

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ



<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-19>

УДК 332.142

JEL R11

А. А. Шилов ^{а)}  , К. М. Никитин ^{б)}, И. А. Горбунова ^{в)}, М. В. Нелюбина ^{г)}, А. Ю. Колпаков ^{д)} 

^{а, д)} Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Российская Федерация

^{б, в, г)} Центр налоговой политики, г. Москва, Российская Федерация

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ МОСКВЫ НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА¹

Аннотация. Принятие федеральной Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года определяет необходимость учета климатического аспекта в стратегическом планировании, в том числе на уровне отдельных регионов и городов. Цель статьи заключается в анализе ключевых и наиболее эффективных направлений низкоуглеродной трансформации экономики города Москвы. Исследование опирается на методы математического моделирования и сценарного прогнозирования, модельный инструментарий разработан для оценки прямых эмиссий парниковых газов, обусловленных потреблением топливно-энергетических ресурсов. Москва является регионом-лидером в части снижения эмиссий парниковых газов: за 2012–2019 гг. они сократились на 9 % благодаря модернизации сектора энергоснабжения, приоритизации когенерации, развитию городского транспорта. На период до 2035 г. реалистичной и достижимой является цель снижения эмиссий еще на 7–11 %. Для этого необходимо активизировать меры по следующим ключевым направлениям: энергоэффективные капитальные ремонты и новое строительство (включая программу реновации), автоматизация центральных тепловых пунктов и узлов управления системами теплоснабжения в сфере зданий и ЖКХ, полная электрификация общественного транспорта, стимулирование топливной эффективности и использования электромобилей (личных, а также в сфере такси, каршеринга, доставки, коммерческих перевозок) в сфере транспорта. В сфере энергетики следует отказаться от форсированного наращивания собственной электрогенерации: альтернативой должны стать поддержание существующих эффективных генерирующих мощностей и закупка недостающих объемов на профицитном оптовом рынке электроэнергии. Для обеспечения условий низкоуглеродной трансформации Москвы целесообразно внедрить критерий влияния принимаемых мер на объем эмиссий при планировании всех городских программ, схем развития и инвестиционных проектов. Результаты и выводы статьи могут быть полезны при разработке документов стратегического планирования города Москвы.

Ключевые слова: эмиссия, парниковые газы, низкоуглеродная повестка, Москва, транспорт, электромобили, энергоэффективность, жилищное строительство, жилищно-коммунальное хозяйство, электроэнергия, теплоснабжение

Благодарность: Авторы выражают признательность С.Р.Милякину, А.А.Галингеру, Н.Д.Курдюковой (ИНП РАН), А.О.Миронович, С.Н.Щукину (ЦНП) за значимый вклад в результаты исследования.

Для цитирования: Шилов А. А., Никитин К. М., Горбунова И. А., Нелюбина М. В., Колпаков А. Ю. (2023). Анализ ключевых направлений низкоуглеродной трансформации экономики Москвы на период до 2035 года. *Экономика региона*, 19(1). С. 244–258. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-19>.

¹ © Шилов А. А., Никитин К. М., Горбунова И. А., Нелюбина М. В., Колпаков А. Ю. Текст. 2023.

RESEARCH ARTICLE

Alexander A. Shirov ^{a)}  , Kirill M. Nikitin ^{b)}, Irina A. Gorbunova ^{c)},
Mayagozel V. Nelyubina ^{d)}, Andrey Yu. Kolpakov ^{e)} 

^{a, e)} Institute of Economic Forecasting of RAS, Moscow, Russian Federation

^{b, c, d)} Tax Policy Center, Moscow, Russian Federation

Analysis of the Key Directions of Low-Carbon Transformation of the Moscow Economy for the Period until 2035

Abstract. The adoption of the Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050 requires considering the climate aspect of strategic planning, including at the regional and city levels. The article analyses key areas of low-carbon transformation of the Moscow economy. The study is based on the methods of mathematical modelling and scenario forecasting, utilised to estimate direct greenhouse gas emissions from energy and fuel consumption. Moscow is the leading region in terms of reducing greenhouse gas emissions, as they decreased by 9 % in 2012–2019 due to the modernisation of the energy sector, use of cogeneration, and development of urban transport. For the period until 2035, a realistic and achievable goal is to reduce emissions by another 7–11 %. To this end, it is necessary to strengthen measures in the following areas: energy-efficient capital repairs and construction (including the renovation programme); automation of central heating systems and heat supply units of buildings and housing and communal services; full electrification of public transport; promotion of fuel efficiency and the use of electric vehicles (personal and commercial transport, taxi, carsharing, delivery). In the energy sector, we recommend to maintain the existing generating capacities and purchase the rest on the surplus energy market rather than forcibly increase power generation. To ensure low-carbon transformation of Moscow, the criterion of the impact of adopted measures on emissions should be introduced and considered when planning city programmes, development schemes and investment projects. The research findings may be used to create strategic planning documents for Moscow.

Keywords: emissions, greenhouse gases, low-carbon agenda, Moscow, transport, electric vehicles, energy efficiency, housing construction, housing and communal services, electricity, heat

Acknowledgments: *The authors would like to express their gratitude to S. R. Milyakin, A. A. Galinger, N. D. Kurdyukova (Institute of Economic Forecasting of RAS), A. O. Mironovich and S. N. Shchukin (Tax Policy Center) for their valuable contributions to the study.*

For citation: Shirov, A. A., Nikitin, K. M., Gorbunova, I. A., Nelyubina, M. V. & Kolpakov, A. Yu. (2023). Analysis of the Key Directions of Low-Carbon Transformation of the Moscow Economy for the Period until 2035. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 19(1), 244–258, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2023-1-19>.

Введение: региональные особенности низкоуглеродной повестки

С принятием Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (далее — Стратегия) климатический аспект становится неотъемлемым элементом стратегического планирования в стране. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р, утверждающее Стратегию, также рекомендует «органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органам местного самоуправления руководствоваться положениями Стратегии при разработке и реализации региональных программ (подпрограмм) и иных документов».

Долгосрочная национальная цель по объему нетто-выбросов парниковых газов (далее — ПГ) в рамках Стратегии является обобщенной для всей страны (относительно показателя

2019 г.: +6 % к 2030 г. и –60 % к 2050 г.). Однако наиболее эффективные направления снижения эмиссий ПГ могут кардинальным образом отличаться в зависимости от региона. Особенно это утверждение справедливо для такого специфического субъекта, как Москва.

Общероссийская Стратегия опирается на поглощающую способность экосистем, декарбонизацию электроэнергетики (модернизация существующих генерирующих мощностей, наращивание доли когенерации, снижение доли генерации на ископаемом топливе, развитие безуглеродной генерации), снижение фугитивных выбросов в нефтегазовом секторе, повсеместные электрификацию и внедрение энергоэффективных технологий, декарбонизацию промышленных процессов, рост степени утилизации твердых бытовых отходов, изменение структуры экономики в пользу неэнергоемких производств (Башмаков, 2020; Макаров, Чен, Пальцев,

2018; Safonov, Potashnikov, Lugovoy et al., 2020; Порфирьев, Широков, Колпаков, Единак, 2022).

Однако для Москвы значительная часть перечисленных направлений либо неактуальна, либо потенциал снижения выбросов по ним практически исчерпан. Например, 50 % всех поездок в городе уже осуществляются чистым электрифицированным транспортом (метро, МЦД и МЦК, электробусы). Когенерация является основой системы энергоснабжения Москвы — доля выработки электроэнергии по теплофикационному циклу на ТЭЦ ПАО «Мосэнерго» превышает 60 %. Средний расход топлива на выработку электроэнергии в Москве примерно на 30 % ниже средне-русского уровня. Промышленность и отходы преимущественно вынесены за пределы города. Поглощение углерода экосистемами по объективным причинам не способно внести значимый вклад в баланс эмиссий в Москве.

Таким образом, процесс низкоуглеродной трансформации экономики Москвы должен опираться на существенно иной баланс мер по сравнению со Стратегией, реализуемой в России.

Москва как экономическая единица обладает рядом характеристик, выгодно отличающих этот регион от общей ситуации в стране. Во-первых, это меньшая зависимость валового регионального продукта и доходов бюджета от видов деятельности, функционирование которых подвержено глобальному энергопереходу (Михеева, 2016; Михеева, 2018; Solomennikova, 2021; Прогноз развития энергетики..., 2019). Во-вторых, высокий уровень благосостояния является естественным демпфером, смягчающим эффекты от потенциального роста цен в результате реализации капиталоемких мер низкоуглеродной трансформации (Бобков и др., 2017; Афолина и др., 2018). В-третьих, сложившиеся тарифы в сфере энергоснабжения и ЖКХ Москвы носят экономически обоснованный характер (это является редкостью для российской действительности), что позволяет содержать и развивать сопутствующую инфраструктуру. В-четвертых, особенности логистических процессов обеспечения вывоза и хранения отходов делают проблему эмиссий ПГ от них не такой острой, как для других регионов. И наконец, в-пятых, высокая бюджетная обеспеченность Москвы позволяет реализовывать капиталоемкие проекты в области модернизации промышленности, инфраструктуры, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства.

Перечисленные особенности делают процесс низкоуглеродной трансформации Москвы уникальной, но реализуемой задачей.

Теория: выбор охвата эмиссий

В современном мире система регистрации национальных выбросов ПГ заточена на учет прямых антропогенных эмиссий (IPCC, 2019), то есть тех эмиссий, которые совершаются в производственных процессах на конкретных территориях в результате деятельности человека. Национальные цели в сфере низкоуглеродного развития, в том числе в рамках Парижского соглашения, заявляются в отношении сдерживания и снижения прямых эмиссий. Российская Стратегия также подготовлена в терминах прямых эмиссий.

Достаточно широкая дискуссия ведется вокруг недостаточной корректности учета лишь прямых эмиссий, поскольку такой подход игнорирует наличие международных углеродных потоков в форме товаров, которые были произведены в одной, а потреблены в другой стране. Значимость данного феномена существенна и составляет в 25–30 % всех глобальных эмиссий. В рамках такой дискуссии возникло понятие «эмиссии от потребления», которые вдобавок к прямым эмиссиям (или «эмиссиям от производства») учитывают также косвенные эмиссии, сопряженные с производством и поставкой товаров, импортированных исследуемым субъектом для собственных нужд. Несмотря на то, что на эту тему опубликовано большое количество научных исследований (Aichele & Felbermayr, 2015; Sato, 2014; Peters & Hertwich, 2008; Davis & Caldeira, 2010), инвентаризация эмиссий на национальном уровне продолжает базироваться на учете только прямых эмиссий.

Однако идеи оценки полного углеродного следа (с учетом косвенных эмиссий от потребленных товаров) востребованы на корпоративном уровне: при подготовке публичной отчетности компании следуют международным стандартам (таким как GHG Protocol) и рассчитывают свои эмиссии по охвату 1 (прямые эмиссии компании) и охвату 2 (плюс эмиссии, сопряженные с приобретенной и потребленной из энергосистемы электрической и тепловой энергией), в некоторых случаях — по охвату 3 (оценка полного углеродного следа по всей технологической цепочке создания добавленной стоимости — является методически сложным упражнением, не обеспеченным подробными прозрачными данными, поэтому пока не является массовым явлением). Ряд го-

родов также включились в практику углеродного менеджмента и достижения амбициозных климатических целей. Например, объединение C40 включает крупнейшие мегаполисы мира, которые отчитываются о своих эмиссиях по охватам 1–3 (по стандарту GPC).

На региональном уровне существует отчетность по эмиссиям для юрисдикций, которые применяют на своей территории механизмы экономического регулирования эмиссий (углеродный налог или система торговли квотами). В качестве примеров можно привести Калифорнию в США и Альберту в Канаде (California Air Resources Board, 2021; Alberta Air Emissions Inventory Program, 2020). Особенности их отчетности определяются охватом эмиссий в рамках углеродных сборов.

Что касается российских регионов, то ИГКЭ (институт, разрабатывающий национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, далее — Национальный кадастр) в 2021 г. составил кадастр выбросов ПГ для Сахалинской области¹ в рамках подготовки к так называемому сахалинскому эксперименту по ограничению выбросов ПГ. Как и в случае с Национальным кадастром, методология проделанной работы соответствует рекомендациям IPCC (IPCC, 2019)

Данная статья сосредоточена на анализе климатической политики Москвы в рамках целей федеральной Стратегии, которая подготовлена в соответствии с рекомендациями IPCC. Поэтому авторы выстраивают анализ в логике только прямых эмиссий. Кроме того, с учетом описанных выше особенностей экономики Москвы авторы полагают целесообразным сконцентрироваться на прямых эмиссиях ПГ, обусловленных потреблением энергии на территории города.

Методология

Для обоснования эффективных подходов к низкоуглеродной трансформации экономики Москвы была построена модель баланса прямых выбросов ПГ, обусловленных процессами энергопотребления (Sognnaes et al., 2021; Саенко и др., 2017; Цыбатов, 2018).

Энергетические выбросы ПГ рассчитываются для всех отраслей энергопотребле-

ния с учетом углеродоемкости различных энергоресурсов:

$$E_i = \sum_{n,g} EC_i^n \cdot e_n^g, \quad (1)$$

где E_i — энергетические выбросы ПГ в отрасли энергопотребления i ; EC_i^n — потребление энергоресурса n в отрасли i ; e_n^g — удельное образование выбросов ПГ g при потреблении энергоресурса n .

Процесс моделирования энергопотребления в отраслях одновременно отражает три фактора: валовый (объемный), структурный, технологический.

Валовый показатель преимущественно выражается выпуском отрасли, за исключением транспорта (используются парки и пробеги транспортных средств). Структурный фактор отражает ситуацию, когда под действием определенных мер происходит переориентация спроса между альтернативными источниками энергии — топливами, электроэнергией и теплом. Технологический фактор отражает рост эффективности использования энергоресурсов на единицу выпуска.

Подавляющий объем эмиссий ПГ в Москве обусловлен функционированием 3 сфер: здания и ЖКХ, транспорт, электроэнергетика и теплоснабжение.

Сектор зданий и ЖКХ формирует относительно небольшой объем прямых эмиссий вследствие потребления природного газа и нефтепродуктов, однако его функционирование определяет значительную долю спроса на электрическую и тепловую энергию, что влечет сжигание углеводородов в секторе электроэнергетики и теплоснабжения с сопутствующим образованием эмиссий в нем. Основные тождества модельного блока:

$$E_B = \sum_g (GAS_B \cdot e_{gas}^g + PETRO_B \cdot e_{petro}^g), \quad (2)$$

$$EC_B = \sum_n EC_B^n = \sum_{n,\tau} SB_\tau \cdot b_\tau^n, \quad (3)$$

где E_B — эмиссии ПГ в секторе зданий и ЖКХ; GAS_B — потребление природного газа в секторе зданий и ЖКХ; $PETRO_B$ — потребление нефтепродуктов; e_{gas}^g — удельное образование выбросов ПГ g при потреблении природного газа; e_{petro}^g — при потреблении нефтепродуктов; EC_B — общее энергопотребление зданиями и ЖКХ; EC_B^n — потребление энергоресурса n ; SB_τ — эксплуатируемая площадь зданий, введенных в период τ и имеющих характерные для него значения удельного энергопотребления; b_τ^n — удельное энергопотребление энергоресурса n в зданиях, введенных в период τ .

¹ Семинар по углеродной отчетности прошел в СахГУ. Сахалинский государственный университет. URL: <http://sakhgu.ru/post/seminar-po-uglerodnoj-otchetnosti-proshel-v-saxgu>.

Модельный блок для транспорта имеет де-тализацию эмиссий ПГ в отношении следующих видов транспорта: легковые автомобили, коммерческий транспорт, автобусы, такси, каршеринг, метро. Все прочие виды транспорта обеспечивают лишь 2 % совокупного потребления нефтепродуктов, поэтому рассматриваются укрупненно.

Транспорт с двигателями внутреннего сгорания потребляет нефтепродукты, что влечет образование эмиссий ПГ. Электрический транспорт характеризуется нулевыми эмиссиями на стадии потребления, однако увеличивает спрос на электроэнергию, поэтому влечет сжигание углеводородов в секторе электроэнергетики и теплоснабжения с сопутствующим образованием эмиссий в нем. Ключевые тождества данного блока:

$$E_T = \sum_{t,g} PETRO_t \cdot e_{petro}^g, \quad (4)$$

$$EC_T = \sum_n EC_T^n = \sum_t PETRO_t + \sum_t ELECTRO_t, \quad (5)$$

$$PETRO_t = FP_t \cdot R_t \cdot feP_t, \quad (6)$$

$$ELECTRO_t = FE_t \cdot R_t \cdot feE_t, \quad (7)$$

где E_T — эмиссии ПГ на транспорте; EC_T — общее энергопотребление на транспорте, в том числе EC_T^n — потребление энергоресурса n ; $PETRO_t$ — потребление нефтепродуктов видом транспорта t ; $ELECTRO_t$ — потребление электроэнергии; FR_t — активный парк транспортных средств, относящийся к транспорту вида t , потребляющих нефтепродукты; FE_t — потребляющих электроэнергию; R_t — средний пробег одного транспортного средства, относящегося к транспорту вида t ; feP_t — средний расход нефтепродуктов на единицу пути транспортного средства, относящегося к транспорту вида t ; feE_t — средний расход электроэнергии.

В электроэнергетике и теплоснабжении Москвы выбросы образуются вследствие сжигания природного газа и нефтепродуктов, поэтому объем эмиссий оценивается по следующему тождеству:

$$E_G = \sum_g (GAS_G \cdot e_{gas}^g + PETRO_G \cdot e_{petro}^g), \quad (8)$$

$$EC_G = \sum_n EC_G^n = NG_{ee} \cdot g_{ee} + NG_{he} \cdot g_{he} + NG_{hh} \cdot g_{hh}, \quad (9)$$

где E_G — эмиссии ПГ в электроэнергетике и теплоснабжении; GAS_G — потребление природного газа в электроэнергетике и теплоснабжении; $PETRO_G$ — потребление нефтепродуктов; NG_{ee} , NG_{he} , NG_{hh} — выработка электроэнергии, тепла на электростанциях, тепла на котельных

соответственно; g_{ee} , g_{he} , g_{hh} — удельный расход природного газа на выработку электроэнергии, тепла на электростанциях, тепла на котельных соответственно.

База данных модельных блоков состоит из статистики Росстата, Мосстата, Правительства Москвы, показателей актуальной Схемы и программы перспективного развития электроэнергетики города Москвы, Схемы теплоснабжения города Москвы на период до 2035 года (далее — Схема теплоснабжения), регионального проекта «Жилье», а также планов перспективного развития города во всех сферах (реновация, развитие транспортной инфраструктуры и т. д.). Удельные выбросы парниковых газов для топливно-энергетических ресурсов и коэффициенты пересчета в эквивалент CO_2 соответствуют Национальному кадастру.

Известна проблема недостаточного качества региональной энергетической статистики, в особенности в части потребления нефтепродуктов дорожным транспортом (Башмаков & Мышак, 2016), поэтому авторы в ряде случаев использовали расчетный метод для корректировки отчетных данных по бензину.

Модельные блоки охватывают период с 2012 г. (расширение границы Москвы) до 2035 г. (синхронизировано с временным охватом документов перспективного планирования города).

Результаты: анализ и прогноз выбросов парниковых газов, обусловленных энергопотреблением в Москве

Здания и ЖКХ. За 2012–2019 гг. общее энергопотребление в зданиях Москвы выросло на 8 %. В 2019 г. 60 % общего энергопотребления обусловлено нуждами теплоснабжения, 25 % — электроснабжения, оставшиеся 15 % приходятся на потребление жидких и газообразных топлив. Ключевым драйвером роста энергопотребления является масштабное строительство жилых и коммерческих площадей. В то же время прошедшее десятилетие характеризовалось устойчивым ростом средней температуры воздуха в отопительный период — в 2012 г. она составляла -2 °С, в 2015 г. поднялась до $+1$ °С, а в 2019 г. составила уже $+1,7$ °С. Температурный фактор в существенной степени сгладил увеличение площадей зданий в части потребления тепла, которое даже снизилось в 2012–2019 гг. на 2 %.

В прогнозном периоде существует принципиальная развилка, связанная с перспективами вводов новых площадей (табл. 1). Актуальная Схема теплоснабжения предполагает колос-

Таблица 1

Объемы жилищного строительства в Москве (по сценариям), млн м²

Table 1

Housing construction in Moscow (according to scenarios), mln m²

Показатель / сценарий	Факт		Прогноз		
	2012–2015 гг.	2016–2019 гг.	2020–2024 гг.	2025–2029 гг.	2030–2034 гг.
<i>В целом за период</i>					
Схема теплоснабжения	13,4	13,9	43,3	68,8	82,3
РП «Жилье»	13,4	13,9	24,1	30,0	35,0
<i>Среднегодовой объем</i>					
Схема теплоснабжения	3,4	3,5	8,7	13,8	16,5
РП «Жилье»	3,4	3,5	4,8	6,0	7,0

Примечание: вводы по РП «Жилье» за 2030–2034 гг. являются гипотезой на основе предположения о сохранении динамики 2020–2029 гг.

Источники: Росстат, Схема теплоснабжения, РП «Жилье».

сальные новые вводы в период до 2035 г.: если в 2012–2019 гг. среднегодовой объем жилищного строительства составлял 3,4–3,5 млн м², то уже в 2020–2024 гг. он вырастает в 2,5 раза, к 2030 г. — почти в 4 раза, а к 2035 г. — почти в 5 раз. Одновременно существует региональный проект «Жилье» (далее — РП «Жилье»). В нем также заложены амбициозные показатели (увеличение среднегодовых вводов на 35 % в 2020–2024 гг. и на 70 % к 2030 г.). В работе рассматриваются оба варианта, однако, на наш взгляд, показатели РП «Жилье» являются более реалистичными, поскольку в большей степени соответствуют динамике наращивания темпов строительства последних лет.

Исследования показывают, что энергоэффективность эксплуатируемых зданий отличается в зависимости от даты их строительства. Жилые дома, введенные в эксплуатацию до 1980 г. потребляют на нужды отопления и горячего водоснабжения 390 кВтч/м², введен-

ные в период 1980–2000 гг. — 321 кВтч/м², в период 2000–2011 гг. — 274 кВтч/м², после 2011 г. — 160–184 кВтч/м² (Ливчак, 2020).

Реализуемая программа реновации, подразумевающая одновременный вывод старых неэффективных домов, и в целом новые вводы площадей серьезно повлияют на возрастную структуру жилого фонда (табл. 2). Так, в 2019 г. на здания, построенные до 1980 г., приходилось 47 % жилой площади, в 1980–2000 гг. — 26 %, в 2000–2011 гг. — 19 %, после 2011 г. — 8 %. Если ориентироваться на РП «Жилье», то к 2035 г. аналогичные значения составят соответственно 25, 21, 15, 39 %. Результатом такого структурного сдвига (выбытие старых энергорасточительных площадей и строительство современных энергоэффективных зданий) станет сохранение общего потребления тепла примерно на одном уровне в течение следующих 15 лет — оно растет всего на 3 % в период 2019–2035 гг. с 7,1 до 7,3 млн т у. т.

Таблица 2

Структура потребления энергии на отопление и горячее водоснабжение в бытовом секторе Москвы в зависимости от даты постройки зданий в сценарии жилищного строительства, соответствующего РП «Жилье»

Table 2

Structure of energy consumption (heating and hot water supply) in the domestic sector of Moscow depending on the building date in the housing construction scenario corresponding to the regional project "Housing"

Показатель	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Жилищный фонд по дате постройки, млн м ²	245,7	263,8	280,4	304,5
до 1980 г.	116,6	103,6	88,3	76,0
1980–2000 гг.	63,0	63,0	63,0	63,0
2000–2011 гг.	46,8	46,8	46,8	46,8
После 2011 г.	19,4	50,5	82,3	118,8
Потребление энергии на отопление и горячее водоснабжение в бытовом секторе (по дате постройки), млн т у. т.	7,1	7,2	7,2	7,3
до 1980 г.	4,0	3,5	3,0	2,6
1980–2000 гг.	1,8	1,8	1,8	1,8
2000–2011 гг.	1,1	1,1	1,1	1,1
После 2011 г.	0,3	0,8	1,3	1,9

Источники: Росстат, Мосстат, расчеты авторов.

Таблица 3

Потребление топливно-энергетических ресурсов в секторе зданий и ЖКХ Москвы (по сценариям), млн т у. т.

Table 3

Energy and fuel consumption in the sector of buildings and housing and communal services of Moscow (according to scenarios), mln tonnes of standard fuel

Топливо-энергетический ресурс / сценарий	Факт			Прогноз		
	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Жидкие топлива	0,2	0,2	0,6	0,5	0,4	0,3
Природный газ	2,1	1,6	2,2	2,2	2,1	2,0
Тепло						
Схема теплоснабжения	10,8	10,6	10,6	11,9	13,1	14,4
РП «Жилье»	10,8	10,6	10,6	10,7	10,8	11,2
РП «Жилье» + энергоэффективность	10,8	10,6	10,6	10,1	9,4	8,9
Электроэнергия						
Схема теплоснабжения	3,4	3,7	4,4	4,6	4,8	5,1
РП «Жилье»	3,4	3,7	4,4	4,5	4,5	4,6
РП «Жилье» + энергоэффективность	3,4	3,7	4,4	4,4	4,3	4,3
Итого						
Схема теплоснабжения	16,5	16,2	17,8	19,2	20,4	21,8
РП «Жилье»	16,5	16,2	17,8	17,8	17,9	18,1
РП «Жилье» + энергоэффективность	16,5	16,2	17,8	17,1	16,2	15,5

Источник: Росстат, Мосстат, расчеты авторов.

В то же время существует значительный потенциал повышения энергоэффективности в секторе зданий Москвы, который может быть достигнут путем энергоэффективных капитальных ремонтов (в том числе с использованием инструмента энергосервисного контракта).

Практика показывает, что наиболее эффективным мероприятием в рамках капитальных ремонтов является автоматизация управления теплоснабжением (установка автоматизированного узла управления системой отопления, автоматизированного индивидуального теплового пункта) (Борисов, 2020; Minyaev & Milyutin, 2020). Дополнительные меры касаются организации системы энергоэффективного внутреннего освещения, повышения теплозащиты наружных стен и крыши, ремонта внутридомовых труб отопления и горячего водоснабжения. Со стороны подходящей инфраструктуры значимый эффект может быть достигнут за счет автоматизации центральных тепловых пунктов, предполагающей регулирование режимов отпуска тепловой энергии в зависимости от метеоусловий, санитарных и технологических норм.

Систематизация и интенсификация указанных мер в рамках специализированных программ в сфере энергоэффективности и энергосбережения позволят снизить энергопотребление в зданиях Москвы на 14 % в 2035 г., при этом общие затраты на реализацию мероприятий оцениваются в сумму около 60 млрд руб. (в ценах 2021 г.).

Таким образом, в наиболее оптимистичном сценарии энергопотребление зданий Москвы может снизиться в период 2019–2035 гг. на 13 % при увеличении площадей более чем на 20 %. Следование РП «Жилье» приведет к увеличению энергопотребления на 2 %; реализация условий Схемы теплоснабжения — к увеличению спроса на энергию на 23 % (табл. 3).

Транспорт. Транспортная сфера Москвы в последние 10 лет динамично развивалась. Были приняты решения и реализованы программы, которые привели к кардинальным сдвигам в параметрах и структуре транспортной работы (табл. 4).

Важным направлением стало дестимулирование населения к использованию личного транспорта, а также улучшение качественных характеристик действующего парка. Для этого в городе были организованы платные парковочные зоны и перехватывающие парковки, на федеральном уровне запрещен импорт и производство автомобилей класса ниже Евро-5, а также введен запрет на использование классов топлива ниже Евро-5. Одновременно развивались альтернативные виды транспорта: расширяется система Московского метрополитена, МЦК и МЦД, введена система выделенных полос для наземного городского транспорта, запрещен въезд в пределы МКАД автобусов класса ниже Евро-5, происходит замена городских дизельных автобусов на электрические аналоги, растет количество автомобилей такси и каршеринга. Но несмотря на то, что последние перетяги-

Таблица 4

Транспортная работа различных видов транспорта Москвы (по сценариям): ДВС — двигатель внутреннего сгорания, ЭД — электрический двигатель, млн км в год

Table 4

Operation of various modes of transport in Moscow (according to scenarios): ICE — internal combustion engine, ED — electric engine, mln km per year

Вид транспорта / сценарий	Факт			Прогноз		
	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Легковые авто с ДВС						
Инерция	41 546	33 404	52 457	51 459	53 575	54 988
Электромобилизация	41 546	33 404	52 457	51 390	50 505	43 427
Легковые авто с ЭД						
Инерция	0	3	11	485	1243	2053
Электромобилизация	0	3	11	554	4312	13 614
Коммерческие авто с ДВС						
Инерция	7126	6533	6747	6773	6844	6958
Электромобилизация	7126	6533	6747	6769	6779	6551
Коммерческие авто с ЭД						
Инерция	0	0	0	10	27	46
Электромобилизация	0	0	0	15	93	452
Такси с ДВС						
Инерция	4122	10963	11 979	12 813	13 107	13 142
Электромобилизация	4122	10963	11 979	12 800	12 550	11 097
Такси с ЭД						
Инерция	0	0	0	39	173	309
Электромобилизация	0	0	0	51	730	2354
Каршеринг с ДВС						
Инерция	14	14	1216	1632	2120	2598
Электромобилизация	14	14	1216	1630	2030	2194
Каршеринг с ЭД						
Инерция	0	0	1	4	27	60
Электромобилизация	0	0	1	6	117	464
Метро и МЦК	3947	4315	5060	6036	6577	6863
Автобусы с ДВС	663	596	599	403	0	0
Автобусы с ЭД	0	0	26	269	711	749

Источник: расчеты авторов на основе данных Росстата, Мосстата, Правительства Москвы.

вают на себя транспортную работу личных автомобилей, с точки зрения выбросов ПГ это оказывает незначительное влияние. Более того, именно сектор такси и каршеринга характеризуется наибольшей скоростью увеличения выбросов ПГ за период 2012–2019 гг. — в 2,7 раза (для сравнения выбросы от личных авто увеличились только на 18 %).

Не менее кардинальные перемены произошли в сфере грузового и коммерческого транспорта. Грузовики низкого экологического класса и грузовики с высокой грузоподъемностью столкнулись с ограничениями на въезд в город и движение в дневное время. С 2021 г. введен запрет на въезд и движение по МКАД в дневное время без пропуска грузовикам разрешенной максимальной массы более 3,5 т. Одновременно создавались альтернативные маршруты движения грузового транспорта

для исключения транзитных перевозок по городу. Как результат, ежегодная транспортная работа коммерческого и грузового транспорта в Москве снизилась за 2012–2019 гг. на 5 %.

Перспективы снижения эмиссий ПГ в транспортном секторе связаны с электрификацией личного и коммерческого транспорта (развитие электрического городского транспорта является безусловным процессом).

В настоящее время доля электромобилей в общем автопарке незначительна (менее 1 %). В инерционном сценарии, предполагающем отсутствие активных стимулирующих мер для покупки и использования электромобилей, их доля в ежегодных продажах не превысит 5 % к 2035 г. Однако Правительство РФ в 2021 г. утвердило Концепцию по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта, которая предполагает

рост доли электромобилей в объеме продаж новых автомобилей до 15 % к 2030 г. Очевидно, что ведущая роль отводится крупным городам-мегаполисам, в особенности Москве.

Запуск сценария электромобилизации потребует применения комплексного пакета стимулирующих мер, включающего экономические, инфраструктурные, технические, институциональные меры. Наиболее критичными мерами являются организация плотной сетки зарядной инфраструктуры, сочетающей быстрые и медленные станции, а также снижение стоимости покупки электромобиля (через субсидии или льготное кредитование). В оптимистичном сценарии доля электрических моделей в продажах легковых автомобилей может

вырасти до порядка 25 % к 2030 г. и составить половину всех продаж в 2035 г.

В инерционном сценарии, несмотря на отсутствие значимого прогресса в сфере электромобилей, ожидается снижение потребления нефтепродуктов в период 2019–2035 гг. на 8 %. В первую очередь это эффект роста топливной эффективности на дорожном транспорте и увеличения привлекательности общественного транспорта. В сценарии электромобилизации сокращение спроса на нефтепродукты оказывается более значимым и составляет 23 %. Однако в этом случае транспорт создаст дополнительный спрос на электроэнергию (табл. 5).

Электроэнергетика и теплоснабжение. Сектор генерации электроэнергии и тепла

Таблица 5

Потребление нефтепродуктов и электроэнергии транспортом Москвы (по сценариям): ДВС — двигатель внутреннего сгорания, ЭД — электрический двигатель, тыс. т у. т.

Table 5

Consumption of oil products and electricity by Moscow transport (according to scenarios): ICE — internal combustion engine, ED — electric engine, thousand tonnes of standard fuel

Показатель / сценарий	Факт			Прогноз		
	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Потребление нефтепродуктов						
Инерция	6966	6478	8210	7854	7718	7585
Легковые авто с ДВС	4050	3159	4766	4516	4517	4447
Коммерческие авто с ДВС	2185	1944	1929	1844	1793	1740
Такси с ДВС	394	1017	1067	1102	1083	1042
Каршеринг с ДВС	1	1	108	140	175	206
Автобусы с ДВС	223	183	163	103	0	0
Авиа, жд, водный транспорт	113	174	177	149	149	149
Электромобилизация	6966	6478	8210	7846	7389	6354
Легковые авто с ДВС	4050	3159	4766	4510	4258	3512
Коммерческие авто с ДВС	2185	1944	1929	1842	1776	1639
Такси с ДВС	394	1017	1067	1101	1037	880
Каршеринг с ДВС	1	1	108	140	168	174
Автобусы с ДВС	223	183	163	103	0	0
Авиа, жд, водный транспорт	113	174	177	149	149	149
Потребление электроэнергии						
Инерция	404	429	487	603	702	732
Легковые авто с ЭД	0	0	0	15	38	60
Коммерческие авто с ЭД	0	0	0	1	3	4
Такси с ЭД	0	0	0	1	5	9
Каршеринг с ЭД	0	0	0	0	1	2
Метро и МЦК	404	429	483	557	583	583
Автобусы с ЭД	0	0	3	29	73	74
Электромобилизация	404	429	487	606	821	1177
Легковые авто с ЭД	0	0	0	17	130	395
Коммерческие авто с ЭД	0	0	0	2	10	44
Такси с ЭД	0	0	0	2	22	67
Каршеринг с ЭД	0	0	0	0	3	13
Метро и МЦК	404	429	483	557	583	583
Автобусы с ЭД	0	0	3	29	73	74

Источник: Росстат, Мосстат, Правительство Москвы, расчеты авторов.

Таблица 6

Показатели сектора производства электроэнергии и тепла Москвы (по сценариям), млн т у. т.

Table 6

Indicators of the electricity and heat generation in Moscow (according to scenarios), mln tonnes of standard fuel

Показатель / сценарий	Факт			Прогноз		
	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Производство электроэнергии						
Схема теплоснабжения	6,3	5,7	6,4	6,9	7,4	8,0
Стабилизация электрогенерации	6,3	5,7	6,4	6,6	6,6	6,6
Производство тепла						
Схема теплоснабжения	15,1	11,1	11,3	12,8	14,1	15,5
РП «Жилье»	15,1	11,1	11,3	11,5	11,6	12,0
РП «Жилье» + энергоэффективность	15,1	11,1	11,3	10,8	10,1	9,6
Потребление газа на производство электроэнергии и тепла						
Схема теплоснабжения	28,9	22,3	23,2	25,5	28,0	30,7
Стабилизация после 2025 г. + РП «Жилье»	28,9	22,3	23,2	23,8	23,9	24,3
Стабилизация после 2025 г. + РП «Жилье» + энергоэффективность	28,9	22,3	23,2	23,1	22,4	21,9

Источники: Росстат, Схема теплоснабжения, РП «Жилье», СиПР, расчеты авторов.

внес основной вклад в снижение углеродоемкости экономики Москвы в последнее десятилетие. Во-первых, в 2007–2015 гг. на городских ТЭЦ произошли масштабные вводы в эксплуатацию высокоэффективного парогазового оборудования, которые качественным образом изменили конфигурацию энергетического сектора Москвы. Во-вторых, часть тепловой нагрузки была переведена с котельных на ТЭЦ. В-третьих, в 2013 г. произошло наращивание импорта электроэнергии при одновременном сокращении собственной генерации (примерно на 7 %). В результате потребление природного газа в энергетическом секторе снизилось за 2012–2015 гг. на 23 %, после чего увеличилось на 4 % к 2019 г.

Перспективы энергетического сектора Москвы связаны с прохождением двух развилок (табл. 6).

Первая развилка касается будущего спроса на тепло и зависит от сценария развития сектора зданий и ЖКХ. Генерирующие объекты должны надежно и в полной мере обеспечить потребителей Москвы тепловой энергией, однако диапазон возможных нагрузок достаточно широк. Согласно Схеме теплоснабжения, выработка тепла за период 2019–2035 гг. должна вырасти примерно на треть. В сценарии с более умеренными вводами новых площадей, соответствующими РП «Жилье», будет достаточно увеличения производства тепла только на 6 %. Если же город задействует потенциал энергосберегающих мер, производство тепла может снизиться на 15 %.

Вторая развилка связана с производством электроэнергии. В Схеме теплоснабжения ожи-

дается рост собственной выработки в Москве на четверть за 2019–2035 гг., что однозначно потребует наращивания объема генерирующих мощностей. Однако особенность Единой энергетической системы России заключается в огромном накопленном профиците установленных мощностей выработки электроэнергии: в настоящее время годовой максимум потребления электроэнергии в России составляет всего 2/3 от имеющихся мощностей (62 % от их установленного объема и 68 % от их пиковой нагрузки). Необходимость строительства новых блоков на территории Москвы в подобных условиях выглядит дискуссионной. Альтернативой может стать поддержание существующих генерирующих мощностей с опорой на закупки недостающих объемов на профицитном оптовом рынке электроэнергии (Роль научно-технического прогресса..., 2019).

Различные конфигурации прохождения обозначенных развилки приводят к диапазону изменения спроса на природный газ в энергетике Москвы за 2019–2035 гг. от –6 % до +32 %.

Эмиссии ПГ. Для построения прогноза эмиссий ПГ в Москве были разработаны комплексные сценарии в зависимости от альтернативных траекторий возможного развития ключевых секторов (табл. 7, 8).

Сценарий 1 воспроизводит условия Схемы теплоснабжения и инерционное развитие транспортного сектора (заложенные решения в сфере городского транспорта и отсутствие значимой электрификации личных и коммерческих авто). В этом случае эмиссии ПГ, связанные с энергопотреблением, вырастут за 2019–

Таблица 7

Комплексные сценарии в зависимости от альтернатив развития ключевых секторов — эмитентов ПГ в Москве (здания и ЖКХ, транспорт, электроэнергетика и теплоснабжение)

Table 7

Comprehensive scenarios of the development of key greenhouse gas emitting sectors in Moscow (buildings and housing and communal services, transport, electricity and heat supply)

Комплексный сценарий	Здания и ЖКХ	Транспорт	Электроэнергетика и теплоснабжение
1	Схема теплоснабжения	Инерция	Схема теплоснабжения
2	РП «Жилье»	Инерция	Стабилизация электрогенерации
3	РП «Жилье» + энергоэффективность	Инерция	Стабилизация электрогенерации
4	РП «Жилье» + энергоэффективность	Электромобилизация	Стабилизация электрогенерации

Источник: составлено авторами.

Таблица 8

Эмиссии ПГ в Москве, обусловленные потреблением топливно-энергетических ресурсов (по сценариям), млн т эквивалента CO₂

Table 8

Greenhouse gas emissions in Moscow from energy and fuel consumption (according to scenarios), mln tCO₂-eq.

Комплексный сценарий / сектор	Факт			Прогноз			Δ 2019–2035 гг., %	Δ 2012–2035 гг., %
	2012 г.	2015 г.	2019 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.		
Сценарий 1	70,4	55,8	63,8	66,1	69,5	73,4	15	4
Энергетика	48,4	37,4	38,7	42,3	46,2	50,5	30	4
Транспорт	15,2	14,1	17,9	17,1	16,8	16,5	–8	9
Здания	3,8	3,0	4,8	4,7	4,5	4,3	–10	15
Прочее	3,1	1,3	2,3	2,0	2,0	2,0	–14	–35
Сценарий 2	70,4	55,8	63,8	63,3	63,1	63,2	–1	–10
Энергетика	48,4	37,4	38,7	39,5	39,8	40,3	4	–17
Транспорт	15,2	14,1	17,9	17,1	16,8	16,5	–8	9
Здания	3,8	3,0	4,8	4,7	4,5	4,3	–10	15
Прочее	3,1	1,3	2,3	2,0	2,0	2,0	–14	–35
Сценарий 3	70,4	55,8	63,8	62,2	60,7	59,4	–7	–16
Энергетика	48,4	37,4	38,7	38,4	37,3	36,5	–6	–25
Транспорт	15,2	14,1	17,9	17,1	16,8	16,5	–8	9
Здания	3,8	3,0	4,8	4,7	4,5	4,3	–10	15
Прочее	3,1	1,3	2,3	2,0	2,0	2,0	–14	–35
Сценарий 4	70,4	55,8	63,8	62,2	60,0	56,7	–11	–19
Энергетика	48,4	37,4	38,7	38,4	37,3	36,5	–6	–25
Транспорт	15,2	14,1	17,9	17,1	16,1	13,9	–23	–9
Здания	3,8	3,0	4,8	4,7	4,5	4,3	–10	15
Прочее	3,1	1,3	2,3	2,0	2,0	2,0	–14	–35

Источники: расчеты авторов.

2035 г. на 15 %, хотя за 2012–2019 гг. они снизились на 9 %. Весь прирост обусловлен энергетическим сектором, удовлетворяющим растущий спрос на электроэнергию и тепло. Эмиссии ПГ в транспортном секторе снижаются благодаря улучшению показателей топливной эффективности и переориентации населения на большее использование городского транспорта. Эмиссии в секторе зданий снижаются, в частности, по мере выбытия старых жилых домов с газовыми плитами.

Сценарий 2 ориентируется на существенно меньшие (и более реалистичные) вводы площадей, соответствующие РП «Жилье». Вследствие этого снижается необходимый объем выработки тепловой и электрической энергии. В таких условиях рациональными являются отказ от экстенсивного наращивания электрогенерирующих мощностей и балансировка нагрузок за счет закупки электроэнергии на оптовом рынке. В перспективном периоде импорт ежегодно должен будет покрывать 4–5 млрд кВт·ч,

или 7,5–9,5 % общего спроса на электроэнергию. Для сравнения: в 2013–2015 и 2017 гг. импорт электроэнергии в Москве превышал 7 млрд кВт·ч и 15 % спроса, то есть сценарные условия не являются экстремальными, однако потребуют оптимизации режимов в энергосистеме. Результатом такого сценария станет снижение эмиссий ПГ за 2019–2035 гг. на 1 %.

Сценарий 3 дополнительно предполагает реализацию активных мер в сфере повышения энергетической эффективности и энергосбережения, в результате чего будет достигнута экономия в энергетическом секторе за счет пониженного спроса на его продукцию. При стабилизации объемов выработки электроэнергии ее импорт окажется ниже (относительно Сценария 2) и составит 2–3 млрд кВт·ч в год. Общий объем затрат на мероприятия в сфере энергоэффективности и энергосбережения оценивается примерно в 60 млрд руб. на период до 2035 г., эти мероприятия могут быть профинансированы за счет фонда капитального строительства, энергосервисных контрактов, дополнительных целевых бюджетных средств. Но как результат эмиссии ПГ к концу прогнозного периода снизятся на 7 % относительно 2019 г.

Сценарий 4 дополнительно предусматривает развитие электрического транспорта, что позволит снизить сжигание нефтепродуктов, а значит и эмиссии ПГ в Москве (а также другие выбросы, вредные для здоровья людей, объектов городской инфраструктуры, окружающей среды). Необходимым условием является организация плотной сети зарядных станций, стоимость которой оценивается в 80 млрд руб. на период до 2035 г. По показателю эмиссий ПГ сценарий 4 является наиболее благоприятным — они снижаются на 11 % за 2019–2035 гг.

Заключение

Москва является одним из регионов-лидеров в сфере низкоуглеродной трансформации экономики. За период 2012–2019 гг. выбросы ПГ в России увеличились на 1 %, нетто-выбросы ПГ — на 11 %, тогда как в Москве объем эмиссий ПГ был снижен на 9 %. К 2035 г. эмиссии ПГ могут быть сокращены еще на 7–11 % в случае активизации следующих мер: в сфере зданий и ЖКХ — энергоэффективные капитальные ремонты и новое строительство, автоматизация систем теплоснабжения, на транспорте — полная электрификация общественного транспорта, стимулирование топливной эффективности и использования электромобилей (личных, а также в сфере такси, каршеринга, доставки, коммерческих перевозок).

Форсирование более амбициозных целей в части снижения эмиссий ПГ выглядит в настоящее время нерациональным по следующим причинам. Во-первых, обозначенные меры являются достаточными, чтобы Москва оставалась лидером низкоуглеродной повестки, значительно превосходя общероссийские достижения (Стратегия ориентируется на увеличение нетто-эмиссии к 2030 г. на 6 % в целом по стране). Во-вторых, ужесточение внешнеэкономических ограничений в отношении России в 2022 г. усложняет доступ к рынку низкоуглеродных технологических решений и ведет к значительному их удорожанию.

Для обеспечения условий низкоуглеродной трансформации Москвы целесообразно внедрить критерий влияния принимаемых мер на объем эмиссий ПГ при планировании всех городских программ, схем развития и инвестиционных проектов. Действенным инструментом может стать учет социальной цены эмиссий ПГ при оценке стоимости городских и частных проектов (Pindyck, 2019; Tol, 2019).

Список источников

- Афоница, Т. Н., Ломанов, А. О., Шуметов, В. Г. (2018). Оценка качества жизни населения регионов центральной России с учетом дифференциации денежных доходов. *Региональная экономика: теория и практика*, 16(10), 1976–1994. DOI: 10.24891/te.16.10.1976.
- Башмаков, И. А. (2020). Стратегия низкоуглеродного развития российской экономики. *Вопросы экономики*, 7, 51–74. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-7-51-74.
- Башмаков, И. А., Мышак, А. Д. (2016). Энергопотребление регионов России. О реальной динамике и о качестве статистики. *Энергосбережение*, 5, 24–28.
- Бобков, В. Н., Гулюгина, А. А., Зленко, Е. Г., Одинцова, Е. В. (2017). Сравнительные характеристики индикаторов качества и уровня жизни в российских регионах: субъекты, федеральные округа, Арктика. *Уровень жизни населения регионов России*, 1(203), 50–64.
- Борисов, К. Б. (2020). Классы энергетической эффективности и капитальный ремонт многоквартирных домов. Ч. 2. *Энергосбережение*, 3, 58–63.
- Ливчак, В. И. (2020). Какова фактическая энергоэффективность жилищного фонда города Москвы и тенденции ее повышения к 2030 году. *Инженерные системы*, 1, 46–59.

Макаров, А. А., Митрова, Т. А., Кулагин, В. А. (Ред.) (2019). *Прогноз развития энергетики мира и России 2019*. Москва: ИНЭИ РАН–Московская школа управления СКОЛКОВО, 210.

Макаров, А. А., Веселов, Ф. В. (2019). *Роль научно-технического прогресса в развитии энергетики России*. Москва: ИНЭИ РАН, 252.

Макаров, И. А., Чен, Х., Пальцев, С. В. (2018). Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России. *Вопросы экономики*, 4, 76-94. DOI: 10.32609/0042-8736-2018-4-76-94

Миняев, И., Милютин, А. (2020). *Оценка социально-экономического воздействия: Результат I — Реконструкция многоквартирных домов и повышение энергоэффективности в городском жилищном фонде России*. Washington, D.C. World Bank Group. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099035002032240748/P17313405b061a0a60a17709fff1820929d> (дата обращения: 11.06.2022).

Михеева, Н. Н. (2016). Диверсификация структуры регионального хозяйства как стратегия роста: за и против. *Регион: Экономика и социология*, 4(92), 196-217. DOI: 10.15372/REG20160409.

Михеева, Н. Н. (2018). Приоритеты регионального развития как фактор экономического роста. *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*, 16, 32-52. DOI: 10.29003/m252.sp_ief_ras2018/32-52.

Порфирьев, Б. Н., Широков, А. А., Колпаков, А. Ю., Единак, Е. А. (2022). Возможности и риски политики климатического регулирования в России. *Вопросы экономики*, 1, 72-89. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-1-72-89

Саенко, В. В., Колпаков, А. Ю., Семикашев, В. В., Синяк, Ю. В. (2017). Опыт анализа и прогнозирования энергетического сектора региона (на примере Тульской области). *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*, 15, 234-255.

Цыбапов, В. А. (2018). Стратегическое планирование энергоэффективного развития субъекта Российской Федерации. *Экономика региона*, 14(3), 941-954. DOI: 10.17059/2018-3-18.

Aichele, R. & Felbermayr, G. (2015). Kyoto and the Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade. *Review of Economics and Statistics*, 97(1), 104-115. DOI: 10.1162/REST_a_00438.

Alberta Air Emissions Inventory Program. (2020). *Results of the Alberta Annual Emissions Inventory Reporting Program: 2018 Inventory Year*. Retrieved from: <https://open.alberta.ca/dataset/9d378b31-85ff-4781-afa8-bd686615727d/resource/a723810f-418e-48be-be4d-7e435e917df2/download/aep-results-of-aier-program-2018-inventory-year.pdf> (Date of access: 22.08.2022).

California Air Resources Board. (2021). *California Greenhouse Gas Emissions for 2000 to 2019. Trends of Emissions and Other Indicators*. Retrieved from: https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/inventory/2000_2019_ghg_inventory_trends_20220516.pdf (Date of access: 22.08.2022).

Davis, S. & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5687-5692. DOI: 10.1073/pnas.0906974107.

IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (Date of access: 22.08.2022).

Peters, G. & Hertwich, E. (2008). CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science & Technology*, 42(5), 1401-1407. DOI: 10.1021/es072023k.

Pindyck, R. S. (2019). The social cost of carbon revisited. *Journal of Environmental Economics and Management*, 94, 140-160. DOI: 10.1016/j.jeem.2019.02.003.

Safonov, G., Potashnikov, V., Lugovoy, O., Safonov, M., Dorina, A. & Bolotov, A. (2020). The low carbon development options for Russia. *Climatic Change*, 162, 1929-1945. DOI: 10.1007/s10584-020-02780-9.

Sato, M. (2014). Embodied carbon in trade: a survey of the empirical literature. *Journal of economic surveys*, 28(5), 831-861. DOI: 10.1111/joes.12027.

Sognnaes, I., Gambhir, A., van de Ven, D.-J., Nikas, A., Anger-Kraavi, A., Bui, H., ... Peters, G. P. (2021). A multi-model analysis of long-term emissions and warming implications of current mitigation efforts. *Nature Climate Change*, 11, 1055-1062. DOI: 10.1038/s41558-021-01206-3.

Solomennikova, E. A. & Cheremisina, T. P. (2021). European and Asian Russia: Specialization or Diversification? *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*, 14(12), 1898-1909. DOI: 10.17516/1997-1370-0868.

Tol, R. S. J. (2019). A social cost of carbon for (almost) every country. *Energy Economics*, 83, 555-566. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.07.006.

References

Afonina, T. N., Lomanov, A. O. & Shumetov, V. G. (2018). Assessment of the quality of life of the population of Central Russia, taking into account the differentiation of cash income. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika [Regional Economics: Theory and Practice]*, 16(10), 1976-1994. DOI: 10.24891/re.16.10.1976 (In Russ.)

Aichele, R. & Felbermayr, G. (2015). Kyoto and the Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade. *Review of Economics and Statistics*, 97(1), 104-115. DOI: 10.1162/REST_a_00438.

Alberta Air Emissions Inventory Program. (2020). *Results of the Alberta Annual Emissions Inventory Reporting Program: 2018 Inventory Year*. Retrieved from: <https://open.alberta.ca/dataset/9d378b31-85ff-4781-afa8-bd686615727d/resource/a723810f-418e-48be-be4d-7e435e917df2/download/aep-results-of-aier-program-2018-inventory-year.pdf> (Date of access: 22.08.2022).

- Bashmakov I. A., Myshak A.D. (2016). Energy Consumption in Russian Regions. On Real Dynamics and Statistics Quality. *Energoberezhenie [Energy saving]*, 5, 24-28. (In Russ.)
- Bashmakov, I. A. (2020). Russian low carbon development strategy. *Voprosy Ekonomiki*, 7, 51-74. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-7-51-74 (In Russ.)
- Bobkov, V. N., Gulyugina, A. A., Zlenko, E. G. & Odintsova, E. V. (2017). Comparative Characteristics of Indicators of Living Standards and Quality of Life in Russian Regions: Subjects, Federal Districts, the Arctic Regions. *Uroven zhizni naseleniya regionov Rossii [Living Standards of the Population in the Regions of Russia]*, 1(203), 50-64. (In Russ.)
- Borisov, K. B. (2020). Energy Efficiency Classes and Capital Renovation of Apartment Buildings. Part 2. *Energoberezhenie [Energy saving]*, 3, 58-63. (In Russ.)
- California Air Resources Board. (2021). *California Greenhouse Gas Emissions for 2000 to 2019. Trends of Emissions and Other Indicators*. Retrieved from: https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/inventory/2000_2019_ghg_inventory_trends_20220516.pdf (Date of access: 22.08.2022).
- Davis, S. & Caldeira, K. (2010). Consumption-based accounting of CO2 emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(12), 5687-5692. DOI: 10.1073/pnas.0906974107.
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (Date of access: 22.08.2022).
- Livchak, V. I. (2020). What is the actual energy efficiency of the housing stock of the city of Moscow and the trends of its increase by 2030. *Inzhenernye sistemy*, 1, 46-59. (In Russ.)
- Makarov, A. A. & Veselov, F. V. (Eds.). (2019). *Rol nauchno-tehnicheskogo progressa v razvitiy energetiki Rossii [The role of scientific and technological progress in the development of the Russian energy sector]*. Moscow: ERI RAS, 252. (In Russ.)
- Makarov, A. A., Mitrova, T. A. & Kulagin, V. A. (Eds.) (2019). *Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 [Global and Russian Energy Outlook 2019]*. Moscow: ERI RAS, Moscow School of Management SKOLKOVO, 210. (In Russ.)
- Makarov, I. A., Chen, H. & Paltsev, S. V. (2018). Impacts of Paris Agreement on Russian economy. *Voprosy Ekonomiki*, 4, 76-94. DOI: 10.32609/0042-8736-2018-4-76-94. (In Russ.)
- Mikheeva, N. N. (2016). The Diversification of Regional Economic Structure as a Growth Strategy: Pros and Cons. *Region: Ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology]*, 4(92), 196-217. DOI: 10.15372/REG20160409 (In Russ.)
- Mikheeva, N. N. (2018). Priorities of Regional Development as a Factor of Economic Growth. *Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific articles — Institute of economic forecasting Russian Academy of Sciences]*, 16, 32-52. DOI: 10.29003/m252.sp_ief_ras2018/32-52 (In Russ.)
- Minyaev, I. & Milyutin, A. (2020). *Otsenka sotsialno-ekonomicheskogo vozdeystviya: Rezultat 1 — Rekonstruktsiya mnogokvartirnykh domov i povyshenie energoeffektivnosti v gorodskom zhilishchnom fonde Rossii [Socio-Economic Impact Assessment: Outcome 1 — Renovation of multi-apartment buildings and energy efficiency improvements in Russia's urban housing stock]*. Washington, D.C.: World Bank Group. Retrieved from: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099035002032240748/P17313405b061a0a60a17709fff1820929d> (Date of access: 11.06.2022). (In Russ.)
- Peters, G. & Hertwich, E. (2008). CO2 embodied in international trade with implications for global climate policy. *Environmental Science & Technology*, 42(5), 1401-1407. DOI: 10.1021/es072023k.
- Pindyck, R. S. (2019). The social cost of carbon revisited. *Journal of Environmental Economics and Management*, 94, 140-160. DOI: 10.1016/j.jeem.2019.02.003.
- Porfiriev, B. N., Shirov, A. A., Kolpakov, A. Y. & Edinak, E. A. (2022). Opportunities and risks of the climate policy in Russia. *Voprosy Ekonomiki*, 1, 72-89. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-1-72-89. (In Russ.)
- Saenko, V. V., Kolpakov, A. Yu., Semikashev, V. V. & Sinyak, Yu. V. (2017). Experience in analyzing and forecasting the energy sector of the region (on the example of the Tula region). *Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific articles — Institute of economic forecasting Russian Academy of Sciences]*, 15, 234-255. (In Russ.)
- Safonov, G., Potashnikov, V., Lugovoy, O., Safonov, M., Dorina, A. & Bolotov, A. (2020). The low carbon development options for Russia. *Climatic Change*, 162, 1929-1945. DOI: 10.1007/s10584-020-02780-9.
- Sato, M. (2014). Embodied carbon in trade: a survey of the empirical literature. *Journal of economic surveys*, 28(5), 831-861. DOI: 10.1111/joes.12027.
- Sognaes, I., Gambhir, A., van de Ven, D.-J., Nikas, A., Anger-Kraavi, A., Bui, H., ... Peters, G. P. (2021). A multi-model analysis of long-term emissions and warming implications of current mitigation efforts. *Nature Climate Change*, 11, 1055-1062. DOI: 10.1038/s41558-021-01206-3.
- Solomennikova, E. A. & Cheremisina, T. P. (2021). European and Asian Russia: Specialization or Diversification? *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*, 14(12), 1898-1909. DOI: 10.17516/1997-1370-0868.
- Tol, R. S. J. (2019). A social cost of carbon for (almost) every country. *Energy Economics*, 83, 555-566. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.07.006.
- Tsybatov, V. A. (2018). Strategic Planning of Energy-Efficient Development of a Region of the Russian Federation. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 14(3), 941-954. DOI: 10.17059/2018-3-18. (In Russ.)

Информация об авторах

Широв Александр Александрович — член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, директор, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; <https://orcid.org/0000-0003-0806-9777> (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47; e-mail: schir@ecfor.ru).

Никитин Кирилл Михайлович — генеральный директор, Центр налоговой политики (Российская Федерация, г. Москва, Тверская ул., 8 корпус 1; e-mail: kirill.nikitin@tax-policy.ru).

Горбунова Ирина Андреевна — старший менеджер, Центр налоговой политики (Российская Федерация, г. Москва, Тверская ул., 8 корпус 1; e-mail: irina.gorbunova@tax-policy.ru).

Нелюбина Маягозель Вилорьевна — операционный директор, Центр налоговой политики (Российская Федерация, г. Москва, Тверская ул., 8 корпус 1; e-mail: maya.nelyubina@tax-policy.ru).

Колпаков Андрей Юрьевич — кандидат экономических наук, заведующий лабораторией, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; <https://orcid.org/0000-0003-4812-4582> (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47; e-mail: ankolp@gmail.com).

About the authors

Alexander A. Shirov — Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Econ.), Director, Institute of Economic Forecasting of RAS; <https://orcid.org/0000-0003-0806-9777> (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: schir@ecfor.ru).

Kirill M. Nikitin — Director, Tax Policy Center (8/1, Tverskaya St., Moscow, 125009, Russian Federation; e-mail: kirill.nikitin@tax-policy.ru).

Irina A. Gorbunova — General Manager, Tax Policy Center (8/1, Tverskaya St., Moscow, 125009, Russian Federation; e-mail: irina.gorbunova@tax-policy.ru).

Mayagozel V. Nelyubina — Chief Operating Officer, Tax Policy Center (8/1, Tverskaya St., Moscow, 125009, Russian Federation; e-mail: maya.nelyubina@tax-policy.ru).

Andrey Yu. Kolpakov — Cand. Sci. (Econ.), Chief of Laboratory, Institute of Economic Forecasting of RAS; <https://orcid.org/0000-0003-4812-4582> (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: ankolp@gmail.com).

Дата поступления рукописи: 17.06.2022.

Прошла рецензирование: 11.08.2022.

Принято решение о публикации: 15.12.2022.

Received: 17 Jun 2022.

Reviewed: 11 Aug 2022.

Accepted: 15 Dec 2022.