

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ЗЕЛЕНАЯ ЭКОНОМИКА

УДК 338.1+338.4
JEL Q54+Q55+Q58

Глобальные климатические вызовы, структурные сдвиги в экономике и разработка бизнесом проактивных стратегий достижения углеродной нейтральности

Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова

Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Для цитирования: Пахомова, Н. В., Рихтер, К. К. и Ветрова, М. А. (2022) 'Глобальные климатические вызовы, структурные сдвиги в экономике и разработка бизнесом проактивных стратегий достижения углеродной нейтральности', *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*, 38 (3), с. 331–364. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2022.301>

На базе осмысления трендов, отражающих продолжающееся обострение климатической ситуации, авторы оценивают противодействующие меры, которые предпринимаются на межгосударственном и национальном уровнях, а также выполняются крупным бизнесом в секторах экономики, приоритетных с позиции достижения углеродной нейтральности. В данном контексте в статье, во-первых, дается обзор мер в области нормативно-правового регулирования, реализуемых на межгосударственном и государственном уровнях и направленных на предотвращение и минимизацию неблагоприятных климатических изменений. Во-вторых, авторы исследуют воздействие климатических вызовов и новых регуляторных механизмов на различные сектора современной экономики и функционирующий в них бизнес. В том числе анализируются ESG-стратегии и рейтинговые оценки компаний, а также связанные с рейтингованием провалы в решении задач климатической повестки. В-третьих, на примере предприятий черной металлургии изучаются реализуемые бизнесом стратегии декарбонизации и проводится их сравнительная оценка в качестве средства достижения углеродной нейтральности. Специальное внимание уделяется систематизации существующих и проектируемых инструментов декарбонизации производственно-технологических процессов в секторе черной металлургии, дается оценка их технологической зрелости, а также влияния на увеличение себестоимости готовой продукции и возможностей снижения эмиссии парниковых газов. В результате проведенного анализа и с учетом международных ориентиров авторы обосновывают направления дальнейшей шлифовки механизма климатического регулирования в России, а также пути отбора проактивных бизнес-стратегий, обеспечивающих эффективное решение проблем декар-

© Санкт-Петербургский государственный университет, 2022

бонизации и достижения устойчивой конкурентоспособности в условиях структурной перестройки современной экономики.

Ключевые слова: глобальные риски, приоритеты климатической политики, институциональные рамки, карбоновая индустрия, секвестрационная индустрия, CCUS-технологии, декарбонизация, проактивная стратегия, долгосрочная конкурентоспособность.

Введение

Как свидетельствуют данные отчетов по глобальным рискам Всемирного экономического форума, лидирующие позиции среди угроз, стоящих на пути устойчивого безопасного развития общества, причем и по степени воздействия на население различных стран, и по вероятности реализации, последние годы занимает климатическая и экологическая проблематика¹. И хотя, согласно данным Глобального отчета по рискам 2022 г., на приоритетные места также выдвинулся рост социально-экономического неравенства и поляризация общества², этот факт не оказывает сколь-либо значимого воздействия на указанный тренд, вполне вписываясь в общие процессы. Вместе с тем он требует реализации более комплексного подхода по отношению к климатической, да и экологической, проблематике при специальном внимании и к социальным процессам в обществе.

Обобщенная оценка современных климатических и ресурсно-экологических рисков на глобальном уровне была представлена в августе 2021 г. в шестом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата³. В документе были подтверждены выводы об антропогенном характере современного потепления, а также о наличии почти линейной зависимости между совокупными антропогенными выбросами диоксида углерода (CO₂) и вызываемым ими глобальным потеплением. Причем глобальное изменение климата, как замечено в докладе, происходит по самому пессимистичному сценарию, то есть быстрее и интенсивнее, чем предполагалось еще в 2015 г., когда в рамках Парижского соглашения по климату была поставлена задача удержать повышение температуры атмосферного воздуха по сравнению с доиндустриальным периодом в пределах 1,5 °C⁴.

Иллюстрацией этих процессов может служить рис. 1. Глобальные выбросы углеводородов с 2000 г. постоянно возрастали, и в 2019 г. они достигли рекордного уровня в 34,5 млрд метрических тонн CO₂. Главными эмитентами являются Китай, США, Индия, Россия и Япония, на которые приходится 58 % общемировых выбросов парниковых газов (ПГ). В 2020 г. из-за вспышки COVID-19, карантинных мер и сокращения темпов экономического роста падение выбросов CO₂ составило 5 %.

¹ World Economic Forum. (2021) *The Global Risks Report 2021*, 16th ed. January 19. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021> (дата обращения: 29.03.2022).

² World Economic Forum. (2022) *The Global Risks Report 2022*, 17th ed. January 11. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022> (дата обращения: 29.03.2022).

³ IPCC. (2022) *Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Sixth Assessment Report*. URL: https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf (дата обращения: 19.07.2022).

⁴ Институт географии РАН. (2021) *Ученые анализируют итоги Шестого оценочного доклада Международной группы экспертов по изменению климата*. 30 августа. URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/08/30/116802> (дата обращения: 29.01.2022).

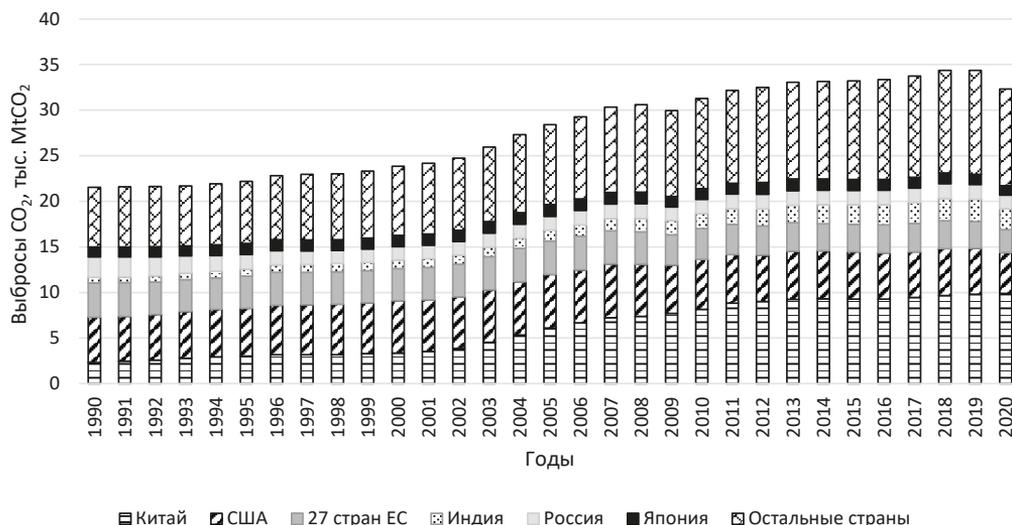


Рис. 1. Выбросы CO₂, 1990–2020 гг., тыс. MtCO₂

Составлено по: BP. (2021) *Statistical Review of World Energy 2021*. 70th ed. June 28. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (дата обращения: 14.03.2022).

Однако в 2021 г., по мере ослабления ограничений на выбросы ПГ, их рост предположительно достигнет 6%, итогом чего станет превышение показателей 2019 г.⁵ Данный тренд был подтвержден и в новом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата, вышедшем в начале 2022 г., где одновременно подчеркивалось значение адаптационных мер, направленных, в частности, на структурную перестройку экономики и изменение стиля жизни с учетом возрастающей роли аграрного сектора как «виновника» значительных объемов выбросов метана, относящегося к числу приоритетных ПГ⁶.

В ответ на эти и другие тренды на международном и национальном уровнях, а также усилиями бизнеса, прежде всего крупного, стали реализовываться все более активные меры, направленные на ослабление неблагоприятных климатических изменений и на адаптацию к ним, как и к другим природным аномалиям. Свидетельством этого стало согласование на международной конференции в Глазго осенью 2021 г. ряда важных решений, необходимых для реализации договоренностей Парижского соглашения по климату (2015). К числу этих решений относятся следующие: подтверждение актуальности задачи по удержанию роста среднемировой температуры в пределах 1,5°C; активизация усилий по «постепенному сокращению» потребления энергии на основе «неослабленного угля» (unabated coal), который добывается без использования технологий улавливания выделяемого углерода

⁵ Игнатенко, И. (2022) «Эксперты оценили годовой объем глобальных выбросов углекислого газа», *Вечерняя Москва*, 9 марта. URL: <https://vm.ru/news/952405-eksperty-ocenili-godovoj-obuem-globalnyh-vybrosov-uglekislogo-gaza> (дата обращения: 03.04.2022).

⁶ См.: Christiane, O. (2022) «Weltklimarat: Umwälzungen im Lebensstil nötig», *Berliner Zeitung*, February 27. URL: <https://www.berliner-zeitung.de/news/weltklimarat-umwaelzungen-im-lebensstil-noetig-li.214322> (дата обращения: 14.03.2022).

Таблица 1. Целевые ориентиры по сокращению выбросов CO₂ ключевыми эмитентами до 2050 г.

Страна (макрорегион)	Цель по сокращению выбросов CO ₂ до 2030 г., %	Цель по сокращению выбросов CO ₂ до 2050 г.
ЕС	-55 (1990)	Климатическая нейтральность
Китай	-65 (2005)	Углеродная нейтральность к 2060 г.
США	-26...-28 (2005) к 2025 г.	Сокращение выбросов на 80% (2005)
Индия	-33...-35 (2005)	—
Россия	-33 (1990)	Сокращение выбросов на 80% (1990), углеродная нейтральность к 2060 г.
Япония	-25,4 (2005; включая землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство)	Углеродная нейтральность

Примечание. Число в круглых скобках означает год, по отношению к которому планируется указанное сокращение выбросов CO₂.

Составлено по: REN21. (2019) *Renewables 2019 global status report*. URL: <https://ren21.net/gsr-2019/> (дата обращения: 14.03.2022); Climate Action Tracker. (2019) *Countries*. URL: <https://climateactiontracker.org/countries/> (дата обращения: 14.03.2022); Croatian Presidency on the Council of the European Union. (2020) *Submission by Croatia and the European Commission on behalf of the European Union and its Member States*. March 6. URL: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/HR-03-06-2020%20EU%20Submission%20on%20Long%20term%20strategy.pdf> (дата обращения: 14.03.2022); Harvey, F. (2020) 'China pledges to become carbon neutral before 2060', *The Guardian*, September 20. URL: <https://www.theguardian.com/environment/2020/sep/22/china-pledges-to-reach-carbon-neutrality-before-2060> (дата обращения: 14.03.2022).

да, а также «неэффективных» субсидий для ископаемого топлива; присоединение более чем ста стран к цели сократить к 2030 г. выбросы метана на 30 %⁷.

Страны и регионы, относящиеся к числу ключевых эмитентов ПГ, сформировали среднесрочные и долгосрочные цели по сокращению выбросов ПГ, закрепив свои обязательства в стратегиях низкоуглеродного развития, в том числе достижение углеродной нейтральности, то есть снижение до нуля разницы между выбросами парниковых газов и их поглощением с учетом возможностей региональных экосистем (табл. 1). При этом долгосрочная политика имеет особое значение для индустриального сектора, поскольку инвестиции в технологии, обозначаемые среди специалистов аббревиатурой CCUS (carbon capture, utilization and storage), то есть технологии улавливания, использования и хранения углерода, являются чрезвычайно капиталоемкими, обладая длительными сроками окупаемости⁸. Для успешной реализации они также требуют стабильной нормативно-правовой базы, которая даст предприятиям ориентир для принятия подобных стратегических решений. Вместе с тем и среднесрочные цели климатической политики не менее важны, поскольку они влияют на оперативные решения компаний по достижению

⁷ Газета.uz. (2021) *Итоги COP26 — глобального саммита по климату*. 15 ноября. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2021/11/15/cop26/> (дата обращения: 14.03.2022).

⁸ Волобуев, А., Катков, М. и Подлинова, А. (2021) 'Декарбонизация как инструмент конкурентной борьбы против российских компаний энергоэффективности', *Ведомости*, 15 июня. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/06/14/874114-dekarbonizatsiya-posluzhit> (дата обращения: 31.03.2022).

углеродной нейтральности, в частности по повышению энергоэффективности⁹, при сохранении эффективности коммерческой.

Реакцией предприятий на глобальные климатические и экологические вызовы, наряду с выполнением ими природоохранных требований, установленных регулирующими органами и постепенно ужесточающихся, стало подключение к широкому кругу добровольных социально-экологических инициатив, выходящих за пределы обязательных регуляторных предписаний и соображений коммерческой эффективности. Одной из точек отсчета в этом отношении стало принятие в 2015 г. на Генеральной Ассамблее ООН в рамках «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» пакета из 17 приоритетных долгосрочных целей устойчивого развития до 2030 г. Реализация этих целей предполагает более широкое прочтение стоящих перед государством и предприятиями задач и существенное расширение зоны их прямой ответственности. В последующем, в ходе операционализации целей устойчивого развития, усилия бизнеса сконцентрировались на достижении трех приоритетных целей: 1) экологических (environmental), направленных на сокращение негативного воздействия на окружающую среду, включая снижение выбросов ПГ; 2) социальных (social), связанных с социально ответственным отношением компании к персоналу, поставщикам, клиентам, партнерам, местному населению; 3) управленческих (governance), предполагающих обеспечение прозрачного эффективного управления при обоснованности зарплат руководителей бизнеса. На этой основе в практике хозяйствования широкое распространение получила концепция ESG-стратегий, анализ применения которой бизнесом разных стран, включая Россию, проводят, наряду с учеными, многочисленные консалтинговые организации, интернет-порталы, бизнес-аналитики (Пахомова, Рихтер и Малышков, 2021; Iamandi et al., 2019)¹⁰, да и сам бизнес¹¹.

Актуальной на сегодня является и интеграция бизнеса в различные сегменты новой глобальной индустрии, именуемой секвестрационной (карбоновой) и специализирующейся на предотвращении и минимизации негативных последствий глобальных климатических изменений, а также адаптация к подобным изменениям, в том числе путем реализации различных технологий и стратегий декарбонизации, включая упомянутые выше CCUS-стратегии. Задачей экономической науки в этих условиях выступает экспертная поддержка усилий бизнеса по занятию лидирующих позиций в формирующихся новых рыночных сегментах, а также содействие обоснованию и разработке стратегий декарбонизации, причем как компаниями и организациями, занятыми в традиционных отраслях и относящимися к числу наиболее углеродоемких, так и бизнес-единицами, вовлеченными в процесс формирования новых карбоновых сегментов современной экономики. Это, в свою очередь, создаст условия для реализации компаниями России преимуществ раннего

⁹ Волобуев, А. (2021) 'Минэкономразвития добавило декарбонизацию в стратегию энергоэффективности', *Ведомости*, 11 июля. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2021/07/12/877722-minekonomrazvitiya-dobavilo-dekarbonizatsiyu> (дата обращения: 31.03.2022).

¹⁰ См. также: Краснов, И. (2021) 'Климат доверия: как ESG-регулирование защищает инвесторов от обмана', *РБК*, 14 октября. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6142f989a79477cfb184f6> (дата обращения: 31.03.2022).

¹¹ Горчаков, В. (2021) 'Три веселые буквы: как ESG-рейтинги захватили мир и почему они пока далеки от идеала', *Forbes*, 29 ноября. URL: <https://www.forbes.ru/biznes/447149-tri-veselye-bukvy-kak-esg-rejtingi-zahvatili-mir-i-pocemu-oni-poka-daleki-ot-ideala> (дата обращения: 03.02.2022).

входа на новый активно развивающийся сегмент мировой экономики с занятием на нем своей рыночной ниши, с приобретением новых компетенций, налаживанием долговременных бизнес-контактов и т. д. как базы достижения устойчивой конкурентоспособности. На такие возможности указывают, причем вне зависимости от национальной принадлежности компаний, и зарубежные эксперты¹².

В этом контексте в статье, во-первых, будет дан с учетом уже проведенных исследований краткий обзор мер в области нормативно-правового регулирования, реализуемых на межгосударственном и государственном уровнях и направленных на предотвращение и минимизацию неблагоприятных климатических изменений, а также на проведение адаптационных мероприятий. Во-вторых, будет исследовано воздействие климатических вызовов и новых регуляторных механизмов на ряд значимых с позиции углеродоемкости секторов современной экономики и функционирующий в этих секторах бизнес. В-третьих, будут изучены реализуемые предприятиями стратегии по декарбонизации, которые относятся к числу приоритетных для ослабления глобальных климатических угроз секторов экономики, а также будет дана их сравнительная оценка как одного из ключевых средств достижения углеродной нейтральности и реализации других целей устойчивого развития. Преимущественно внимание при этом будет уделено предприятиям черной металлургии.

Гипотезой исследования является предположение о том, что приоритизация российскими предприятиями инновационных стратегий по декарбонизации с учетом вводимых на национальном и международном уровнях новых рамочных условий, как и в целом ориентация на проактивные стратегии, окажется в долгосрочной перспективе более эффективным решением, чем краткосрочные меры по повышению энергоэффективности и внесению углеродных налогов (платежей). Данный вывод не отменяет, разумеется, необходимости использовать позитивное воздействие этих мер на решение задачи ослабления климатических угроз. Причем реализация подобных инициативных (initiative-taking) стратегий, в том числе ориентированных на CCUS-технологии, требует проактивных действий и от регулятора. Концентрация внимания компаний на инерционных вариантах технико-технологического обновления, в том числе из-за высоких инвестиционных затрат по реализации проактивных инновационных подходов, приведет уже в среднесрочной перспективе к снижению их операционно-технологической и продуктовой конкурентоспособности и обречет их на позиции аутсайдеров в обновляемой архитектуре мировой экономики.

Исследование данных вопросов и проверка авторской гипотезы в теоретическом отношении будут опираться на концепции устойчивого развития и зеленой экономики, четвертой промышленной революции и энергоперехода, на теорию внешних эффектов и общественных благ, современный институциональный анализ, методы стратегического менеджмента, включая бенчмаркинг.

¹² Dent, M. (2021) 'Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) 2021–2040', *IDTechEx*. URL: <https://www.idtechex.com/en/research-report/carbon-capture-utilization-and-storage-ccus-2021-2040/802> (дата обращения: 28.03.2022).

1. Институциональная поддержка мер по минимизации неблагоприятных климатических изменений

Пути предотвращения и минимизации последствий неблагоприятных климатических изменений, варианты адаптации к ним и используемые в этих целях механизмы и инструменты, направленные, в частности, на декарбонизацию экономики, активно обсуждаются в литературе (см.: (Бобылев, Барабошкина и Джу, 2020; Пахомова и др., 2021; Порфирьев, др., 2020)¹³). Формируется и статистика в области декарбонизации, в том числе отражающая развитие CCUS-технологий в рамках аналогичного по наименованию сектора¹⁴. Принимая во внимание полученные результаты, проанализируем в обзорном виде основные компоненты из пакета мер, направленных на институциональную поддержку современной климатической политики России, а также проведем их сравнительный анализ с рядом применяемых в зарубежной практике механизмов.

При изучении нормативно-правового сопровождения мер по декарбонизации в качестве одного из ведущих направлений современной климатической политики в центре внимания ученых и экспертов продолжает находиться Зеленый курс ЕС, который был представлен в итоговом варианте в июле 2021 г.¹⁵ и детализирован в целостном пакете законопроектов. Как уже было указано во введении, Зеленый курс нацелен на достижение углеродной нейтральности экономики Евросоюза к 2050 г.¹⁶, а при его анализе основное внимание в литературе, в том числе со стороны бизнес-аналитиков, уделяется механизму трансграничного углеродного регулирования. Посредством этого механизма с 2025 г. предполагалось облагать дополнительным углеродным налогом продукцию из стран-экспортеров с повышенным по отношению к действующим в ЕС показателям углеродным следом. Этот порядок первоначально должен был распространяться на сталь, трубы, алюминий, минеральные удобрения, цемент и электроэнергию, тем самым касаясь в первую очередь предприятий отраслей добывающего сектора, а также металлургической, целлюлозно-бумажной и химической промышленности, включая сектор производства минеральных удобрений, с последующим расширением этого перечня. Поскольку при учете углеродного следа продукции предполагался охват соответствующими

¹³ См. также: Ершова, А. (2020) 'Новое углеродное регулирование в России и за рубежом', *Международная жизнь*, 28 ноября. URL: <https://interaffairs.ru/news/show/28269?> (дата обращения: 08.03.2022).

¹⁴ См., например: Statista. (2021) *Capacity of operational large-scale carbon capture and storage facilities worldwide as of 2021*, December. URL: <https://www.statista.com/statistics/1108355/largest-carbon-capture-and-storage-projects-worldwide-capacity/> (дата обращения: 03.04.2022).

¹⁵ European Commission (2021) *European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions*. Press release, July 14. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541 (дата обращения: 28.03.2022).

¹⁶ European Commission. (2020) 'Impact assessment. Accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions. Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. Commission staff working document. Brussels, 17.09.2020. SWD (2020) 176 final. Pt. 1/2. Pt. 2/2', *EUR-lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020SC0176> (дата обращения: 29.03.2022); European Commission. (2021) 'Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the council establishing a carbon border adjustment mechanism. Brussels, 14.07.2021. COM (2021) 564 final. 2021/0214 (COD)', *EUR-lex*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0564> (дата обращения: 28.03.2022).

углеродными налогами выбросов ПГ, которые относятся не только к Score 1 (прямые выбросы ПГ при производстве), но и к Score 2 (выбросы, связанные с генерацией используемой при изготовлении продукции энергии), то данный перечень включал и энергетический сектор.

Имея в виду существенное внимание, которое уже было уделено данной проблеме в профильной литературе (Башмаков, 2022; Кузминых, 2021; Пахомова, Рихтер и Малышков, 2021; Порфирьев и др., 2022), и одновременно учитывая переориентацию ряда базовых для России экспортных потоков на отличные от ЕС регионы, выделим лишь те моменты, которые характеризуют Зеленый курс ЕС в качестве своеобразного бенчмаркинга мер в области глобального климатического регулирования. В данном случае примем во внимание и то обстоятельство, что снижение углеродоемкости и задание в этих целях все более жестких стандартов превращаются в новое поле конкурентной борьбы на глобальных рынках, служа не только задачам ослабления климатической угрозы, но и в определенной мере выступая методом экономического ослабления конкурентов, обладающих по тем или иным причинам в этой области менее благоприятными стартовыми позициями. На это обстоятельство обращают внимание не только российские специалисты, включая вышеперечисленных, но и эксперты, представляющие зарубежные консалтинговые компании¹⁷.

Наряду с этим в ходе проводимого анализа будут приняты во внимание изменения, вносимые в Зеленый курс ЕС в целом, а также в климатическую политику данной интеграционной группировки, в том числе в условиях наложения на Россию жестких санкционных ограничений. Среди них — принятые в феврале 2022 г. уточнения в Таксономию ЕС о зеленых энергетических проектах, которые связаны с признанием атомной энергии и газа в качестве «временно необходимых для перехода»¹⁸. В этом же ряду Комиссией ЕС было выдвинуто предложение о завершении эпохи одноразового общества и необходимости более широкого перехода к соблюдению принципов циркулярной экономики. Согласно этим принципам, значительная часть продукции на рынке ЕС должна стать более долговечной или подлежать ремонту, повторному использованию или переработке в рамках ее жизненного цикла при распространении этих требований на такие товары, как мобильные телефоны, текстиль, а также строительные изделия¹⁹.

Как можно заключить, применяемые в ЕС в рамках перехода к низкоуглеродной климатически нейтральной экономике меры представляют собой целостную совокупность инструментов, которые поэтапно вводились в течение почти трех прошедших десятилетий и которые продолжают модернизироваться. В России в последнее время также интенсивно разрабатывается целостный пакет мер экологического и климатического регулирования. При обосновании этих мер принимаются во внимание как факт обострения экологической и климатической ситуации,

¹⁷ Волобуев, А., Катков, М. и Поддинова, А. Указ. соч.

¹⁸ European Commission. (2022) *Taxonomy Complementary Climate Delegated Act*, February 2. URL: https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2022-631_en.pdf (дата обращения: 03.04.2022).

¹⁹ Vertretung in Deutschland. (2022) *Green Deal: EU-Kommission will Ende der Wegwerfgesellschaft*, March 30. URL: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/green-deal-eu-kommission-will-ender-wegwerfgesellschaft-2022-03-30_de (дата обращения: 03.04.2022).

так и новые нормативно-правовые механизмы, вводимые на международном уровне. Сравнительный анализ этих механизмов и инструментов представлен в табл. 2. Возможность их сравнения определяется и тем, что с учетом глобального характера экологических и климатических проблем базовые подходы к их решению еще со времен Второй Всемирной конференции по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) стали согласовываться на международном уровне и далее фиксировались в пакете международных конвенциях и других договоренностей.

Из реализуемых в России мер по декарбонизации и ослаблению (предотвращению) глобальных климатических рисков прежде всего нужно отметить принятие Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»²⁰ (далее — Федеральный закон № 296-ФЗ). Согласно этому акту, наиболее крупные эмитенты ПГ, именуемые в Законе регулируемые организациями, с массой выбросов, эквивалентной 150 тыс. т и более CO₂ в год, и с массой выбросов, эквивалентной 50 тыс. т и более CO₂ в год соответственно с 01.01.2023 и с 01.01.2025, во-первых, должны представлять отчеты о выбросах ПГ. Путем аккумуляции данных отчетов в стране будет формироваться Реестр выбросов ПГ — одна из государственных информационных систем, обслуживающих вводимый механизм. Во-вторых, с учетом этих же сроков и дат регулируемые организации обязаны реализовывать климатические проекты, то есть комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов ПГ или увеличение поглощения ПГ. Инструментами их реализации с информационной стороны, согласно ст. 9 Федерального закона № 296-ФЗ, служат углеродные единицы (УЕ) и реестр углеродных единиц. Реестр УЕ предназначен для регистрации климатических проектов и ведения учета УЕ, а также операций с УЕ, в том числе рыночных, по их обращению. Дальнейшая детализация правил установления квот на выбросы ПГ и обращения УЕ (или единиц выполнения квот) на региональном уровне связана с реализацией Федерального закона от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении регионального эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» (далее — Федеральный закон № 34-ФЗ). Этот закон призван сформировать правовую основу для отработки национальной версии механизма обращения УЕ, корреспондирующую с европейской Системой торговли квотами на выбросы (EU Emission Trading System) и с другими аналогичными системами, применяемыми на международном уровне (ст. 3 Федерального закона № 34-ФЗ).

Обзор представленных в табл. 2 механизмов показывает, что, хотя в последнее время данная область государственного регулирования находится в России в числе приоритетных направлений, ей все еще не удалось преодолеть отставание от передового международного опыта, в том числе по срокам введения ряда важных инструментов климатической и экологической политики. Сохраняются и определенные разрывы в этой важной области нормативно-правового регулирования. Так, в России все еще отсутствует полномасштабное налогообложение (платный порядок компенсации) углеродных выбросов. Отметим, что, согласно ст. 8 Федерального закона № 34-ФЗ, в России с сентября 2022 г. предполагается введение лишь платежей за превышение установленной региональным регулируемым организациям

²⁰ Здесь и далее все ссылки на российские нормативные правовые акты приводятся по СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 19.07.2022).

Таблица 2. Основные нормативно-правовые инструменты и меры по декарбонизации и реализации климатической политики в России и Евросоюзе

Нормативно-правовые инструменты реализации климатической политики	Применяемые (планируемые) инструменты и меры	
	Россия	Евросоюз
1	2	3
Переход на наилучшие доступные технологии и учет экологического аспекта в требованиях по ним	Поэтапное обновление справочников наилучших доступных технологий с отражением требований по углеродо- и энергоёмкости производственных процессов и выпускаемой продукции	Принятие Директивы ЕС «Интегрированное предотвращение загрязнения и контроль» (Official Journal of the European Union. (2010) <i>Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (Integrated pollution prevention and control)</i> . December 17). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0075&from=EN (дата обращения: 19.07.2022))
Распространение ESG-практик среди предприятий	Распространение ESG-практик преимущественно среди крупных, ориентированных на экспорт компаний при преимущественном внимании к E (экологическому) и S (социальному) направлениям; для G (управленческого) необходимо внедрение более широкого круга корпоративных обязательств (Пахомова и Айнабекова, 2022)	Распространение ESG-подхода среди европейских добровольно отчитывающихся компаний, ориентированных на долгосрочную перспективу, повышение корпоративной конкурентоспособности и поддержку общественного благосостояния в целом (Iamandi et al., 2019)
Национальная стратегия низкоуглеродного развития	Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (Распоряжение Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года»)	Зеленый курс ЕС (European Commission. (2021) <i>European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions</i> . July 14. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541 (дата обращения: 21.07.2022))
План действий по реализации Стратегии низкоуглеродного развития	Федеральный проект «Политика низкоуглеродного развития» (см.: Финмаркет. (2021) <i>Минэкономики разработало паспорт федерального проекта «Политика низкоуглеродного развития»</i> . 2 декабря. URL: http://www.finmarket.ru/news/5601273 (дата обращения: 19.07.2022))	Учреждение платформы «Интегрированные стратегии низкоуглеродного развития» 12.10.2021 (Interreg Europe. (2021) <i>Integrated Low-Carbon Strategies</i> . October. URL: https://www.interregeurope.eu/sites/default/files/2021-12/Policy%20brief%20on%20integrated%20low-carbon%20strategies.pdf (дата обращения: 19.07.2022))

<p>Отраслевые стратегии по развитию секторов возобновляемых источников энергии</p>	<p>Утверждение стратегий по водородной энергетике, электротранспорту, распределенной атомной энергетике и др.</p>	<p>Системная разработка мер в отраслевом разрезе, в том числе в рамках Зеленого курса ЕС (Integreg Europe. Op. cit.)</p>
<p>Доведение до бизнеса доступного уровня климатических воздействий, включая выбросы ПГ и параметры углеродоемкости</p>	<p>Для регулируемых организаций — запуск в 2022 г. согласно Федеральному закону от 02.07.2021 № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов», нормативно-правовых условий учета выбросов парниковых газов и оценки углеродоемкости. С 2023 г. — введение системы планируется запустить обязательной углеродной отчетности для предприятий (Правительство России. (2021) <i>Правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года</i>. 1 ноября. URL: http://government.ru/docs/43708/ (дата обращения: 19.07.2022)). Установление квот на выбросы парниковых газов для региональных регулируемых организаций, согласно ст. 2 Федерального закона от 06.03.2022 № 34-ФЗ «О проведении регионального эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации», с 01.09.2022</p>	<p>Имплементация Европейской системы бенчмаркинга по углеродоемкости с охватом Score 1 и Score 2. Отраслевые системы бенчмаркинга по углеродоемкости (Башмаков, 2022)</p>
<p>Углеродные биржи и другие механизмы обращения УЕ и стимулирования снижения углеродоемкости</p>	<p>С 2021 г. — подготовка эксперимента по торговле УЕ на территории Сахалинской области. С 01.09.2022 — запуск системы обращения УЕ и единиц выполнения квот на выбросы ПГ, согласно Федеральному закону от 06.03.2022 № 34-ФЗ, для отработки национальной версии механизма торговли правами (квотами) на выбросы ПГ. Введение платы за превышение квот на выбросы ПГ, установленных для региональных регулируемых организаций. Ставка платы за превышение квот определяется Правительством РФ; платежи поступают в бюджет субъекта РФ, проводящего эксперимент, и расходуются по целевому назначению (ст. 8)</p>	<p>Функционирование Системы торговли квотами на выбросы с 01.01.2005 по Директиве 2003/87, установившей базовые правила ее функционирования. В торговле УЕ в рамках системы торговли квотами на выбросы участвовали в 2018 г. 11 тысяч предприятий различных отраслей, часть квот в пределах общего лимита выбросов ПГ распределяется бесплатно. При превышении бесплатной квоты предприятия должны сокращать выбросы ПГ посредством введения технологических мер или покупки недостающих УЕ на углеродных биржах (Кавешников, 2021). По Зеленому курсу ЕС планируется прекращение предоставления бесплатных квот с расширением круга вовлеченных отраслей к 2035 г. (Башмаков, 2022)</p>

1	2	3
<p>Таксономия проектов/ видов деятельности устойчивого, включая зеленое, развития</p>	<p>Имплементация Постановления Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации»</p>	<p>Представление Комиссией ЕС с последующим принятием Таксономии. Дополнительный делегированный закон о климате для ускорения декарбонизации (European Commission. (2022) <i>Taxonomy Complementary Climate Delegated Act</i>, February 2. URL: https://ec.europa.eu/finance/docs/level-2-measures/taxonomy-regulation-delegated-act-2022-631_en.pdf (дата обращения: 03.04.2022))</p>
<p>Региональные (секторальные, национальные и др.) планы адаптации к изменениям климата</p>	<p>Разработка и утверждение региональных планов адаптации к изменениям климата к IV кварталу 2022 г., согласно Национальному плану мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года, (Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2019 № 3183-р «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года»)</p>	<p>Принятие Европейской Комиссией Стратегии ЕС по адаптации к изменению климата (апрель 2013 г.), установившей рамки и механизмы для вывода на новый уровень готовности ЕС к текущим и будущим климатическим воздействиям. 24.02.2021 — принятие Европейской комиссией новой Стратегии по адаптации к изменениям климата (European Commission. (2021) <i>EU Adaptation Strategy</i>. URL: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en (дата обращения: 03.04.2022)) для адаптации к неизбежным последствиям изменения климата и достижения устойчивости к ним к 2050 г.</p>
<p>Инструменты и меры финансовой поддержки снижения углеродоемкости и перехода на возобновляемые источники энергии</p>	<p>Использование инструментов и мер финансовой поддержки по снижению углеродоемкости и переходу на возобновляемые источники энергии, в том числе согласно Федеральному закону от 02.07.2021 № 296-ФЗ и Федеральному закону от 06.03.2022 № 34-ФЗ, но пока без полной поддержки детальными нормативно-правовыми механизмами.</p> <p>Разработка и развитие мер по зеленому финансированию в рамках Плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития с низким уровнем выбросов ПП</p>	<p>Принятие программы «Horizon Europe», бюджет 95,5 млрд евро по реализации Зеленого курса ЕС (European Commission. (2022) <i>Support Mechanisms 2021–2027</i>. URL: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-action-plan/union-funding-programmes_en (дата обращения: 03.04.2022)).</p> <p>Принятие обновленной стратегии ЕС по устойчивым финансам (European Commission. (2020) <i>Renewed sustainable finance strategy and implementation of the action plan on financing sustainable growth</i>. URL: https://ec.europa.eu/info/publications/sustainable-finance-renewed-strategy_en (дата обращения: 19.07.2022))</p>

Примечание. ПП — парниковые газы; UE — углеродные единицы. Все ссылки на российские нормативные правовые акты приводятся по СПС «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 19.07.2022).

квоты на выбросы ПГ в регионах проведения соответствующего эксперимента. Не преодолено и отставание с разработкой и применением систем торговли квотами на выбросы ПГ (аналогичной ETS-системе), которые в качестве давно внедренных в хозяйственную практику механизмов обслуживают оборот УЕ во многих странах и регионах мира. Так, в настоящее время в международной практике функционирует двадцать локальных механизмов ETS в США, Канаде, Колумбии, Чили, Испании, Швейцарии, Казахстане, Таиланде, Австралии, Японии, Южной Кореи²¹. Примером реализации проактивного подхода служит и Китай, где начиная с 2014 г. формируется внутренняя система торговли правами на выбросы парниковых газов при консультационной и технической поддержке со стороны экспертов ЕС. С 2018 г. между Китаем и ЕС осуществляется политический диалог о взаимной торговле квотами на выбросы (Кузминых, 2021). Напомним, что в России экспериментальная отработка подобного механизма предусмотрена, согласно Федеральному закону № 34-ФЗ, только с 01.09.2022 в случае подключения регионов страны к эксперименту по ограничению выбросов парниковых газов. На существующие в этой области проблемы было также обращено внимание в ряде экспертных обзоров, сделанных в начале 2021 г., в том числе на примере ряда приоритетных секторов экономики²². Однако часть сформулированных экспертами выводов, как показывает и проведенный авторами анализ, сохраняется в силе и поныне.

Так, нуждаются в современном нормативно-правовом сопровождении и проекты сектора карбонового секвестрационного земледелия, которые могут реализовываться на базе сельскохозяйственных и лесных угодий и которые применительно ко второй из перечисленных разновидностей именуется лесоклиматическими. Они обладают значительным потенциалом для снижения показателей углеродоемкости и других форм негативного воздействия на окружающую среду. Расширяется перечень примеров интеграции лесоклиматических инициатив в стратегии углеродной нейтральности ряда крупных компаний. В их числе компания En+ Group, которая планирует достичь углеродной нейтральности к 2050 г., в том числе путем зачета углерода лесными экосистемами с повышенной депонирующей способностью. Понятно, что такие проекты кроме климатического эффекта оказывают и широкий спектр других экосистемных услуг, включая природорегулирующие, что еще более повышает их ценность²³.

Широкому распространению подобных проектов в качестве разновидности климатических, признаваемых профильными зарубежными сертификационными организациями, пока препятствует отсутствие признанной на международном уровне методологии учета в соответствующих реестрах УЕ, что даст возможность

²¹ Сулин, А., Дайман, С. и Белоглазова, О. (2022) 'Углеродные единицы: динамика и потенциал', *Ernst & Young*. URL: https://www.ey.com/ru_ru/climate-change-sustainability-services/carbon-offsets-dynamics-and-prospects-2022 (дата обращения: 31.03.2022).

²² Грушевенко, Е., Капитонов, С. и Мельников, Ю. (2021) 'Декарбонизация нефтегазовой отрасли. Международный опыт и приоритеты России', *Сколково*. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf (дата обращения: 29.03.2022).

²³ Полканов, В. (2021) 'En+ Group представила план достижения углеродной нейтральности', *Независимая газета*, 20 сентября. URL: https://www.ng.ru/economics/2021-09-20/10_2109201450.html?PREVIEW_SECRET_KEY=a929df5d668fc0f6a503631fd0ace799 (дата обращения: 23.03.2022).

обслуживать с их помощью и международные транзакции²⁴. Кроме того, необходимы разработка и утверждение на международном уровне широкого перечня стандартов углеродоемкости. При отсутствии стандартов углеродоемкости, согласованных на международном уровне, и навязывании вместо них показателей, отражающих экономические интересы лишь отдельных интеграционных группировок и стран, не только возникают трудности и воздвигаются искусственные барьеры на пути международного признания результатов снижения углеродного следа, первично подтвержденного в национальной системе верификации различных стран. Но и невозможно достичь наиболее высоких климатических результатов при минимизации затрат, направляемых на эти цели различными странами и их бизнесом. Понятно, что при таком нерациональном расходовании ограниченных ресурсов осложняется решение задачи ослабления глобальных климатических угроз. Что касается международного признания достигаемых результатов, то в этом нуждаются все разновидности зеленых проектов и технологий, которые в том числе реализуются и в рамках активно формируемой ныне CCUS-индустрии.

2. Климатические вызовы и ESG-стратегии: отраслевые акценты

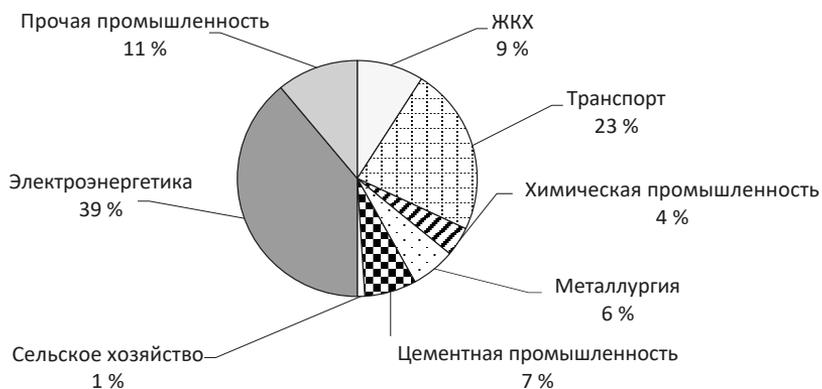
Возвращаясь к данным табл. 1, в которой содержатся целевые ориентиры по сокращению выбросов CO₂ до 2050 г. ряда стран и макрорегионов, относящихся к ключевым эмитентам ПГ, обратим внимание, что США, Япония и Россия уже в 2019 г. достигли или были близки к поставленным на 2030 г. целям. Так, согласно целевому сценарию Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., выбросы CO₂ к 2030 г. должны сократиться на 33 % по отношению к уровню 1990 г., то есть до 1,67 млрд метрических тонн CO₂. Однако уже в 2019 г. указанный целевой показатель не только был достигнут, но и превзойден, фактически составив 1,58 млрд метрических тонн. Таким образом, принятые на национальном уровне целевые показатели для стран, ориентирующихся на выбросы ПГ прошлых лет, в среднесрочной перспективе могут быть достигнуты без существенной модернизации промышленного сектора и даже с учетом роста объемов производства²⁵. Среди прочего этот факт указывает и на то, что разработка бизнесом проактивных подходов в области митигации климатических угроз требует и от государства выработки проактивных стратегий, подкрепленных продуманной системой стимулирования и финансирования. Следует также учитывать, что для достижения долгосрочных целей декарбонизации экономического роста от индустриального сектора нужны проактивные усилия по внедрению энергосберегающих и углеродно-нейтральных технологий по всей цепи создания стоимости.

Согласно данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency), долгосрочные цели по декарбонизации отразятся в первую очередь на отраслях с наибольшим объемом выбросов CO₂: энергетике, транспорте, ЖКХ.

²⁴ Вилков, Я. (2022) 'Ученые оценили перспективы лесоклиматических проектов', *Независимая газета*, 5 марта. URL: https://www.ng.ru/economics/2022-03-05/100_2203051435.html (дата обращения: 29.03.2022).

²⁵ Climate Action Tracker. (2022) *Russian Federation. Country summary*. URL: <https://climateaction-tracker.org/countries/russian-federation/> (дата обращения: 29.03.2022).

а



б

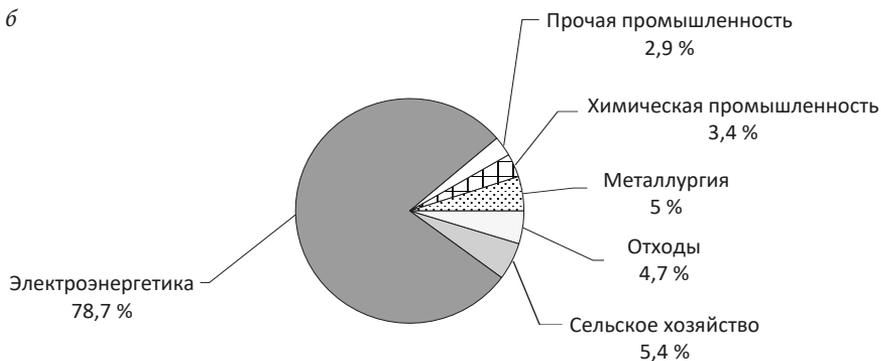


Рис. 2. Структура глобальных (а) и российских (б) выбросов CO₂ по отраслям, 2019 г.

Составлено по: IEA. (2020) *World Energy Outlook 2020*. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a72d8abf-de08-4385-8711-b8a062d6124a/WEO2020.pdf> (дата обращения: 19.07.2022); Росстат. (2021) *Основные показатели охраны окружающей среды*. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2021.pdf (дата обращения: 19.07.2022).

На эти три отрасли суммарно приходится 71 % от общего объема мировых выбросов ПГ. Metallургия в этом списке в 2019 г. была на шестом месте с долей в 6 % и объемом в 2,27 Гт CO₂ прямых выбросов. Однако доля глобальных выбросов metallургии в перспективе будет увеличиваться ввиду роста объемов производства стали и применения ограниченных краткосрочных способов сокращения выбросов, а также ввиду более быстрой декарбонизации других отраслей включая энергетику и транспорт²⁶. В России на metallургию приходится 4,95 % выбросов CO₂, и страна находится по этому показателю на третьем месте среди всех секторов (рис. 2).

Анализируя в данном контексте стратегии бизнеса по достижению углеродной нейтральности, выделим группы предприятий и организаций, которые могут быть отнесены к числу приоритетных. С учетом действующего в стране нормативно-

²⁶ Renewables. (2019) *Renewables 2019 Global Status Report*. URL: <https://ren21.net/gsr-2019/> (дата обращения: 29.03.2022).

правового регулирования, а также рамочных условий достижения углеродной нейтральности, введенных у основных торговых партнеров России, в качестве таковых могут рассматриваться следующие группы:

- регулируемые организации, которые (согласно Федеральному закону № 296-ФЗ) обладают массой выбросов ПГ, равной или превышающей 150 тыс. т CO₂-эквивалента в год с 01.01.2023 и равной или превышающей 50 тыс. т CO₂-эквивалента в год с 01.04.2025;
- компании, являющиеся потенциальными исполнителями климатических проектов, в том числе на добровольной основе (согласно Федеральному закону № 296-ФЗ);
- предприятия промышленного, энергетического, транспортного секторов, химической промышленности, сельского хозяйства и сферы обращения с отходами, включая экспортеров продукции (услуг) в страны и регионы с развитыми режимами углеродного регулирования;
- действующие или потенциальные участники «зеленой таксономии» и исполнители «зеленых проектов» (согласно Распоряжению Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации»).

Перечисленные сектора и относящиеся к ним предприятия в определенных границах могут накладываться друг на друга, ввиду того что одна и та же компания может относиться одновременно к ряду секторов: например, и попадать под действие Федерального закона № 296-ФЗ, и являться экспортером продукции в зарубежные страны с развитыми системами карбонового регулирования.

Обзор стратегий по декарбонизации предприятий отдельных отраслей, прежде всего экспортно ориентированных, которых напрямую касается задача ориентации на действующие на международном уровне нормы по углеродоемкости продукции и технологических процессов, уже проводился в журнальной научной периодике и в аналитических материалах сети Интернет (Ветрова, Богданова и Ярулина, 2021; Кузминых, 2021; Мастепанов, 2019; Порфирьев и др., 2020)²⁷. Российский бизнес, вырабатывая новые подходы к экологической и климатической повестке под воздействием принятых ООН в сентябре 2015 г. Целей устойчивого развития до 2030 г., а также соглашений, достигнутых на Парижской конференции по климату в декабре 2015 г., первоначально, как уже вкратце отмечалось выше, наиболее активно откликнулся на концепцию ESG-стратегий (Пахомова и Айнабекова, 2022; Пахомова, Рихтер и Малышков, 2021). Напомним, речь идет о добровольном выполнении бизнесом ряда дополнительных обязательств по следующим трем направлениям: 1) в области снижения нагрузки на окружающую среду (environmental); 2) в области расширения содержания социальной ответственности (so-

²⁷ См. также: Чемоданова, К. (2022) 'Как промышленность борется с изменением климата. Почему металлурги оказались в авангарде зеленого тренда', *Ведомости*, 16 февраля. URL: https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2022/02/16/909302-promishlennost-boretsya-izmeneniem?utm_campaign=vedomosti_teaser_300x600&utm_medium=teaser&utm_source=vedomosti.ru (дата обращения: 22.02.2022).

cial) и 3) в области открытого прозрачного управления (governance). В последнее время усиливается мотивация к подключению к данной инициативе, что отражается и на числе участвующих в соответствующих рейтингах компаний, и на величине их суммарных активов. Так, швейцарский банк UBS прогнозирует, что к 2025 г. рынок ESG-оценок и данных может увеличиться более чем вдвое: с нынешних 2,2 до 5,1 млрд долл. США²⁸. Для публичных компаний возрастает роль ESG-факторов в привлечении капитала, в том числе на более выгодных условиях. Если год-два назад зеленая премия для заемщиков на международных долговых рынках не превышала 7–10 базисных пунктов, а сейчас может достигать 20 базисных пунктов, то, по оценкам, она будет увеличиваться в будущем. Развиваются и инструменты ESG-инициативы, о чем, в частности, свидетельствует рост рынка зеленых облигаций. За последние шесть лет рыночный компонент ответственного финансирования в мире вырос в 19 раз и превысил 1 трлн долл. США. По оценке Банка Америки (Bank of America), в 2020 г. 2,5 тыс. ESG-фондов привлекли 255 млрд долл. США, при этом 65 % ESG-индексов показали прирост выше среднего за 2020 г.²⁹

В контексте проводимого анализа важным является вопрос об отраслевой принадлежности компаний, участвующих в ESG-инициативах и лидирующих в аналогичных рейтингах и вообще участвующих в рейтинговании. По данным российского рейтингового агентства «Эксперт РА», наибольшую активность в подключении к данной инициативе проявляют компании сегментов золото- и алмазодобычи, генерирующие компании, предприятия черной металлургии и сетевые компании. Слабее активность со стороны компаний из сегментов машиностроения, девелоперов и транспортных компаний, а также, за небольшим исключением, со стороны банков³⁰.

Объективная оценка ESG-инициативы и перспектив развития ESG-рейтингования предполагает учет критических замечаний и сомнений, которые высказывают представители регулирующих органов, эксперты и ученые. Вопросы в первую очередь касаются объективности оценки усилий бизнеса по первому, то есть экологическому, направлению, как и связанной с ним климатической проблематики. В частности, представителей регулирующих органов настораживает тот факт, что при составлении рейтингов устойчивого развития на основе предоставляемой в рамках ESG-инициативы информации рейтинговые агентства не запрашивают никакой официальной информации у обобщающих ее государственных органов, полностью полагаясь на данные самих компаний и вторичные источники³¹. Тем более оправданно это замечание ввиду наблюдаемого диссонанса между высокими позициями ряда ведущих ресурсодобывающих и сырьевых компаний в ESG-рейтингах и продолжающимся ухудшением по целому ряду значимых направлений экологической ситуации в стране. Что касается климатической проблематики,

²⁸ Горчаков, В. Указ. соч.

²⁹ Кочетов, А. (2021) 'Идеи для энергетики', РБК. URL: <https://plus.rbc.ru/specials/idei-dlya-energetiki> (дата обращения: 29.03.2022).

³⁰ Ведомости. (2021) 'Эксперт РА' представило первый рэнкинг ESG-прозрачности компаний России, 17 ноября. URL: <https://www.vedomosti.ru/ecology/articles/2021/11/16/896151-ekspert-ra-predstavilo-pervii-renking-esg-prozrachnosti-kompanii-rossii> (дата обращения: 28.03.2022).

³¹ Филипенко, А. и Подобедова, Л. (2021) 'Глава Росприроднадзора назвала фейком экологические отчеты корпораций', РБК, 26 августа. URL: <https://www.rbc.ru/business/26/08/2021/6127ab9fa79473186b3c5da> (дата обращения: 03.02.2022).

то в этом случае диссонанс между информацией, предоставляемой компаниями рейтинговым агентствам, и реальным положением дел может быть еще более значительным. Причина заключается и в отсутствии в Российской Федерации обязательной статистической отчетности по выбросам парниковых газов, как и по углеродоемкости продукции и технологических процессов. На расхождение между углеродной отчетностью, представляемой известными зарубежными брендами в Проекте раскрытия информации об углероде (Carbon Disclosure Project), и реальным снижением выбросов ПГ обращается внимание и в зарубежных источниках. Причиной подобных расхождений, как оказалось, может стать применяемая в рамках данного Проекта методика оценивания прогресса в снижении годовых выбросов углекислого газа и выставления соответствующих баллов. Для этого не используются абсолютные данные по снижению выбросов ПГ, а проводится их сравнение с данными по динамике общих доходов компании. И до тех пор, пока выбросы компаний возрастают в меньшей мере, чем их доходы, общий объем выбросов оценивается как снижающийся³².

Кроме того, очевидна необходимость систематизации и обобщения опыта в области применения ESG-стратегий и разрабатываемых для оценки усилий компаний рейтингов, их реального социально-экологического эффекта, воздействия на минимизацию, прежде всего наиболее значимых климатических и экологических рисков. Добровольно направляемые на эти цели компаниями и порой немалые средства целесообразно расходовать эффективно с ориентацией на решение наиболее острых экологических и климатических проблем. Пока же каждое из рейтинговых агентств проводит оценки усилий компаний, во-первых, практически по собственному усмотрению, оперируя выработанными у них представлениями об экологически устойчивом развитии, и далеко не всегда соотносит предъявляемые к компаниям требования с актуальной для конкретного региона, страны, сектора экономики и т.п. повесткой. Все это создает значительные препятствия на пути агрегирования и обобщения подобной информации и формирования целостного представления о вкладе ESG-инициативы в повышение уровня экологического благосостояния и ослабление климатических угроз.

Наряду с этим рейтинговые агентства, декларируя задачи обеспечения прозрачности и открытости предоставляемой компаниями информации, сами в своей деятельности по оценке компаний далеко не всегда руководствуются аналогичными принципами. Эксперты и аналитики рынка соответствующих услуг также особо отмечают, что своеобразными заложниками такой разрозненной и слабо систематизированной информации становятся инвесторы, которые пользуются услугами инвестиционных фондов, ориентированных на ESG-повестку³³. В этой ситуации стоит поддержать усилия регулирующих органов различных стран и регионов по разработке ESG-правил и стандартизации ESG-оценок. Накапливаемый опыт регуляторов ведущих экономик мира по разработке ESG-правил обобщается бизнес-аналитиками. Подключается к решению этой задачи и Россия. Банк России выпустил рекомендации для публичных акционерных обществ по раскрытию нефинан-

³² Кочетова, М. и Стуло, М. (2022) 'Модные бренды продолжают увеличивать выбросы', *Ведомости*, 12 апреля. URL: https://www.vedomosti.ru/ecology/protection_nature/articles/2022/04/12/917679-modnie-brendi-prodolzhayut-velichivat-vibrosi (дата обращения: 18.04.2022).

³³ Горчаков, В. Указ. соч.

совой информации, связанной с их деятельностью, а также стал проводить анализ методик международных и национальных игроков рынка ESG-оценок³⁴. Важно также иметь в виду, что ESG концепция, исходя из ее сути, не заточена на первоочередное решение задач ослабления климатической напряженности и обеспечения перехода к низкоуглеродному развитию. Не нацеливает она участвующие в рейтинговании компании и на освоение радикальных экологических и климатических инноваций, в основном ориентируя участвующие в рейтинговании компании на соблюдение существующих регуляторных предписаний с учетом их определенного превышения. Акцент скорее делается на достижение бизнесом комплексных рубежей по трем ESG-направлениям в качестве фактора, обеспечивающего устойчивые позиции компаний на определенном рыночном сегменте, а также в социуме с учетом взаимодействия компании с широким кругом разнообразных внутренних и внешних стейкхолдеров.

3. Приоритизация стратегий бизнеса по достижению углеродной нейтральности (на примере черной металлургии)

Как показывает анализ опыта компаний отраслей, которые в первоочередном порядке и в наибольшей мере будут испытывать воздействие существующих международных режимов углеродного регулирования, занятый в этих секторах бизнес, наряду с откликом на ESG-повестку, переходит к проактивным стратегиям. В частности, те компании, для которых на общенациональном уровне задача достижения углеродной нейтральности ставится на 2060 г., ориентируются в своей деятельности на более сжатые сроки. К числу таковых относится «Роснефть», которая, согласно принятой зеленой стратегии до 2030 г., реализует сбалансированный подход к обеспечению устойчивости и акционерной доходности, позиционирует себя в качестве уверенного лидера в области энергоперехода и намерена выйти на углеродную нейтральность уже к 2050 г.³⁵ Существуют и другие примеры реализации проактивных стратегий российского бизнеса.

Сконцентрируем внимание на анализе сектора экономики, который обладает существенными резервами в области декарбонизации и глубоко интегрирован в глобальную экономику. В то же время, в отличие от ряда иных секторов, включая нефтегазовый (см., например: (Ветрова, Богданова и Яруллина, 2021)³⁶), он все еще недостаточно исследован по ряду важных аспектов, в числе которых — сравнительный анализ стратегий бизнеса по достижению углеродной нейтральности. Речь идет о металлургическом секторе, выбросы которого в 2020 г. составили 2,6 Гт CO₂, что составляет 6 % мировых выбросов от использования энергии и 7–9 % мировых антропогенных выбросов CO₂ — самый высокий показатель среди отраслей тяжелой промышленности. По оценкам Международного энергетического агентства, к 2050 г. мировой спрос на сталь вырастет более чем на треть по сравнению с 2020 г. и без своевременных мер, опирающихся на инновационные подходы по

³⁴ Краснов, И. Указ. соч.

³⁵ Катков, М. и Гордеев, А. (2021) '«Роснефть» приняла зеленую стратегию до 2030 года', *Ведомости*, 21 декабря. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/12/21/901769-rosneft-prinyala-zelenuyu-strategiyu> (дата обращения: 29.03.2022).

³⁶ См. также: Грушевенко, Е., Капитонов, С. и Мельников, Ю. Указ. соч.

декарбонизации производства, выбросы ПГ от черной металлургии вырастут на 7 % и составят 2,7 Гт CO₂ в год³⁷. Мировые мощности по производству стали удвоились за последние два десятилетия, что привело к формированию молодого парка доменных печей со средним возрастом 13 лет, то есть менее трети типичного срока службы. При сохранении текущих активов и дальнейшем применении доминирующих технологий до конца срока их полезного использования осуществить переход к углеродной нейтральности черной металлургии не получится. Для достижения глобальных целей в области энергетики и климата выбросы в рассматриваемом секторе должны сократиться минимум на 50 % к 2050 г. и далее продолжить снижение до нулевого уровня.

Особенностью современного этапа ослабления глобальных климатических угроз посредством декарбонизации производства является наличие у компаний целого пакета стратегических направлений, из которых с учетом экономических, социальных и экологических параметров необходимо выбрать наиболее целесообразные. К их числу относятся, наряду с ESG-стратегиями, оценка которых в деле достижения углеродной нейтральности была дана в предыдущем разделе, также стратегии, направленные на совершенствование существующих производственно-технологических процессов путем применения частичных инноваций; переход на низкоуглеродные источники энергии; внедрение инновационных технологий полной декарбонизации производства.

Проанализируем вначале возможности первого направления, связанного с мерами по декарбонизации существующих производственно-технологических процессов. Как показывает анализ, данный подход, приводя к частичным улучшениям, является ограниченным даже в краткосрочном интервале. Об этом свидетельствует сохранение выбросов на производство тонны стали на уровне 1,8–1,89 тонн CO₂ в последние десять лет. Это объясняется спецификой производственных мощностей и используемых технологий. В отрасли 68 % установленных мощностей представлены традиционной технологией доменная печь — конвертер (blast furnace — basic oxygen furnace), выбросы по которой самые существенные из всех технологий. Еще около 32 % мощностей приходится на электросталеплавильную технологию (electric arc furnace) (рис. 3).

При этом в 2020 г. в секторе наблюдался незначительный рост выбросов, обусловленный увеличением доли мирового производства стали кислородно-конвертерным способом. Негативное воздействие металлургической промышленности на окружающую среду определяется и тем, что она является вторым по величине потребителем угля после энергетического сектора. Коксующийся уголь используется при химических реакциях в печах для производства стали из железной руды, поэтому до 75 % энергии, используемой при производстве стали, расходуется в доменной печи. Остальные 25 % отдают тепло на агломерационных и коксовых фабриках (Li, 2020). Таким образом, достигнуть климатической нейтральности отрасли черной металлургии возможно только с учетом преобразования цепи поставок, а именно при отказе от энергии, получаемой на основе угля и газа. В силу этого металлургическая промышленность несет большую ответственность за глобальные выбросы ПГ, оказывая негативное воздействие на климатическую ситуацию. Вместе с тем

³⁷ IEA. (2020) *Iron and Steel Technology Roadmap*, October. URL: <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap> (дата обращения: 29.03.2022).

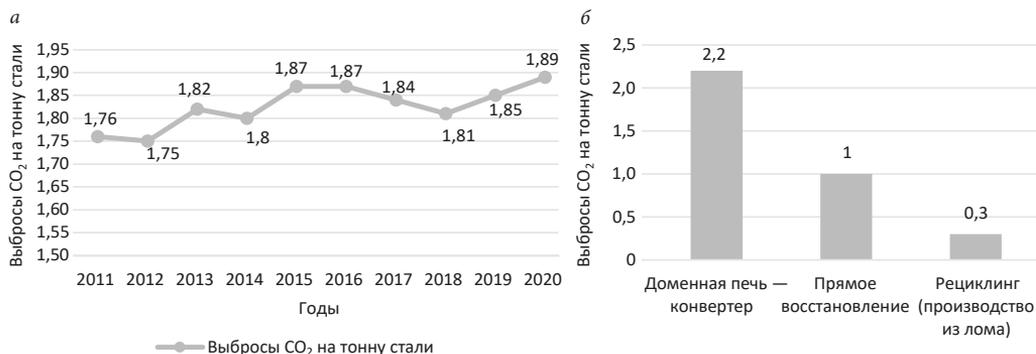


Рис. 3. Удельные выбросы CO₂ на тонну стали, 2011–2020 гг. (а); удельные выбросы CO₂ на тонну стали по основным технологиям производства (б)

Примечание. На рисунке (а) представлены данные по компаниям, на долю которых приходится 53,7 % мирового производства нерафинированной стали.

Составлено по: World Steel Association. (2021) *Sustainability indicators*, November. URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/sustainability/sustainability-indicators/> (дата обращения: 19.07.2022).

черная металлургия считается одной из самых трудных для декарбонизации отраслей промышленности, в том числе ввиду высоких теплоэнергетических затрат, использования углерода в качестве сырьевого ресурса, низкой рентабельности, высокой капиталоемкости, длительного срока службы оборудования, а также волатильности цен на продукцию на международных рынках.

Показатели российских производителей по выбросам ПГ существенно выше среднемировых значений. Так, в 2020 г. среди российских компаний лучшего показателя достиг «Евраз» — 1,97 тонн CO₂ на тонну стали при учете выбросов по Score 1, и это больше среднемирового значения на 0,08 тонны CO₂ и на 0,33 тонны CO₂ в сравнении с европейским производителем SSAB. Другие российские предприятия осуществляют эмиссию CO₂ на производство тонны стали еще выше: Магнитогорский металлургический комбинат — 2,18 тонн CO₂, Новолипецкий металлургический комбинат — 1,98 тонн CO₂ (Score 1+2), «Северсталь» — 2,063 тонн CO₂, «Металлоинвест» — 2,3 тонн CO₂³⁸. Сегодня в российской металлургии для производства 75 % продукции применяется доменно-конвертерная технология. Все это указывает на то, что российские производители не видят экономической целесообразности в строительстве новых производств на базе инновационных технологий (табл. 3).

Как следует из табл. 3, технологии декарбонизации разделяются на две большие группы: технологии, снижающие выбросы CO₂, и технологии, обеспечивающие полную углеродную нейтральность. Первые доступны и используются в металлургии, вторые в большей степени находятся на стадии исследования и разработки. При этом сегодня ни один из реализуемых на практике подходов не может обеспечить полную декарбонизацию в черной металлургии, а все разрабатываемые технологии ведут к существенному увеличению себестоимости производства. Повышение операционной эффективности, в том числе усовершенствованный контроль

³⁸ Интерфакс. (2021) *Литье металлов под давлением общества*. URL: <https://www.interfax.ru/russia/813070> (дата обращения: 19.07.2022).

Таблица 3. Технологии сокращения выбросов CO₂

Направление технологии	Сокращение выбросов		
Технология	Повышение эффективности доменных/конвертерных печей	Замена кокса и пылеугольного топлива	Рециклинг
Описание	Оптимизация состава шихты доменной печи за счет максимального содержания железа в сырье для снижения использования угля в качестве восстановителя; увеличение использования впрыска топлива за счет вдувания природного газа, биомассы или водорода в качестве дополнительного реагента; использование коксового газа в доменной печи в качестве источника энергии и др.	Использование древесного угля и биомассы для сокращения выбросов CO ₂ ; подача водорода вместо угля в доменную печь и замещение выделения CO ₂ водяным паром; использование возобновляемых источников энергии	Производство стали в электродуговых печах с использованием лома; использование лома в кислородно-конвертерном производстве
Потенциал декарбонизации	Сокращение выбросов CO ₂ на 20 %	Сокращение выбросов CO ₂ на 20–58 %	Сокращение выбросов CO ₂ на 55–60 %
Технологическая зрелость	Зрелая технология — стадия использования	Стадия созревания — частичное использование; полное созревание 2025 г.	Зрелая технология — стадия использования
Примеры компаний	«Северсталь», «Евраз», Новолипецкий металлургический комбинат, Магнитогорский металлургический комбинат	ArcelorMittal, ThyssenKrupp	ArcelorMittal, SMS group
Рост себестоимости, %	—	10–30	5

Составлено по: (Arens, Åhman and Vogl, 2021; Lin et al., 2021); Коваленко, В. (2021) 'Декарбонизация в горно-металлургическом секторе: возможные решения для компаний в СНГ', *Ernst & Young*, 14 января. URL: https://www.ey.com/ru_kz/mining-metals/mining-metals-sector-decarbonization-in-cis (дата обращения: 19.07.2022); ArcelorMittal. (2022) *Capturing and utilising waste carbon from steelmaking*. URL: <https://corporate.arcelormittal.com/media/case-studies/capturing-and-utilising-waste-carbon-from-steelmaking> (дата обращения: 19.07.2022).

и достижения углеродной нейтральности в черной металлургии

Углеродная нейтральность			
CCUS-технологии	Водород и биогаз для прямого восстановления железа	Электролитический процесс	Восстановительная плавка
Улавливание и захоронение углекислого газа путем отделения CO ₂ от источников выбросов и его изоляция от атмосферы (обычно в подземных хранилищах); улавливание и утилизация углекислого газа путем отделения CO ₂ от источников выбросов и его использование в других производственных процессах (например, в производстве полимеров или углеводородного волокна)	Прямое восстановление железа — процесс получения альтернативного сырья для электродуговых печей: металлизированных окатышей и горячебрикетированного железа при помощи замены природного газа биогазом или водородом	Электролиз — растворение железной руды в электролите с дальнейшим пропуском электрического тока для получения жидкой стали; электровыделение — измельчение железной руды до ультратонкого концентрата, выщелачивание и восстановление путем электролиза для получения железных пластин и использования в качестве сырья для электродуговой печи	Исключение из производственного процесса коксохимических заводов, аглофабрик и доменных печей; восстановление железной руды до состояния, подобного прямому восстановлению, и плавка путем взаимодействия с газифицированным углем с получений чугуна для дальнейшей переработки в сталь в кислородном конвертере; объединение нескольких производственных процессов в один источник выбросов CO ₂ для улавливания до 90 % выбросов углекислого газа.
Улавливание 60–100 % CO ₂	Полная декарбонизация	Полная декарбонизация	Улавливание 90 % CO ₂
Стадия созревания — частичное использование; полное созревание — 2021–2030 гг.	Стадия исследования и разработки; полное созревание — 2030 г.	Стадия исследования и разработки; полное созревание — 2050 г.	Стадия исследования и разработки; полное созревание — 2028 г.
Tata Steel, SSAB, TKS, Voestalpine	SSAB, Voestalpine, ArcelorMittal	ArcelorMittal, Boston Metal	Tata Steel
30–35	20–80	—	10–15

19.07.2022); SSAB. (2022) *Use better steel: SSAB's customers benefit from leading CO₂ efficient production*. URL: <https://www.ssab.com/en/company/sustainability/sustainable-operations/co2-efficiency> (дата обращения: 19.07.2022); Tata Steel. (S. a.) *Carbon neutral steelmaking is a major challenge for the steel industry worldwide*. URL: <https://www.tatasteelerurope.com/sustainability/carbon-neutral-steel> (дата обращения: 19.07.2022).

Таблица 4. Инвестиции в проекты декарбонизации европейских производителей

Компания	Технология	Сумма инвестиций, млрд долл. США
Voestalpine	Прямое восстановление с использованием водорода мощностью 7,5 млн т в год	8,4
	Технологическая инфраструктура	27,6
ArcelorMittal	Установки улавливания (Sour Compression Unit)	30
	Прямое восстановление с использованием водорода	48
	Технологическая инфраструктура	240
SSAB	Переход к цепочке создания стоимости без использования ископаемого топлива от шахты до производства стали с использованием электричества и водорода	4,75

Составлено по: Held, W. (2021) 'Reducing step by step by step', *Voestalpine*, October 6. URL: <https://www.voestalpine.com/blog/en/commitment/reducing-step-by-step-by-step/> (дата обращения: 19.07.2022); Holmgren, J. (S. a.) 'Capturing and utilising waste carbon from steelmaking', *ArcelorMittal*. URL: <https://corporate.arcelormittal.com/media/case-studies/capturing-and-utilising-waste-carbon-from-steelmaking> (дата обращения: 19.07.2022); SSAB. (S. a.) *Use better steel: SSAB's customers benefit from leading CO₂ efficient production*. URL: <https://www.ssab.com/en/company/sustainability/sustainable-operations/co2-efficiency> (дата обращения: 19.07.2022).

процессов и стратегии профилактического обслуживания, вместе с внедрением наилучших доступных технологий обеспечивают около 20 % совокупного снижения выбросов ПГ при реализации программ повышения эффективности доменных-конвертерных печей. Но при таком подходе не достигается полная нейтрализация углеродных выбросов производства стали. К тому же эти программы уже исчерпали свой потенциал в ЕС, где сегодня действуют самые эффективные печи со средними выбросами CO₂ в размере 2 тонн на 1 тонну стали по всем трем сферам охвата (Score 1–3).

Таким образом, достичь существенного снижения выбросов CO₂ в рамках существующих технологий невозможно, поэтому все новые проекты строятся по двум направлениям: замена углеродного сырья водородом и применение технологий улавливания CO₂. Большинство способов производства зеленой стали еще не достигли технологической зрелости, но европейские компании осуществляют масштабные инвестиции в пилотные проекты, чтобы обеспечить лидерство на рынке низкоуглеродной металлургии (табл. 4).

Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, до 2030 г. не ожидается существенных изменений и возникновения принципиально новых технологий. В этот период основные усилия предположительно будут направляться на исследования и разработки и на запуск пилотных проектов. Наряду с этим будут формироваться условия для применения технологий по прямому восстановлению с использованием водорода (DRI-технологии, от direct reduced iron — метод прямого восстановления). Существенные изменения ожидаются лишь в 2031–2050 гг., когда доля DRI-технологий повысится до 32 %, доля производства при помощи доменных печей сократится до 48 %, а водород в качестве источника энергии начнет преобладать над природным газом. По прогнозам, к 2070 г. технологии в отрасли полностью изменятся, доля доменных печей снизится до 3,5 %, DRI-технологии займут 55 % общего объема производства, из них с использованием водорода бу-

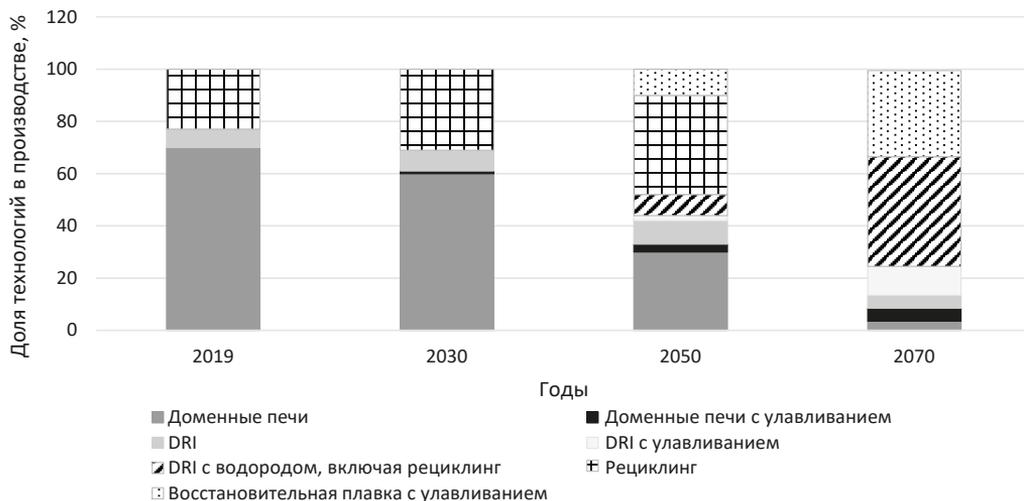


Рис. 4. Прогнозная структура технологий производства стали в мире

Составлено по: IEA. (2020) *Global crude steel production by process route and scenario, 2019–2050*, October 8. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-crude-steel-production-by-process-route-and-scenario-2019-2050> (дата обращения: 03.04.2022).

дет производится 41 % от общего объема, а доля метода восстановительной плавки с улавливанием увеличится до 30 %³⁹ (рис. 4).

Как уже отмечалось выше, пока российские предприятия черной металлургии в большей степени идут по консервативному пути, повышая энергоэффективность на базе применения существующего оборудования. Например, «Северсталь» реализует меры по снижению выбросов ПГ, среди которых выделяются строительство котельной с котлоагрегатом № 11 и установка газовой утилизационной бескомпрессорной турбины № 16 (что позволит компании увеличить собственную генерацию электроэнергии до 95 %), а также система рециркуляции агломерационных газов от агломерационных машин № 10–11 и др. Этот комплекс мер будет способствовать снижению интенсивности выбросов CO₂ с 2,063 тонн на 1 тонну стали в 2020 г. до 1,857 тонн на 1 тонну стали в 2030 г.⁴⁰ Таким образом, выбранная стратегия позволит «Северстали» достигнуть к 2030 г. лишь текущих среднемировых показателей по выбросам CO₂ на тонну производимой стали, и это обусловит существенное отставание компании от передовых европейских производителей. Отметим попутно, что за счет климатических проектов ПАО «Северсталь» повышает свои позиции в ESG-рейтингах. Например, одно из самых передовых агентств, MSCI, пересмотрело ESG-рейтинг компании с CCC до B⁴¹. Однако, согласно этой оценке, ПАО

³⁹ IEA. (2020) *Global crude steel production by process route and scenario, 2019–2050*, October 8. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-crude-steel-production-by-process-route-and-scenario-2019-2050> (дата обращения: 03.04.2022).

⁴⁰ Петров А. (2021) «Северсталь» поставила цель по снижению выбросов CO₂ на 10 % к 2030 году, *SteelLand.Ru*, 13 июля. URL: <https://www.steelland.ru/news/metallurgy/12603.html> (дата обращения: 03.04.2022)

⁴¹ Северсталь. (2020) «Северсталь» улучшила позиции в ESG-рейтинге MSCI до B, 22 декабря. URL: <https://severstal.com/rus/media/archive/2020-12-22-severstal-uluchshila-pozitsii-v-esg-reytinge-msci-do-b/> (дата обращения: 16.03.2022).

«Северсталь» все еще будет отставать от конкурентов своей отрасли из-за высокой подверженности риску и неспособности управлять ESG-факторами⁴².

Для достижения цели по углеродной нейтральности у предприятий черной металлургии до 2050 г. остается лишь один инвестиционный цикл, так как капитальные активы отрасли являются долгосрочными и ближайшие пять лет станут определяющими для выбора стратегии декарбонизации. Предприятия по всей цепочке поставок стали должны быть готовы к переходу на технологии с низким уровнем выбросов углерода. Согласно отчету Carbon Disclosure Project, 14 % сталелитейных компаний могут оказаться под угрозой финансовых потерь, если не смогут уменьшить свое воздействие на окружающую среду⁴³. Инвесторы высказывают опасения, что сталелитейная промышленность должна действовать уже сейчас, не откладывая решение этих проблем в долгий ящик. Чтобы оставаться конкурентоспособными на международных рынках и соответствовать мировой технологической структуре, российским предприятиям необходимо внедрять совершенно новые процессы, такие как прямое восстановление стали с участием водорода или процессы производства стали с CCUS-технологией.

Доменный печной фонд российских металлургических компаний потребует высокозатратного капитального ремонта первого разряда в 2030–2035 гг.⁴⁴ Таким образом, у российских производителей есть несколько лет для выбора долгосрочной стратегии декарбонизации производства. И на базе проведенного анализа могут быть выделены три принципиально разных сценария декарбонизации:

1. Сценарий «Консервативный». Текущая модернизация и повышение энергоэффективности существующих мощностей позволят осуществить максимально возможное снижение выбросов CO₂ на 20 % от базовой технологии доменных печей. Российские предприятия черной металлургии пока преимущественно реализуют данный консервативный сценарий, который требует меньше всего инвестиционных вложений. Он позволит снизить выбросы максимум до 1,6 млн тонн CO₂ на тонну стали и в итоге достигнуть текущих показателей европейских производителей. Данный сценарий может быть применим как краткосрочная мера с периодом реализации до 2030 г., так как он не обеспечивает достижения долгосрочных целей климатической нейтральности. При сохранении консервативного подхода российская продукция черной металлургии будет облагаться углеродным налогом на международных рынках, что приведет к снижению конкурентоспособности из-за повышения стоимости одной тонны стали на 15–20 % при условии применения бенчмаркинга предприятий с нулевыми выбросами и цене квоты 1 тонны CO₂ в 100 долл. США.

⁴² MSCI. (2020) *ESG Ratings*. URL: <https://www.msci.com/our-solutions/esg-investing/esg-ratings> (дата обращения: 16.03.2022).

⁴³ CDP. (2019) *Steel Sector Faces Significant Losses From Future Climate Regulation*, July 31. URL: <https://www.cdp.net/en/articles/media/steel-sector-faces-significant-losses-from-future-climate-regulation> (дата обращения: 16.03.2022).

⁴⁴ Металлургический бюллетень. (2022) *Platts о том, почему российские металлургические заводы сохраняют доменное производство*, 28 января. URL: <https://www.metalbulletin.ru/news/black/10163022/> (дата обращения: 16.03.2022).

2. Сценарий «Базовый». Замена угольного топлива и газа возобновляемыми источниками энергии позволит достигнуть максимально возможного снижения выбросов CO₂ в размере 58 % от базовой технологии доменных печей, то есть выбросы CO₂ на 1 тонну стали составят менее 1 тонны. Вместе с тем стоимость использования возобновляемых источников энергии вместо угля повысит себестоимость тонны стали на 10–30 % в зависимости от типа применяемого источника при условии, что доля энергетических затрат в составе издержек производства составит 30–40 %. Причем и в этом случае полная декарбонизация производства достигнута не будет, а энергоэффективность останется на низком уровне. Аналогично консервативному сценарию такое развитие событий приведет к снижению ценовой конкурентоспособности продукции, но при более низких значениях выбросов ПГ и, соответственно, платы за эти выбросы по сравнению с консервативным сценарием.
3. Сценарий «Прогрессивный». Прямое восстановление стали с участием водорода и процессы производства стали CCUS в перспективе помогут получить безуглеродное производство, то есть максимально возможное снижение выбросов CO₂ составит 100 % от базовой технологии доменных печей. Этот сценарий соответствует требованиям по применению наилучших доступных технологий (см. табл. 2).

Технологии улавливания, транспортировки, утилизации или хранения углерода (CCS, CCU) являются одними из ключевых вариантов снижения выбросов CO₂ (Quader et al., 2015). Например, предпринимаются активные усилия по разработке эффективных сорбентов для CCS из материалов и побочных продуктов процесса производства чугуна и стали, таких как смесь магнетита (Fe₃O₄) и железа (Fe) и прямая газотвердая карбонизация стального шлака (Kumar et al., 2016). Кроме того, технологии CCUS включают в себя обогащение отходящего газа водородом или улавливание CO₂ для использования или хранения, преобразование отходящих газов в топливо или в химикаты для доменных печей (blast furnace), а также производство железа методом DRI на основе природного газа с улавливанием CO₂. Благодаря своей универсальности CCUS может применяться для большинства процессов в отрасли: спекания, гранулирования, коксования, производства чугуна и стали, а также литья и прокатки (Xi et al., 2019).

Однако для достижения нулевых выбросов за счет улавливания углерода требуется введение биомассы, доступность которой ограничена. Кроме того, доменные печи являются лишь одним из источников выбросов ПГ при производстве первичной стали. Таким образом, для улавливания углерода технологию CCUS придется применять на нескольких объектах, например на коксовых печах и на агломерационных фабриках, что делает этот вариант сложным, энергоемким и дорогостоящим. Транспортировка и хранение секвестрированного CO₂ также увеличивает сложность и стоимость рассматриваемой технологии. Использование CO₂ в качестве материала для химической промышленности требует контроля за вторичными выбросами для сохранения требований по углеродной нейтральности.

Несмотря на трудности, связанные с достижением экономической целесообразности, очевидно, что при развитии механизмов Emissions Trading System и ужесточении законодательства в области климатической нейтральности техно-

логии CCUS станут эффективным вариантом декарбонизации металлургического сектора. По оценкам Международного энергетического агентства и Массачусетского технологического университета, теоретическая емкость хранилищ для улавливаемого CO₂ в Российской Федерации превышает потенциал других стран. Проекты CCUS для повышения эффективности инвестиций должны осуществляться интегрировано эмитентами и потребителями CO₂, то есть совместно с предприятиями металлургической, нефтеперерабатывающей и химической отрасли для получения синергетического эффекта, например за счет закачки уловленного CO₂ в нефтяные пласты для повышения нефтеотдачи или ввиду использования CO₂ в качестве сырья для производства углеводородного волокна.

Процесс прямого восстановления стали на основе водорода более привлекателен, так как он позволяет сократить до 91 % прямые выбросы CO₂ по сравнению с использованием природного газа и угля (Mandova et al., 2019). Учитывая потенциал технологии и инициативы мировых разработчиков, таких как SSAB (Karakaya, Nuur and Assbring, 2018), ArcelorMittal⁴⁵, Voestalpine (Draxler et al., 2020) и др. DRI на основе водорода станет наиболее востребованной и приоритетной технологией производства зеленой стали при условии получения водорода без выбросов ПГ.

В зависимости от цены на водород производство 1 тонны стали при помощи технологии прямого восстановления на основе водорода в сравнении с базовой технологией доменных печей будет дороже на 20–80 %. Однако достижение углеродной нейтральности черной металлургии сократит выплаты, связанные с выбросами ПГ (стоимость 1 тонны стали при покупке квот вырастет на 15–20 %, см. консервативный сценарий), а дополнительные меры по повышению энергоэффективности помогут сократить себестоимость производства еще на 8–10 % (Worrell et al., 2003). Также можно получить экономию социальных издержек за счет снижения негативных внешних эффектов. Так, по данным отчета Глобального воздействия загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость (Global exposure to air pollution and its disease burden), Россия входит в десятку стран с самой высокой смертностью в результате загрязнения воздуха, где потери составили 99 тысяч человек в 2017 г. (5,4 % от всей смертности страны)⁴⁶. Помимо выполнения требований по внедрению наилучших доступных технологий применение водорода при производстве стали соответствует задачам реализуемой ныне стратегии по водородной энергетике⁴⁷ (см. табл. 2).

Таким образом, низкая себестоимость производства зеленого водорода поможет достигнуть более высокой коммерческой эффективности при развитии прогрессивного сценария в сравнении с консервативным, поэтому главным фактором конкурентоспособности становится доступ не к сырью, а к источникам дешевого и безуглеродного производства водорода. И у России есть существенный потенциал для производства зеленого водорода с помощью возобновляемых источников

⁴⁵ ArcelorMittal. (2020) 'Climate Action in Europe — Our carbon emissions reduction roadmap: 30 % by 2030 and carbon neutral by 2050', ArcelorMittal. URL: <https://corporate-media.arcelormittal.com/media/b4wh4cd0/climate-action-in-europe.pdf> (дата обращения: 28.03.2022).

⁴⁶ Health Effects Institute. (2017) *State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden*. URL: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/state-global-air-2017-special-report-global-exposure-air-pollution-and-its-disease-burden> (дата обращения: 03.04.2022).

⁴⁷ Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 05.08.2021 № 2162-р.

энергии. Госкорпорация «Роснано» планирует запуск первого в России пилотного проекта по производству зеленого водорода в 2024 г. с использованием энергии строящейся ветроэлектростанции в Мурманской области. Наличие протяженной береговой линии и офшорный ветропотенциал позволяют рассчитывать на производство зеленого водорода для экспорта в размере 2–12 млн т уже к 2035 г.⁴⁸

Высокие капитальные затраты и длительные инвестиционные циклы, ограниченное финансирование и риск несоответствия требуемому качеству продукции, возможные сбои в производстве и отсутствие квалифицированной рабочей силы, а также нехватка зарекомендованных и проверенных технологий стоят на пути инновационного развития отрасли черной металлургии. Но налоги на выбросы углерода и повышающиеся нормативные стандарты, используемые в качестве инструментов стимулирования декарбонизации, подталкивают компании к преодолению барьеров и реализации инвестиций в новые технологии для максимального повышения энерго- и ресурсоэффективности в качестве беспроигрышного варианта снижения затрат и перехода к безуглеродному производству в долгосрочной перспективе. И российским производителям для сохранения и повышения конкурентоспособности необходимо встроиться в мировую технологическую структуру и достигнуть целей декарбонизации с учетом имеющегося потенциала и возможностей высокотехнологичного безуглеродного производства согласно прогрессивному сценарию.

Заключение

Дополняя выводы, сделанные в предыдущих разделах, отметим, что проведенная в статье приоритизация применяемых российскими и зарубежными предприятиями стратегий по декарбонизации в свете нарастания опасности глобальных климатических изменений, а также с учетом вводимых на национальном и международном уровнях новых рамочных условий свидетельствует прежде всего о необходимости реализации государством проактивной упреждающей политики в качестве важного условия достижения устойчивой долговременной конкурентоспособности и успешной интеграции отечественного бизнеса в новый активно формирующийся в глобальной экономике сектор секвестрационной индустрии.

Изученные в статье отраслевой разрез климатических вызовов и их отражение в ESC-стратегиях показали, что, в частности, заслуживают поддержки усилия регулирующих органов различных стран и регионов по разработке ESG-правил и стандартизации ESG-оценок. Важным условием рационального использования ограниченных экономических ресурсов является ориентация компаний, входящих в ESG-рейтинги, на решение приоритетных ресурсно-экологических проблем с опорой на инновационные подходы, причем как инкрементальные, так и радикальные прорывные инновации. Кроме того, важно учитывать, что ESG-концепция по своей сути не заточена на первоочередное решение задач ослабления климатической напряженности и обеспечения перехода к низкоуглеродному развитию. Акцент при ESG-рейтинговании, как правило, делается на соблюдении существующих регуля-

⁴⁸ Информационное агентство ТАСС. (2021) «Зеленый водород»: настоящее и будущее низкоуглеродной энергетики РФ, 22 декабря. URL: <https://tass.ru/obschestvo/13271849> (дата обращения: 03.04.2022).

торных предписаний с учетом их определенного превышения, а также на достижении компанией комплексных целей по всем трем ESG-направлениям в качестве фактора, обеспечивающего ее относительно устойчивые позиции на определенном рыночном сегменте, а также в социуме с учетом взаимодействия компании с широким кругом разнообразных внутренних и внешних стейкхолдеров.

При проведении анализа черной металлургии в качестве сектора, продукция которого находит применение практически во всех сферах современной экономики и имеет обширные производственные взаимосвязи с другими отраслями промышленности, сельским хозяйством и сферой услуг, были выявлены существенные резервы этого сектора в области декарбонизации и снижения других форм негативного воздействия на окружающую среду. Несмотря на практически предельную эффективность использования текущих технологий передовыми предприятиями России, черная металлургия остается сектором с наибольшими выбросами CO₂ среди всех отраслей тяжелой промышленности. Поэтому для эффективного ответа на климатические вызовы предприятия черной металлургии должны внедрять инновационные решения, в том числе в области декарбонизации производства с опорой не только на частичные, но и на прорывные инновации.

Российская Федерация входит в число шести мировых производителей сталелитейной промышленности, при этом среди применяемых технологий в стране преобладает самый углеродоемкий на сегодняшний день способ производства стали при помощи доменных печей. Климатические цели, сформулированные в Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г., вплоть до 2030 г. не требуют от предприятий отрасли существенных усилий по их достижению, однако долгосрочные амбиции в области мировой углеродной нейтральности стимулируют компании к разработке и внедрению инновационных прогрессивных технологий уже сейчас.

Российский сектор черной металлургии находится в начале пути декарбонизации, и сейчас большая часть компаний не предпринимает активных действий в области освоения прорывных инноваций по снижению углеродоемкости производственно-технических процессов, реализуя в основном проекты по повышению энергоэффективности существующих мощностей. Как показывает передовая практика, такой подход не соответствует долгосрочным мировым тенденциям изменения технологической структуры в пользу безуглеродного производства и повышает риск потери конкурентоспособности российской продукции на глобальных рынках. При базовом сценарии возможные технологии варьируются от перехода на возобновляемые источники энергии до рециклинга стальных изделий (производства стали с использованием лома, см. табл. 3), который является частью модели экономики замкнутого цикла. Вместе с тем базовый сценарий не может быть эффективным после 2050 г., так как он не отвечает требованиям полной углеродной нейтральности. Наилучший климатический и экономический эффект может быть достигнут при развитии прогрессивного сценария применения прорывных CCUS-технологий и прямого восстановления стали на основе водорода. Этот вывод подтверждает сформулированную авторами гипотезу о приоритетном значении стратегий внедрения инновационных технологий углеродной нейтральности для поддержки долгосрочной конкурентоспособности и обеспечения соответствия российских предприятий мировой технологической структуре производства.

Финансовые, технологические и организационные барьеры, а также ориентация на краткосрочные цели препятствуют развитию прогрессивных стратегий в российском секторе черной металлургии. Вместе с тем в долгосрочной перспективе прямые и косвенные эффекты от экономии энергии, сокращения дополнительных налогов на выбросы CO₂, а также социальные и экологические выгоды повышают коммерческую эффективность инвестиционных вложений в инновационные технологии и дают дополнительные возможности по укреплению позиции российских предприятий черной металлургии в конкурентной борьбе. Важным условием реализации этих возможностей является проактивная политика Российского государства, которое призвано занять лидирующие позиции и в области климатического регулирования. Среди стимулирующих мер реализации прогрессивного сценария развития сектора черной можно выделить следующие:

- повышение целевых ориентиров в среднесрочной перспективе по снижению выбросов CO₂ на национальном уровне и разработка отраслевых стратегий достижения углеродной нейтральности в соответствии с передовыми международными целями;
- отраслевая сегментация климатических проектов с приоритизацией дальнейшей государственной поддержки наиболее сложно реализуемых и одновременно значимых проектов декарбонизации;
- формирование курса на ускоренный переход к энергетике на основе зеленого водорода для достижения углеродной нейтральности всей цепи поставок сектора черной металлургии;
- создание альянсов и совместных проектов с передовыми иностранными компаниями для формирования базы наилучших доступных технологий безуглеродного производства.

Подтверждение авторской гипотезы, проведенное на примере одного из приоритетных для достижения углеродной нейтральной секторов современной экономики — черной металлургии — предполагает продолжение исследования на базе других релевантных в рассмотренном аспекте секторов. Актуальным направлением будущих исследований может стать и анализ хода имплементации Федеральных законов № 296-ФЗ и 34-ФЗ, в том числе для возможной корректировки поддерживающих эти законы нормативно-правовых документов. В статье напрямую не исследовались лесоклиматические проекты и их роль в решении задачи декарбонизации отрасли черной металлургии. В последующем при анализе лесоклиматических и других проектов в секторе землепользования изменения в землепользовании и лесном хозяйстве авторы планируют уделить данной проблематике, носящей специальный характер, самостоятельное внимание.

Литература

- Башмаков, И. А. (2022) 'Углеродное регулирование в ЕС и российский сырьевой экспорт', *Вопросы экономики*, 1, с. 90–109.
- Бобылев, С. Н., Барабошкина, А. В. и Джу, Сюан. (2020) 'Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая', *Государственное управление. Электронный вестник*, 82, с. 114–139.
- Ветрова, М. А., Богданова, А. А. и Яруллина, И. Э. (2021) 'Декарбонизация нефтегазовой отрасли в условиях развития циркулярной экономики', *Проблемы современной экономики*, 3 (79), с. 196–199.

- Кавешников, Н. Ю. (2021) 'Анализ влияния Европейского Парламента и Совета ЕС на примере реформы системы торговли парниковыми газами', *Мировая экономика и международные отношения*, 6 (65), с. 21–32.
- Кузминых, Ю. В. (2021) 'Влияние трансграничного углеродного налогообложения на финансовые результаты целлюлозно-бумажных предприятий России', *Ученые записки Санкт-Петербургского имени В. Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии*, 1 (77), с. 42–45.
- Мастепанов, А. М. (2019) 'Энергетический переход: к чему готовиться мировому нефтегазу', *Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом*, 10 (178), с. 5–14.
- Пахомова, Н. В. и Айнабекова, К. К. (2022) 'Драйверы и барьеры на пути внедрения крупным бизнесом России и Казахстана ESG-стратегий: сравнительный анализ', *Проблемы современной экономики*, 1 (81), с. 163–167.
- Пахомова, Н. В., Рихтер, К. К., Автончук, Г. А. и Малышков, Г. Б. (2021) 'Трансформация глобальных экологических рисков в экономические риски российских предприятий и управление их минимизацией', *Проблемы современной экономики*, 1 (77), с. 159–166.
- Пахомова, Н. В., Рихтер, К. К. и Малышков, Г. Б. (2021) 'Цели устойчивого развития ООН 2030 и Зеленый курс Евросоюза: выработка стратегического ответа российским бизнесом', *Проблемы современной экономики*, 3 (79), с. 187–195.
- Порфирьев, Б. Н., Широ, А. А., Колпаков, А. Ю. и Единак, Е. А. (2022) 'Возможности и риски политики климатического регулирования в России', *Вопросы экономики*, 1, с. 72–89.
- Порфирьев, Б. Н., Широ, А. А., Семикашев, В. В. и Колпаков, А. Ю. (2020) 'Экономические риски в контексте разработки политики с низким уровнем эмиссий парниковых газов в России', *Энергетическая политика*, 5, с. 92–103.
- Arens, M., Åhman, M. and Vogl, V. (2021) 'Which countries are prepared to green their coal-based steel industry with electricity? — Reviewing climate and energy policy as well as the implementation of renewable electricity', *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 143, 110938.
- Draxler, M., Schenk, J., Bürgler, T. and Sormann, A. (2020) 'The steel industry in the European Union on the crossroad to carbon lean production — status, initiatives and challenges', *BHM Berg-Und Hüttenmännische Monatshefte*, 65, pp. 221–226. <https://doi.org/10.1007/s00501-020-00975-2>
- Iamandi, L.-E., Constantin, L.-E., Munteanu, S. M. and Cernat-Gruici, B. (2019) 'Mapping the ESG behavior of European companies. A holistic Kohonen approach', *Sustainability*, 11 (12), 3276. <https://doi.org/10.3390/su11123276>
- Karakaya, E., Nuur, C. and Assbring, L. (2018) 'Potential transitions in the iron and steel industry in Sweden: towards a hydrogen-based future?', *Journal of Cleaner Production*, 195, pp. 651–663.
- Kumar, S., Drozd, V., Durygin, A. and Saxena, S. K. (2016) 'Capturing CO₂ emissions in the iron industries using a magnetite-iron mixture', *Energy Technology*, 4, pp. 560–564. <https://doi.org/10.1002/ente.201500451>
- Li, J. (2020) 'Comparative life cycle energy consumption, carbon emissions and economic costs of hydrogen production from coke oven gas and coal gasification', *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (51), pp. 27979–27993.
- Lin, Y., Yang, H., Ma, L., Li, Z. and Ni, W. (2021) 'Low-Carbon Development for the Iron and Steel Industry in China and the World: Status Quo, Future Vision, and Key Actions', *Sustainability*, 13 (22), 12548. <https://doi.org/10.3390/su132212548>
- Mandova, H., Patrizio, P., Leduc, S., Kjærstad, J., Wang, C., Wetterlund, E., Kraxner, F. and Galeg, W. (2019) 'Achieving carbon-neutral iron and steelmaking in Europe through the deployment of bioenergy with carbon capture and storage', *Journal of Cleaner Production*, 218, pp. 118–129.
- Quader, M. A., Ahmed, S., Ghazilla, R. A. R., Ahmed, S. and Dahari, M. A. (2015) 'Comprehensive review on energy efficient CO₂ breakthrough technologies for sustainable green iron and steel manufacturing. Renew', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, pp. 594–614. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.026>
- Worrell, E., Laitner, J. A., Ruth, M. and Finman, H. (2003) 'Productivity benefits of industrial energy efficiency measures', *Energy*, 28, pp. 1081–1098. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00091-4](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00091-4)
- Xi, L., Qianguo, L., Hasan, M., Ming, L., Qiang, L. and Jia, L. (2019) 'Assessing the economics of CO₂ capture in China's iron/steel sector: a case study', *Energy Procedia*, 158, pp. 3715–3722. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.886>

Статья поступила в редакцию: 04.04.2022

Статья рекомендована к печати: 12.05.2022

Контактная информация:

Пахомова Надежда Викторовна — д-р экон. наук, проф.; n.pakhomova@spbu.ru

Рихтер Кнут Курт — д-р физ.-мат. наук, проф.; k.richter@spbu.ru

Ветрова Мария Александровна — канд. экон. наук, доц.; m.a.vetrova@spbu.ru

Global climate challenges, structural shifts in the economy and the development of initiative-taking strategies by businesses to achieve carbon neutrality

N. V. Pakhomova, K. K. Richter, M. A. Vetrova

St Petersburg State University,

7–9, Universitetskaya nab., St Petersburg, 199034, Russian Federation

For citation: Pakhomova, N. V., Richter, K. K. and Vetrova, M. A. (2022) 'Global climate challenges, structural shifts in the economy and the development of initiative-taking strategies by businesses to achieve carbon neutrality', *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, 38 (3), pp. 331–364. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2022.301> (In Russian)

Working with trends reflecting the ongoing aggravation of the climate situation, the authors evaluate countermeasures taken at the interstate and national levels, as well as those implemented by large businesses in priority sectors that are important emitters greenhouse gases. In this context, the article makes several points. First, it provides an overview of legal regulations implemented at the interstate and state levels aimed at preventing and minimizing adverse climate change. Second, the authors examine the impact of climate challenges and new regulatory mechanisms on sectors of the modern economy that are a priority for achieving carbon neutrality, as well as on businesses operating in these sectors. This includes analyzing ESG strategies and ratings of companies, as well as rating-related failures in solving problems of the climate agenda. Third, using the example of ferrous metallurgy enterprises, the article examines decarbonization strategies implemented by business and conducts a comparative assessment of them as one means of achieving carbon neutrality. Special attention is paid to systematizing existing and projected tools for the decarbonization of production and technological processes in the steel industry, an assessment is made of their technological maturity, as well as the impact on increasing the product cost and the possibility of reducing greenhouse gas emissions. The authors propose ways to further refine the mechanism of climate regulation in Russia, as well as methods for selecting proactive business strategies that provide an effective solution to the problems of decarbonization and achieve sustainable competitiveness in the context of the structural restructuring of the modern economy.

Keywords: global risks, climate policy priorities, institutional framework, carbon industry, sequestration industry, CCUS-technology, decarbonization, initiative-taking strategy, sustainable competitiveness.

References

- Arens, M., Åhman, M. and Vogl, V. (2021) 'Which countries are prepared to green their coal-based steel industry with electricity? — Reviewing climate and energy policy as well as the implementation of renewable electricity', *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 143, 110938.
- Bashmakov, I. A. (2022) 'Carbon regulation in the EU and Russian raw material exports', *Voprosy ekonomiki*, 1, pp. 90–109. (In Russian)
- Bobylev, S. N., Baraboshkina, A. V. and Zhu, Xuan. (2020) 'Priorities of low-carbon development for China', *Public Administration. E-journal*, 82, pp. 114–139. (In Russian)
- Draxler, M., Schenk, J., Bürgler, T. and Sormann, A. (2020) 'The steel industry in the European Union on the crossroad to carbon lean production — status, initiatives and challenges', *BHM Berg-Und Hüttenmännische Monatshefte*, 65, pp. 221–226. <https://doi.org/0.1007/s00501-020-00975-2>

- Iamandi, I.-E., Constantin, L.-E., Munteanu, S. M. and Cernat-Gruici, B. (2019) 'Mapping the ESG behavior of European companies. A holistic Kohonen approach', *Sustainability*, 11 (12), 3276. <https://doi.org/10.3390/su11123276>
- Karakaya, E., Nuur, C. and Assbring, L. (2018) 'Potential transitions in the iron and steel industry in Sweden: towards a hydrogen-based future?', *Journal of Cleaner Production*, 195, pp. 651–663.
- Kaveshnikov, N. Yu. (2021) 'Analysis of the influence of the European Parliament and the EU Council on the example of the reform of the greenhouse gas trading system', *World Economy and International Relations*, 65 (6), pp. 21–32. (In Russian)
- Kumar, S., Drozd, V., Durygin, A. and Saxena, S. K. (2016) 'Capturing CO₂ emissions in the iron industries using a magnetite-iron mixture', *Energy Technology*, 4, pp. 560–564. <https://doi.org/10.1002/ente.201500451>
- Kuzminykh, Yu. V. (2021) 'The impact of cross-border carbon taxation on the financial results of pulp and paper enterprises in Russia', *Uchenye zapiski Sankt-Peterburgskogo imeni V. B. Bobkova filiala Rossiiskoi tamozhennoi akademii*, 1 (77), pp. 42–45. (In Russian)
- Li, J. (2020) 'Comparative life cycle energy consumption, carbon emissions and economic costs of hydrogen production from coke oven gas and coal gasification', *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (51), pp. 27979–27993.
- Lin, Y., Yang, H., Ma, L., Li, Z. and Ni, W. (2021) 'Low-Carbon Development for the Iron and Steel Industry in China and the World: Status Quo, Future Vision, and Key Actions', *Sustainability*, 13 (22), 12548. <https://doi.org/10.3390/su132212548>
- Mandova, H., Patrizio, P., Leduc, S., Kjærstad, J., Wang, C., Wetterlund, E., Kraxner, F. and Galeg, W. (2019) 'Achieving carbon-neutral iron and steelmaking in Europe through the deployment of bioenergy with carbon capture and storage', *Journal of Cleaner Production*, 218, pp. 118–129.
- Mastepanov, A. M. (2019) 'Energy transition: What the world oil and gas is preparing for', *Problemy ekonomiki i upravleniia neftegazovym kompleksom*, 10 (178), pp. 5–14. (In Russian)
- Pakhomova, N. V. and Ainabekova, K. K. (2022) 'Drivers and barriers to the introduction of ESG strategies by large businesses in Russia and Kazakhstan: A comparative analysis', *Problems of Modern Economics*, 1 (81), pp. 163–167. (In Russian)
- Pakhomova, N. V., Richter, K. K., Avtonchuk, G. A. and Malyshkov, G. B. (2021) 'Transformation of global environmental risks into economic risks of Russian enterprises and management of their minimization', *Problems of Modern Economics*, 1 (77), pp. 159–166. (In Russian)
- Pakhomova, N. V., Richter, K. K. and Malyshkov, G. B. (2021) 'The UN Sustainable Development Goals 2030 and the Green Course of the European Union: Developing a strategic response by Russian business', *Problems of Modern Economics*, 3 (79), pp. 187–195. (In Russian)
- Porfiriev, B. N., Shirov, A. A., Kolpakov, A. Yu. and Edinak, E. A. (2022) 'Opportunities and risks of climate regulation policy in Russia', *Voprosy ekonomiki*, 1, pp. 72–89. (In Russian)
- Porfiriev, B. N., Shirov, A. A., Semikashov, V. V. and Kolpakov, A. Yu. (2020) 'Economic risks in the context of developing a policy with a low level of greenhouse gas emissions in Russia', *Energeticheskaia politika*, 5, pp. 92–103. (In Russian)
- Quader, M. A., Ahmed, S., Ghazilla, R. A. R., Ahmed, S. and Dahari, M. A. (2015) 'Comprehensive review on energy efficient CO₂ breakthrough technologies for sustainable green iron and steel manufacturing. Renew', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, pp. 594–614. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.026>
- Vetrova, M. A., Bogdanova, A. A. and Yarullina, I. E. (2021) 'Decarbonization of the oil and gas industry in the context of the development of the circular economy', *Problems of Modern Economics*, 3 (79), pp. 196–199. (In Russian)
- Worrell, E., Laitner, J. A., Ruth, M. and Finman H. (2003) 'Productivity benefits of industrial energy efficiency measures', *Energy*, 28, pp. 1081–1098. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00091-4](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00091-4)
- Xi, L., Qianguo, L., Hasan, M., Ming, L., Qiang, L. and Jia L. (2019) 'Assessing the economics of CO₂ capture in China's iron/steel sector: a case study', *Energy Procedia*, 158, pp. 3715–3722. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.886>

Received: 04.04.2022

Accepted: 12.05.2022

Authors' information:

Nadezda V. Pakhomova — Dr. Sci. in Economics, Professor; n.pahomova@spbu.ru

Kurt Knut Richter — Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Professor; k.rihter@spbu.ru

Maria A. Vetrova — PhD in Economics, Assistant Professor; m.a.vetrova@spbu.ru