭ в ИС*	АРВЭ								73			
	РЭА								48			
	ЦЭНЭФ-XXI				9							
	Выбрано					100			100			
Прим генерация	АРВЭ								12			
	РЭА								6			
	ЦЭНЭФ-XXI					100			100			
	Выбрано					30		32	33			
Население	ЦЭНЭФ-XXI					30		32	33			
	АРВЭ							23				
	Выбрано	547	632	669	1018	1602	2817	4038	4644	4687	4097	8,5
СЭС и ВЭИ	Выбрано	883	957	878	1231	1946	3155	4589	5267		4384	6,0
Итого ВИЭ	Выбрано	883	957	878	1231	1946	3155	4589	5267		4384	6,0

*ИС – изолированные энергосистемы.

Источники: Минэнерго России – форма 6-ТП (ранее ее готовил Росстат); Росстат (формы электробаланса); СО ЕЭС. Отчеты о функционировании ЕЭС России в 2015-2023 гг. Население – Башмаков и др. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef.xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>; ЦЭНЭФ-XXI. 2021. Возобновляемые источники энергии – их место и роль в процессе трансформации энергетической промышленности России. Отчет для DENA; РЭА. 2022. Возобновляемая энергетика в России и мире; Жихарев А. 2024. Развитие ВИЭ-генерации в России: текущий статус и перспективы. АРВЭ. 16.02.2024; IRENA (2023), Renewable capacity statistics 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

4.2. Ретроспективная динамика индикаторов энергоэффективности

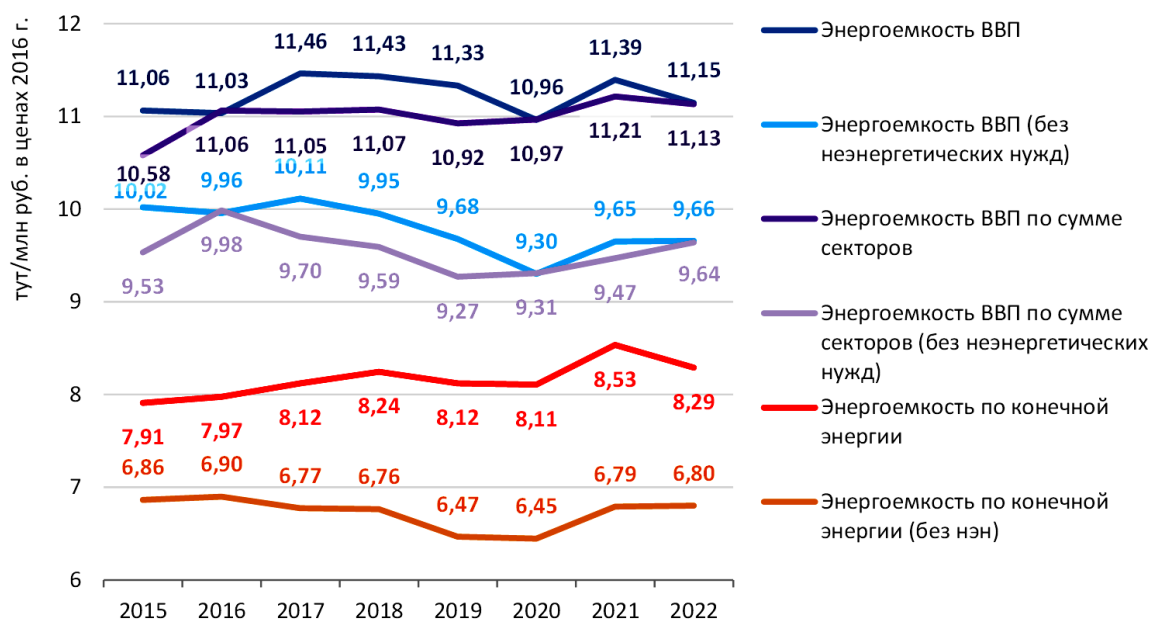
Помимо двух основных модификаций показателя энергоёмкости ВВП – с учетом и без учета неэнергетических нужд – есть еще четыре:

- при расчете потребления первичной энергии по балансу сверху – производство первичных энергоресурсов, скорректированное на внешнюю торговлю ими и изменение запасов;
- по балансу снизу – сумма оцененного по данным статистики потребления первичной энергии по всем секторам. В России статистическая невязка единого топливно-энергетического баланса значительна, поэтому эти оценки не совпадают;

- при расчете по потреблению конечной энергии;
- при расчете по потреблению конечной энергии за вычетом неэнергетических нужд.

В 2015-2022 гг. шесть модификаций показателя энергоёмкости ВВП России колебались вокруг относительно стабильных уровней, не показывая выраженной тенденции ни к росту, ни к снижению (рис. 4). Вывод о сохранении энергоёмкости ВВП примерно на одном уровне после 2015 года согласуется с оценками ее динамики в зарубежных источниках при некотором разбросе самих оценок.²² Однако показатель энергоёмкости ВВП по конечной энергии рос на 0,7% в год.

Рисунок 4 – Динамика энергоёмкости ВВП Российской Федерации в 2015-2022 годах



Источник: Модифицировано из Башмаков И.А., Мышак А.Д., Башмаков В.А., Башмаков В.И., Борисов К.Б., Дзедзичек М.Г., Лунин А.А., Лебедев О.В. (2023) Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и в динамику выбросов ПГ в секторе «энергетика» России. Фундаментальная и прикладная климатология, т. 9, № 4, с. 403-431, doi:10.21513/2410-8758-2023-4-403-431.

²² Enerdata. 2023. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. World energy statistics | Enerdata;

Energy Institute. 2023. Statistical Review of World Energy June 2023

В России энергоемкость ВВП ни по первичной, ни по конечной энергии в 2015-2022 гг. не снижалась. То есть удвоить ее *снижение* к 2030 г. невозможно. Энергоемкость ВВП по сумме секторов также не снижалась. Не снижалась и энергоемкость ВВП по сумме секторов без учета неэнергетических нужд. Снижался только один показатель - энергоемкость ВВП без учета неэнергетических нужд – в 2015-2022 гг. в среднем на 0,5% в год. Таким образом, формально для решения задачи **удвоения темпов повышения энергоэффективности достаточно обеспечить снижение энергоемкости ВВП без учета неэнергетических нужд в среднем на 1% в год до 2030 г.** Значит, в отличие от мира в целом, для выполнения *Глобального обязательства по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности достаточно снизить* энергоемкость ВВП (без учета неэнергетических нужд) примерно на 1% в год.

В части повышения энергоэффективности важно также провести анализ возможности обеспечить снижение энергоемкости ВВП Российской Федерации как с учетом, так без учета неэнергетических нужд, на 3% в год. Целевая установка принятой в 2023 г. Комплексной государственной программы Российской Федерации «*Энергосбережение и повышение энергетической эффективности*»²³ – снижение энергоемкости ВВП на 35% в 2035 г. по отношению к уровню 2019 г. – предполагает ее снижение в среднем на 2,7% в год. Непонятно, почему Россия не подписались под *Глобальным обязательством по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности (Global Renewables and Energy Efficiency Pledge)*, если официально установлена цель более динамичного снижения энергоемкости. С учетом роста энергоемкости ВВП в 2019-2022 гг. (см. рис. 1.4) получается, что для

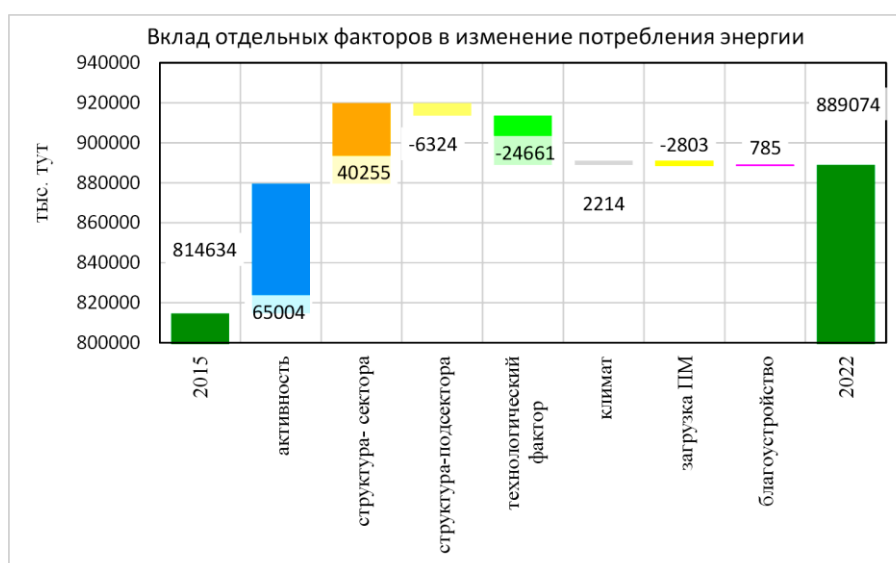
достижения цели этой программы в 2022-2035 гг. снижение должно составить в среднем 3,1% в год. Это уже близко к целевому значению 4%, предложенному МЭА.

Еще одна возможная интерпретация удвоения темпов повышения энергоэффективности – удвоение темпа снижения энергоемкости ВВП за счет вклада технологического фактора. В 2009 г. была поставлена задача снижения энергоемкости ВВП на 40% к 2020 г. В Государственной программе РФ «*Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года*» была сформулирована целевая установка снижения энергоемкости ВВП за счет реализации программы 13,5%. Еще 6,7% снижения должно было быть обеспечено за счет автономного (не зависящего от мер программы) технологического прогресса. Остальные почти 20% снижения должны были быть обеспечены структурными и продуктовыми сдвигами. Динамика потребления энергии и энергоемкости ВВП определяется большим числом факторов, многие из которых либо не управляемы вовсе (климатические условия), либо не управляемы национальным правительством (структурные и продуктовые сдвиги в экономике и загрузка производственных мощностей за счет изменения конъюнктуры внешних рынков), либо частично управляются в рамках других направлений госполитики (благоустройство жилого фонда). Меры политики повышения энергоэффективности влияют в основном на вклад технологического фактора – снижение потребления энергии за счет вывода из эксплуатации старых энергоемких объектов, модернизации существующих на новой технологической основе и ввода новых энергоэффективных объектов.

23

<http://static.government.ru/media/files/xQ1UWgkZNLRI09zNT6PTInfK0EsXfxVS.pdf>.

Рисунок 5 – Вклад отдельных факторов в изменение потребления энергии в 2015-2022 годах (по сумме секторов без неэнергетических нужд)



Период	Всего	Экономическая активность	Структура на уровне секторов	Структура на уровне подсекторов	Технологический фактор	Климат (ГСОП)	Загрузка производственных мощностей	Благоустройство и обеспеченность
2016/2015	40 182	15 392	-1 199	1 615	16 944	7 813	-505	122
2017/2016	-8 880	6 260	1 678	15 384	-27 015	-3 483	-1 249	-454
2018/2017	13 814	-1 135	-3 485	23 606	-8 258	3 979	-764	-130
2019/2018	-10 659	-3 389	826	18 574	-13 684	-12 723	-482	217
2020/2019	-19 137	1 493	8 535	-22 567	-5 654	-1 623	520	157
2021/2020	61 919	-445	-1 816	46 999	4 025	14 742	-1 258	-329
2022/2021	-2 769	22 078	-10 864	-18 608	8 980	-6 493	935	1 203
2022/2015	74 469	40 255	-6 324	65 004	-24 661	2 214	-2 803	785

Источник: Башмаков И.А., Мышак А.Д., Башмаков В.А., Башмаков В.И., Борисов К.Б., Дзедзичек М.Г., Лунин А.А., Лебедев О.В. (2023) Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и в динамику выбросов ПГ в секторе «энергетика» России. *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 4, с. 403-431, doi:10.21513/2410-8758-2023-4-403-431. Оценки уточнены на основе пересмотра Росстатом некоторых данных за 2022 г.

Вклад технологического фактора определяется инвестиционными и операционными решениями пользователей энергии, и именно на него могут влиять меры госполитики. Часть этого вклада обеспечивается автономно, без влияния мер политики. В два

этапа в России был налажен мониторинг вклада технологического фактора.²⁴ Ее нынешний вариант формализован и запрограммирован ЦЭНЭФ-XXI как модель МТФК-16-80-ПГ, базирующаяся на методе декомпозиции LMDI. Методика утверждена

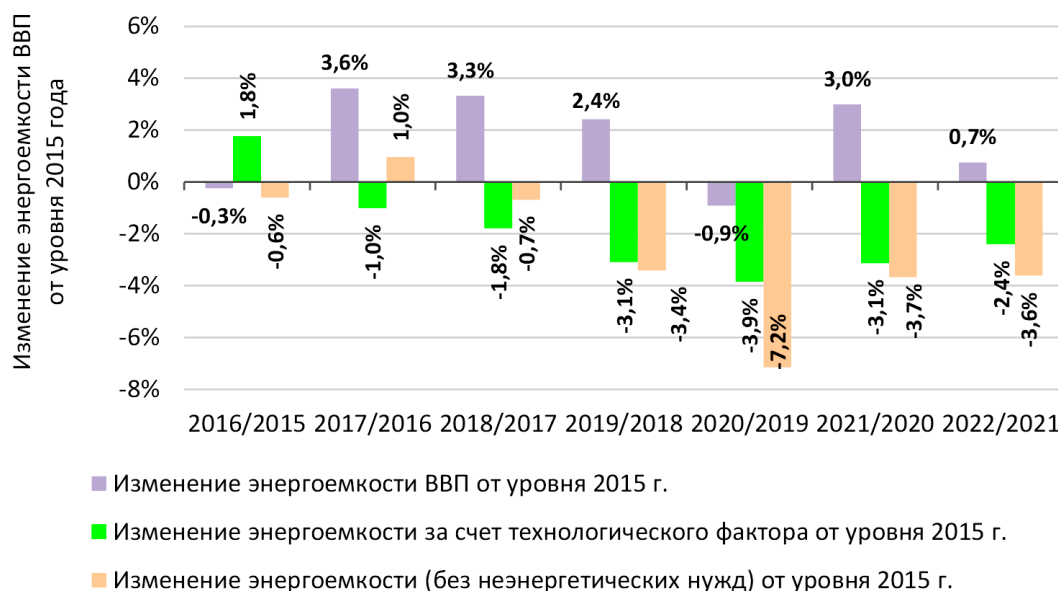
²⁴ Bashmakov I., A. Myshak, 2014. Russian energy efficiency accounting system. *Energy Efficiency* (2014) 7:743–759. DOI 10.1007/s12053-014-9252-z; Bashmakov I., A. Myshak, V.A. Bashmakov, V.I. Bashmakov, K. Borisov, M. Dzedzichек, A. Lunin, O. Lebedev, and T. Shishkina (2023). Russian energy balance, energy efficiency, and energy-related GHG emission accounting system. *Energy Efficiency*. 16:67. <https://doi.org/10.1007/s12053-023-10132-6>; Башмаков

И.А., Мышак А.Д., Башмаков В.А., Башмаков В.И., Борисов К.Б., Дзедзичек М.Г., Лунин А.А., Лебедев О.В. (2023) Оценка вклада технологического фактора в повышение энергоэффективности и в динамику выбросов ПГ в секторе «энергетика» России. *Фундаментальная и прикладная климатология*, т. 9, № 4, с. 403-431, doi:10.21513/2410-8758-2023-4-403-431. Оценки уточнены на основе пересмотра Росстатом некоторых данных за 2022 г.

приказом Минэкономразвития,²⁵ а результаты ее применения ежегодно отражаются в *Государственном докладе о состоянии*

*энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации.*²⁶

Рисунок 6 – Вклад технологического фактора в изменение энергоемкости ВВП



Источник: расчеты авторов по модели МТФК-16-80-ПГ на базе данных Росстата.

В 2015-2022 гг. вклад технологического фактора составил 25 млн тут. (см. рис. 5) В 2016 г., 2021 г. и 2022 г. этот фактор не тормозил, а стимулировал рост энергопотребления. В 2022 г. за счет этого фактора прирост потребления энергии составил 9 млн тут. Диапазон неопределенности оценки его вклада составил от -7 млн тут до +10 млн тут. Он в основном определяется точностью оценок потребления жидкого топлива на автомобильном транспорте и потребления топлива в торговле. При альтернативной оценке потребления топлива на автомобильном транспорте на основе динамики парка автомобилей получается, что технологический фактор тормозил рост суммарного потребления энергии. Но даже при такой коррекции вклад технологического фактора в снижение потребления

энергии не превышает 7 млн тут в 2022 г. При базовом расчете по данным Росстата получается, что за счет технологического фактора энергоемкость ВВП снижалась в 2015-2022 гг. на 2,4% (рис. 6). При коррекции получится 4%, или в среднем снижение на 0,6% в год. Тогда удвоение этого темпа дает 1,2% в год. Индекс энергоэффективности, отражающий динамику энергоемкости только за счет вклада технологического фактора, снижался в среднем на 0,4% в год. Тогда для удвоения нужно ускорить его снижение до 0,8% в год. Получается, что **задача удвоить темпы повышения энергоэффективности для России – это обеспечение темпов снижения основных интегральных индикаторов энергоэффективности не менее чем на 1% в год.**

²⁵ МЭР РФ. 2019. Приказ Минэкономки России от 1 августа 2019 г. № 471 «Об утверждении методики расчета энергоемкости валового внутреннего продукта Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости

валового внутреннего продукта Российской Федерации».

²⁶ Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности в Российской Федерации за 2022 год. [Energy_efficiency_2023.pdf \(economy.gov.ru\)](https://www.energyefficiency.gov.ru/energy_efficiency_2023.pdf).

5. Россия может!

Россия может подписать *Глобальное обязательство по возобновляемым источникам энергии и энергоэффективности* (*Global Renewables and Energy Efficiency Pledge*) и взять на себя обязательства:

- Утроить глобальную мощность источников ВИЭ по централизованной и децентрализованной генерации электроэнергии без учета ГЭС мощностью свыше 25 МВт;
- Удвоить темпы повышения энергоэффективности - удвоить темпы снижения энергоемкости ВВП за счет вклада технологического фактора.

Для их реализации необходим ряд условий:

- обеспечение вводов мощностей позволяющих сократить и устранить разрывы²⁷:
 - **технологический разрыв** – нехватка экономически доступных низкоуглеродных технологий с высоким уровнем технологической готовности;
 - **разрыв предложения** – нехватка на рынках технологий, услуг по их установке и эксплуатации в масштабах, позволяющих двигаться по намеченным траекториям углеродной нейтральности;

- **разрыв локализации** – нехватка самостоятельно производимого оборудования для снижения рисков возникновения перебоев возможных поставок импортного оборудования или рисков монопольного диктата цен на этих рынках доминирующими поставщиками, подобно тому, как это десятилетиями происходит на рынках ископаемого топлива.

- сформировать пять опор политики декарбонизации:
 - технологии;
 - нормативная база, включая стратегические и программные документы;
 - финансы и экономические стимулы для их привлечения;
 - институты для реализации намеченных мер политики;
 - человеческий капитал, способный приводить все механизмы низкоуглеродной трансформации в движение в правильном направлении с желаемой скоростью.²⁸

Эти задачи следует решать в рамках Национального мега-проект по развитию ВИЭ и электротранспорта, и таких федеральных программ как «Активное строительство пассивных зданий» и «Глубокая и широкая реновация», «Декарбонизация промышленности».

²⁷ Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Низкоуглеродные технологии в России. Нынешний статус и перспективы. <https://cenef-xxi.ru/articles/nizkouglerodnye-tehnologii-v-rossii.-nyнешnij-status-i-perspektivy>.

²⁸ Башмаков И., В. Башмаков, К. Борисов, М. Дзедзичек, О. Лебедев, А. Лунин, А. Мышак. 2023. Движение России к углеродной нейтральности: развилки на дорожных картах. [Roadmaps_46ea8e9def.pdf \(cenef-xxi.ru\)](https://cenef-xxi.ru/Roadmaps_46ea8e9def.pdf)