



Банк России



## Переход к низкоуглеродной экономике: издержки и риски финансового сектора

Серия докладов об экономических исследованиях

№ 109 / февраль 2023

А. Булова  
Е. Дерюгина  
Н. Иванова  
М. Морозов  
Н. Турдыева

**Бурова Анна**

Департамент исследований и прогнозирования

E-mail: [burovaab@cbr.ru](mailto:burovaab@cbr.ru)

**Дерюгина Елена**

Департамент исследований и прогнозирования

E-mail: [deryuginaeb@cbr.ru](mailto:deryuginaeb@cbr.ru)

**Иванова Надежда**

Департамент исследований и прогнозирования

E-mail: [ivanovans@mail.cbr.ru](mailto:ivanovans@mail.cbr.ru)

**Морозов Максим**

Департамент финансовой стабильности

E-mail: [mmm1@mail.cbr.ru](mailto:mmm1@mail.cbr.ru)

**Турдыева Наталья**

Департамент исследований и прогнозирования

E-mail: [turdyevana@cbr.ru](mailto:turdyevana@cbr.ru)

Авторы благодарят Андрея Синякова и Жанну Смирнову (Банк России) за многочисленные полезные замечания и предложения, Сергея Власова, Дмитрия Чернядьева и коллег из Департамента денежно-кредитной политики (Банк России) за предоставление прогнозов мировых цен на сырьевые товары. Авторы также благодарят Игоря Макарова (НИУ ВШЭ), участников семинара Банка России и Российской экономической школы и участников внутренних исследовательских семинаров Банка России за полезные замечания и предложения.

Серия докладов об экономических исследованиях Банка России проходит процедуру анонимного рецензирования членами Научно-консультативного совета Банка России и внешними рецензентами.

Содержание настоящего доклада по экономическим исследованиям отражает личную позицию авторов. Результаты исследования являются предварительными и публикуются с целью стимулировать обсуждение и получить комментарии для возможной дальнейшей доработки материала. Содержание и результаты исследования не следует рассматривать, в том числе цитировать в каких-либо изданиях, как официальную позицию Банка России или указание на официальную политику или решения регулятора. Любые ошибки в данном материале являются исключительно авторскими.

Все права защищены. Воспроизведение представленных материалов допускается только с разрешения авторов.

Фото на обложке: Shutterstock/FOTODOM

107016, Москва, ул. Неглинная, 12  
+7 495 771-91-00, +7 495 621-64-65 (факс)  
Официальный сайт Банка России: [www.cbr.ru](http://www.cbr.ru)

© Центральный банк Российской Федерации, 2023

## Оглавление

<b>1. Вступление</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Обзор литературы</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Описание расчетной модели общего равновесия</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1. Экономические агенты</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2. Производители</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3. Факторы производства</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4. Энергоносители и выбросы</b> .....	<b>21</b>
<b>4. Данные, описывающие базовое равновесие</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1. Экономические данные для калибровки модели</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2. Данные о выбросах для калибровки модели</b> .....	<b>22</b>
Стационарное сжигание.....	23
Сжигание мобильными источниками выбросов .....	24
Выбросы в базовом равновесии модели .....	25
<b>5. Результаты моделирования: энергопереход в России</b> .....	<b>26</b>
<b>5.1. Дизайн сценариев</b> .....	<b>26</b>
Сценарий «Бизнес-как-обычно» (BAU) .....	28
Сценарии с климатической политикой.....	28
<b>5.2. Результаты моделирования</b> .....	<b>31</b>
Макропараметры и отраслевой выпуск .....	31
<b>6. Переходный риск и финансовая стабильность в России</b> .....	<b>34</b>
<b>6.1. Методология финансовой модели</b> .....	<b>35</b>
Концепция коэффициента обслуживания долга (КОД) .....	35
Использование результатов сценарных расчетов в модели CGE.....	36
<b>6.2. Данные финансовой модели</b> .....	<b>37</b>
<b>6.3. Результаты финансовой модели</b> .....	<b>37</b>
Status Quo .....	38
Сценарии.....	41
Сценарий «Бизнес-как-обычно (BAU)» .....	43
Сценарий «Базовый» .....	45
Сценарий «Домашний» .....	48
Обсуждение результатов финансовой модели.....	51
<b>6.4. Элементы оценивания рыночного риска</b> .....	<b>52</b>
<b>7. Выводы</b> .....	<b>54</b>

---

<b>Список литературы .....</b>	<b>57</b>
<b>Приложение 1. Данные и параметры модели .....</b>	<b>59</b>
<b>Список отраслей .....</b>	<b>59</b>
<b>Приложение 2. Дизайн сценариев .....</b>	<b>70</b>
<b>Изменение экспортных цен в сценарии «Бизнес-как-обычно» (BAU) и сценариях с климатической политикой .....</b>	<b>70</b>
<b>Приложение 3. Результаты сценарного анализа .....</b>	<b>76</b>
<b>Рисунки.....</b>	<b>89</b>
<b>Таблицы .....</b>	<b>90</b>

## Резюме

Энергетический переход и связанная с ним климатическая политика могут стать существенным вызовом для российской экономики. Авторы представляют методику оценки последствий климатической политики в России и оценки связанных с ними переходных рисков для финансовой системы страны. В работе используются расчетная модель общего равновесия (Computable General Equilibrium Model, CGE-модель) российской экономики и финансовая модель, основанная на данных на уровне компаний. Показано влияние как международной, так и внутренней климатической политики на финансовую стабильность Российской Федерации. Эффекты от международных климатических действий, обобщенные в сценариях NGFS Net Zero 2050, оказываются значительно больше, чем от введения внутренней системы торговли выбросами с целью достижения сокращений эмиссии CO<sub>2</sub>-экв. в рамках Интенсивного сценария российской государственной стратегии низкоуглеродного развития.

**Ключевые слова:** Россия, климатическая политика, энергетический переход, финансовая стабильность, расчетные модели общего равновесия, CGE.

**Классификационные коды JEL:** C68, E51, E62, G10, G21, Q52, Q54, Q58.

## 1. Вступление

Энергетический переход и связанная с ним климатическая политика могут стать существенным вызовом для российской экономики. Мы оцениваем влияние усиления международного и внутреннего климатического регулирования на российскую финансовую систему. Мы изучаем реакцию отраслей на возможное усиление внутреннего климатического регулирования с помощью экологической модели расчетного общего равновесия для малой открытой экономики и используем эти оценки в гранулярной финансовой модели, основанной на российском кредитном реестре.

Рассматриваемая внутренняя политика – введение системы торговли квотами на выбросы CO<sub>2</sub>. Берингер и соавторы (Böhlinger et al., 2015) показали, что ограничение выбросов и торговля квотами (Cap-and-Trade) являются предпочтительным способом ограничения выбросов с точки зрения минимизации потерь благосостояния в экономике по сравнению с другими мерами климатической политики (отраслевыми стандартами выбросов и стандартами энергоэффективности).

Действующая в России [Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.](#) не вводит систему торговли квотами на выбросы CO<sub>2</sub>. Вместо этого существенный акцент сделан на энергоэффективности и отраслевых стандартах выбросов в качестве основных инструментов на пути к низкоуглеродной экономике (Strielkowski et al., 2021). Тем не менее мы показываем, какие последствия для экономики могли бы быть, если бы решение о введении системы торговли квотами на выбросы парниковых газов все же было бы реализовано.

Наше исследование близко к трем направлениям литературы. Первая группа описывает моделирование экономических последствий климатической политики с использованием расчетных моделей общего равновесия (Computable General Equilibrium Models, CGE-модель).

Второе направление литературы посвящено рискам, издержкам и преимуществам перехода к низкоуглеродной экономике для России как энергоемкой страны-экспортера ископаемого топлива. Есть лишь несколько работ, посвященных влиянию глобальной и внутренней климатической политики на общее равновесие в России, и мы стремимся восполнить этот пробел в литературе в

нашем исследовании. Кроме того, мы калибруем модель с более детальной отраслевой структурой (42 отрасли против 30 видов деятельности у Берингера (Böhlinger et al., 2015)) с использованием наиболее актуальных таблиц «затраты – выпуск» для российской экономики за 2016 г. и на более детальных данных о потреблении энергии в России (дополнительная информация содержится в Разделе 4.).

Третья группа работ охватывает растущее направление исследований, оценивающих переходные риски климатической политики для финансовых систем различных стран. Эти исследования в первую очередь проводятся центральными банками. Баудино и Сворнос (Baudino and Svoronos, 2021) подчеркивают растущую важность климатических рисков для банковского сектора. В частности, они отмечают, что риски, с которыми банки сталкиваются в связи с климатическими изменениями и переменами в климатической политике, могут привести к значительным убыткам, которые нельзя экстраполировать из истории серьезных климатических событий.

В качестве точки отсчета в нашем моделировании мы используем один из сценариев Сообщества центральных банков и надзорных органов по повышению экологичности финансовой системы (Network for Greening the Financial System, NGFS)<sup>1</sup> – сценарий «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050), наиболее амбициозный с точки зрения ограничения глобального потепления к 2050 году.

NGFS считает, что переходные риски могут по-разному влиять на экономику: через прибыльность бизнеса, благосостояние домохозяйств, совокупное воздействие на макроэкономику и стабильность финансовой системы (NGFS 2021).

В этой статье мы рассматриваем один конкретный канал влияния: влияние международной и внутренней климатической политики на деятельность банковского сектора (Battiston, Dafermos, and Monasterolo, 2021). Насколько нам известно, это первое исследование, в котором вопросы корпоративного долга и финансовой стабильности в России рассматриваются через призму возможных структурных изменений, вызванных политикой в области климата.

---

<sup>1</sup> Сообщество центральных банков и надзорных органов по повышению экологичности финансовой системы (NGFS) – это группа центральных банков и органов финансового надзора, созданная в 2017 г. с целью усиления глобального реагирования на изменение климата и продвижения передового опыта в финансовом секторе. По состоянию на 14 июня 2022 г. NGFS состояло из 116 членов и 19 наблюдателей. Дополнительную информацию можно найти на сайте [www.ngfs.net](http://www.ngfs.net).

Мы представляем долгосрочный сценарный анализ вида «что, если», который не следует рассматривать как прогноз и сопоставлять с другими прогнозами, регулярно публикуемыми Банком России.

## 2. Обзор литературы

CGE-модели давно применяются для анализа проблем, связанных с экологической и климатической политикой. Первые примеры CGE-моделей, ориентированных на изучение экономических последствий мер климатической политики, в частности введения налогов на выбросы CO<sub>2</sub>, появились еще в конце 1980-х – начале 1990-х гг. (Peterson, 2003). Значительное развитие CGE-моделирование климатических мер получило после подписания в 1997 г. Киотского протокола, определяющего цели по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) для индустриально развитых государств и стран с экономиками переходного периода<sup>2</sup>. Для целей выполнения своих обязательств Киотский протокол рекомендовал странам развивать международную торговлю квотами на выбросы, что послужило толчком к появлению большого числа исследований, фокусирующихся на CGE-моделировании глобального рынка разрешений на эмиссию ПГ, в результате функционирования которого устанавливается единая для всех стран цена на выбросы ПГ (Springer, 2003).

Неконтролируемая эмиссия ПГ представляет собой классический пример экстерналии (внешнего эффекта), при наличии которой экономические агенты не учитывают социальные последствия своей производственной деятельности, в частности не несут издержки, связанные с изменением климата, поскольку цена на выбросы углерода не определена. Микроэкономическая теория предсказывает, что, сталкиваясь с рыночной ценой своих действий, экономические агенты проявляют заинтересованность в снижении выбросов ПГ, и, таким образом, может быть достигнут контроль над эмиссией ПГ за счет интернализации экстерналии.

---

<sup>2</sup> Киотский протокол устанавливает целевые показатели для 37 развитых стран и стран переходных экономик (а также для Европейского союза) согласно принципу «общей, но дифференцированной ответственности и соответствующих возможностей», при этом не подразумевая никаких обязательств по климатическим целям для развивающихся стран. В целом предполагалось, что выполнение странами всех индивидуальных обязательств снизит в их экономиках эмиссию парниковых газов за период 2008–2012 гг. примерно на 5% по сравнению с уровнем 1990 года. Согласно Киотскому протоколу, выбросы в российской экономике не должны превысить уровень 1990 года.

Теоретически существует два эквивалентных решения, позволяющих скорректировать социально неэффективный результат при наличии экстерналии, – создание ранее несуществующего товарного рынка и обложение нежелательной с социальной точки зрения деятельности производителей и потребителей так называемым налогом Пигу. Поскольку целью климатической политики часто является сокращение на определенную величину выбросов ПГ (или выбросов только CO<sub>2</sub>), соответствующий инструмент экономической политики получил название «ограничение и торговля квотами» (или система торговли выбросами, СТВ) и «углеродный налог». При функционировании системы торговли квотами (разрешениями) на выбросы власти устанавливают количественное ограничение на эмиссию, а цена выбросов (цена карбона) определяется на рынке соответствующих разрешений. В соответствии с другим вариантом власти устанавливают налог на выбросы CO<sub>2</sub> (цену карбона) для производителей и потребителей, тогда как объем сокращаемой эмиссии определяется рыночными силами.

На практике есть за и против касательно обоих подходов регулирования, как СТВ, так и углеродного налога (IMF 2019). В теории при обоих подходах предельные издержки сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> оказываются одинаковыми для всех экономических агентов (при наличии единой ставки углеродного налога). В то же время СТВ, представляя собой непрерывно функционирующий рынок разрешений на выбросы, обеспечивает автоматическую подстройку предельных издержек сокращения выбросов, учитывающую изменения в технологиях, цене горючих ископаемых и других факторах на стороне спроса и предложения. Осуществимость на практике обоих подходов критически зависит от особенностей того, в каких направлениях планируется использовать налоговые доходы или доходы, собираемые при функционировании СТВ (IMF 2019).

В CGE-моделях климатическая политика обычно формулируется в терминах регулирования на основе СТВ: экзогенно заданный желаемый уровень эмиссии позволяет определить цену на выбросы ПГ.

Борьба с изменением климата входит в глобальную повестку и представляет собой глобальное общественное благо (Böhringer et al., 2021). В связи с этим большинство моделей, используемых для анализа последствий климатической политики, являются многострановыми моделями (или моделями с большим количеством регионов мира), разработка и использование которых ведется

международными организациями и международными консорциумами национальных исследовательских институтов. Несколько примеров использования таких глобальных моделей для анализа влияния внешней и внутренней климатической политики на экономику России мы приводим ниже, а также коротко обсуждаем результаты сценарных расчетов в этих моделях применительно к российской экономике. В то же время можно привести свежие примеры построения и применения так называемых однострановых моделей для анализа последствий выполнения глобальных и национальных стратегий по декарбонизации для экономик Испании (Böhlinger, García-Muros, and González-Eguino, 2022), Дании, Ирландии, Норвегии, Швейцарии (Braendle, 2021), Индии (Pradhan and Ghosh, 2021), Китая (Liang et al., 2022).

Среди большого количества исследований, появившихся после Парижской конференции по климату в 2015 г., можно найти всего несколько работ, содержащих подробное CGE-моделирование экономики России. Так, в Liu et al. (2020) Россия добавлена в глобальную модель G-cube (McKibbin and Wilcohen, 1999; McKibbin and Wilcohen, 2013) в качестве отдельной экономики. G-cube – сложная многострановая динамическая CGE-модель. Данная модель соединяет в себе достоинства статических CGE-моделей, характеризующихся подробным описанием производственной структуры экономики, наличием большого количества отраслей (20 отраслей) и такими преимуществами классических динамических моделей общего равновесия (Dynamic Stochastic General Equilibrium Models, DSGE), как учет в моделировании номинальных и реальных жесткостей, комбинации впередсмотрящих и адаптивных ожиданий экономических агентов, правил монетарной политики центрального банка, соблюдения межвременных ограничений секторами домохозяйств и правительств и в целом странами.

В работе Лиу с соавторами (Liu et al., 2020) анализируются экономические и климатические последствия применения 10 крупными регионами (странами) мира мер климатической политики в рамках так называемых определяемых на национальных уровнях вкладов в реализацию Парижского соглашения (Nationally Determined Contributions, NDCs). В работе предполагается, что во всех 10 странах (регионах) вводятся национальные углеродные налоги в качестве инструментов выполнения своих NDCs. В модели эндогенно определяется траектория цены карбона для каждого региона при условии, что сокращение эмиссии будет происходить равномерно к 2025–2030 гг. с целью выполнения страновых

(региональных) NDCs. Доходы от налогов на выбросы в модели передаются в виде аккордных трансфертов домохозяйствам. В качестве базового года в модели используется 2015 год.

Авторы изучают влияние климатической политики в рамках описанного выше сценария на реальный ВВП, потребление домохозяйств и благосостояние в экономике в сравнении с базовым сценарием («Бизнес-как-обычно», Business-as-Usual, BAU), в котором страны не вводят никаких мер для выполнения своих NDCs. Согласно своему NDC, Россия обязуется сократить эмиссию ПГ на 30% к 2030 г. по сравнению с уровнем 1990 года. По оценкам авторов, по сравнению с 2015 г. эмиссия CO<sub>2</sub> в Российской Федерации к 2030 г. увеличится на 8% в сценарии BAU и сократится на 14% в сценарии введения налога на выбросы ПГ.

Согласно полученным в работе оценкам, в 2030 г. цена карбона в России (и в Австралии) оказывается самой низкой среди всех рассматриваемых в модели регионов – всего лишь 5 долл. США за тонну (в постоянных ценах 2015 г.). Для сравнения: цена карбона в Китае, странах ОПЕК и Индии в 2030 г. превышает соответственно отметки в 20, 30 и 40 долл. США за тонну CO<sub>2</sub><sup>3</sup>.

Согласно Liu et al. (2020), такой разброс в ценах карбона по странам объясняется главным образом различной интенсивностью использования горючего топлива, стоимостью отдельных видов топлива в структуре энергопотребления страны, исходным уровнем цен, а также долями различного топлива в генерации электроэнергии.

Хотя Россия и относится к странам с самыми низкими ценами на выбросы CO<sub>2</sub>, позволяющими достичь снижения эмиссии CO<sub>2</sub>, согласно оценкам Liu et al. (2020), экономика страны за период 2016–2030 гг. испытывает наиболее сильное относительно сценария BAU снижение реальных ВВП и потребления домохозяйств (-4,5 и -1,8% соответственно к 2030 г.).

Работа Makarov, Chen, and Paltsev (2020) сфокусирована на изучении влияния Парижского соглашения по климату на российскую экономику и главным образом на экспорт энергетических ресурсов страны. В исследовании используется модель Экономического прогнозирования и анализа политики (Economic Projection and Policy Analysis, EPPA) Массачусетского технологического института (MIT).

---

<sup>3</sup> Согласно оценкам, в 2030 г. величина единого глобального углеродного налога, введение которого позволяет достичь того же снижения эмиссии CO<sub>2</sub>, что и NDCs, составит 15 долл. США за тонну.

ЕРРА представляет собой глобальную рекурсивную CGE-модель с 18 регионами и 32 отраслями экономики (Chen et al., 2016). Одна из сильных сторон модели заключается в детальном описании передовых энергетических технологий (например, биоэнергетики, горючих сланцев, синтез-газа, водородной, передовой атомной, ветряной и солнечной энергетики). В модели время появления данных технологий на рынке задается эндогенно в зависимости от их конкурентоспособности по сравнению с существующими технологиями, определяемой относительными издержками использования (Chen et al., 2016). ЕРРА включает эмиссию шести парниковых газов (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs и SF<sub>6</sub>), а также выбросы загрязняющих веществ (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, сажи, органического углерода, NH<sub>3</sub>, CO, VOC).

Макаров et al. (2020) рассматривают четыре сценария для периода 2015–2050 гг. (временная частота результатов модели – пять лет): три климатических сценария и базовый сценарий, в котором авторы не предполагают изменений в климатической политике стран по сравнению с текущей ситуацией (то есть страны не вводят никаких мер для выполнения своих обязательств в рамках NDCs). Климатические сценарии включают в себя: 1) сценарий *ParisForever*, в котором цели Парижского соглашения достигаются в 2030 г., после чего страны сохраняют прежними темы снижения выбросов ПГ; 2) сценарий *Paris2C\_RussiaBAU*, в котором все страны, кроме России, после 2030 г. ставят перед собой более амбициозные цели, стремясь предотвратить глобальное потепление на 2°C к 2050 г., тогда как Россия не вводит никаких мер климатической политики, направленных на снижение выбросов ПГ, в течение всего периода 2020–2050 гг.; 3) сценарий *Paris2C\_RussiaPolicy*, в котором Россия присоединяется к глобальным усилиям по борьбе с изменениями климата и берет на себя обязательства снизить после 2030 г. выбросы не менее чем на 40% по сравнению с уровнем 1990 года.

По сравнению с 2015 г. выбросы ПГ в российской экономике увеличиваются во всех сценариях за период 2020–2050 годов. Согласно оценкам, максимальный уровень эмиссии наблюдается в сценарии *Paris2C\_RussiaBAU* в силу так называемых «утечек углерода», при которых страны, не вводящие углеродные налоги, могут пользоваться относительным преимуществом и развивать у себя углеродоемкие отрасли экономики, в том числе за счет перемещения предприятий таких отраслей из других стран с более жестким климатическим регулированием.

В базовом сценарии Makarov et al. (2020) задают темпы роста реального ВВП России экзогенно в интервале 0,5–2,5% в течение 2020–2050 годов. При этом в климатических сценариях ВВП определяется в модели эндогенно. Во всех климатических сценариях наблюдается снижение темпов роста ВВП и благосостояния по сравнению с базовым сценарием за счет более низкого глобального спроса и низких цен на ископаемые энергоносители после введения углеродного налога в других странах.

Makarov et al. (2020) не приводят оценки внутреннего углеродного налога в России в сценарии *Paris2C\_RussiaPolicy*, но подчеркивают, что влияние внутреннего налога на российский ВВП в этом сценарии относительно невелико по сравнению с влиянием климатической политики других стран (в нашем исследовании мы получаем схожие результаты, см. Раздел 5). В сценариях *Paris2* по сравнению с базовым сценарием темпы роста ВВП снижаются на 0,2–0,3 п.п. в 2020–2030 гг. и почти на 0,5 п.п. в 2035–2050 годах.

Makarov et al. (2020) подробно изучают воздействие глобальной и внутренней климатической политики на динамику российского экспорта энергетических товаров (угля, природного газа, сырой нефти и нефтепродуктов). Во всех климатических сценариях в 2030–2050 гг. суммарный экспорт горючих ископаемых (в эксаджоулях) снижается по сравнению с базовым сценарием, в котором регистрируется увеличение экспорта энергетических товаров. Экспорт энергетических товаров из России увеличивается в сценарии *ParisForever* (оказываясь тем не менее на 25% ниже в 2050 г. по сравнению с уровнем в базовом сценарии) и снижается (более чем на 30% по сравнению с уровнем 2010 г.) в сценариях *Paris2*.

Российский угольный сектор ожидаемо оказывается наиболее пострадавшим в результате введения глобального климатического регулирования. В сценарии *ParisForever* в 2050 г. экспорт угля из России падает на 80% по сравнению со значением показателя в базовом сценарии и на 75% – по сравнению с показателями 2010–2015 годов. В сценариях *Paris2* к 2050 г. экспорт угля испытывает катастрофическое падение (более чем на 90% по сравнению с текущими значениями).

При этом России удастся увеличить экспорт природного газа в 2020–2050 гг. по сравнению с текущими уровнями в сценарии *ParisForever*, главным образом благодаря растущему спросу на азиатских рынках. Однако в сценариях *Paris2* после 2030 г. в мире наблюдается широкомасштабное замещение природного газа

возобновляемыми источниками энергии, особенно в странах Европы. Как следствие, в этих сценариях происходит некоторое снижение экспорта из России природного газа к 2050 г. по сравнению с текущими уровнями (примерно на 20%).

К 2050 г. российский экспорт сырой нефти остается примерно на уровне 2010–2015 гг. в сценарии *ParisForever*, однако в сценариях *Paris2* на фоне более низких цен производителей и снижения мирового спроса происходит его падение более чем на 50%. Российский экспорт нефтепродуктов увеличивается, как в сценарии *ParisForever*, так и в сценариях *Paris2*, благодаря росту числа автомобилей в Азиатском регионе. В то же время, по мнению авторов, вероятность реализации данного прогноза может существенно снизиться в случае значительного ускорения прогресса в производстве электромобилей.

Самая актуальная на момент проведения нашего исследования и наиболее масштабная работа, посвященная проблемам декарбонизации в России, легла в основу совместного доклада Всемирного банка и НИУ ВШЭ (Доклад ВБ-ВШЭ, Makarov et al., 2021). Сценарный анализ в Докладе ВБ-ВШЭ выполнен с использованием глобальной динамической рекурсивной CGE-модели, созданной для анализа влияния антропогенных климатических изменений (в частности, выбросов ПГ) и климатической политики, а также других аспектов устойчивого развития на крупнейшие экономики мира (Environmental Impact and Sustainability Applied General Equilibrium, ENVISAGE Model). Описание модели ENVISAGE содержится в Mensbrugge (2019). Первоначальная версия модели ENVISAGE была разработана Всемирным банком. Последние несколько лет модель находится в стадии изменений и доработок (Mensbrugge, 2019) в Глобальном центре всемирной торговли (Centre for Global Trade Analysis, GTAP). В Makarov et al. (2021) используется версия модели с 16 регионами и 20 производственными секторами.

Makarov et al. (2021) моделируют два набора сценариев. В первом наборе сценариев проводится оценка влияния на российскую экономику введения трансграничного углеродного регулирования (ТУР, Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) со стороны Европейского союза (ЕС) и более широкого круга стран. Здесь мы подробно рассмотрим второй набор сценариев, в котором анализируются последствия для экономики России от глобальных усилий по

декарбонизации в долгосрочной перспективе (вплоть до 2050 г.).<sup>4</sup> Во всех долгосрочных сценариях, включая базисный («*Бизнес-как-обычно*», *Business-as-Usual, BAU*), снижение эмиссии ПГ достигается за счет введения углеродного налога (или системы торговли выбросами), который применяется ко всем экономическим агентам модели<sup>5</sup>.

В сценарии *BAU* предполагается, что до 2030 г. включительно страны сокращают выбросы парниковых газов согласно своим NDCs, а далее – вплоть до 2050 г. – сохраняют уровень выбросов почти неизменным. В результате выбросы CO<sub>2</sub> в 2050 г. оказываются соответственно на 40% выше уровня 2020 года. В сценариях с более интенсивной климатической политикой 16 стран (регионов) в модели делятся на две группы круга стран: страны – климатические лидеры (*Climate Policy Leaders, CPLs*) и страны, зависящие от экспорта энергоносителей (*Fossil Fuel Dependent Countries, FFDCs*). Вторая группа стран включает Россию.

В сценарии «*Глобальная цена на углерод*» (*Carbon price globally*) предполагается введение всеми странами (*CPLs* и *FFDCs*, включая Россию) единого налога на выбросы CO<sub>2</sub> для предотвращения глобального потепления на 2°C к 2050 году. Глобальный углеродный бюджет в этом сценарии в 2018–2050 гг. на 30% ниже по сравнению с базовым сценарием. В России к 2050 г. выбросы парниковых газов оказываются на 20% ниже уровня 2020 года.

В сценарии «*Цена на углерод только в климатических лидерах*» (*Carbon price in CPL*) закладывается такой же глобальный углеродный бюджет, как и в сценарии «*Глобальная цена на углерод*», но предполагается, что единый углеродный налог вводится только в *CPLs*. В данном сценарии динамика выбросов ПГ в российской экономике близка соответствующей траектории базового сценария.

В качестве наиболее амбициозного сценария, нацеленного на предотвращение глобального потепления на 1,5° С к 2050 г. моделируется

---

<sup>4</sup> Текущая версия нашего исследования не включает в себя анализ сценариев с введением ТУР. Мы не обсуждаем здесь сценарии совместного доклада Всемирного банка и НИУ ВШЭ, в которых анализируется введение ТУР в среднесрочной перспективе (вплоть до 2035 г.), а также введение трансграничных углеродных налогов со стороны развитых стран и стран – импортеров нефти в долгосрочной перспективе (вплоть до 2050 г.).

<sup>5</sup> Кроме того, снижение выбросов ПГ в модели происходит под влиянием экзогенно задаваемых изменений в технологиях (в частности, снижения издержек производства энергии из возобновляемых источников, повышения энергоэффективности), а также не связанного с ценовыми изменениями смещения предпочтений потребителей в сторону использования возобновляемых источников энергии.

сценарий «*Высокая глобальная цена на углерод*» (*High carbon price globally*), при котором введение всеми странами (включая Россию) единого налога на CO<sub>2</sub> позволяет снизить глобальные выбросы в 2018–2050 гг. на 10% по сравнению с тремя другими сценариями, подразумевающими более активную мировую климатическую политику, чем в *BAU*-сценарии. В этом сценарии Россия к 2050 г. снижает выбросы парниковых газов на 40% по сравнению с уровнем 2020 года.

Реализация двух сценариев, в которых Россия присоединяется к усилиям других стран по борьбе с глобальным потеплением (*Carbon price globally* и *High carbon price globally*), представляется достаточно маловероятной в силу предложения о введении в обоих этих сценариях единого глобального углеродного налога. При этом множество исследований (например, Lui et al., 2020, IMF/OECD 2021) демонстрируют, что уровень издержек (уровень углеродного налога), необходимый для снижения выбросов ПГ в национальных экономиках, существенно различается по странам. Кроме того, в представлении сценариев в Докладе ВБ-ВШЭ не содержится четкого описания того, как траектории выбросов ПГ на уровне национальных экономик соотносятся с заданным уровнем глобального углеродного бюджета.

Единый для всех стран налог на CO<sub>2</sub> в сценариях глобального сотрудничества в работе Makarov et al. (2021) оказывается достаточно высоким: в интервале от 44–50 долл. США / т CO<sub>2</sub> в 2025 г. до 130–265 долл. США / т CO<sub>2</sub> в 2050 году.

В Докладе ВБ-ВШЭ содержатся оценки того, как внешняя и внутренняя климатическая политика влияют на экономику России на макроэкономическом уровне (на ВВП, благосостояние, экспорт энергоносителей) по сравнению с базовым сценарием. Поскольку *BAU*-сценарий в Makarov et al. (2021) отличается от подобных сценариев в других исследованиях, прямые сравнения результатов моделирования не представляются возможными. Вероятно, в силу амбициозных целей по предотвращению глобального потепления, а также действия в России единого мирового углеродного налога, который оказывается достаточно высоким, в сценариях глобальной кооперации отечественная экономика сталкивается с существенными потерями. К 2050 г. ВВП России оказывается ниже уровня *BAU*-сценария примерно на 4,0% в сценарии «*Глобальная цена на углерод*» и более чем на 6% в сценарии «*Высокая глобальная цена на углерод*» (и примерно на 1% ниже – в сценарии «*Цена на углерод только в климатических лидерах*»).

Как и в исследовании Makarov et al. (2020), на уровне отраслей российской экономики во всех долгосрочных сценариях наибольшие потери с точки зрения изменения экспорта, как и следовало ожидать, несет угольная отрасль (-30–60% от уровня *BAU* в 2050 г.). Следующим наиболее пострадавшим сектором в результате существенного снижения глобального спроса во всех сценариях с интенсивной климатической политикой оказывается добыча природного газа, экспорт которого в 2050 г. снижается по сравнению со сценарием *BAU* на 25% в сценарии «Цена на углерод только в климатических лидерах» и на 70% в сценарии «Высокая глобальная цена на углерод».

К отраслям, несколько выигрывающим от относительного изменения цен и демонстрирующим умеренный рост выпуска в 2050 г. в части сценариев по сравнению с *BAU*, можно отнести сельское хозяйство и легкую промышленность. Существенный рост выпуска по отношению к уровню базового сценария в 2050 г. регистрируется в производстве электроэнергии за счет использования возобновляемых источников, замещающих генерацию на основе угля и газа в российской экономике, в сценариях глобальной кооперации (131 и 219%).

В качестве альтернатив CGE-моделям исследователи, изучающие последствия изменения энергетической и климатической политики, используют модели частичного равновесия, особенно в работах, сфокусированных на отраслевом анализе. Модели частичного равновесия по принципу «снизу вверх» (Bottom-Up, BU) применяются для глубокого анализа энергетических систем и содержат детальное описание технологических особенностей, что отличает данные модели от так называемых моделей по принципу «сверху вниз» (Top-Down, TD). К TD-моделям относятся, например, CGE-модели, фокусирующиеся на оценке влияния конкретной климатической политики на макроэкономические показатели<sup>6</sup>.

В качестве примера BU-модели с подробно описанными технологиями можно привести модель TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System<sup>7</sup>), широко применяемую в европейских странах. В данной модели на основе линейного программирования решается задача минимизации издержек энергетической

---

<sup>6</sup> Всесторонний обзор основных особенностей, а также примеры наиболее часто используемых BU-моделей, представлены в Herbst et al., 2012.

<sup>7</sup> Модель была разработана как часть [проекта IEA-ETSAP](#) (Energy Technology Systems Analysis Program).

системы<sup>8</sup>. Особый интерес представляет применение модели TIMES для российской экономики – модель RU-TIMES. Краткое описание RU-TIMES-модели содержится в работе Korppoo, Safonov, and Lugovoy (2010). Laitner, Lugovoy, and Potashnikov (2020) используют RU-TIMES для оценки последствий климатической политики в России в рамках так называемого «Проекта глубокой декарбонизации» (Deep Decarbonization Pathways Project, IDDRI 2014). Обновленная версия данного исследования, представленная в работе Laitner, Lugovoy, and Potashnikov (2020), основана на применении двухшагового подхода. На первом шаге производится оценка структурных и количественных изменений инвестиций и объема производства российского энергетического сектора с использованием модели RU-TIMES. На втором шаге данные изменения транслируются в изменения ВВП России с применением стохастической экстраполяции страновых таблиц «затраты – выпуск».

Согласно Laitner, Lugovoy, and Potashnikov (2020), переход к низкоуглеродной экономике сопряжен с большими выгодами для России, чем обычно предполагается. По их мнению, общее положительное влияние на ВВП состоит из двух компонентов. Увеличение инвестиций в новые технологии окажет положительное воздействие в первую очередь на строительство и обрабатывающую промышленность, а затем и на другие сектора экономики на фоне снижения стоимости электроэнергии. Второй компонент связан с ростом совокупной факторной производительности (Total Factor Productivity, TFP) в обрабатывающей промышленности за счет роста спроса на низкоуглеродные технологии (предполагается, что данный рост TFP окажется в три раза больше в сценарии декарбонизации по сравнению со сценарием *BAU*). В итоге, по оценкам Laitner, Lugovoy, and Potashnikov (2020), среднегодовой темп роста ВВП России в 2030– 2050 гг. может увеличиться с 1,3% в сценарии *BAU* до 2,5% в сценарии глубокой декарбонизации.

Благодаря наличию структурного подхода в описании экономики CGE-модели оказываются очень привлекательными инструментами для центральных банков при проведении стресс-тестирования финансовых систем к

---

<sup>8</sup> Существует также семейство Азиатско-Тихоокеанских моделей (Asia-Pacific Integrated Model, AIM), включающее в себя TD- и BU-модели. AIM используется для анализа влияния политики по снижению выбросов ПГ в регионе. Одно из недавних применений AIM можно найти в работе Oshiro et al. (2020), исследующей развитие энергетической системы Японии в ходе выполнения стратегии страны по снижению эмиссии парниковых газов.

переходным климатическим рискам (в силу различий в отраслевой подверженности рискам у различных финансовых институтов). Более того, CGE-модели позволяют учесть взаимозависимость отраслей и так называемые «вторичные эффекты» изменений в экономической политике. В работе Chen et al. (2022) представлены сценарии и расчеты, полученные с использованием MIT-EPPA-модели (Chen et al., 2016) в рамках проекта стресс-тестирования финансового сектора, инициированного Банком Канады. В рамках проекта результаты CGE-моделирования применения климатической политики поступают на вход двух макроэкономических моделей Банка Канады, а затем изменения на отраслевом уровне используются для оценки переходных рисков канадских финансовых институтов (в первую очередь кредитного и рыночного рисков, см. подробнее в Hosseini et al., 2022).

В нашем исследовании мы применяем похожий подход и используем изменения выпуска на уровне российских отраслей, получаемые в CGE-модели, для анализа изменений в долговой нагрузке отраслей и для оценки относительной стоимости акций российских компаний (на уровне отраслевых фондовых индексов). Такой подход позволяет нам анализировать влияние изменений в климатической политике на финансовый сектор страны в различных сценариях (Разд. 6).

Также стоит отметить, что применение CGE-моделей, безусловно, сопряжено с рядом ограничений, в том числе и при анализе последствий для экономики от изменений в климатической политике. Результаты CGE-моделирования в различных сценариях следует интерпретировать как объяснения «что, если» (what if), а не как прогнозы. За небольшим исключением в CGE-моделях игнорируется монетарная политика (следовательно, не моделируются инфляция и финансовый сектор экономики). В отношении влияния климатической политики на экономику большинство CGE-моделей фокусируются на анализе издержек декарбонизации и, как правило, являются недостаточно приспособленными для оценки экономических и социальных выгод, связанных со снижением эмиссии парниковых газов.

### **3. Описание расчетной модели общего равновесия**

Мы применяем статическую версию Берингера и соавторов (Böhringer et al., 2015). В основе модели лежат задачи оптимизации поведения всех экономических

агентов при сбалансированности спроса и предложения на всех рынках товаров, услуг и факторов. Бюджеты сбалансированы для всех агентов.

### **3.1. Экономические агенты**

В модели мы различаем производителей, репрезентативного экономического агента, государство и инвестиционный сектор. Репрезентативный экономический агент (РЭА) максимизирует полезность с учетом бюджетного ограничения. РЭА владеет всеми факторами производства в экономике. Таким образом, РЭА получает заработную плату, капитальную ренту и платежи за использование специфического капитала в добывающих отраслях.

Правительство собирает налоги, включая налог на выбросы CO<sub>2</sub>, в соответствующих сценариях. Во всех сценариях мы фиксируем государственное потребление на уровне базового года (2016 г.) в реальном выражении. Профицит бюджета, то есть налоговые поступления за вычетом расходов на государственные закупки, перечисляется в бюджет репрезентативного агента. Верно и обратное: в случае дефицита бюджета он финансируется из бюджета репрезентативного агента.

Сберегательно-инвестиционный банк закупает товары на рынке конечной продукции. Структура инвестиционного спроса фиксируется на уровне базового года (2016 г.) в реальном выражении и финансируется из бюджета репрезентативного агента, то есть предполагается, что сбережения в модели определяются инвестициями (Lofgren et al., 2002).

### **3.2. Производители**

В модели действуют 42 отрасли промышленности, производственные функции которых характеризуются постоянной отдачей на масштаб (Таблица 4). Фирмы, минимизирующие издержки, производят товары и услуги и работают на рынках со свободным входом, что приводит к нулевой экономической прибыли, то есть предельные доходы для отдельной фирмы равны предельным издержкам.

Вслед за Берингером (Böhringer et al., 2015) мы различаем три типа производственных процессов: производство ископаемого топлива, производство электроэнергии и производство всех других товаров и услуг. Каждый процесс использует факторы, энергию и промежуточные продукты для производства.

### **3.3. Факторы производства**

В модели есть три типа факторов: труд, капитал и специфический капитал. Труд и капитал свободно перемещаются между отраслями. Иными словами, для этих факторов существуют единые рынки в рамках страны в целом. Это приводит к установлению равной заработной платы и равной капитальной ренте для всех отраслей. Специфический капитал используется только в добывающих отраслях и фиксируется на уровне базового года (2016 г.) для каждой из этих отраслей. Таким образом, в каждой из добывающих отраслей существует специфическая капитальная рента.

### **3.4. Энергоносители и выбросы**

В модели есть два разных типа энергоносителей: электричество и ископаемое топливо. Использование ископаемого топлива (уголь, нефтепродукты и природный газ) приводит к выбросам ПГ, которые пересчитываются в CO<sub>2</sub>-экв. в соответствии с фиксированными отраслевыми коэффициентами выбросов (см. подробнее в подразделе 4.2).

## **4. Данные, описывающие базовое равновесие**

Равновесный набор данных для модели состоит из двух больших частей: экономических показателей, описывающих экономику Российской Федерации за базовый год (2016 г.), и данных о выбросах.

### **4.1. Экономические данные для калибровки модели**

Основными источниками экономических данных для калибровки модели являются российские таблицы «затраты – выпуск» (ТЗВ) за 2016 г. и данные системы национальных счетов за 2016 год. Таблицы «затраты – выпуск» состоят из таблицы ресурсов, таблиц использования домашней и импортной продукции, таблиц транспортных и торговых наценок и таблицы чистых налогов. Отраслевые и товарные данные исходных таблиц были агрегированы на уровне 42 товаров и отраслей (Таблица 4). Методология создания набора данных для CGE-модели на основе таблиц «затраты – выпуск» наглядно представлена в работе Rutherford and Paltsev (1999).

## 4.2. Данные о выбросах для калибровки модели

В нашей модели используется информация об объемах выбросов парниковых газов, которые образуются в процессе производства товаров и услуг за счет сжигания разных видов топлива. Наиболее точная информация о выбросах содержится в Национальном докладе о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом (далее – Национальный доклад о кадастре, или кадастр) (Романовская и др., 2022)<sup>9</sup>. Данные кадастра доступны с 1990 по 2019 год. Их основными преимуществами являются полнота, сопоставимость с данными других стран и единая методология сбора данных и оценок на всем временном промежутке. При составлении кадастра используется подробная информация федеральных органов исполнительной власти, крупных предприятий-производителей и научно-исследовательских институтов.

К сожалению, напрямую использовать информацию Национального доклада для целей нашей модели не представляется возможным, так как структура данной информации не соответствует структуре данных и определению отраслей и видов деятельности в экономической статистике.

Наиболее удобным по структуре предоставления информации источником для нашего исследования является форма федерального статистического наблюдения № 4-ТЭР «Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов»<sup>10</sup>. Данная форма содержит сведения о фактическом годовом потреблении топливно-энергетических ресурсов при производстве отдельных видов продукции, работ (услуг) по видам топлива и видам экономической деятельности. Она составляется ежегодно по отчетам предприятий в соответствии

---

<sup>9</sup> Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, публикуется ежегодно в соответствии с обязательствами Российской Федерации по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Организационное руководство разработкой доклада осуществляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Оценки выбросов и абсорбции парниковых газов, методическое руководство, подготовка и редактирование доклада проводит Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля» (ФГБУ «ИГКЭ»).

<sup>10</sup> Действует в соответствии с приказом Федеральной службы государственной статистики от 28.11.2019 № 713 «Об утверждении Указаний по заполнению формы федерального статистического наблюдения № 4-ТЭР «Сведения об использовании топливно-энергетических ресурсов».

с требованиями к статистической отчетности Росстата и сопоставима с другими формами отчетности этого ведомства.

Для определения объема выбросов антропогенных газов, образующихся при сжигании топлива, мы отдельно оценивали выбросы от стационарного сжигания и выбросы, образующиеся при работе двигателей внутреннего сгорания. Оценки выбросов производились на основе простых методов подсчета, описанных в Руководящих принципах МГЭИК (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) для национальных кадастров парниковых газов и Национальном докладе о кадастре.

### Стационарное сжигание

Для расчета выбросов парниковых газов от стационарного сжигания топлива предприятиями использовались данные формы № 4-ТЭР о фактическом расходе котельно-печного топлива в расчете на всю произведенную продукцию (выполненные работы), выраженные в тоннах условного топлива (далее – т.у.т.). Для целей данного исследования мы сосредоточились на выбросах трех основных парниковых газов: двуокиси углерода – CO<sub>2</sub>, метана – CH<sub>4</sub> и оксида азота – N<sub>2</sub>O. Для этого данные были переведены в систему СИ (из тонн условного топлива в ТДж с использованием коэффициента преобразования, равного 0,0293076 ТДж/тс) и умножены на коэффициенты выбросов соответствующего газа по типу топлива (см. Уравнение 1).

Уравнение 1

$$Q_i = AD_i \cdot E \cdot C_i,$$

где  $i$  – тип топлива,

$Q_i$  – объем выбросов парникового газа по видам топлива (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) [кг],

$AD_i$  – потребление топливно-энергетического ресурса [т.у.т.],

$E$  – коэффициент пересчета, равный 0,0293076 [ТДж / т.у.т.],

$C_i$  – установленный по умолчанию или специфичный для страны коэффициент выбросов данного парникового газа по типу топлива [кг газа / ТДж].

В Приложении приведены коэффициенты выбросов CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O, которые были использованы для оценки выбросов парниковых газов по видам топлива (Таблица 5 и Таблица 6). Поскольку в форме № 4-ТЭР виды топлива учитываются по собственным наименованиям, которые не соответствуют наименованиям видов топлива в Национальном докладе, не всегда можно определить точное

соответствие коэффициентов выбросов для каждого топлива. Были использованы самые близкие значения<sup>11</sup>.

Учитывая большую разницу производств по способности выделять метан и оксид азота в процессе стационарного сжигания (Таблица 6), мы условно разделили виды экономической деятельности на несколько категорий. Энергетическая промышленность включает добычу полезных ископаемых, производство и распределение электроэнергии, газа и воды. Обрабатывающая промышленность и строительство включают производство, добычу металлических руд, строительство, транспортировку по трубопроводам и сбор, очистку и распределение воды. Остальные виды экономической деятельности были классифицированы как коммерческая/институциональная категория и жилая и сельскохозяйственная/лесная/рыболовная категории.

### **Сжигание мобильными источниками выбросов**

Особенностью мобильного сжигания топлива является то, что в разных двигателях оно сжигается с существенно разным КПД. В нашем распоряжении находится информация о видах используемого моторного топлива в физических единицах и объемах потребляемого топлива по видам экономической деятельности из формы № 4-ТЭР. При этом информация о пробеге автомобилей, качестве дорог и технических характеристиках двигателей отсутствует.

Поскольку данные о топливе, потребленном мобильными источниками, представлены в физических единицах (тоннах и м<sup>3</sup>), сначала мы переводим их в энергетические единицы (т.у.т.) с использованием коэффициентов пересчета, представленных ниже (Таблица 7), а затем применяем Уравнение 1 с коэффициентами выбросов углекислого газа (Таблица 5) и коэффициентами выбросов метана и закиси азота для мобильного сжигания, использованными в расчетах (Таблица 8).

Суммарные выбросы парниковых газов представлены в Приложении (

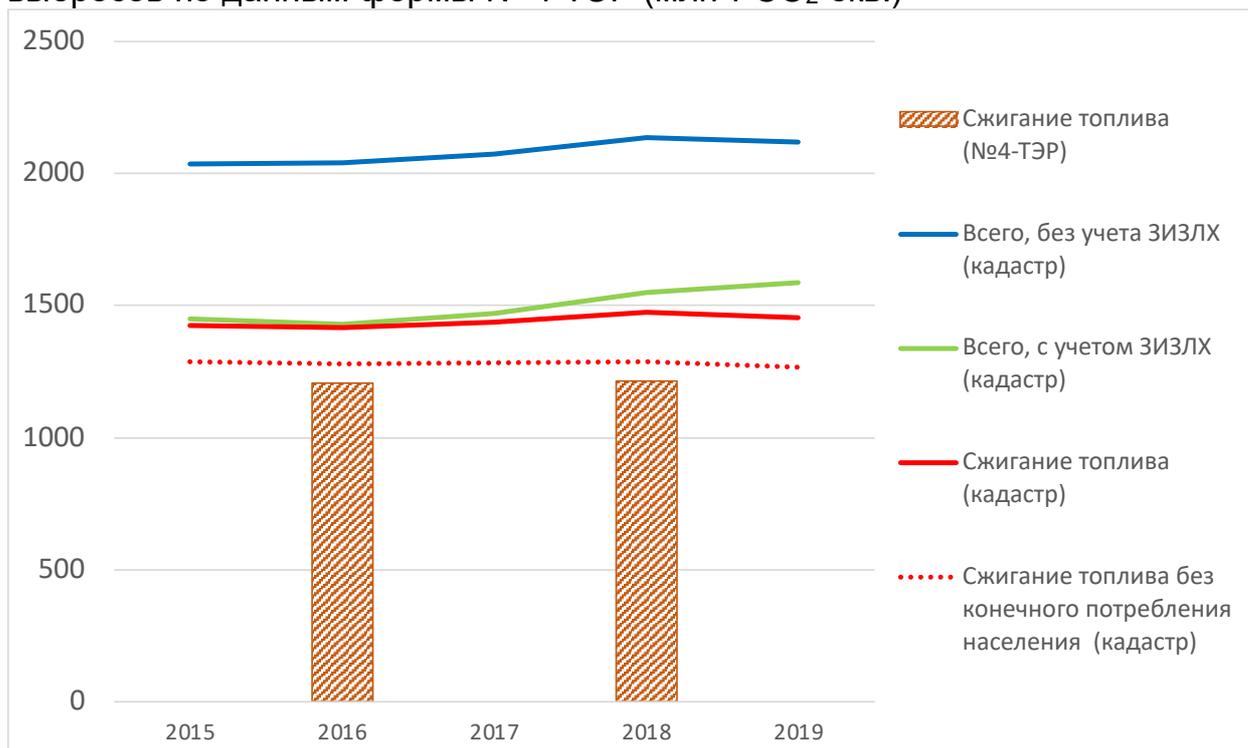
---

<sup>11</sup> Коэффициенты выбросов были взяты из табл. 3.8 Национального доклада (Романовская и др., 2022). Для определения коэффициентов выбросов для видов топлива, не указанных в Национальном докладе, мы дополнительно использовали табл. 1.2. «Рекомендуемые значения коэффициентов пересчета в единицы энергии и коэффициенты выбросов для двуокиси углерода (тСО<sub>2</sub>/ТДж), метана (кг СН<sub>4</sub>/ТДж) и оксида азота (кг N<sub>2</sub>O /ТДж) для стационарного сжигания топлива» из «Методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации», утвержденных приказом Минприроды России от 16.04.2015 № 15-р.

Таблица 9) в виде CO<sub>2</sub>-экв., полученного агрегированием рассчитанных объемов газов при помощи коэффициентов потенциала глобального потепления (1 – для CO<sub>2</sub>, 25 – для метана и 298 – для оксида азота).

Полученные оценки выбросов парниковых газов за 2016 и 2018 гг. по форме № 4-ТЭР были сопоставлены с данными Национального кадастра и др., (2022). Как показано ниже (Рисунок 1), общие выбросы парниковых газов значительно превышают наши оценки. Это обусловлено тем, что мы учитываем только эмиссию, вызванную сжиганием топлива предприятиями и организациями. Поэтому наши расчеты необходимо сравнивать с данными сектора «Энергетика» Национального доклада без учета конечного потребления топлива населением. Расхождение составляет около 6% и в основном обусловлено ограничениями в доступных нам данных.

Рисунок 1. Сравнение информации из Национального доклада с оценками выбросов по данным формы № 4-ТЭР (млн т CO<sub>2</sub>-экв.)



Источники: Национальный доклад (Романовская и др., 2022), расчеты авторов.

### Выбросы в базовом равновесии модели

Объемы выбросов ПГ в CO<sub>2</sub>-экв. в базовом равновесии модели представлены в Приложении 1 (

Таблица 10) и Приложении 3 (Рисунок 42). Промышленные выбросы рассчитаны по данным формы № 4-ТЭР, выбросы от сжигания, связанные с потреблением конечной продукции домохозяйствами, а также инвестиционным и государственным секторами, основаны на коэффициентах выбросов. Коэффициенты выбросов представляют собой соотношения общих отраслевых выбросов по видам топлива и затрат на топливо для промежуточного потребления (

Таблица 11).

## 5. Результаты моделирования: энергопереход в России

### 5.1. Дизайн сценариев

Мы рассматриваем сценарии NGFS в качестве отправной точки для разработки наших собственных сценариев. NGFS предлагает шесть сценариев, разделенных на три группы (NGFS 2021)<sup>12</sup>. Первая группа сценариев, «Упорядоченный энергопереход» (Orderly transition), предполагает, что климатическая политика во всех странах внедряется заранее, согласованным и упорядоченным образом. Вторая группа сценариев, «Неупорядоченные действия» (Disorderly transition), рассматривает состояние мира, когда меры климатической политики расходятся по отраслям и странам, но климатические цели, тем не менее, достигаются. Наконец, третья группа, «Эффект теплицы» (Hot house world), предполагает, что, несмотря на то что некоторые страны проводят климатическую политику, прикладываемых усилий недостаточно для замедления глобального потепления. В качестве базового мы выбрали сценарий «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050) из группы сценариев «Упорядоченный энергопереход». Это один из самых амбициозных сценариев, где целью глобальной климатической политики является ограничение потепления до 1,5 °C к 2100 году. Сценарий «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050) позволяет проводить сравнительный анализ влияния мер климатической политики в России на чистой основе, не смешивая последствия от применения разнородных мер климатической политики в разных секторах и странах. Мы используем версию сценариев, опубликованную в июне 2021 года<sup>13</sup>.

Что касается инструментов климатической политики, наше исследование в значительной степени опирается на работу Берингера (Böhlinger et al., 2015), где, помимо введения ограничения выбросов ПГ и торговли квотами на выбросы в России, рассматриваются два альтернативных инструмента климатической политики – стандарты интенсивности выбросов и стандарты энергоэффективности. Берингер с соавторами исследует влияние этих инструментов климатической

<sup>12</sup> [Информация о сценариях NGFS.](#)

<sup>13</sup> Сценарии NGFS были обновлены в июне 2022 г., когда основная работа над данным докладом уже была завершена.

политики на структуру экономики России, в том числе в контексте вступления страны в ВТО. Берингер показал, что «ограничение выбросов и торговля квотами» является предпочтительным способом ограничения выбросов с точки зрения минимизации потерь благосостояния в экономике.

В нашем исследовании мы сочетаем введение торговли квотами на выбросы в России с изменениями глобальной климатической политики, направленной на стабилизацию мировых выбросов парниковых газов на уровнях, в целом соответствующих сценарию «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050) в течение 2022–2050 годов.

Наша модель расчетного общего равновесия рассматривает Россию как малую открытую экономику, следовательно, мы рассматриваем мировые цены как экзогенные параметры. Под мировыми ценами мы понимаем цены российских экспортных товаров, с которыми сталкиваются российские экспортеры.

Прогнозы экспортных цен охватывают следующие 11 товаров: алюминий (alu), медь (cop), драгоценные металлы (pmt), металлические руды (ore), сырая нефть (cru), природный газ (gas), удобрения (frt), уголь (col), коксующийся уголь (ske), сталь (stl) и черные металлы (fmp) (Табл. 13). Все остальные экспортные цены и экзогенные параметры модели остаются фиксированными во всех сценариях.

Мы используем два варианта прогнозных значений мировых цен – «*Бизнес-как-обычно*» (BAU) и «*Климатический*» (Рисунок 14–24, Таблица 12<sup>14</sup> в Приложении 2). Мы используем набор цен «Бизнес-как-обычно» для одноименного сценария в модели и «Климатический» прогноз мировых цен для наших модельных сценариев с климатической политикой.

Мы моделируем сценарии как независимые прогоны модели, поэтому в нашем наборе сценарных оценок нет рекурсивного характера. Изменяемыми экзогенными параметрами модели являются экспортные цены и параметры внутренней климатической политики в соответствующих сценариях. Наша маркировка модели по годам означает, что мы используем соответствующий набор

---

<sup>14</sup> В Приложениях 2 и 3 приведены два разных представления изменения мировых цен на российские экспортные товары: изменения в процентах от года к году показаны на Рис. 14–24, а также процентная разница к мировым ценам 2016 г. (базовый год в нашей модели) представлена в Таблица 12. Обратите внимание, что в 2016 г. большинство экспортных цен были намного ниже, чем в 2021 г., поэтому экспортные цены в 2021 г. по сравнению с 2016 г. демонстрируют значительный рост во всех сценариях.

экспортных цен и параметров внутренней климатической политики там, где это применимо.

### Сценарий «Бизнес-как-обычно» (BAU)

В сценарии «Бизнес-как-обычно» активной климатической политики на глобальном или национальном уровнях нет. Сценарий *BAU* отражает траекторию мировых цен, с которыми могли бы столкнуться российские экспортные отрасли без влияния международной климатической политики, как авторы представляли себе эту траекторию на момент проведения исследования (конец 2021 г.), в частности, по многим товарам заложено снижение цен в 2022–2024 гг. (более подробную информацию см. в Приложении 3, Таблица 12).

### Сценарии с климатической политикой

Климатические сценарии характеризуются значительно более низким мировым спросом на ископаемые виды топлива и, соответственно, более низким уровнем цен, с которыми сталкиваются российские экспортеры, чем в сценарии *BAU*.

Мы рассматриваем следующие сценарии с климатической политикой:

- «Базовый климатический сценарий» («Базовый», *cli*) – климатические действия предпринимаются другими странами, а не Россией. Все крупные страны, кроме России, действуют в соответствии с амбициозными целями по сокращению выбросов парниковых газов к 2050 г. в соответствии со сценарием NGFS «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050). Мы не моделируем, как глобальные климатические действия влияют на мировой спрос и цены на российский экспорт, а полагаемся на точку зрения авторов NGFS-сценариев и нашу экспертную оценку в этом отношении. С точки зрения модели CGE это допущение означает, что единственными изменениями внешних параметров модели в этом сценарии являются изменения экспортных цен в соответствии с прогнозами мировых цен климатического сценария.
- «Домашний углеродный налог» («Домашний», *cts*). Это наш основной сценарий с климатической политикой. Мы предполагаем, что Россия сразу (в 2023 г.) вводит систему торговли квотами на выброс ПГ для достижения целей интенсивного сценария [Стратегии социально-](#)

экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

- *«Интенсивный сценарий внутренней климатической политики» («Интенсивный», ctc75).* Этот климатический сценарий предусматривает более масштабное сокращение выбросов ПГ в результате сжигания топлива (ctc75), чем основной сценарий, торговля выбросами углерода начинается в 2023 году.
- *«Отсроченный сценарий внутренней климатической политики» («Отсроченный», ctc75\_30).* Мы предполагаем, что климатическая политика отложена до 2030 г., но конечная цель по сокращению выбросов ПГ такая же, как и в сценарии *«Интенсивный» (ctc75).*

Мы предполагаем, что во всех климатических сценариях остальной мир действует по сценарию NGFS «Углеродная нейтральность 2050» (Net Zero 2050). Эти действия влияют на мировые цены на сырье и, соответственно, на цены на российский экспорт. Прогноз цен на отдельные товары такой же, как и в *«Базовом сценарии»* (без учета внутренней политики).

Внутренняя климатическая политика в нашей модели определяется «Интенсивным» сценарием Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (далее – Стратегия). Цели по сокращению выбросов, заявленные в Стратегии, а также объемы выбросов от сжигания в 2016 г., базовом для нашей модели, представлены в таблице ниже (Таблица 1).

В разделе данных мы объясняем, что охват нашей моделью источников выбросов ПГ ограничивается сжиганием топлива. В Стратегии нет подробных данных о распределении целей по сокращению по источникам выбросов, поэтому мы предполагаем, что сокращение выбросов от сжигания топлива пропорционально сокращению чистых выбросов. Учитывая, что базовым годом нашей модели является 2016 г., мы формулируем цели климатической политики относительно чистых выбросов за 2016 г., опубликованных в Национальном докладе (Романовская и др., 2022). Таким образом, целью сокращения выбросов ПГ в нашем центральном сценарии с внутренней климатической политикой (*«Домашний»*) является сокращение выбросов на 55,5% в 2050 г. от уровня 2016 года.

Таблица 1. Уровни выбросов в 2016 и 2019 гг. и цели по снижению выбросов в Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года

	2016 (UN FCCC)	2019 (Стратегия)	Цель 2030	Цель 2050	Изменение к 2016
			Инерционный сценарий Стратегии		
Выбросы ПГ	2023,4	2119,0	2253,0	2521,0	
Поглощение	-608,9	-535,0	-535,0	-535,0	
Нетто-выбросы	1414,5	1584,0	1718,0	1986,0	40%
			Интенсивный сценарий Стратегии		
Выбросы ПГ	2023,4	2119,0	2212,0	1830,0	
Поглощение	-608,9	-535,0	-539,0	-1200,0	
Нетто-выбросы	1414,5	1584,0	1673,0	630,0	-55,5%

Источник: Национальный доклад (Романовская и др., 2022), Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.

В сценарии «Домашний» мы предполагаем, что с 2023 г. действует механизм ограничения и торговли квотами на выбросы и каждый год лимит выбросов снижается с постоянной скоростью. В нашем центральном сценарии («Домашний») общее сокращение выбросов ПГ в CO<sub>2</sub>-экв. в 2050 г. составляет 55,5% по сравнению с контрольным уровнем 2016 года. Все отрасли и домашние хозяйства платят единый углеродный налог. Ставка углеродного налога является эндогенной во всех сценариях внутренней климатической политики и растет с уменьшением уровня допустимых выбросов.

В дополнение к нашему центральному сценарию мы рассматриваем два альтернативных сценария с внутренним углеродным налогом: «Интенсивный» и «Отсроченный». Сокращение чистых выбросов ПГ в Стратегии в значительной степени зависит от успеха увеличения поглотительной способности землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). В наших альтернативных сценариях мы предполагаем, что увеличение поглотительной способности меньше, чем заявлено в «Интенсивном» сценарии Стратегии, и, как следствие, необходимо увеличить сокращение выбросов от сжигания топлива на 75% от уровня 2016 года. Сценарий «Интенсивный» предполагает введение углеродного налога в 2023 году.

Сценарий «Отсроченный» предполагает, что внутренняя климатическая политика будет введена в действие в 2030 г. и что интенсивная внутренняя климатическая политика начнется в 2030 г., но уровень окончательной цели по сокращению выбросов тот же: сокращение на 75% к 2050 г. по сравнению с уровнем

2016 года. Учитывая меньшее количество лет для достижения цели, темп сокращения увеличивается. Все цели по выбросам в наших сценариях климатической политики представлены в Приложении 3 (Таблица 13).

## 5.2. Результаты моделирования

### Макропараметры и отраслевой выпуск

Во всех сценариях за все годы мы фиксируем на уровне базового 2016 г. запасы факторов производства, внешнее закрытие модели, а также объемы и структуру реального государственного потребления и покупок инвестиционного банка. Таким образом, изменение частного потребления является основным фактором изменения ВВП.

Мы приводим два разных варианта представления результатов моделирования: изменения по годам (Рисунок 25–Рисунок 41) и процентное изменение по сравнению с уровнем 2016 г. (Таблица 2).

Более низкий мировой спрос на ископаемые виды топлива в «Базовом» сценарии вызывает снижение реального ВВП и потребления домохозяйств по сравнению со сценарием BAU (Таблица 2).

Сценарии с внутренней климатической политикой дают ожидаемые результаты для выбранных нами предпосылок моделирования<sup>15</sup>: чем больше сокращение выбросов, тем выше цена на выбросы ПГ, а значит, тем больше падение реального ВВП. Разница между результатами в сценариях «Базовый» и «Домашний» подчеркивает влияние внутренней климатической политики.

В нашем центральном сценарии «Домашний» в 2030 г. падение ВВП от совокупного влияния изменения экспортных цен и внутренней климатической политики составляет -4,3%, из них падение ВВП за счет изменения экспортных цен

---

<sup>15</sup> Предпосылки для «зеленого» роста, то есть экономического роста с климатической политикой, включающей торговлю квотами на выбросы и углеродные налоги, являются широко обсуждаемой темой. Большинство исследователей сходятся во мнении, что «зеленые» инвестиции, а также прорывные инновации являются важными элементами «зеленого» роста (Haberl et al., 2020). В наших модельных экспериментах используется более консервативный подход: в модели отсутствуют новые технологии, все доступные технологии описываются российской таблицей «затраты – выпуск» 2016 г.; инвестиции и запасы факторов фиксируются в реальном выражении на уровне базового (2016) года. Это означает, что инвестиции лишь покрывают амортизацию; экономически активная рабочая сила фиксируется в единицах эффективности, а это означает, что все изменения в демографии компенсируются изменениями в производительности труда. Обратите внимание, что в данном докладе мы также не затрагиваем вопросы физических рисков изменения климата или адаптации к изменению климата.

равно -4,0%, или 93,5% падения ВВП. Остальные 6,5% связаны с введением ограничений эмиссии и торговлей квотами на выбросы с целью сокращения выбросов на 55,5% в 2050 г. (от 2016 г. – базового уровня модели).

В наших альтернативных сценариях «Интенсивный» и «Отсроченный» траектории ВВП различаются, хотя точка конечного назначения в 2050 г. одна и та же. При отсроченных климатических действиях, которые начинаются в 2030 г., темпы адаптации выше по сравнению с интенсивным сценарием с введением в 2023 г. механизма ограничения и торговли выбросами.

Таблица 2. Значение макропеременных в различных сценариях в 2030 и 2050 гг., изменения к уровню 2016 года

	BAU		"Базовый"		"Домашний"		"Интенсивный"		"Отсроченный"	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Изменения относительно уровня 2016 года, %										
Реальный ВВП, %	-2,58	-1,28	-3,99	-5,38	-4,26	-8,42	-4,74	-14,61	-4,03	-14,61
Реальное потребление домохозяйств, %	-4,99	-2,49	-7,73	-10,43	-8,26	-16,33	-9,19	-28,32	-7,81	-28,32
Выбросы CO <sub>2</sub> -экв., %	8,40	30,39	4,50	1,93	-20,65	-55,50	-32,70	-75,00	-6,39	-75,00
Реальная цена т CO <sub>2</sub> -экв., тыс. руб. 2016 года за т CO <sub>2</sub> -экв.	-	-	-	-	1,05	8,20	2,31	26,17	0,29	26,17

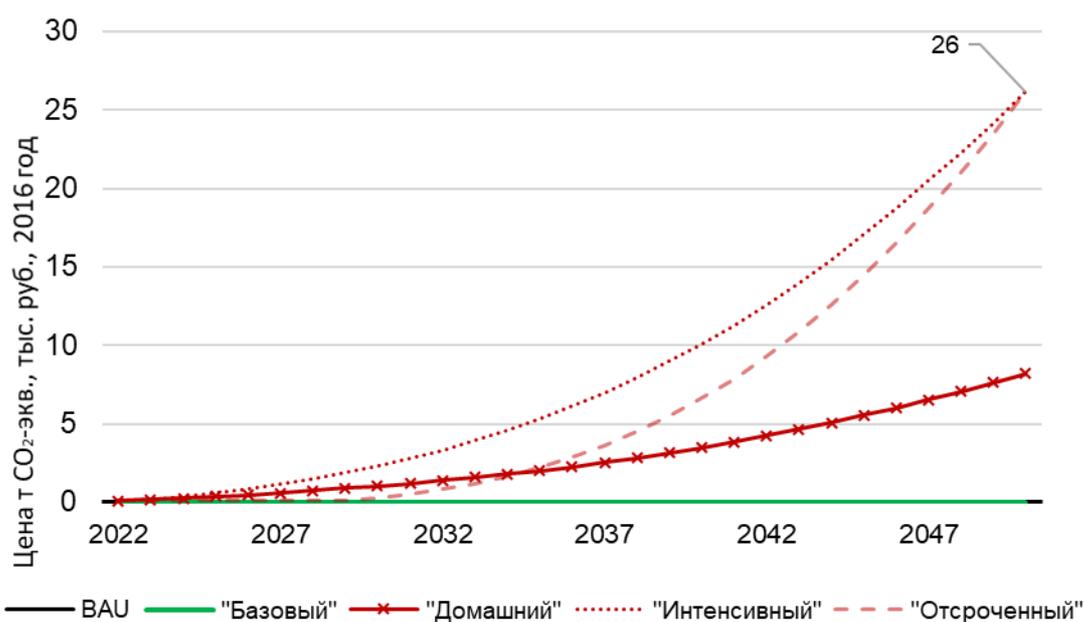
Источник: расчеты авторов.

Со стороны предложения (производства) экономики мы наблюдаем изменения в объемах и ценах на продукцию отраслей, изменения в распределении между внутренним и экспортным рынками, а также изменения в ценах на факторы производства. Со стороны спроса в экономике корректировки распространяются через цены отечественных товаров, произведенных для внутреннего рынка, влияя на спрос на импорт, промежуточное и конечное потребление. Поскольку государственные закупки и спрос инвестиционного банка фиксируются в реальном выражении на уровне базового года, вся подстройка к новому равновесию происходит через бюджет репрезентативного агента. Результирующие изменения бюджета репрезентативного агента и цен на конечные товары определяют уровень потребления домохозяйства в новом равновесии для каждого сценария. Результаты моделирования представлены в Приложении 3 (Рисунок 25–Рисунок 41).

Снижение мировых цен на энергоносители («Базовый сценарий мировых цен») при отсутствии внутренней климатической политики приведет к снижению

внутренних цен на топливо и увеличению выбросов ПГ в CO<sub>2</sub>-экв. (4,5% в 2030 г. и 1,9% в 2050 г.). Цена на выбросы ПГ в сценарии «*Домашний*» в 2030 г. составляет 1,1 тыс. руб. / т CO<sub>2</sub>-экв. (или 16 долл. США / т CO<sub>2</sub>-экв. в постоянных ценах 2016 г.) (Рисунок 2). В сценарии «*Домашний*» сокращение выбросов ПГ в CO<sub>2</sub>-экв. составляет 55,5% в 2050 г. при цене углерода 8,2 тыс. руб. / т CO<sub>2</sub>-экв.

Рисунок 2. Цена т CO<sub>2</sub>-экв., тыс. руб., 2016 год



Источник: расчеты авторов.

Мы оцениваем возможные затраты на достижение целей «Интенсивного» сценария низкоуглеродной стратегии России в 0,3% в 2030 г. и 3,0% в 2050 г. снижения реального ВВП от уровня базового года при немедленном (в 2023 г.) введении механизма торговли выбросами. В случае более амбициозной цели по сокращению выбросов ПГ, как в наших альтернативных сценариях («*Интенсивный*» и «*Отсроченный*»), экономическая нагрузка климатических действий может значительно возрасти по мере приближения к 2050 году. Если целью является сокращение выбросов от сжигания топлива на 75% от уровня 2016 г. без дополнительного влияния изменений экспортных цен, в 2050 г. издержки могут составить 9,2% реального ВВП от уровня базового года (2016 г.). Мы должны обратить внимание читателей на тот факт, что запас факторов во всех наших

сценариях фиксирован и мы не предусматриваем внедрение новых технологий или новых продуктов в модели.

Значительные экономические издержки при амбициозных целях сокращения выбросов связаны с использованием лишь одного вида климатической политики – механизма торговли квотами на выбросы. Важно оценить эффективность других инструментов климатической политики, включая увеличение поглотительной способности земель и лесов, сдерживание техногенных выбросов и утечек.

Изменения отраслевого выпуска в климатических сценариях с учетом и без учета внутренней климатической политики в 2050 г. по сравнению со сценарием BAU представлены в Приложении 3 (Рисунок 43). Во всех климатических сценариях негативное влияние испытывают отрасли, занимающиеся добычей ископаемого топлива. К отраслям, наиболее пострадавшим от внутренней климатической политики, также относятся производство электроэнергии, железнодорожный и другой наземный транспорт, добыча металлических руд и трубопроводный транспорт. Отраслями, которые получают выгоду от изменения относительных цен и испытывают увеличение производства в климатических сценариях по сравнению со сценарием BAU, являются деревообработка, лесное хозяйство, легкая промышленность и машиностроение.

## **6. Переходный риск и финансовая стабильность в России**

Мы проводим два дополнительных упражнения для оценки подверженности переходному риску банковского и нефинансового секторов экономики. Мы также оцениваем влияние климатической политики на изменение стоимости акций. Для обеспечения плавного перехода крайне необходима устойчивость банковского сектора. Сложный характер переходного риска создает дополнительные проблемы для оценки, что выражается в ряде допущений.

Особенностями переходного климатического риска являются длительный временной горизонт и отложенные сроки реализации риска. На практике это означает, что структура текущих требований по срокам погашения, краткосрочные финансовые потребности и растущее давление в пользу рефинансирования могут дополнять друг друга. Кумулятивный эффект может быть в значительной степени отложен во времени. Перспективный характер переходного риска и общая гибкость фирм в выборе источника финансирования могут повлиять на сроки и амплитуду фактической реализации переходного климатического риска. Тем не менее для

лучшего понимания устойчивости банков необходима оценка отраслевого распределения уже взятого ими на себя риска.

Мы видим перед собой двоякую задачу, решение которой предполагает использование различных подходов и модельного аппарата. Во-первых, фирмы неоднородны с точки зрения своей операционной подверженности переходному риску. Степень воздействия переходного риска на операционную деятельность фирм и экономические результаты реализации этого риска были оценены в ходе моделирования с применением расчетной модели общего равновесия (CGE).

С другой стороны, фирмы существенно различаются по источнику доступного финансирования и, в частности, по размеру финансовых потребностей, удовлетворяемых банковскими кредитами. Это приводит к различным возможным комбинациям операционных и финансовых рисков.

## 6.1. Методология финансовой модели

### Концепция коэффициента обслуживания долга (КОД)

Мы фокусируемся на потенциальной способности нефинансовых компаний (далее – НФК) обслуживать свои долговые обязательства в различных сценариях (рассмотренных в модели CGE). Мы измеряем нагрузку по обслуживанию долга для каждой компании, используя концепцию коэффициента обслуживания долга (КОД, Debt Service Ratio, DSR)<sup>16</sup>. Этот коэффициент связывает сумму процентных платежей и амортизированную сумму долга с потоком доходов, генерируемых каждым заемщиком в каждый момент времени. По построению КОД отражает нелинейность влияния изменения процентных ставок и оставшегося срока до погашения:

Уравнение 2

$$DSR_{j,t} = \frac{i_{j,t}}{(1-(1+i_{j,t})^{-S_{j,t}})} * \frac{D_{j,t}}{Y_{j,t}},$$

где оставшийся срок до погашения ( $S$ ), ссудная ставка ( $i$ ) и сумма непогашенной задолженности ( $D$ ) для предприятия  $j$  в момент времени  $t$  нормализуются на сумму дохода ( $Y$ ). Предполагается, что основная сумма долга амортизируется в течение

---

<sup>16</sup> Концепция коэффициента обслуживания долга (КОД, Debt Service Ratio, DSR) была введена в (Drehmann and Juselius, 2013). Он был применен к базе данных на уровне фирм в работе Burova, 2020. Для всестороннего обсуждения КОД и его полезности в качестве индикатора раннего предупреждения см. в исследовании Drehmann and Juselius, 2013.

оставшегося срока до погашения. Это предположение является консервативным, поскольку подразумевает, что фирмы должны быть в состоянии генерировать прибыль, достаточную не только для обслуживания своих процентных платежей, но и для погашения примерно  $1/n$  суммы непогашенного долга (где  $n$  – оставшееся время до погашения в годах). С другой стороны, это допущение носит предупредительный характер, поскольку позволяет заметить недостаточный уровень дохода заранее, а не в тот момент, когда пришло время возвращать основное тело долга. Если на момент планового погашения долга определяется недостаточная сумма дохода, у заемщика может быть только две возможности – дефолт или пролонгация долга (в этом случае пролонгация долга должна предполагаться непрерывно).

Мы рассчитываем сумму ожидаемых процентных платежей и амортизированную сумму основного долга (совместно именуемые суммой бремени по обслуживанию долга) на последующий год на основе информации на 01.01.2020. Мы связываем сумму бремени по обслуживанию долга с суммой прибыли до уплаты процентов и налогов (ЕВІТ) для каждого заемщика за 2019 финансовый год и называем это КОД в статус-кво.

### **Использование результатов сценарных расчетов в модели CGE**

Мы предполагаем, что изменение уровня прибыли до уплаты процентов и налогов (ЕВІТ) каждого заемщика будет отражать общее изменение в отрасли, к которому принадлежит этот заемщик, на основе отраслевой классификации NACE (по сути, мы предполагаем, что фирмы представляют отрасли, в которых они работают). Мы берем процентное изменение *бухгалтерской прибыли* из модели CGE для каждой отрасли и используем его в качестве входных данных для знаменателя КОД (Уравнение 2). Мы рассчитываем нагрузку по обслуживанию долга по состоянию на 01.01.2020 и соотносим ее с оценочной суммой ЕВІТ в 2030 и 2050 гг. для каждого сценария (названных BAU 2030, BAU 2050, Reference 2030 и так далее). Таким образом, мы оцениваем влияние различных сценариев на способность фирм обслуживать свои долговые обязательства. На текущем этапе исследования мы не предполагаем изменения уровня долга, структуры погашения или процентных ставок, то есть мы предполагаем статический баланс долговых обязательств фирм. На последующем этапе исследования мы собираемся ослабить это предположение и смоделировать траекторию изменения атрибутов

долга (более короткий или более длительный срок погашения, кривая доходности и так далее).

## 6.2. Данные финансовой модели

Мы используем базу данных кредитного реестра на уровне отдельных кредитов<sup>17</sup>. База данных содержит информацию о сумме непогашенной задолженности по каждому кредитному договору, начальном и оставшемся сроках погашения (в днях), информацию о процентных ставках, залоге, а также фактическую информацию о схеме погашения (включая процентные расходы и амортизацию основной суммы долга). Информация о заемщиках включает идентификационный номер налогоплательщика и код отраслевой классификации. Детальная подверженность риску на отраслевом уровне была рассчитана на основе информации из кредитного реестра, доступной для каждой фирмы: суммы непогашенных кредитов для каждой фирмы были суммированы, затем фирмы были классифицированы на основе их отраслевой принадлежности и была рассчитана общая подверженность риску.

Мы используем годовую финансовую отчетность заемщиков, полученную из базы данных СПАРК<sup>18</sup>. Мы сопоставляем информацию из кредитного реестра с информацией из финансовой отчетности, чтобы связать сумму бремени обслуживания долга с суммой ЕБИТ для каждого заемщика. Для этого упражнения мы используем сумму непогашенной задолженности по состоянию на 01.01.2020 и сопоставляем ее с информацией о ЕБИТ за 2019 финансовый год, то есть общую сумму прибыли до уплаты процентов и налогов с 01.01.2019 по 31.12.2019 для каждого заемщика.

## 6.3. Результаты финансовой модели

Мы объединяем все фирмы по отраслям экономики на основе классификации ОКВЭД-2007 (NACE rev 1) (подробный список отраслей см. в Приложении 1) и показываем эволюцию КОД по укрупненным отраслям для каждого сценария.

---

<sup>17</sup> В качестве кредитного реестра выступает форма отчетности 0409303 «Сведения о предоставленных денежных средствах юридическим лицам», ежемесячно представляемая российскими кредитными организациями в Банк России. [Описание формы](#).  
Подробное описание базы данных также можно найти в рабочих документах, подготовленных с использованием тех же источников данных, например у Goncharenko et al., 2021.

<sup>18</sup> [База СПАРК поддерживается Группой «Интерфакс»](#).

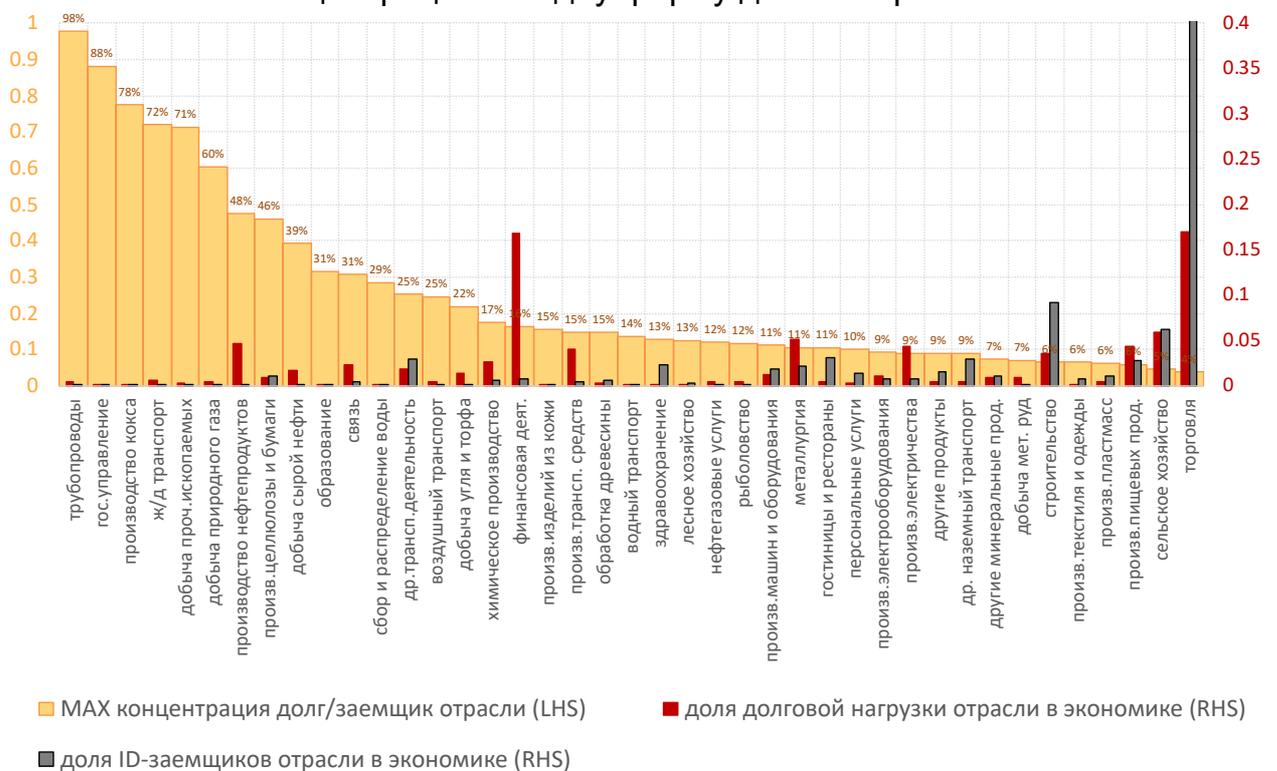
## Status Quo

Сначала опишем характеристики распределения КОД исходя из фактических характеристик EBIT на 01.01.2020. Мы описываем неоднородность КОД в 42 отраслях экономики, используя следующие категории:

- объем бремени обслуживания долга, сосредоточенного на одной фирме в каждой отрасли;
- доля бремени по обслуживанию долга (общий риск или подверженность риску), приходящаяся на заемщиков с отрицательной прибылью;
- доля отраслевого риска (в общей сумме бремени по обслуживанию долга в каждой отрасли), которая попадает в диапазон КОД от 0 до 100%. Такие уровни КОД должны быть безопасными («благополучными»), поскольку сумма бремени по обслуживанию долга в этом случае (числитель в Уравнение 2) не превышает прибыль фирмы (знаменатель в Уравнение 2).

Для визуального представления см. Рисунок 3–Рисунок 5.

Рисунок 3. Доля бремени по обслуживанию долга, количество фирм и максимальная концентрация на одну фирму для 42 отраслей экономики



Сумма значений красных столбцов равна 100%, сумма значений серых столбцов также равна 100%.

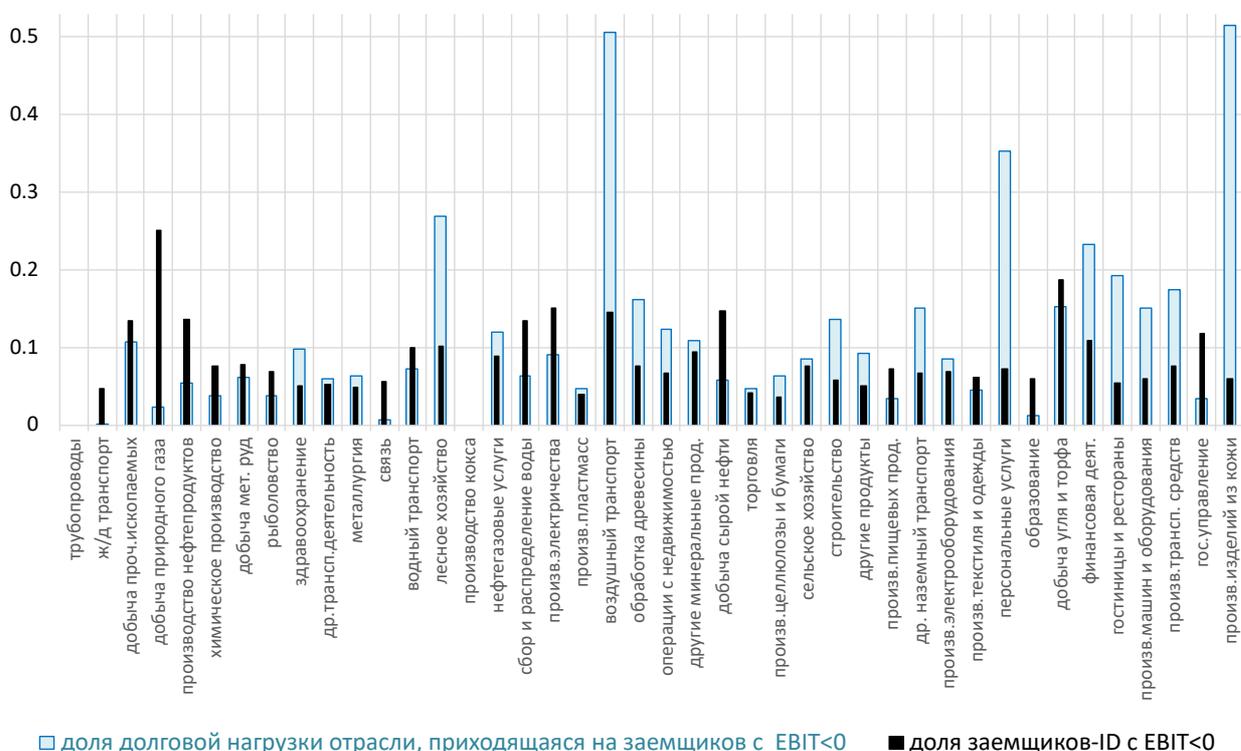
Источники: Банк России, расчеты авторов.

Величина бремени по обслуживанию долга сконцентрирована в нескольких секторах экономики (Рисунок 3, **красные столбцы**), а именно: оптовая и розничная

торговля (sG) – 17%, финансовая деятельность (sJ) – 17% и недвижимость (sK) – 12% с долей заемщиков (Рисунок 3, серые столбцы) 41; 1 и 12% соответственно.

Высокая концентрация (более 50%) отраслевой подверженности риску в одной фирме (Рис. 3, желтые столбцы) наблюдается в следующих отраслях: трубопроводный транспорт (s603) – 98% и железнодорожный транспорт (s601) – 72%; производство кокса (s231) – 78%, природный газ и газовый конденсат (sgas) – 60%, добыча других полезных ископаемых (s14) – 71%, государственное управление (sL) – 88% секторов.

Рисунок 4. Доля бремени по обслуживанию долга заемщиков с отрицательной прибылью в общем отраслевом риске (Status Quo)

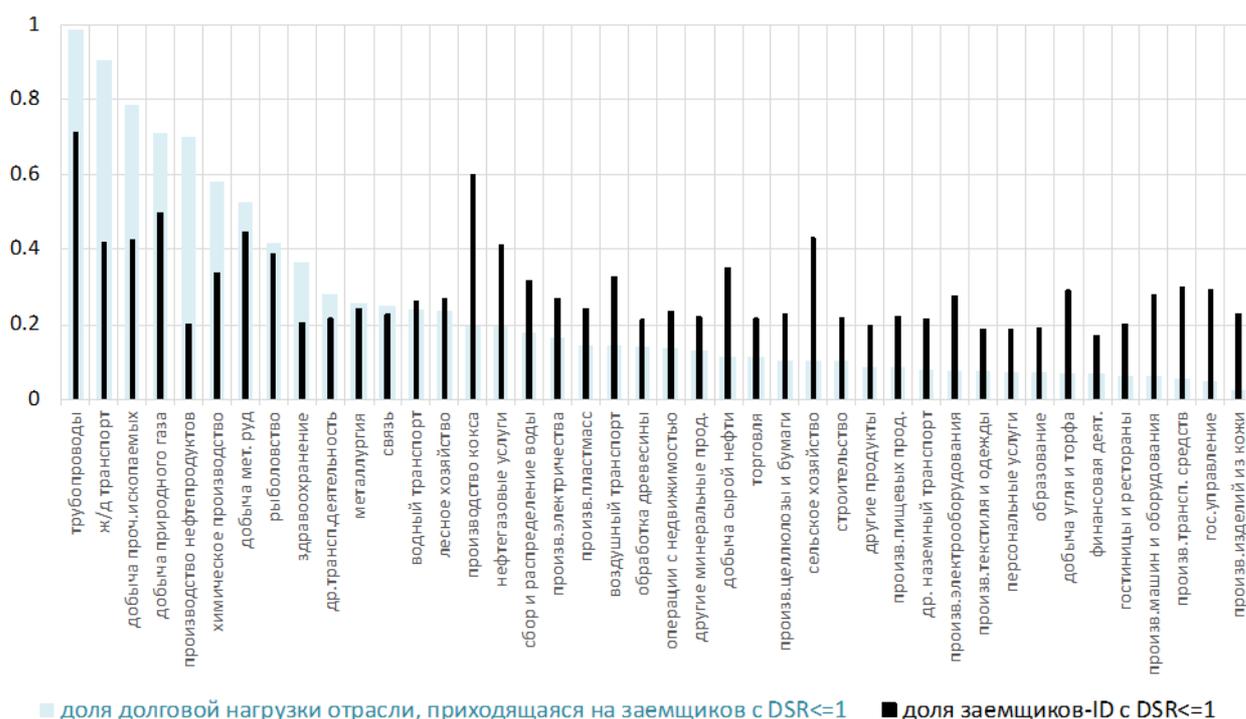


Источники: Банк России, расчеты авторов.

Доля риска, приходящаяся на заемщиков с отрицательной прибылью (Рис. 4, синие столбцы), является самой высокой в производстве кожаных изделий (sDC) – 52%, воздушном транспорте (s62) – 51%, общественной и социальной деятельности (sO) – 35%, лесном хозяйстве (sO2) – 27%, финансовой деятельности (sJ) – 23%. В то же время доля фирм с отрицательной прибылью в этих секторах

(Рисунок 4, **черные столбцы**) не отражает долю их подверженности риску, которая составляет 6; 15; 7; 10; 11% соответственно. Таким образом, можно заметить, что на фирмы с отрицательной прибылью приходится непропорционально большой объем отраслевых рисков в некоторых секторах экономики.

Рисунок 5. Доля бремени обслуживания долга заемщиков с КОД менее или равным 100% прибыли в общем отраслевом риске (Status Quo)



Источники: Банк России, расчеты авторов.

Мы считаем уровни КОД, попадающие в диапазон (0, 100%], безопасными («благоприятными») для целей финансовой стабильности (при этом уровень, близкий к 100%, является «пограничным», поскольку это означает, что потенциальный отток денежных средств для обслуживания долга выше, чем доходы от операционной деятельности).

Наименьшая подверженность риску в пределах безопасного диапазона (Рисунок 5, **синие столбцы**) приходится на следующие отрасли: производство кожаных изделий (sDC) – 3%, производство машин и оборудования (sDK) – 6%, добыча угля, бурого угля и торфа (s10) – 7%, гостиницы и рестораны (ОШ) – 7%, образование (ОО) – 7%, текстильное и швейное производство (СШП) – 8%, пищевое производство (СДА) – 8%. Доля фирм (Рисунок 5, **черные столбцы**) с

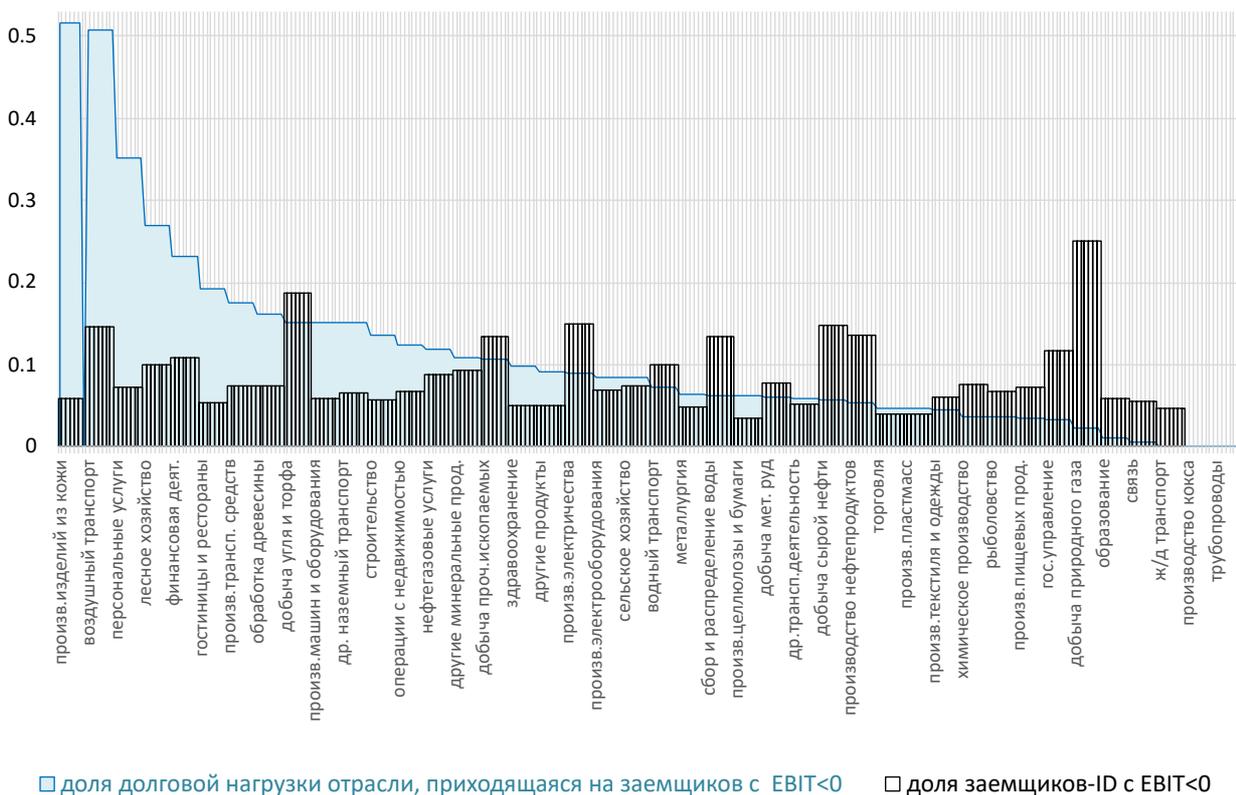
КОД в безопасном диапазоне составляет 19–30% в этих секторах. Это означает, что финансово устойчивые фирмы имеют непропорционально низкую долю риска в некоторых секторах экономики.

## Сценарии

Мы используем результаты сценарных расчетов из модели CGE: изменение бухгалтерской прибыли<sup>19</sup> в 2030 и 2050 гг. в нашем центральном сценарии («Домашний»). Мы переводим процентное изменение бухгалтерской прибыли в соответствующее изменение EBIT для фирм в каждой отрасли, предполагая, что фирмы являются репрезентативными для своих отраслей.

Далее мы обсудим изменения в распределении КОД, в частности изменение доли риска, приходящегося на фирмы с отрицательной прибылью (Таблица 3).

Рисунок 6. Доля нагрузки по обслуживанию долга заемщиков с отрицательной прибылью (все сценарии)



Примечание. Каждый столбик соответствует разным сценариям.

Источники: Банк России, расчеты авторов.

<sup>19</sup> Бухгалтерская прибыль в модели CGE представлена как отчисления мобильному и специфическому капиталу в каждой отрасли.

Доля риска, приходящаяся на заемщиков с отрицательной прибылью, не меняется во всех сценариях (Рисунок 6), за исключением производства изделий из кожи (sDC) в сценарии «Домашний 2050» (снижение с 52% подверженности риску и с 6% фирм до 0%).

Для каждого сценария мы рассчитываем долю фирм и сумму соответствующего риска, для которых:

- уровень КОД изменяется от (0,100%] до выше 100% (называем это «неблагоприятным изменением»),
- уровень КОД изменяется от более 100% до (0,100%] (называем это «благоприятным изменением»).

Результаты в номинальных величинах (млрд руб.) представлены в Таблица 3. Подробный анализ процентного изменения в разбивке по фирмам и подверженности риску см. ниже (Рисунок 7–Рисунок 12).

Таблица 3. Изменение подверженности риску (млрд руб.) и суммарных сценарных эффектов по отраслям экономики

Сектор	Неблагоприятное изменение		Благоприятное изменение		Совокупный эффект	Неблагоприятное изменение		Благоприятное изменение		Совокупный эффект	Неблагоприятное изменение		Благоприятное изменение		Совокупный эффект	Неблагоприятное изменение		Благоприятное изменение		Совокупный эффект
	изменение	эффект	изменение	эффект		изменение	эффект	изменение	эффект		изменение	эффект	изменение	эффект		изменение	эффект	изменение	эффект	
s01	2		2		0	0		0		0	2		2		0	2		2		0
s02																				
s10				9		9		10		10			9		15			15		15
s112															2			2		2
s13							0		0		4		9		9			22		22
s14																				
s231							4		4		1		5		6			1		1
s232				3		3		3		3			3		4			24		24
s40	3		3		3	3		6		6		3		4			4		4	
s41	0		0		0	0		0		0		0		0			1		1	
s601															5			5		5
s602	0		0		0	0		0		0		0		0			1		1	
s603																				
s61																				
s62																				
s63															1			1		1
s64	0		0		0	0		0		0		0		0			0		0	
sB																				
sDA	2		2		3	3		6		3		2		2			5		5	
sDB																				
sDC																				
sDD				0		0		0		0			2		2			5		5
sDE	0		0		0	0		0		0										
sDG	68		68		68	68		68		68		197		197			197		197	
sDH	0		0								1									
sDI											0									
sDJ	4		4		0	0				5		0		0			5		5	
sDK																				
sDL																				
sDM		7	7		9	9		9		9		1		0			0		3	
sDN	0		0								2									
sF																	12		12	
sG	7		7		9	9		20		20		4		6			64		64	
sH	0		0		0	0		0		0		0		0			1		1	
sj																	9		9	
sK	1		1		1	1		2		2		2		0			5		5	
sL																				
sM	0		0		0	0		0		0		0		0			0		0	
sN	0		0		0	0		0		0		0		0			0		0	
sO	0		0		0	0		0		0		0		0			2		2	
scru							2		2				2		2			2		2
sgas															2			52		52
<b>Итого</b>	<b>(89)</b>	<b>42</b>	<b>(46)</b>	<b>(104)</b>	<b>124</b>	<b>20</b>	<b>(113)</b>	<b>114</b>	<b>1</b>	<b>(223)</b>	<b>30</b>	<b>(193)</b>	<b>(251)</b>	<b>124</b>	<b>(127)</b>	<b>(464)</b>	<b>62</b>	<b>(402)</b>		

Источники: Банк России, расчеты авторов.

Наиболее заметное благоприятное (Таблица 3, **зеленые ячейки**) изменение в подверженности риску наблюдается для производства нефтепродуктов (s232) в сценариях «*Базовый 2030*», «*Базовый 2050*» и «*Домашний 2030*» и составляет 63 млрд рублей.

Благоприятные изменения в секторе производства транспортных средств и оборудования (sDM) наблюдаются во всех сценариях, но с разной амплитудой от 11 млрд руб. в сценарии *BAU 2050* до 23 млрд руб. в сценарии «*Домашний 2050*».

Благоприятные изменения в обработке и производстве древесины (sDD) наблюдаются только в сценариях «*Базовый*» и «*Домашний*» и колеблются от 10 млрд руб. в «*Базовый 2030*» до 15 млрд руб. в «*Домашний 2050*».

В целом максимально благоприятные изменения для экономики наблюдаются в сценариях «*Базовый 2030*» и «*Базовый 2050*» в сумме 124 млрд рублей. Это компенсируется неблагоприятными изменениями в размере 104 млрд руб. («*Базовый 2030*») и 251 млрд руб. («*Базовый 2050*»). Таким образом, сценарий *BAU 2030* является наиболее благоприятным с суммарным благоприятным изменением для экономики на 20 млрд руб. (которое можно интерпретировать как общее снижение подверженности риску на 20 млрд руб.).

Наиболее сильное негативное воздействие климатической политики (Таблица 3, **красные ячейки**) наблюдается в сценарии «*Домашний 2050*» с дополнительной подверженностью риску в размере 402 млрд руб. (всего по экономике). В основном данный прирост подверженности риску приходится на химическое производство (sDG, 197 млрд руб.), оптовую и розничную торговлю (sG, 64 млрд руб.), добычу природного газа и газового конденсата (sgas, 52 млрд руб.).

Далее мы переходим к дезагрегированному анализу благоприятных и неблагоприятных изменений количества фирм и их нагрузки по обслуживанию долга в различных сценариях (Рисунок 7–Рисунок 12).

### **Сценарий «Бизнес-как-обычно (BAU)»**

Визуализация результатов для данного сценария представлена на рисунках ниже (Рисунок 7 – для 2030 г. и Рисунок 8 – для 2050 г.). Производство кокса (s231) продемонстрировало значительный рост (40%) числа фирм, для которых уровень КОД переместился с уровней, превосходящих 100%, в безопасный диапазон, находящийся в пределах (0,100%]. Соответствующий объем отраслевой подверженности риску с «благоприятным изменением» составляет 81%. Водный транспорт (s61) продемонстрировал увеличение числа фирм, попадающих в

наиболее безопасный диапазон (4%) и «благоприятное изменение» подверженности риску (12%). Таким образом, сценарий *BAU* приводит к благоприятным изменениям для заемщиков с большей нагрузкой по обслуживанию долга в этих секторах.

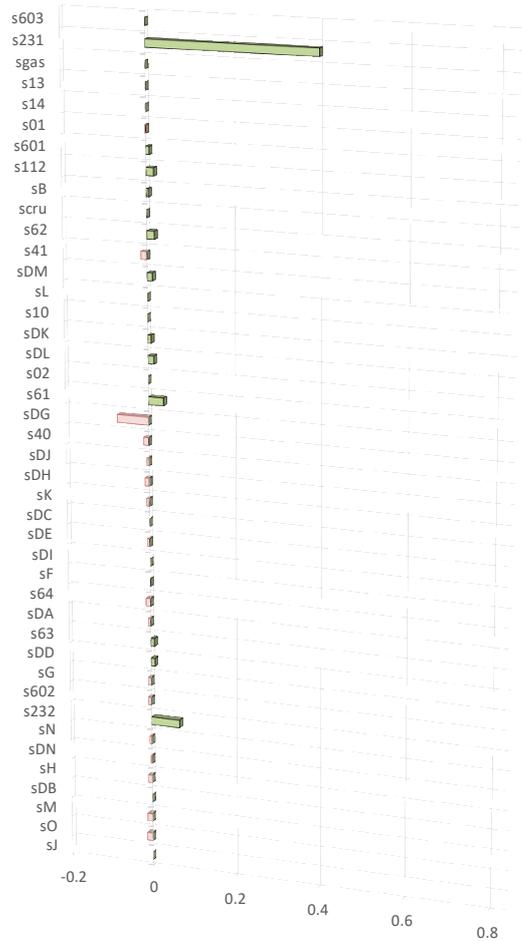
Химическое производство (*sDG*) показывает неблагоприятное изменение (то есть от уровней КОД, попадающих в диапазон (0,100%] к уровням выше 100%) в количестве фирм и соответствующей подверженности риску следующим образом:

- 2030 г.: 8% фирм и 17% отраслевой подверженности риску;
- 2050 г.: 11% фирм и 50% отраслевой подверженности риску.

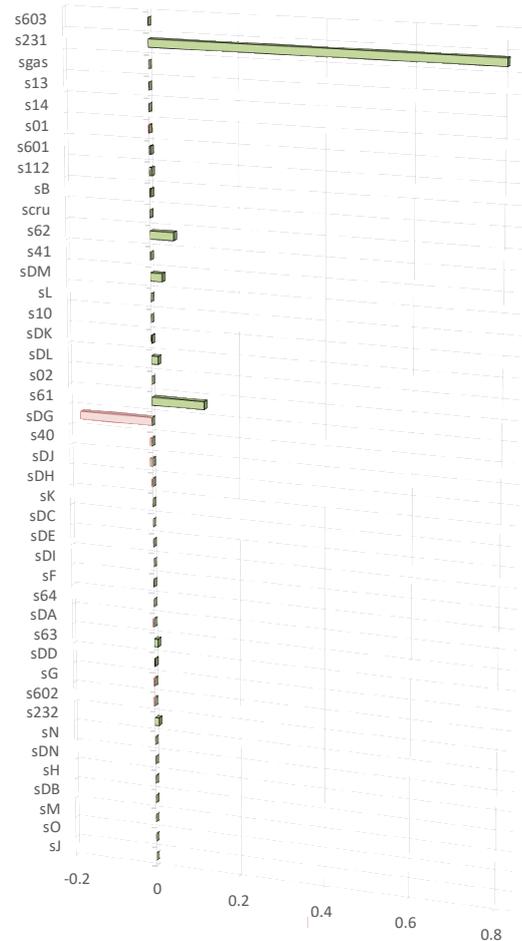
Таким образом, ближе к 2050 г. фирмы с большей долей отраслевой подверженности риску испытают неблагоприятные изменения.

Рисунок 7. Изменения подверженности риску, сценарий «Бизнес-как-обычно» (*BAU*), 2030 год

А) Доля фирм, %



В) Доля долговой нагрузки, %



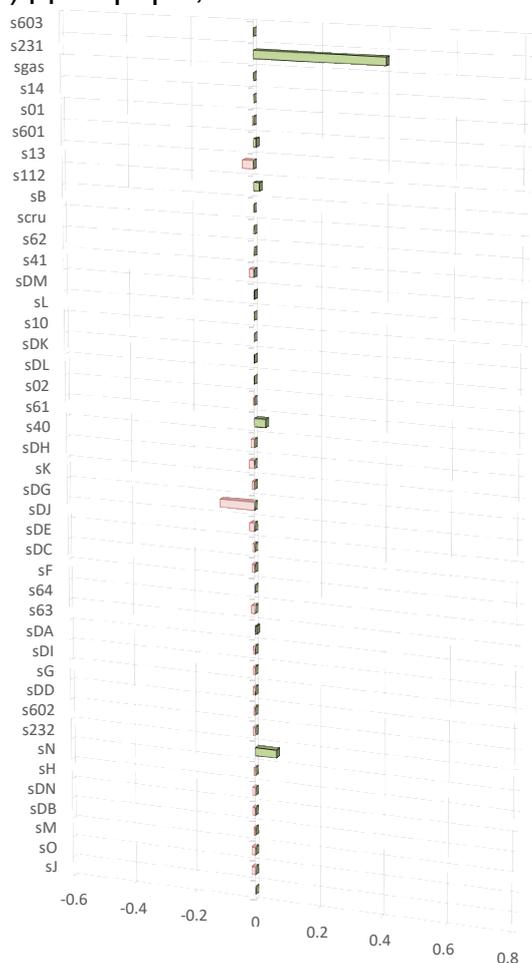
■ неблагоприятное изменение, доля фирм  
■ благоприятное изменение, доля фирм

■ неблагоприятное изменение, доля долговой нагрузки  
■ благоприятное изменение, доля долговой нагрузки

Источники: Банк России, расчеты авторов.

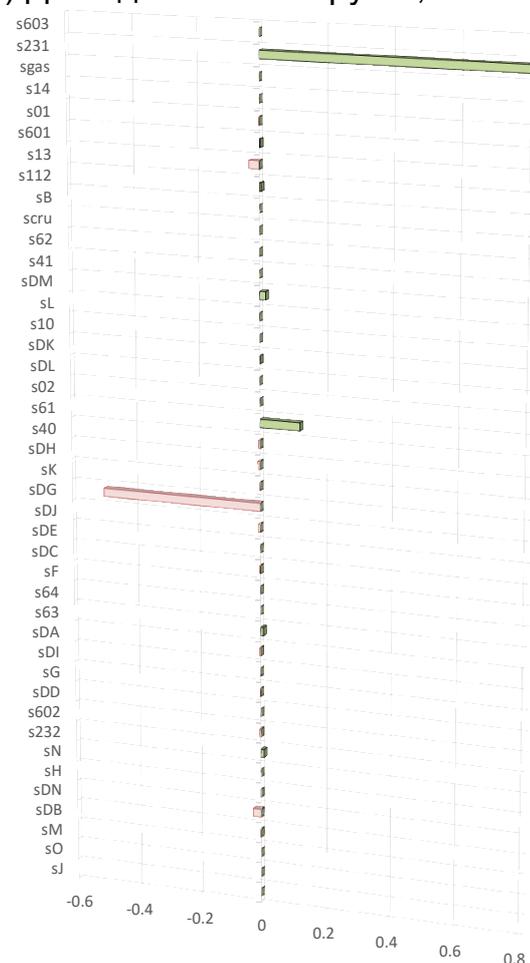
Рисунок 8. Изменения подверженности риску, сценарий «Бизнес-как-обычно» (BAU), 2050 год

А) Для фирм, %



■ неблагоприятное изменение, доля фирм  
■ благоприятное изменение, доля фирм

В) Доля долговой нагрузки, %



■ неблагоприятное изменение, доля долговой нагрузки  
■ благоприятное изменение, доля долговой нагрузки

Источники: Банк России, расчеты авторов.

**Сценарий «Базовый»**

На рисунках ниже (Рисунок 9 – для 2030 г. и Рисунок 10 – для 2050 г.) деревообработка (sDD) продемонстрировала благоприятное изменение подверженности риску, попадающей в самый безопасный диапазон (19% в 2030 г. и 24% в 2050 г.), то есть для которых уровень КОД изменился от более чем 100% до (0,100%). Соответствующее увеличение числа фирм (в безопасном диапазоне КОД) составляет 3 и 5%.

Производство нефтепродуктов (s232) демонстрирует благоприятную динамику числа фирм (переместившихся в безопасный диапазон) в 2030 и 2050 гг.: 14 и 15% соответственно. Изменения соответствующей доли отраслевого риска в «благоприятном» диапазоне составляют 9% для обоих временных горизонтов.

Таким образом, благоприятные изменения наблюдаются для фирм с меньшей долей отраслевой подверженности риску.

Водный транспорт (s61) продемонстрировал рост числа фирм (7% до 2030 г. и 14% до 2050 г.) и соответствующей подверженности риску (14% до 2030 г. и 16% до 2050 г.) в пределах наиболее безопасного диапазона. Таким образом, благоприятные изменения в 2030 г. испытают фирмы с большей долей отраслевого риска, но в 2050 г. компании с меньшей долей бремени обслуживания долга также продемонстрируют благоприятные изменения.

Химическое производство (sDG) показывает неблагоприятные изменения (то есть от уровней КОД, попадающих в диапазон (0,100%] до уровней, превышающих 100%), по количеству фирм и соответствующему риску следующим образом:

- 2030 г.: 8% фирм и 17% отраслевой подверженности риску;
- 2050 г.: 11% фирм и 50% отраслевой подверженности риску.

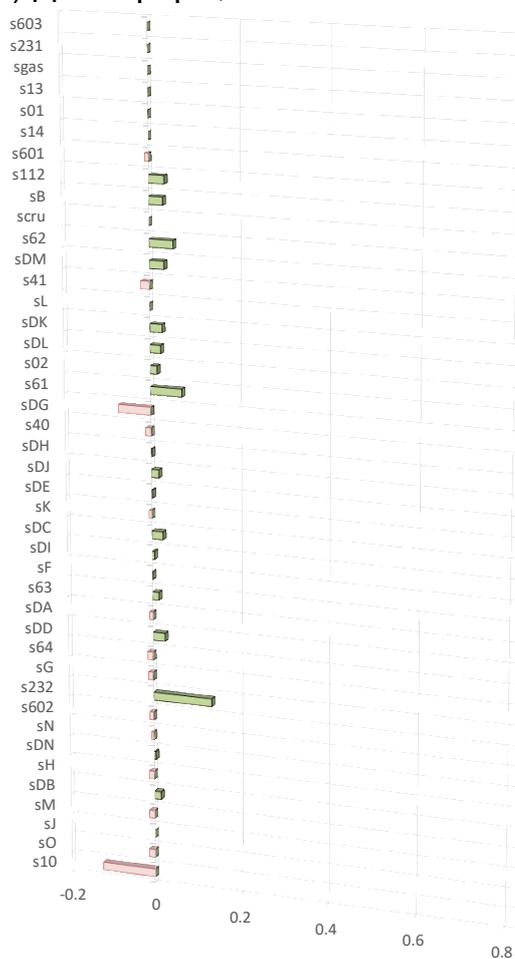
Таким образом, более серьезный эффект наблюдается в 2050 году.

Добыча угля, бурого угля и торфа (s10) показывает неблагоприятную динамику для обоих временных горизонтов: 13% фирм и 4% отраслевого риска.

Добыча металлической руды (s13) показывает заметные неблагоприятные изменения только в сценарии 2050 г.: 8-процентное увеличение количества фирм с подверженностью риску 7%.

Рисунок 9. Изменения подверженности риску, сценарий «Базовый», 2030 год

А) Доля фирм, %



■ неблагоприятное изменение, доля фирм  
■ благоприятное изменение, доля фирм

В) Доля долговой нагрузки, %



■ неблагоприятное изменение, доля долговой нагрузки  
■ благоприятное изменение, доля долговой нагрузки

Источники: Банк России, расчеты авторов.



- производство нефтепродуктов (с232) – увеличение количества фирм на 12 и 3% и подверженности риску – на 9 и 1%;

- водный транспорт (с61) – увеличение количества фирм на 7 и 6% и подверженности риску – на 14%;

- производство изделий из кожи (sDC) – увеличение количества фирм на 19% и подверженности риску – на 16%, но только в сценарии 2050 года.

Следующие отрасли продемонстрировали заметные неблагоприятные изменения (когда уровни КОД, попадающие в диапазон (0,100%], переместились на уровни выше 100%) в результате сценарных допущений:

- производство кокса (s231) – увеличение количества фирм на 20 и 60%, подверженности риску – на 16 и 19%;

- добычи угля, бурого угля и торфа (s10) – увеличение количества фирм на 15 и 19%, подверженности риску – на 5 и 7%;

- химическое производство (sDG) – увеличение количества фирм на 8 и 11%, подверженности риску – на 17 и 50%;

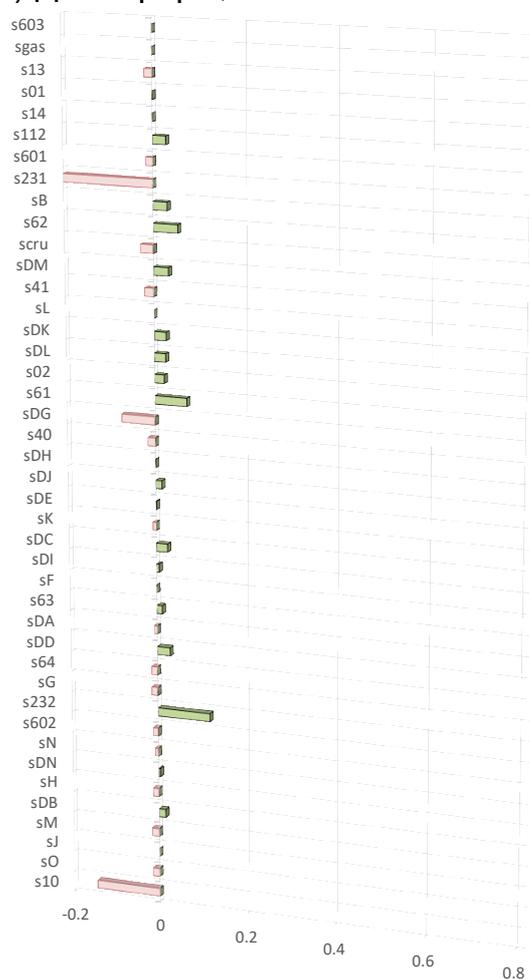
- добыча сырой нефти и попутного газа (scru) – увеличение количества фирм на 3 и 15%, подверженности риску – на 1 и 4%.

- добыча природного газа и газового конденсата (sgas) – увеличение количества фирм на 38%, подверженности риску – на 71% (только в сценарии 2050 г.);

- добыча металлической руды (s13) – увеличение количества фирм на 15% и подверженность риску – на 16% (только в сценарии 2050 г.).

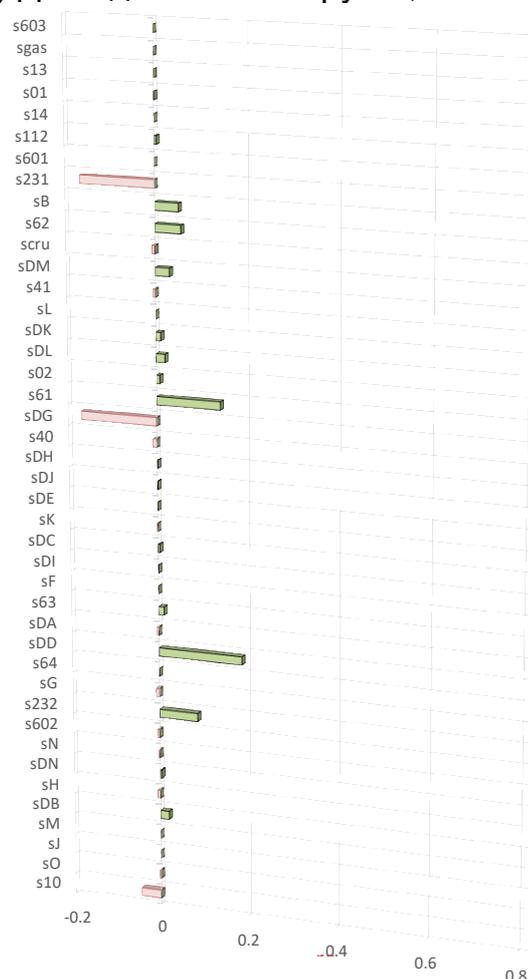
Рисунок 11. Изменения подверженности риску, сценарий «Домашний», 2030 год

А) Доля фирм, %



■ неблагоприятное изменение, доля фирм  
■ благоприятное изменение, доля фирм  
Источники: Банк России, расчеты авторов.

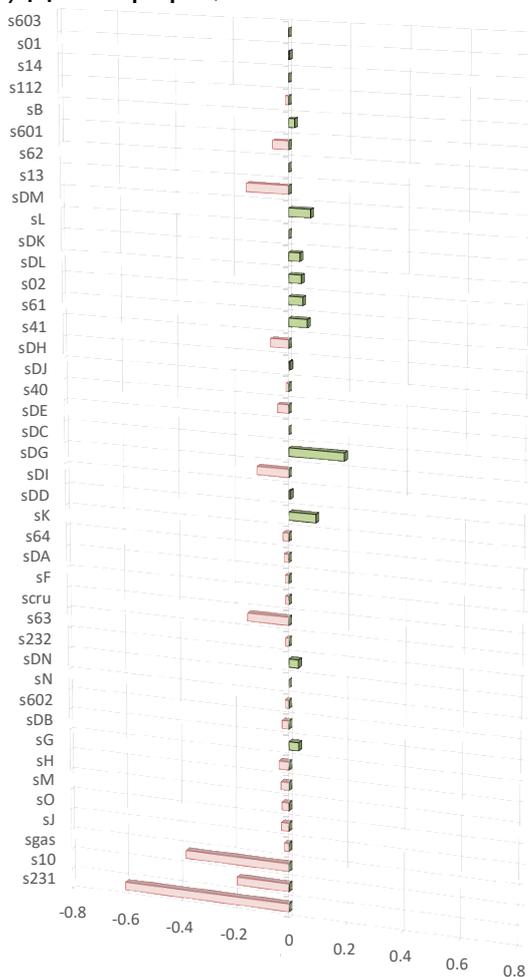
В) Доля долговой нагрузки, %



■ неблагоприятное изменение, доля долговой нагрузки  
■ благоприятное изменение, доля долговой нагрузки

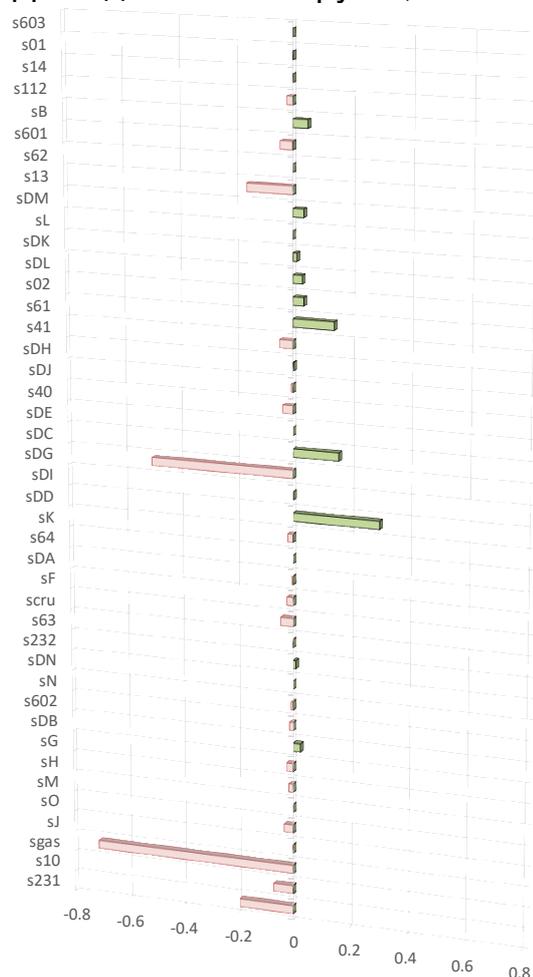
Рисунок 12. Изменения подверженности риску, сценарий «Домашний» 2050 год

А) Доля фирм, %



■ неблагоприятное изменение, доля фирм  
■ благоприятное изменение, доля фирм

В) Доля долговой нагрузки, %



■ неблагоприятное изменение, доля долговой нагрузки  
■ благоприятное изменение, доля долговой нагрузки

Источники: Банк России, расчеты авторов.

**Обсуждение результатов финансовой модели**

Детализация данных позволяет оценить концентрацию отраслевого риска (бремя обслуживания долга) внутри каждой отрасли и по отраслям экономики. Учитывая неопределенность будущей траектории перехода, подверженность риску указывается только для укрупненных отраслей (Таблица 4, всего 42 отрасли).

С точки зрения сопоставимости со стресс-тестами, которые проводят другие центральные банки, результаты могут быть полезны для сравнения различных показателей отраслевого риска банков, например КОД и коэффициента покрытия процентов (КПП, Interest Coverage Ratio, ICR).

Использование финансовой модели на уровне фирм в связке с моделью общего равновесия может служить отправной точкой для оценки отраслевого

воздействия энергоперехода или последствий введения климатической политики как за рубежом, так и в России. Результаты могут помочь оценить влияние, которое различные сценарии могут оказать на отраслевые риски. Основываясь на текущем понимании существующего кредитного риска и улучшенном понимании подверженности риску, можно детальнее понять дополнительную нагрузку на собственный капитал банков. Однако стоит отметить, что набор сценариев не является исчерпывающим. Тем не менее полученные результаты могут послужить основой и обусловить дальнейшее обсуждение в этом направлении.

Детализированные результаты могут быть использованы для оценки потенциальных потерь отдельных заемщиков и банков. Основная задача состоит в том, чтобы измерить эволюцию подверженности риску на уровне отраслей и фирм в долгосрочной перспективе. Повышение рисков может негативно сказаться на фирмах. В частности, их способность обслуживать банковские кредиты. Исследование новых взаимосвязей может быть полезно для оценки устойчивости банковской системы к рискам переходного периода.

#### 6.4. Элементы оценивания рыночного риска

Результаты расчетов CGE-модели для отраслевых показателей в различных сценариях с внешней и внутренней климатической политикой могут быть использованы также для оценки такой компоненты переходного риска финансовых институтов, как рыночный риск (Market Risk). Простой подход к оценке влияния изменений климатической политики на отраслевые фондовые индексы основан на использовании модели дисконтирования дивидендов (Dividend Discount Model (DDM), ECB/ESRB 2021; Hosseini et al., 2022). Согласно DDM, фондовый индекс  $P_{i,t}$  для отрасли  $i$  в момент времени  $t$  может быть представлен как линейная функция будущего потока дивидендов, ожидаемых к выплате по входящим в индекс акциям ( $Div_{i,t+s}$ ):

Уравнение 3

$$P_{i,t} = \sum_s^T \frac{Div_{i,t+s}}{(1+r)^s}.$$

Хотя мы и не оцениваем напрямую потоки дивидендов на уровне отраслей в CGE-модели, согласно стандартному предположению, мы считаем, что дивиденды, выплачиваемые по акциям компаний в отраслях, изменяются пропорционально

показателям отраслевой *бухгалтерской прибыли*. Переменная  $r$  в формуле (3) – безрисковая реальная процентная ставка.

Исходя из предположения о том, что изменения в глобальной и внутренней климатической политике рассматриваются экономическими агентами как заслуживающие доверия, получим, что влияние данной политики на отраслевые потоки дивидендов сразу учитываются агентами при оценивании стоимости акций. Так, например, мы можем предположить, что экономические агенты обладают абсолютным предвидением на 10 лет вперед, и, соответственно, использовать десятилетнее сдвигающееся окно (Rolling Window) при оценивании влияния климатической политики на потоки дивидендов, согласно Уравнению 3.

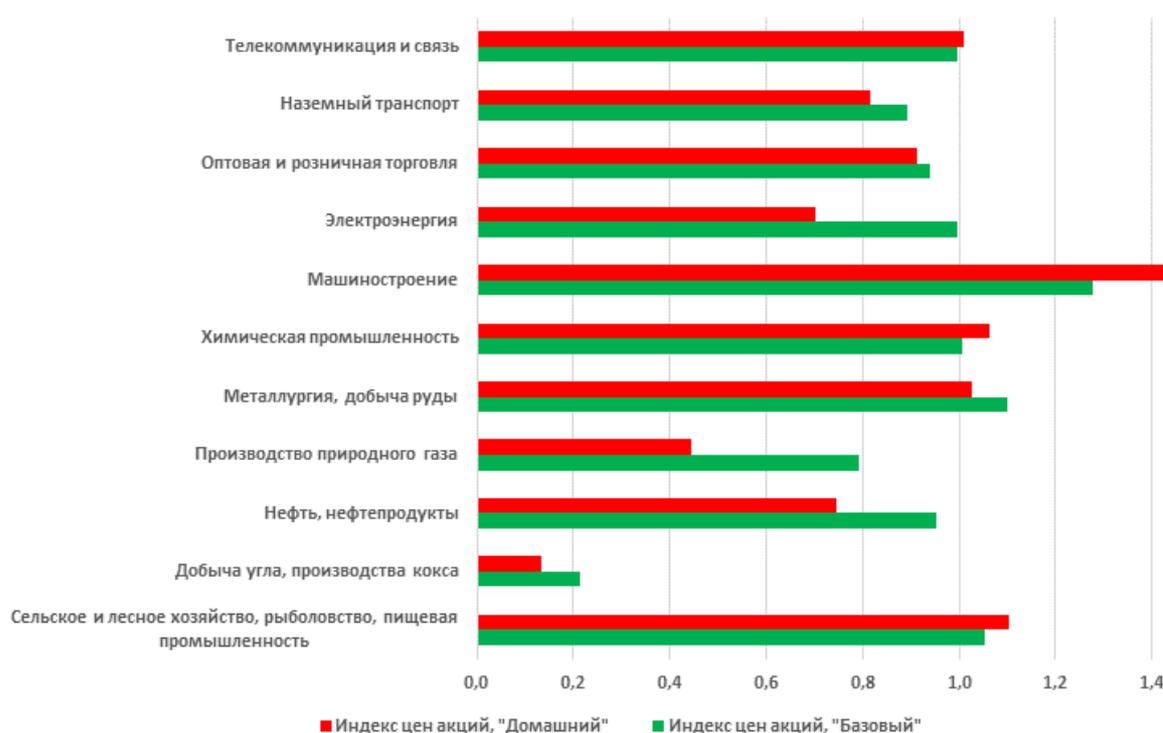
Ниже приведены результаты применения описанного выше подхода к оценкам фондовых индексов 11 укрупненных отраслей российской экономики в двух из рассмотренных в Разделе 5 сценариев – «*Базовом климатическом сценарии*» («*Базовый*») и «*Домашнем углеродном налоге*» («*Домашний*»). Поскольку мы хотим оценить влияние именно изменения климатической политики, мы рассчитываем отношения оценок стоимости фондовых индексов в климатических сценариях к оценкам стоимости фондовых индексов в сценарии «*Бизнес-как-обычно*» (*BAU*), то есть так называемые индексы цен акций (*Equity Index<sub>i,t</sub>*):

Уравнение 4

$$Equity Index^{reference}_{i,t} = \frac{P_{i,t}^{reference}}{P_{i,t}^{BAU}}, \quad Equity Index^{domestic}_{i,t} = \frac{P_{i,t}^{domestic}}{P_{i,t}^{BAU}}.$$

На Рис. 13 показаны индексы цен акций для укрупненных отраслей в 2040 году. Наиболее негативно внешняя и внутренняя климатическая политика может повлиять на стоимость акций угледобывающих, нефтяных и газодобывающих компаний. Заметная положительная переоценка акций в климатических сценариях отмечается для машиностроения.

Рисунок 13. Индексы цен акций, 2040 год



Источники: Банк России, расчеты авторов.

## 7. Выводы

В данном докладе мы представили подход к оценке последствий климатической политики в России и оценке связанных с этим переходных рисков для финансовой системы страны. Были использованы расчетная модель общего равновесия с климатической политикой для российской экономики и финансовая модель, основанная на гранулярных данных на уровне компаний. Показано влияние как международной, так и внутренней климатической политики на финансовую стабильность Российской Федерации. Эффект от международных климатических действий, обобщенный в сценарии NGFS Net Zero 2050, оказывается больше, чем эффект от введения внутренней системы торговли выбросами с целью сокращения эмиссии согласно Интенсивному сценарию российской государственной стратегии низкоуглеродного развития.

Мы оцениваем возможные затраты на достижение целей интенсивного сценария России в 0,3% в 2030 г. и 3,0% в 2050 г. снижения реального ВВП от базового уровня 2016 г. при немедленном введении ограничений на выбросы и

торговли квотами на выбросы (в 2023 г.). В случае повышения цели по сокращению выбросов парниковых газов, как это смоделировано в наших альтернативных сценариях интенсивной и отсроченной внутренней климатической политики, экономическая нагрузка климатических действий может значительно возрасти по мере приближения к 2050 году. При достижении цели по сокращению выбросов от сжигания топлива на 75% от уровня 2016 г. без дополнительного влияния изменений экспортных цен (то есть не без усиления международного климатического регулирования) эффект для совокупного выпуска в 2050 г. может составить 9,2% от уровня ВВП базового года. Мы должны обратить внимание читателей на тот факт, что объем факторов производства (как труда, так и капитала) во всех наших симуляциях предполагается неизменным и мы не моделируем внедрение новых технологий или новых продуктов в модели.

Кроме того, все наши сценарии внутренней климатической политики основаны на предположении, что государственные доходы от углеродного налога полностью передаются домохозяйствам, а инвестиции фиксируются на уровне базового года в реальном выражении. В качестве альтернативной постановки задачи можно рассмотреть стационарную модель, в которой запас капитала и инвестиционный спрос определяются эндогенно, а цена капитала постоянна. В рамках такой модели можно рассмотреть сценарий, в котором государственные доходы от налога на выбросы CO<sub>2</sub> полностью переходят в увеличение инвестиций. Моделирование этого сценария может стать одним из направлений будущих исследований.

Кроме того, направления будущих исследований могут включать сценарии с международной климатической политикой с трансграничными углеродными налогами, взимаемыми с российского экспорта.

Детализация данных в финансовой модели позволяет оценить концентрацию отраслевого риска (нагрузки по обслуживанию долга) внутри каждой отрасли и по отраслям экономики. Сравнивая результаты сценариев «Базовый» и «Домашний», мы видим, что финансовое положение фирм и отраслей может быть весьма чувствительно к введению международной и домашней климатических политик. Большая часть неблагоприятных последствий, вероятно, сосредоточена в добывающей и топливной отраслях, а также в сфере химического производства. Отраслями, которые могут получить наибольшую выгоду от изменений относительных цен и испытывают благоприятные изменения в отраслевой

подверженности риску, являются деревообработка, лесное хозяйство, легкая промышленность и машиностроение. Результаты финансовой модели подтверждаются результатами оценивания элементов рыночного риска. В климатических сценариях наиболее существенно подверженными рыночному риску могут оказаться экономические агенты, владеющие акциями компаний по добыче угля, сырой нефти и природного газа, в то время как машиностроение испытывает заметный прирост в оценке акционерного капитала.

Значительные экономические издержки интенсивного сокращения выбросов парниковых газов связаны с использованием в представленной работе только одной меры климатической политики – системы торговли квотами на выбросы. Наш анализ подчеркивает необходимость оценить эффективность применения других инструментов климатической политики, включая увеличение поглотительной способности земель и лесов за счет инновационного и активного управления лесами, внедрения углеродного земледелия, сдерживания технологических выбросов и утечек для уменьшения экономических издержек более бережного отношения к природе и климату нашей планеты.

## Список литературы

- Battiston, Stefano, Yannis Dafermos, and Irene Monasterolo. 2021. Climate Risks and Financial Stability. *Journal of Financial Stability* 54 (June): 100867. <https://doi.org/10.1016/J.JFS.2021.100867>.
- Baudino, Patrizia, and Jean-Philippe Svoronos. 2021. Stress-Testing Banks for Climate Change – a Comparison of Practices. 34. FSI Insights on Policy Implementation. Basel. [www.bis.org/emailalerts.htm](http://www.bis.org/emailalerts.htm).
- Böhringer, Christoph, Thomas F. Rutherford, David G. Tarr, and Natalia Turdyeva. 2015. Market Structure and the Environmental Implications of Trade Liberalization: Russia's Accession to the World Trade Organization. *Review of International Economics* 23 (5): 897–923. <https://doi.org/10.1111/roie.12197>.
- Braendle, Thomas. 2021. Introductory Note on Integrating Climate into Macroeconomic Modelling: Drawing on the Danish Experience. Paris: OECD. <https://www.oecd.org/gov/budgeting/integrating-climate-into-macroeconomic-modelling.pdf>.
- Burova, Anna. 2020. Measuring the Debt Service Ratio in Russia: Micro-Level Data Approach. 55. Working Paper Series. Moscow. [www.cbr.ru](http://www.cbr.ru).
- Chen, Y.-H. Henry, Sergey V. Paltsev, John M. Reilly, Jennifer F. Morris, and Mustafa H. Babiker. 2016. Long-Term Economic Modeling for Climate Change Assessment. *Economic Modelling* 52 (January): 867–83. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2015.10.023>.
- ECB/ESRB. 2021. Climate-Related Risk and Financial Stability. *European Central Bank*. Frankfurt am Main. [https://doi.org/10.2866/913118\\_QB-03-21-301-EN-N](https://doi.org/10.2866/913118_QB-03-21-301-EN-N).
- Goncharenko, Roman, Mikhail Mamonov, Steven Ongena, Svetlana Popova, and Natalia Turdyeva. 2021. Quo Vadis? Evidence on New Firm-Bank Matching and Firm Performance Following Bad Bank Closures. 17015: 78. [http://cbr.ru/StaticHtml/File/131944/wp\\_90.pdf](http://cbr.ru/StaticHtml/File/131944/wp_90.pdf).
- Haberl, Helmut, Dominik Wiedenhofer, Doris Virág, Gerald Kalt, Barbara Plank, Paul Brockway, Tomer Fishman, et al., 2020. A Systematic Review of the Evidence on Decoupling of GDP, Resource Use and GHG Emissions, Part II: Synthesizing the Insights. *Environmental Research Letters*. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842a>.
- Hosseini, Hossein, Craig Johnston, Craig Logan, Miguel Molico, Xiangjin Shen, and Marie-Christine Tremblay. 2022. Assessing Climate-Related Financial Risk: Guide to Implementation of Methods. Bank of Canada. <https://doi.org/10.34989/tr-120>.
- IDDRI. 2014. Pathways to Deep Decarbonization.
- IMF. 2019. IMF POLICY PAPER FISCAL POLICIES FOR PARIS CLIMATE STRATEGIES-FROM PRINCIPLE TO PRACTICE. Washington, D.C. <http://www.imf.org/external/pp/ppindex.aspx>.
- Korppoo, Anna, George Safonov, and Oleg Lugovoy. 2010. Russia and the Post 2012 Climate Regime: Emission Trends, Commitments and Bargains. *TemaNord* 2010:584. Copenhagen.
- Laitner, John, Oleg Lugovoy, and Vladimir Potashnikov. 2020. Exploring New Opportunities Cost and Benefits of Deep Decarbonization in Russia. *Экономическая Политика* 15 (2): 86–105. <https://doi.org/10.18288/1994-5124-2020-2-86-105>.
- Liang, Shuang, Xinyue Lin, Xiaoxue Liu, and Haoran Pan. 2022. The Pathway to China's Carbon Neutrality Based on an Endogenous Technology CGE Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (10): 6251. <https://doi.org/10.3390/ijerph19106251>.

- Liu, Weifeng, Warwick J Mckibbin, Adele C Morris, and Peter J Wilcoxon. 2020. Global Economic and Environmental Outcomes of the Paris Agreement. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104838>.
- Lofgren, Hans, Rebecca Lee, Sherman Robinson, Marcelle Thomas, and Moataz El-said. 2002. *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS. Microcomputers in Policy Research*. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute. [http://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg\\_workshops/training\\_material/lofgren\\_lee\\_and\\_robinson\\_2002.pdf](http://www.un.org/en/development/desa/policy/mdg_workshops/training_material/lofgren_lee_and_robinson_2002.pdf).
- Makarov, Igor, Daniel Besley, Hasan Dudu, Jakub Boratyński, Maksym Chepeliev, Elena Golub, Vladislava Nemova, and Ilya Stepanov. 2021. *Russia and Global Green Transition: Risks and Opportunities*. Washington, D.C.: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/36757>.
- McKibbin, Warwick J., and Peter J. Wilcoxon. 1999. The Theoretical and Empirical Structure of the G-Cubed Model. *Economic Modelling* 16 (1): 123–48. [https://doi.org/10.1016/S0264-9993\(98\)00035-2](https://doi.org/10.1016/S0264-9993(98)00035-2).
- 2013. *A Global Approach to Energy and the Environment: The G-Cubed Model. Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*. Vol. 1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59568-3.00015-8>.
- NGFS. 2021. Climate Scenarios Database Technical Documentation v2.2. Paris.
- Peterson, Sonja. 2003. CGE Models And Their Application For Climate Policy Analysis. *1st International Workshop on Integrated Climate Models*. Trieste. <http://indico.ictp.it/event/a037/session/30/contribution/20/material/0/0.pdf>.
- Pradhan, Basanta K., and Joydeep Ghosh. 2021. COVID-19 and the Paris Agreement Target: A CGE Analysis of Alternative Economic Recovery Scenarios for India. *Energy Economics* 103 (November). <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105539>.
- Rutherford, Thomas F., and Sergey V. Paltsev. 1999. From an Input-Output Table to a General Equilibrium Model: Assessing the Excess Burden of Indirect Taxes in Russia. Department of Economics, University of Colorado.
- Springer, Urs. 2003. The Market for Tradable GHG Permits under the Kyoto Protocol: A Survey of Model Studies. *Energy Economics* 25 (5): 527–51. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(02\)00103-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(02)00103-2).
- Strielkowski, Wadim, Anna Sherstobitova, Patrik Rovny, and Tatiana Evteeva. 2021. Increasing Energy Efficiency and Modernization of Energy Systems in Russia: A Review. *Energies*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en14113164>.
- Минприроды России. 2020. *Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации*. Россия. <https://doi.org/10.35393/1730-006-002-014>.
- Романовская, А.А., А.И. Нахутин, В.А. Гинзбург, В.А. Грбар, Е.В. Имшенник, Р.Т. Карабань, В.Н. Коротков, и др., 2022. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом. Москва.

## Приложение 1. Данные и параметры модели

### Список отраслей

Таблица 4. Список отраслей

#	Код в модели	Название вида деятельности
1	s01	Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг в этих областях
2	s02	Лесное хозяйство и предоставление услуг в этой области
3	sB	Рыболовство, рыбоводство и предоставление услуг в этих областях
4	s10	Добыча каменного угля, бурого угля и торфа
5	scru	Добыча сырой нефти и нефтяного (попутного) газа; извлечение фракций из нефтяного (попутного) газа
6	sgas	Добыча природного газа и газового конденсата
7	s112	Предоставление услуг по добыче нефти и газа
8	s13	Добыча металлических руд
9	s14	Добыча прочих полезных ископаемых; добыча урановой и ториевой руд
10	sDA	Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака
11	sDB	Текстильное и швейное производство
12	sDC	Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви
13	sDD	Обработка древесины и производство изделий из дерева; Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность
14	sDE	Производство кокса
15	s231	Производство нефтепродуктов
16	s232	Химическое производство
17	sDG	Производство резиновых и пластмассовых изделий
18	sDH	Производство прочих неметаллических минеральных продуктов
19	sDI	Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий
20	sDJ	Производство машин и оборудования
21	sDK	Производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования
22	sDL	Производство транспортных средств и оборудования
23	sDM	Прочие производства
24	sDN	Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды
25	s40	Сбор, очистка и распределение воды
26	s41	Строительство
27	sF	Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования
28	sG	Гостиницы и рестораны
29	sH	Деятельность железнодорожного транспорта
30	s601	Деятельность прочего сухопутного транспорта
31	s602	

---

#	Код в модели	Название вида деятельности
32	s603	Деятельность трубопроводного транспорта
33	s61	Деятельность водного транспорта
34	s62	Деятельность воздушного транспорта
35	s63	Вспомогательная и дополнительная транспортная деятельность
36	s64	Связь
37	sJ	Финансовая деятельность
38	sK	Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг
39	sL	Государственное управление и обеспечение военной безопасности; обязательное социальное обеспечение
40	sM	Образование
41	sN	Здравоохранение и предоставление социальных услуг
42	sO	Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг

---

Источник: авторы данного доклада.

Таблица 5. Коэффициенты выбросов диоксида углерода, используемые для расчета эмиссии CO<sub>2</sub> при сжигании разных видов топлива, учитываемых по форме № 4-ТЭР (т CO<sub>2</sub>/ ТДж)

	Название топлива в форме № 4-ТЭР	Название топлива в Национальном докладе о кадастре	Коэффициент выбросов CO <sub>2</sub>
1	Уголь каменный	Каменный уголь (другие виды битуминозного угля)	94,6
2	Уголь бурый	Бурый уголь / лигнит	101
3	Торф топливный, кусковой и фрезерный	Торф	106
4	Брикеты и полубрикеты торфяные	Брикеты торфяные*	106
5	Кокс и полукокс из каменного угля, бурого угля (лигнита) или торфа, уголь ретортный	Кокс металлургический*	107
6	Уголь древесный	Древесный уголь	112
7	Гранулы топливные (пеллеты) из отходов деревопереработки	Древесные отходы	112
8	Древесина топливная	Дрова для отопления	112
9	Биотопливо	Другие виды первичной биомассы*	100
10	Нефть добытая, включая газовый конденсат	Нефть, включая промысловый газоконденсат	73,3
11	Бензин автомобильный	Автомобильный бензин	69,3
12	Топливо дизельное	Дизельное топливо	74,1
13	Топливо судовое	Другие моторные топлива	71,9
14	Топливо печное бытовое (ТПБ)	Топливо печное бытовое	77,4
15	Мазут топочный	Мазут топочный	77,4
16	Мазут флотский	Мазут флотский	77,4
17	Пропан и бутан, сжиженные	Сжиженный нефтяной газ	63,1
18	Газ горючий природный (газ естественный)	Природный газ	54,4
19	Газ нефтяной попутный (газ горючий природный нефтяных месторождений)	Природный газоконденсат*	64,2
20	Газ горючий искусственный доменный и прочие отходящие газы	Газ горючий искусственный доменный	260
21	Газ горючий искусственный коксовый	Газ горючий искусственный коксовый	44,4
22	Прочие виды твердого топлива	Промышленные отходы	143
23	Прочие виды нефтепродуктов	Нефтяные отходы*	73,3

Источники: Романовская и др., 2022, Минприроды России, 2020.

Таблица 6. Коэффициенты выбросов CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O, используемые для расчета выбросов от стационарного сжигания различных видов топлива, учитываемых по форме № 4-ТЭР (кг CH<sub>4</sub>/ТДж, кг N<sub>2</sub>O/ТДж)

	Название топлива в форме № 4-ТЭР	Коэффициент выбросов CH <sub>4</sub> [кг CH <sub>4</sub> /ТДж]				Коэффициент выбросов N <sub>2</sub> O [кг N <sub>2</sub> O/ТДж]			
		Энергетические отрасли	Отрасли производства и строительства	Коммерческий сектор и общественные здания	Жилой сектор / сельское/ лесное/рыбное хозяйство и рыболовство	Энергетические отрасли	Отрасли производства и строительства	Коммерческий сектор и общественные здания	Жилой сектор / сельское/ лесное/рыбное хозяйство и рыболовство
1	Уголь каменный	1	10	10	300	1,5	1,5	1,5	1,5
2	Уголь бурый	1	10	10	300	1,5	1,5	1,5	1,5
3	Торф топливный, кусковой и фрезерный	1	2	10	300	1,5	1,5	1,4	1,4
4	Брикеты и полубрикеты торфяные	1	2	10	300	1,5	1,5	1,4	1,4
5	Древесина топливная	30	30	300	300	4	4	4	4
6	Кокс металлургический из каменного угля, полученный путем карбонизации при высокой температуре, орешек коксовый сухой, мелочь коксовая сухая	1	10	10	300	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Нефть добытая, включая газовый конденсат	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
8	Бензин авиационный для авиационных поршневых двигателей	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
9	Бензин автомобильный	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
10	Топливо дизельное	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
11	Топливо моторное для судовых дизелей	5	5	5	5	0,6	0,6	0,6	0,6
12	Топливо печное бытовое (ТПБ)	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
13	Топливо газотурбинное	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6

	Название топлива в форме № 4-ТЭР	Коэффициент выбросов CH <sub>4</sub> [кг CH <sub>4</sub> /ТДж]				Коэффициент выбросов N <sub>2</sub> O [кг N <sub>2</sub> O/ТДж]			
		Энергетические отрасли	Отрасли производства и строительства	Коммерческий сектор и общественные здания	Жилый сектор / сельское/ лесное/рыбное хозяйство и рыболовство	Энергетические отрасли	Отрасли производства и строительства	Коммерческий сектор и общественные здания	Жилый сектор / сельское/ лесное/рыбное хозяйство и рыболовство
14	Мазут топочный	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
15	Мазут флотский	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
16	Мазут, не вошедший в другие группировки, прочий	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
17	Пропан и бутан сжиженные, газы углеводородные и их смеси сжиженные прочие, не вошедшие в другие группировки	1	1	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
18	Газ нефтеперерабатывающих предприятий	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
19	Газ горючий природный (газ естественный)	1	1	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
20	Газ нефтяной попутный (газ горючий природный нефтяных месторождений)	3	3	10	10	0,6	0,6	0,6	0,6
21	Газ горючий искусственный доменный и прочие отходящие газы	1	1	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
22	Газ горючий искусственный коксовый	1	1	5	5	0,1	0,1	0,1	0,1
23	Прочие виды твердого топлива	30	30	300	300	4	4	4	4
24	Прочие виды нефтепродуктов	30	30	300	300	4	4	4	4

Источники: Романовская и др., 2022, Минприроды России, 2020.

Таблица 7. Коэффициенты перевода натуральных единиц в энергетические по видам топлива (тыс. т.у.т. / ед.)

	<b>Название топлива в форме № 4-ТЭР</b>	<b>Единицы измерения</b>	<b>Коэффициенты перевода натуральных единиц в энергетические по видам топлива (тыс. т.у.т. / ед.)</b>
1	Бензин авиационный для авиационных поршневых двигателей	тыс. т	1,49
2	Автомобильный бензин	тыс. т	1,49
3	Керосин, в том числе керосин реактивный	тыс. т	1,47
4	Дизельное топливо	тыс. т	1,45
5	Моторное топливо для судовых дизелей	тыс. т	1,43
6	Топливо для бытовой печи	тыс. т	1,45
7	Газотурбинное топливо	тыс. т	1,47
8	Горючее	тыс. т	1,37
9	Мазут военно-морского флота	тыс. т	1,43
10	Мазут, не включенный в другие группировки, прочий	тыс. т	1,43
11	Горючий природный газ (природный газ)	млн м <sup>3</sup>	1,15
12	Попутный нефтяной газ (горючий природный газ нефтяных месторождений)	млн м <sup>3</sup>	1,15
13	Прочие сжиженные пропан и бутан, газы углеводородные и их смеси сжиженные, не включенные в другие группировки	млн м <sup>3</sup>	1,57
14	Другие виды нефтепродуктов	тыс. т	1

Источник: Минприроды России, 2020.

Таблица 8. Коэффициенты выбросов CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O, используемые для расчета выбросов от мобильного сжигания различных видов топлива, учитываемых в форме № 4-ТЭР (кг CH<sub>4</sub>/ТДж, кг N<sub>2</sub>O/ТДж)

	Бензин	Дизельное топливо	Мазут	Природный газ	Сжиженный нефтяной газ	Уголь	Другое жидкое моторное топливо
<i>Коэффициенты выбросов CH<sub>4</sub> [кг CH<sub>4</sub>/ТДж]</i>							
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	110	4,15		92	62		10
Навигация		7	7				
Железнодорожный транспорт		4,15					
Авиация	0,5						
Трубопроводный транспорт				1	1		3
Автомобильные перевозки	13,4	4,99			62		
Автомобили и легкие грузовики	11,4	0,8			62,0		5,0
<i>Коэффициенты выбросов N<sub>2</sub>O [кг N<sub>2</sub>O/ТДж]</i>							
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	1,2	29		3	0,2		0,6
Навигация		2	2				
Железнодорожный транспорт		28,6				1,5	
Авиация	2						
Трубопроводный транспорт				0,1	0,1		0,6
Автомобильные перевозки	1,87	1,79			2,89		
Автомобили и легкие грузовики	2,6	2,4			1,8		0,6

Источник: Минприроды России, 2020.

Таблица 9. Суммарная оценка выбросов парниковых газов от стационарного и мобильного сжигания в 2016 г. по форме № 4-ТЭР (млн т CO<sub>2</sub>-экв.)

<i>Стационарные источники выбросов от сжигания</i>	
Выбросы CO <sub>2</sub>	1 031,5
Выбросы CO <sub>2</sub> -экв. (CH <sub>4</sub> )	1,3
Выбросы CO <sub>2</sub> -экв. (N <sub>2</sub> O)	2,3
<i>Мобильные источники выбросов от сжигания</i>	
Выбросы CO <sub>2</sub>	166,8
Выбросы CO <sub>2</sub> -экв. (CH <sub>4</sub> )	0,6
Выбросы CO <sub>2</sub> -экв. (N <sub>2</sub> O)	3,3
<b>Total CO<sub>2</sub>-Equivalent</b>	<b>1 205,8</b>

*Источники: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, расчеты авторов данного доклада.*

Таблица 10. Выбросы от сжигания по видам топлива в 2016 г., млн т CO<sub>2</sub>-экв.

	Отрасль	Уголь	Природный газ	Кокс	Нефтепродукты	Газ распределительных сетей	Сумма по отрасли
s01	Сельское хозяйство	0,86			14,67	5,22	20,76
s02	Лесное хозяйство	0,44			1,75	0,04	2,23
sB	Рыболовство	0,02			3,33		3,35
s10	Добыча угля и торфа	2,82			4,93	0,10	7,85
scru	Добыча сырой нефти		10,64		3,43	7,28	21,35
sgas	Добыча природного газа		5,81		0,29	7,45	13,55
s112	Нефтегазовые услуги		0,14		3,17	4,34	7,65
s13	Добыча металлических руд	1,53		0,80	5,88	3,26	11,47
s14	Добыча прочих ископаемых				2,48	0,29	2,76
sDA	Производство пищевых продуктов	2,00		0,02	3,37	9,11	14,49
sDB	Производство текстиля и одежды	0,02			0,06	0,41	0,50
sDC	Производство изделий из кожи				0,01	0,07	0,08
sDD	Обработка древесины	5,64			0,74	1,19	7,58
sDE	Производство целлюлозы и бумаги	18,00			1,88	6,72	26,60
s231	Производство кокса				0,01	1,23	1,24
s232	Производство нефтепродуктов	2,47	5,30	0,04	28,93	2,31	39,06
sDG	Химическое производство	0,59		0,01	1,44	22,39	24,43
sDH	Производство пластмасс				0,14	0,71	0,85
sDI	Другие минеральные продукты	3,60			2,75	15,18	21,53
sDJ	Металлургия	11,05		75,50	2,39	70,67	159,62
sDK	Производство машин и оборудования	5,07			1,00	5,98	12,04
sDL	Производство электрооборудования	0,05			0,35	1,52	1,92
sDM	Производство транспортных средств	1,12		0,01	1,26	3,62	6,01
sDN	Другие продукты	0,24			0,25	0,12	0,61
s40	Производство электричества	213,80	221,55		20,00	143,81	599,18

	Отрасль	Уголь	Природный газ	Кокс	Нефтепродукты	Газ распределительных сетей	Сумма по отрасли
	Сбор и распределение						
s41	воды	0,39			1,00	0,99	2,38
sF	Строительство	0,43			26,99	0,86	28,29
sG	Торговля	0,08	0,12		4,29	0,10	4,59
sH	Гостиницы и рестораны	0,14			0,68	0,11	0,92
s601	Ж/д транспорт	0,31			8,23	0,29	8,83
s602	Другой наземный транспорт	0,21			15,43	0,58	16,21
s603	Трубопроводный транспорт		14,13		1,06	69,78	84,97
s61	Водный транспорт	0,02			2,50	0,02	2,54
s62	Воздушный транспорт	0,01			17,30	0,06	17,37
s63	Другая транспортная деятельность	0,48	0,03		6,84	0,90	8,25
s64	Связь	0,10			0,58	0,08	0,76
sJ	Финансовая деятельность				0,68		0,68
sK	Операции с недвижимостью	0,35			4,28	3,24	7,87
sL	Госуправление	2,31			5,83	2,13	10,27
sM	Образование	0,41			1,00	0,48	1,89
sN	Здравоохранение	0,49			1,72	0,86	3,07
sO	Персональные услуги	0,50			1,48	0,36	2,35
c	Потребление домохозяйств	4,90			46,02	69,11	120,03
i	Инвестиционные товары	2,05			8,12		10,17
g	Госпотребление				0,00	12,85	12,86
	<b>Суммарные выбросы по типу энергоносителя</b>	<b>282,52</b>	<b>257,74</b>	<b>76,38</b>	<b>258,54</b>	<b>475,83</b>	<b>1351,00</b>

Источник: расчеты авторов.

Таблица 11. Коэффициенты выбросов по видам топлива в базовом году (2016), кг CO<sub>2</sub>/ руб.

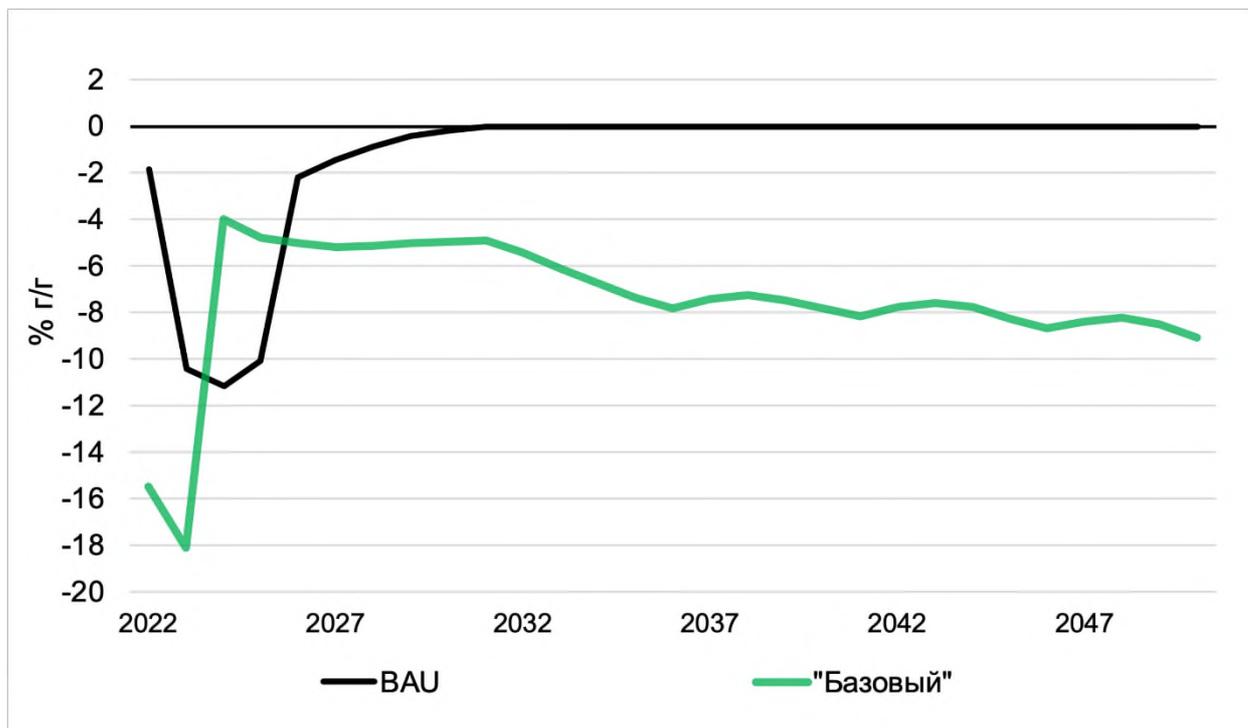
	Выбросы от сжигания, млн т CO <sub>2</sub> -экв.	Промежуточное потребление, млрд руб. 2016 г.	Коэффициент выбросов, кг CO <sub>2</sub> / руб.
Уголь	275,56	505,05	0,55
Природный газ	257,74	844,49	0,31
Кокс	76,38	96,69	0,79
Нефтепродукты	204,39	3464,09	0,06
Газ распределительных сетей	393,87	1220,87	0,32

*Источник: расчеты авторов.*

## Приложение 2. Дизайн сценариев

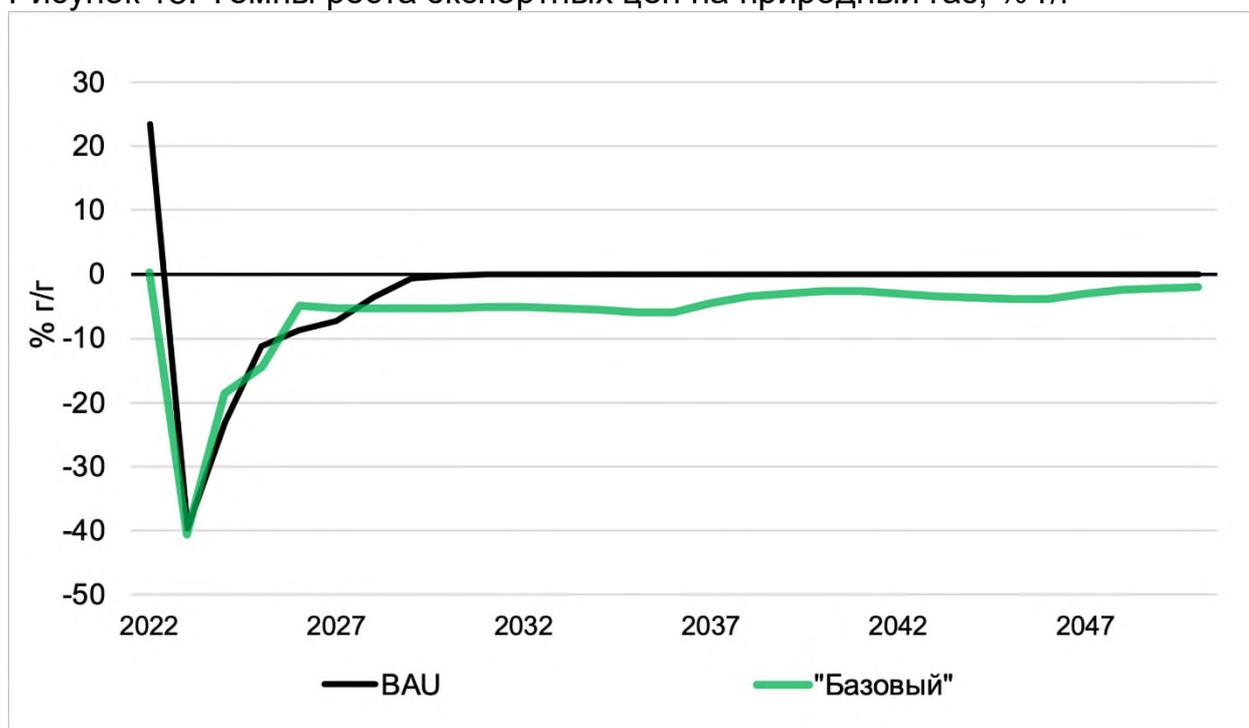
### Изменение экспортных цен в сценарии «Бизнес-как-обычно» (BAU) и сценариях с климатической политикой

Рисунок 14. Темпы роста экспортных цен на нефть, % г/г



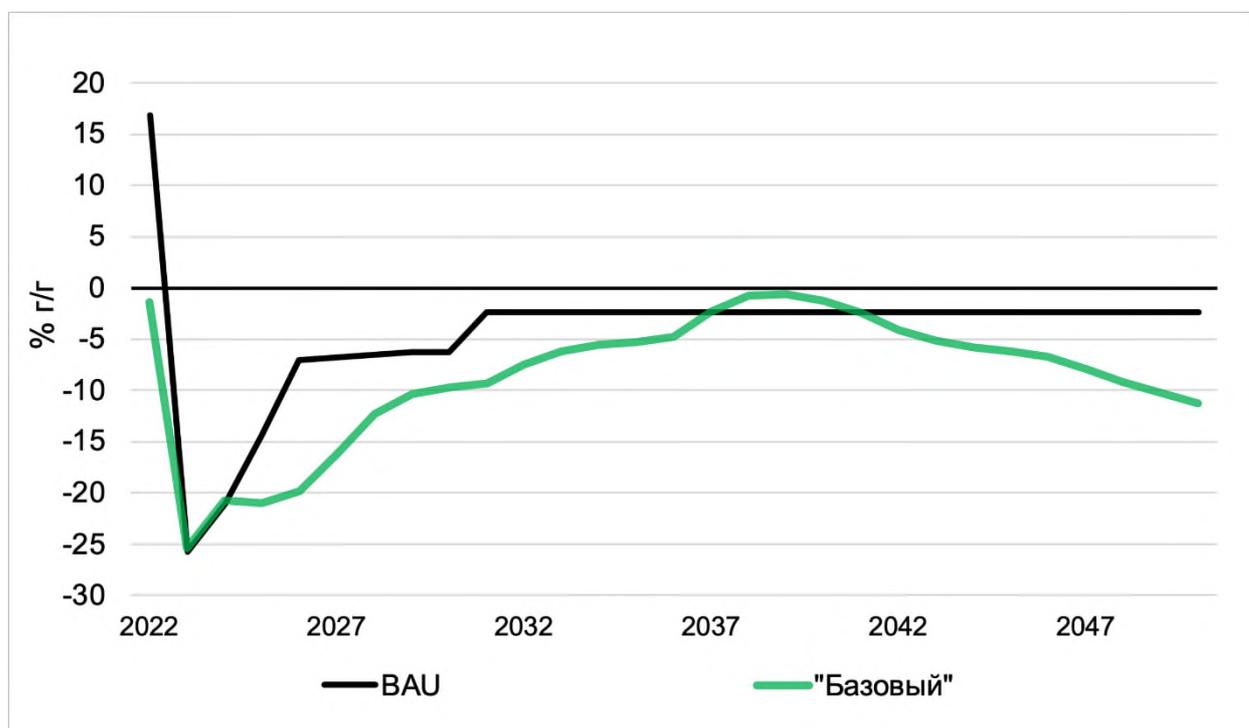
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 15. Темпы роста экспортных цен на природный газ, % г/г



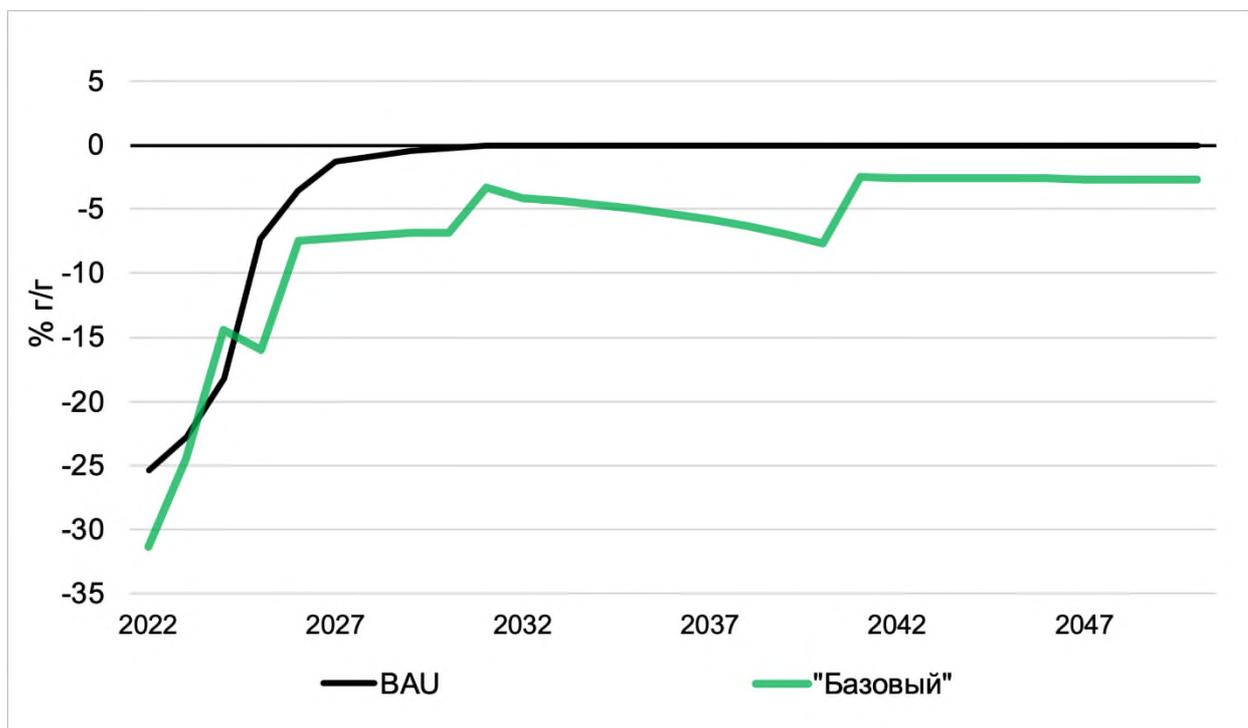
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 16. Темпы роста экспортных цен на уголь, % г/г



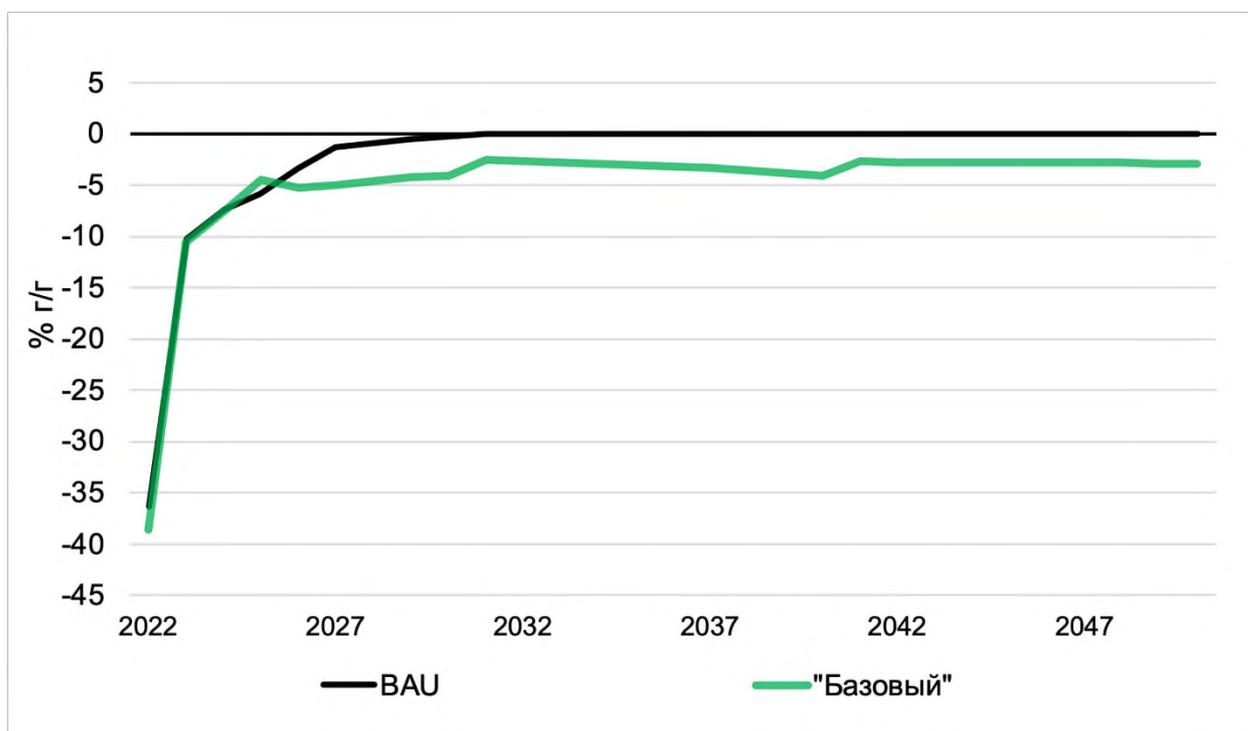
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 17. Темпы роста экспортных цен на металлические руды, % г/г



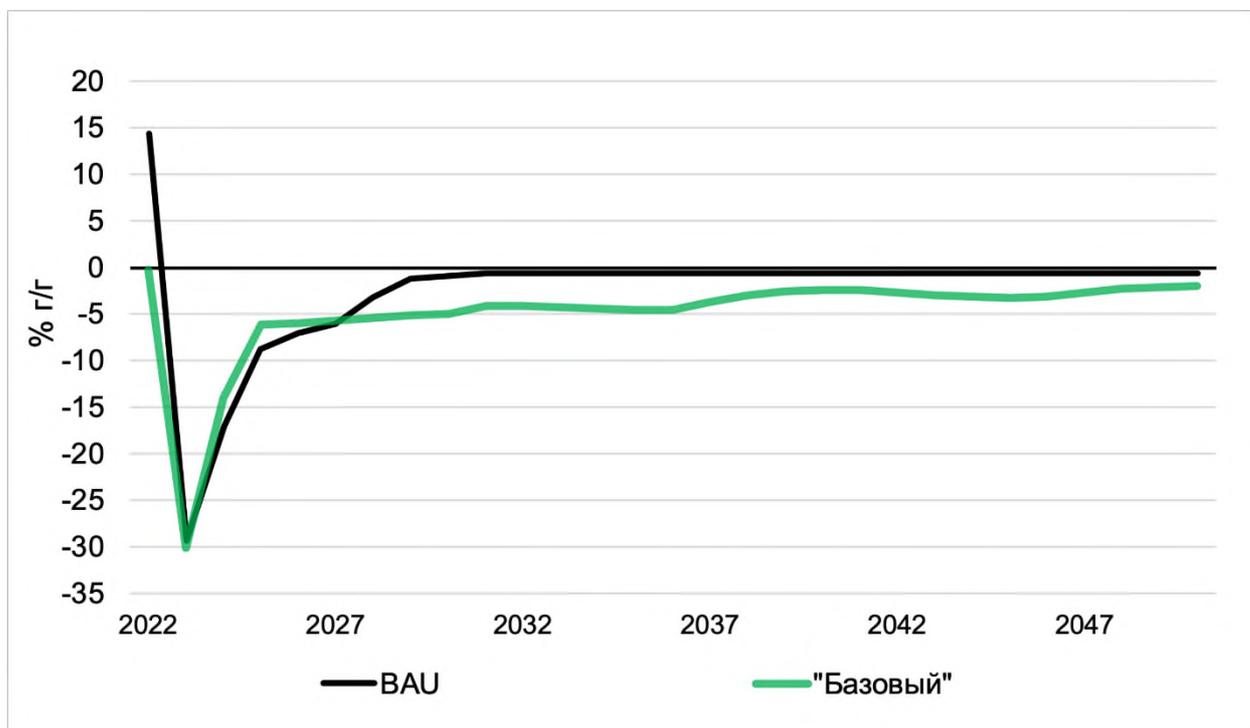
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 18. Темпы роста экспортных цен на сталь, % г/г



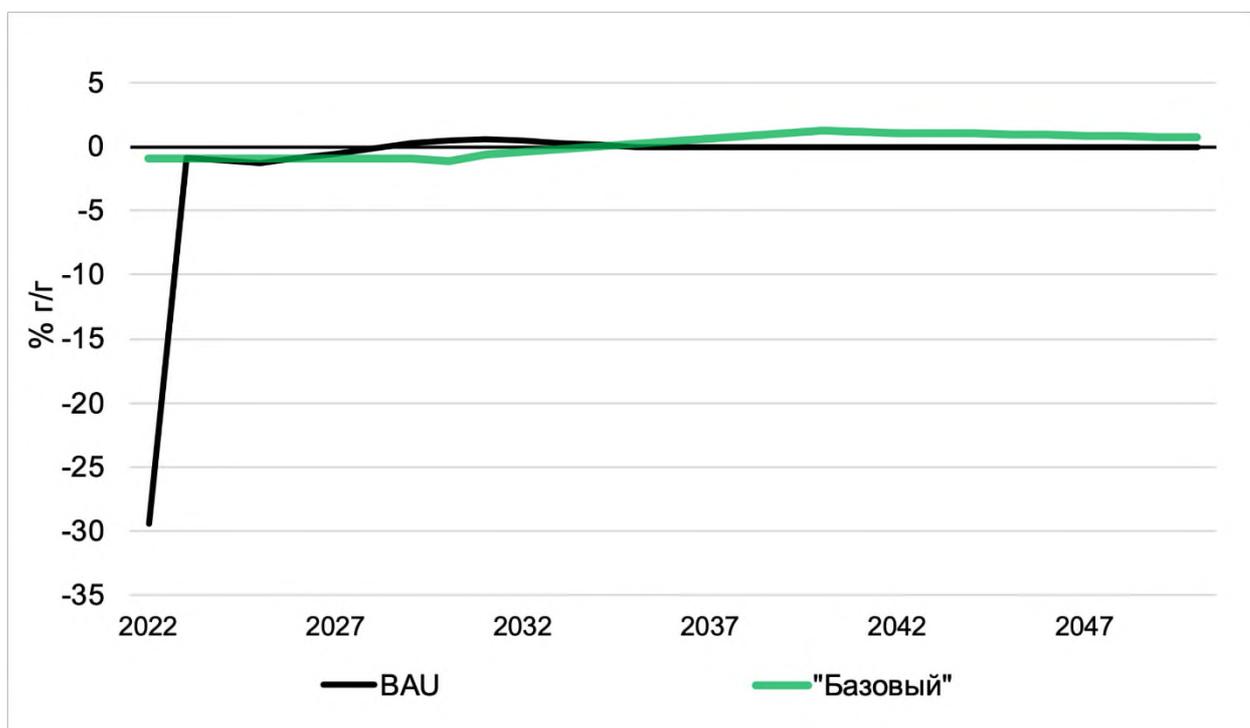
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 19. Темпы роста экспортных цен на удобрения, % г/г



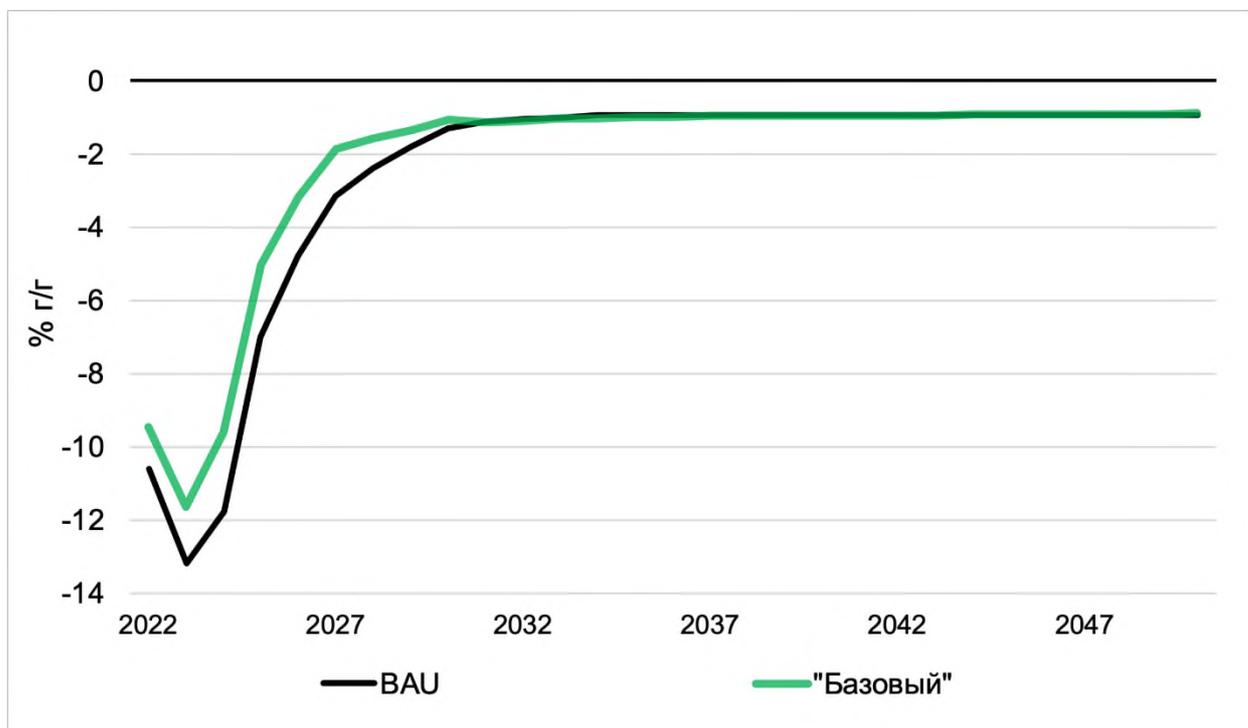
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 20. Темпы роста экспортных цен на черные металлы, % г/г



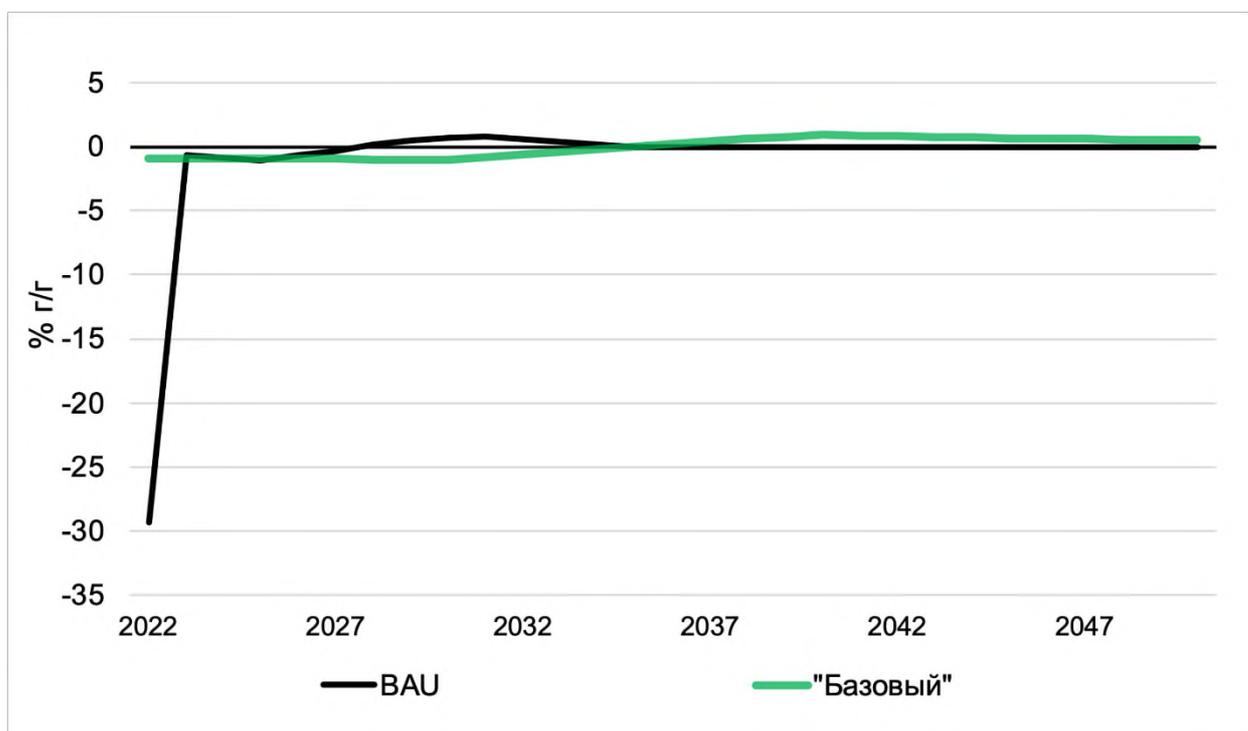
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 21. Темпы роста экспортных цен на драгоценные металлы, % г/г



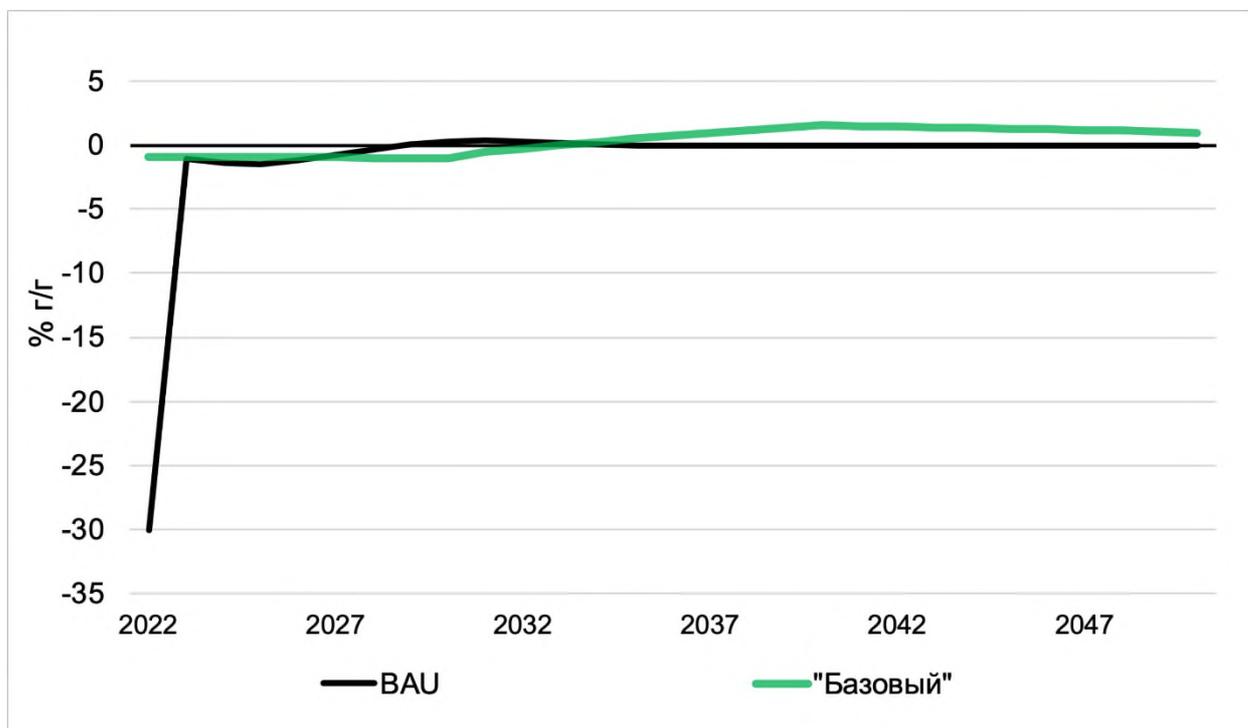
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 22. Темпы роста экспортных цен на алюминий, % г/г



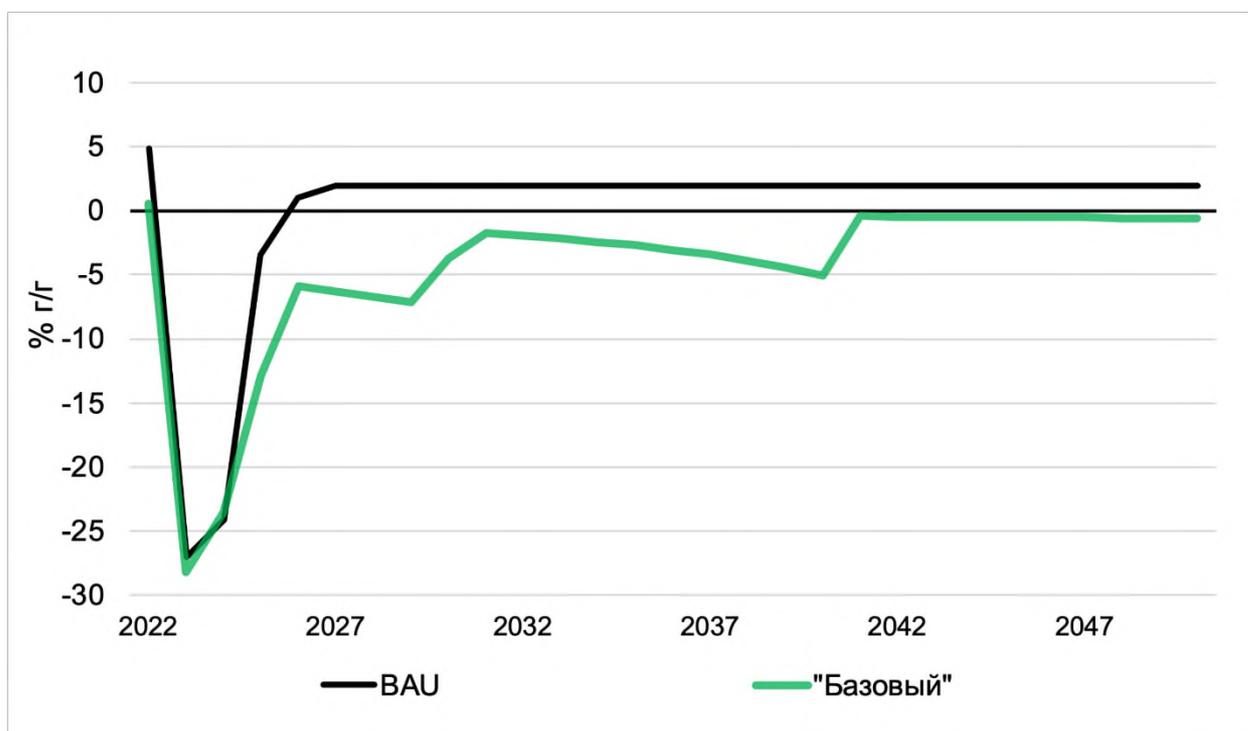
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 23. Темпы роста экспортных цен на медь, % г/г



Источник: расчеты авторов.

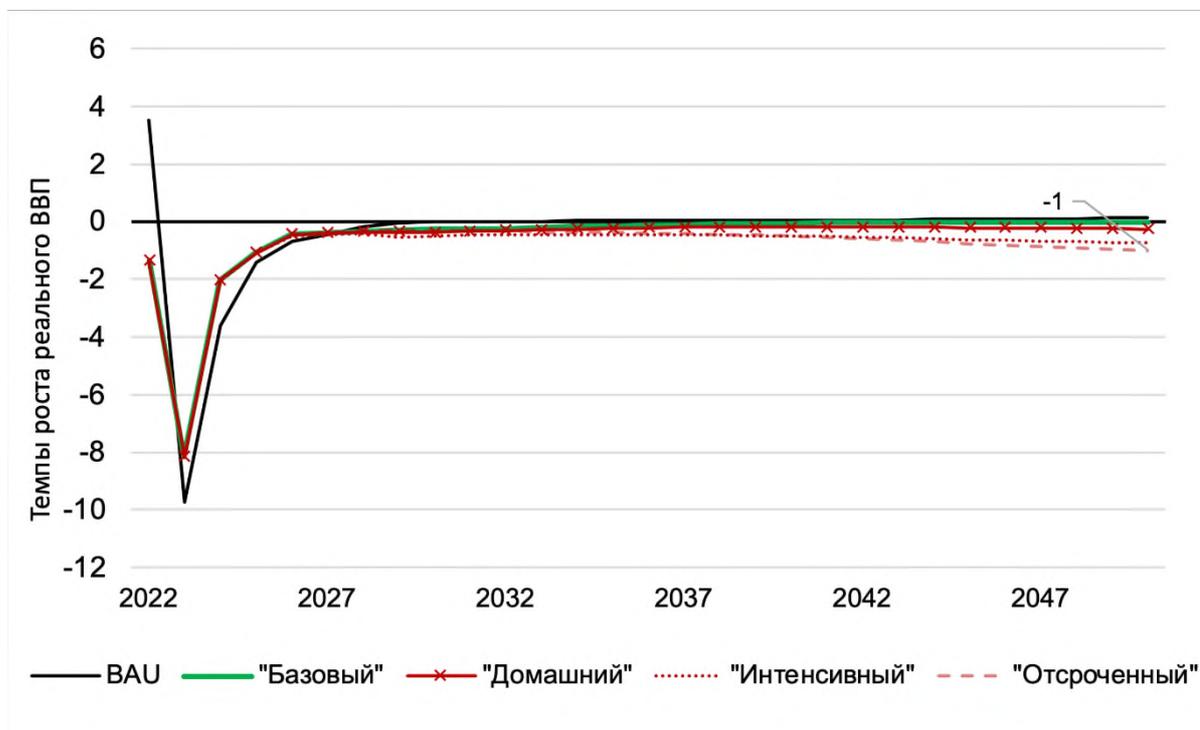
Рисунок 24. Темпы роста экспортных цен на кокс, % г/г



Источник: расчеты авторов.

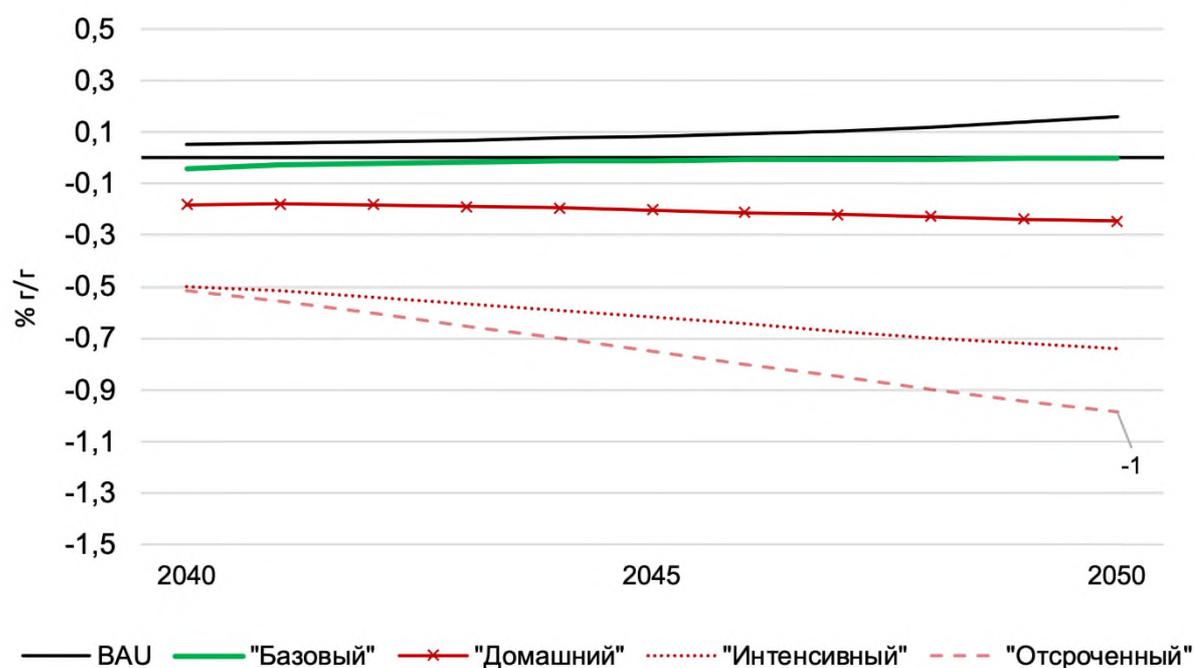
## Приложение 3. Результаты сценарного анализа

Рисунок 25. Темпы роста реального ВВП, % у/у



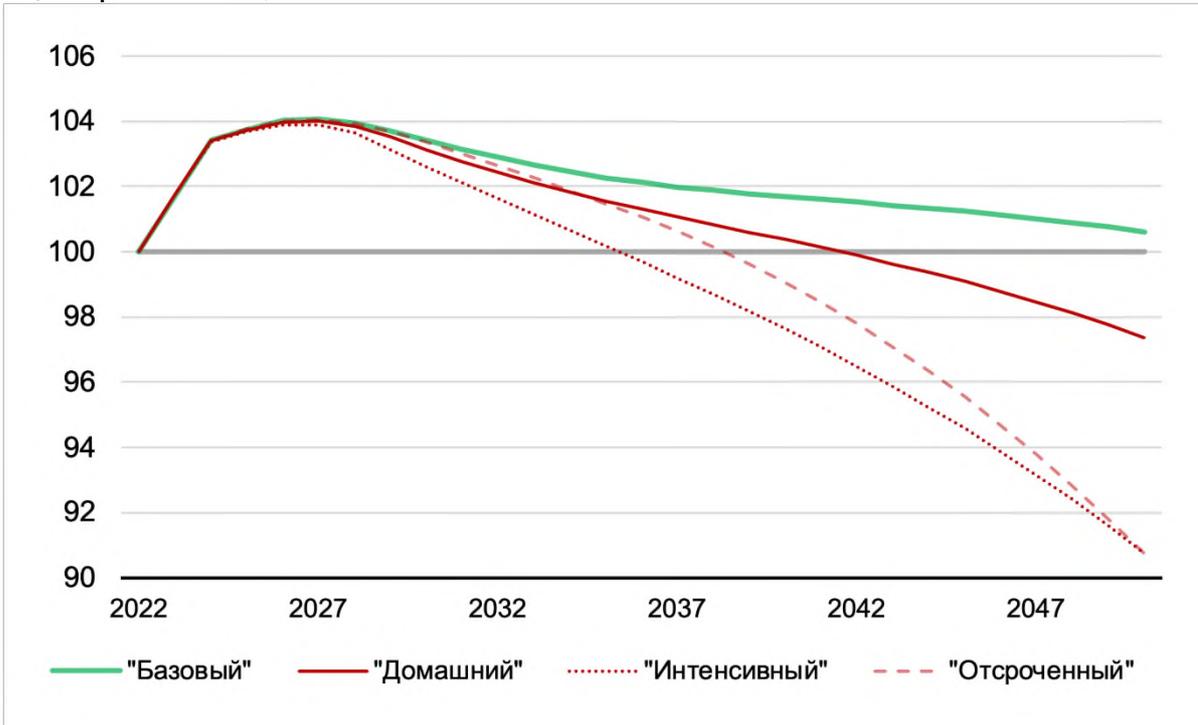
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 26. Темпы роста реального ВВП в 2040–2050 гг., % г/г



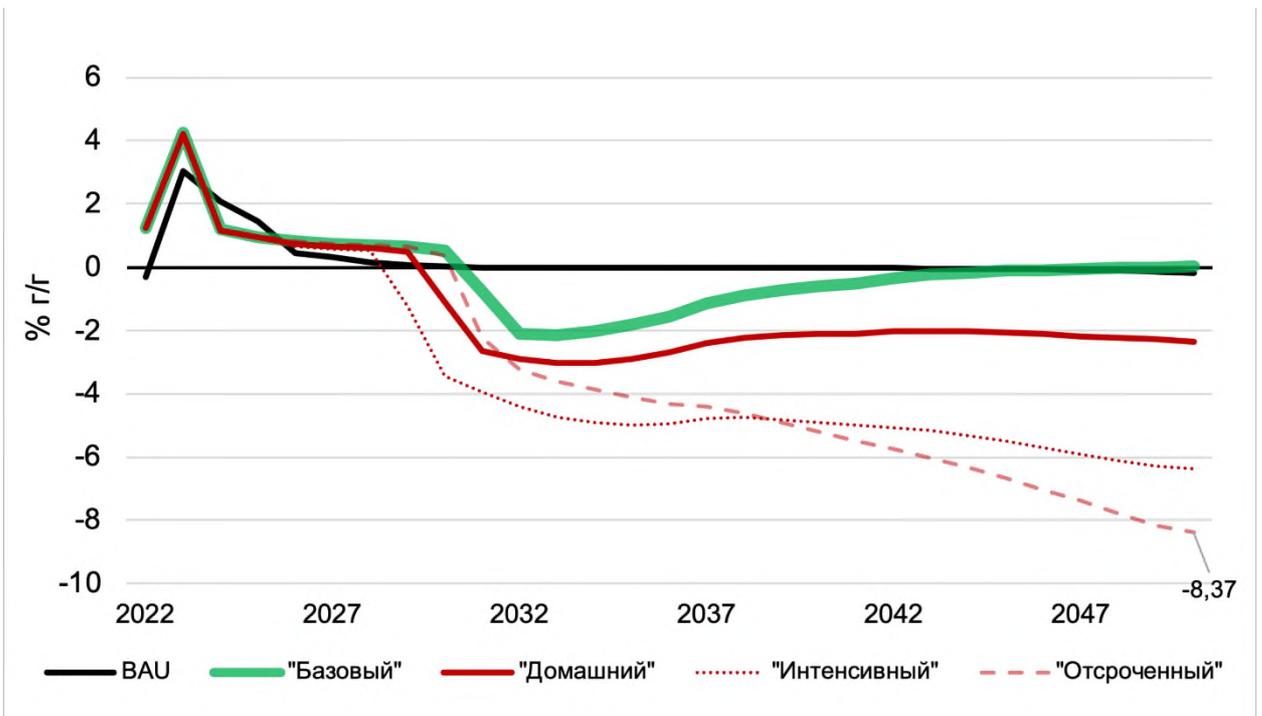
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 27. Накопленное изменение реального ВВП по сравнению со сценарием BAU, 2022 г. = 100



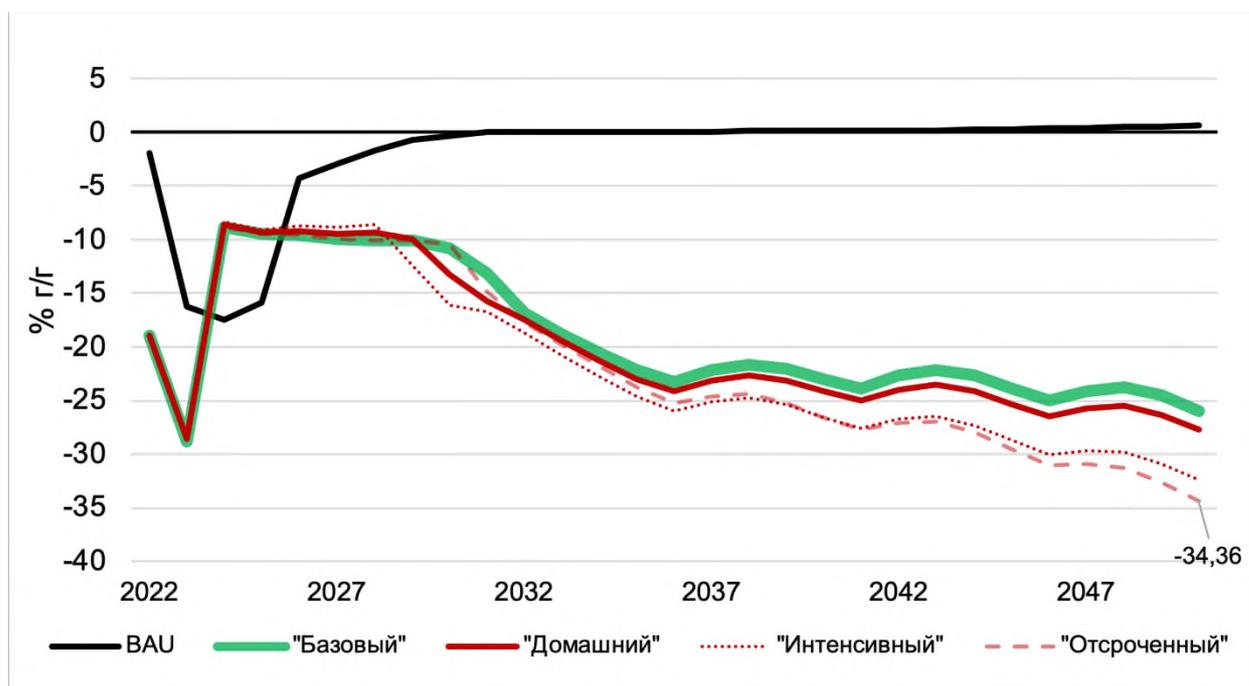
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 28. Производство нефти, % г/г



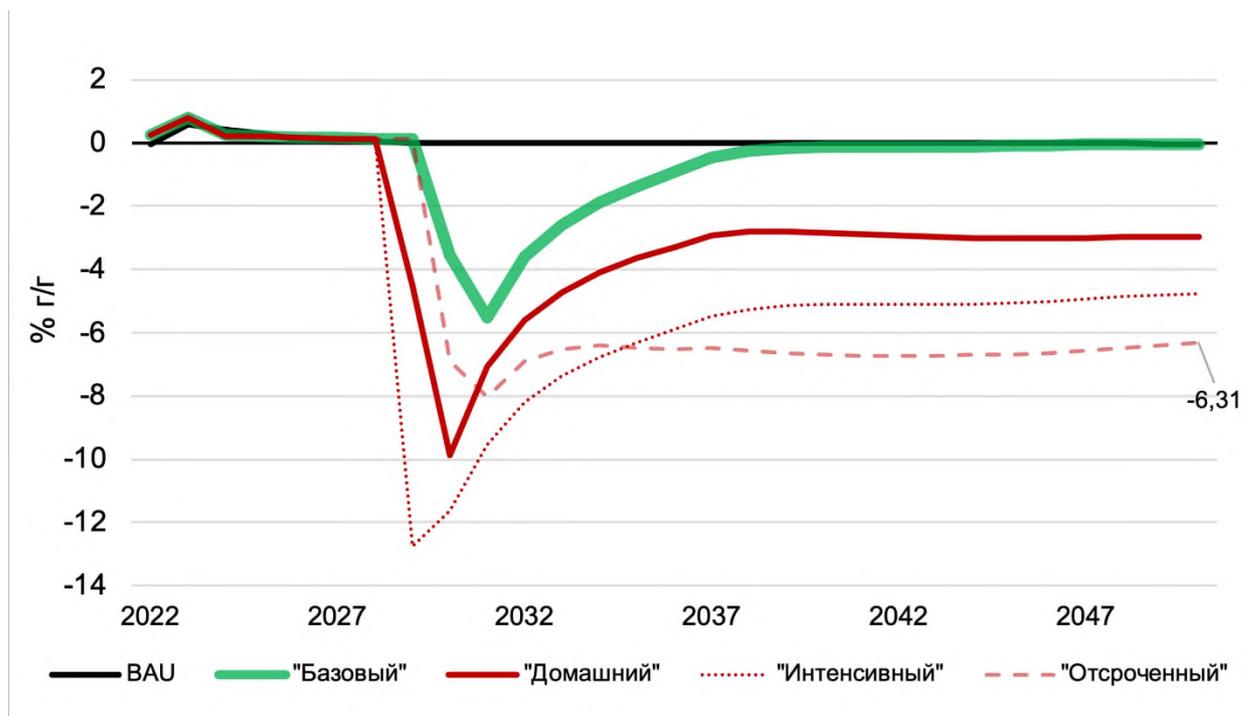
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 29. Экспорт нефти, % г/г



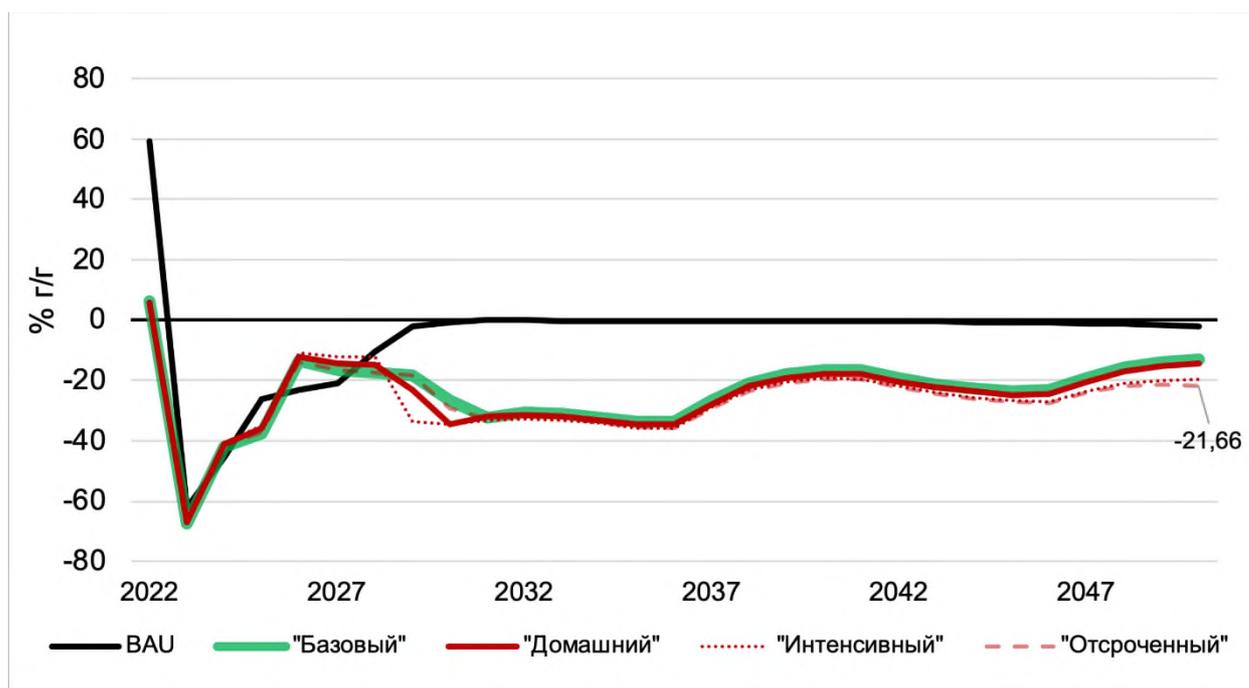
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 30. Производство природного газа, % г/г



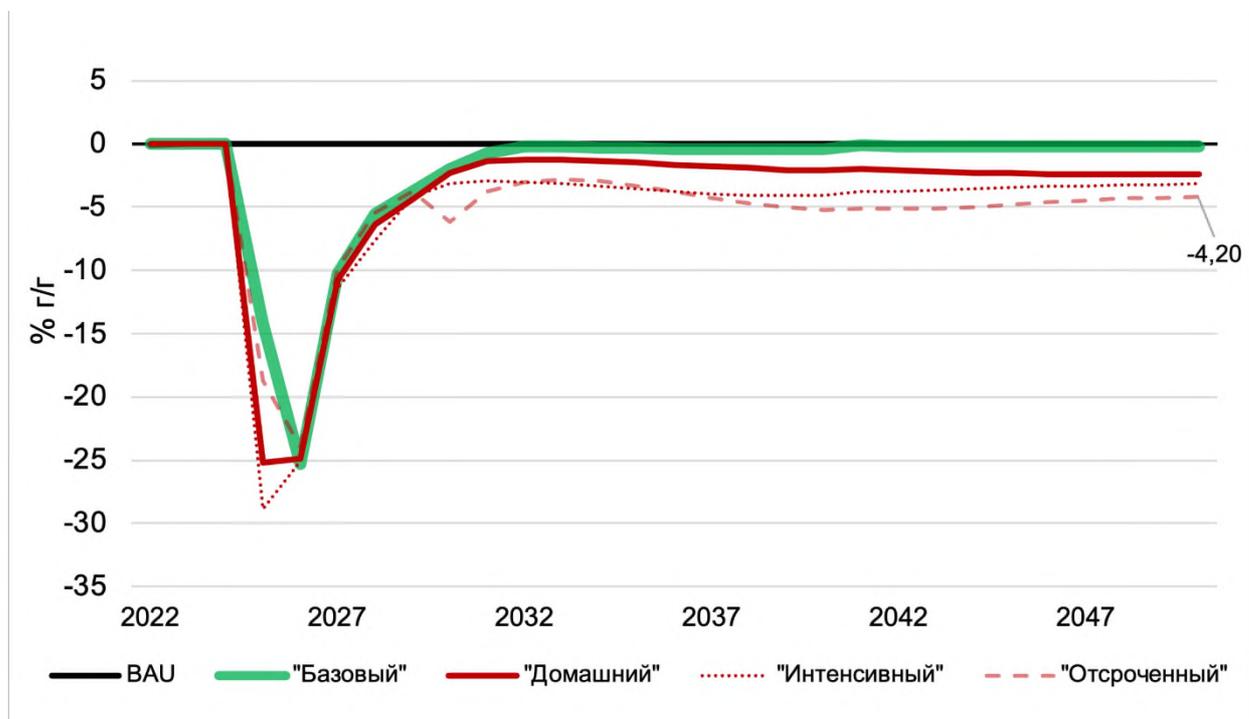
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 31. Экспорт природного газа, % г/г



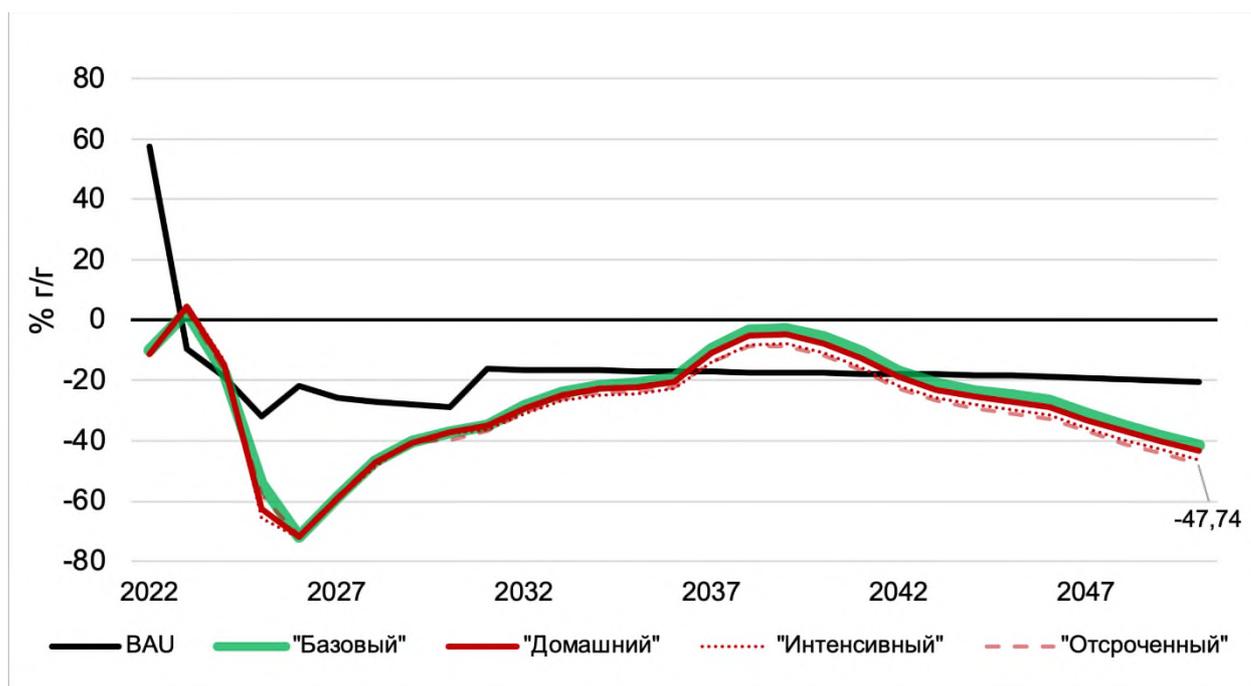
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 32. Производство угля, % г/г



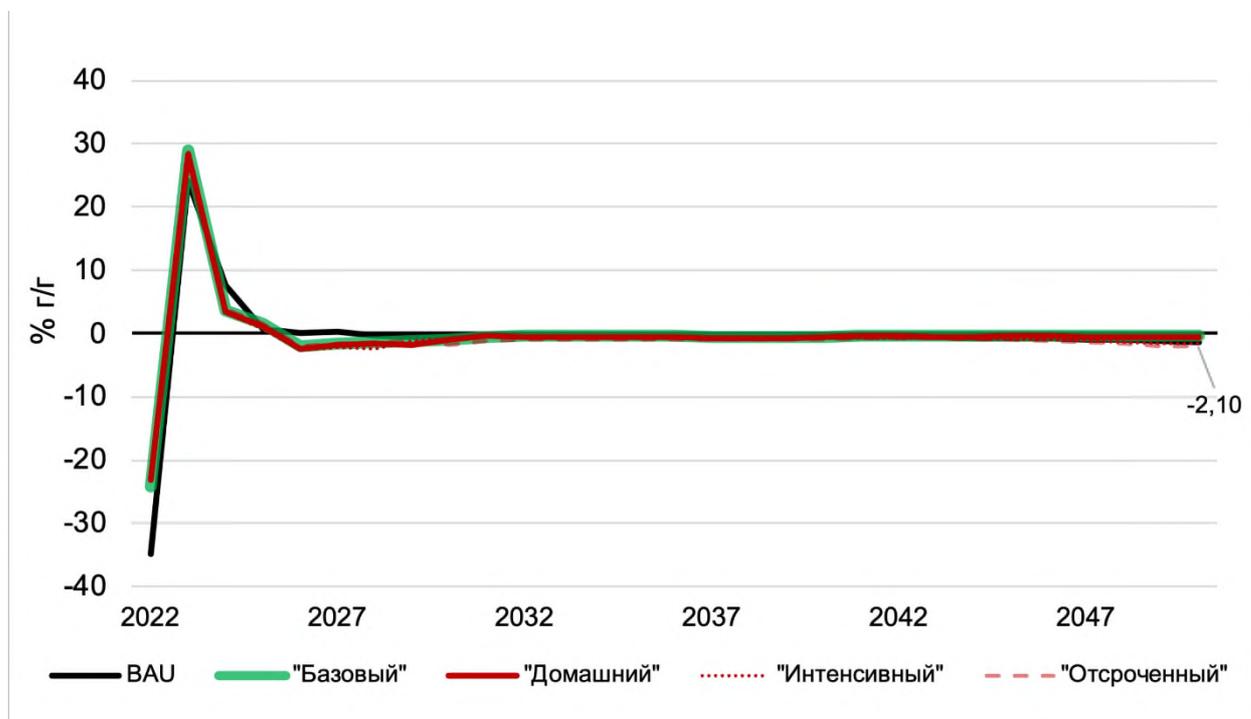
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 33. Экспорт угля, % г/г



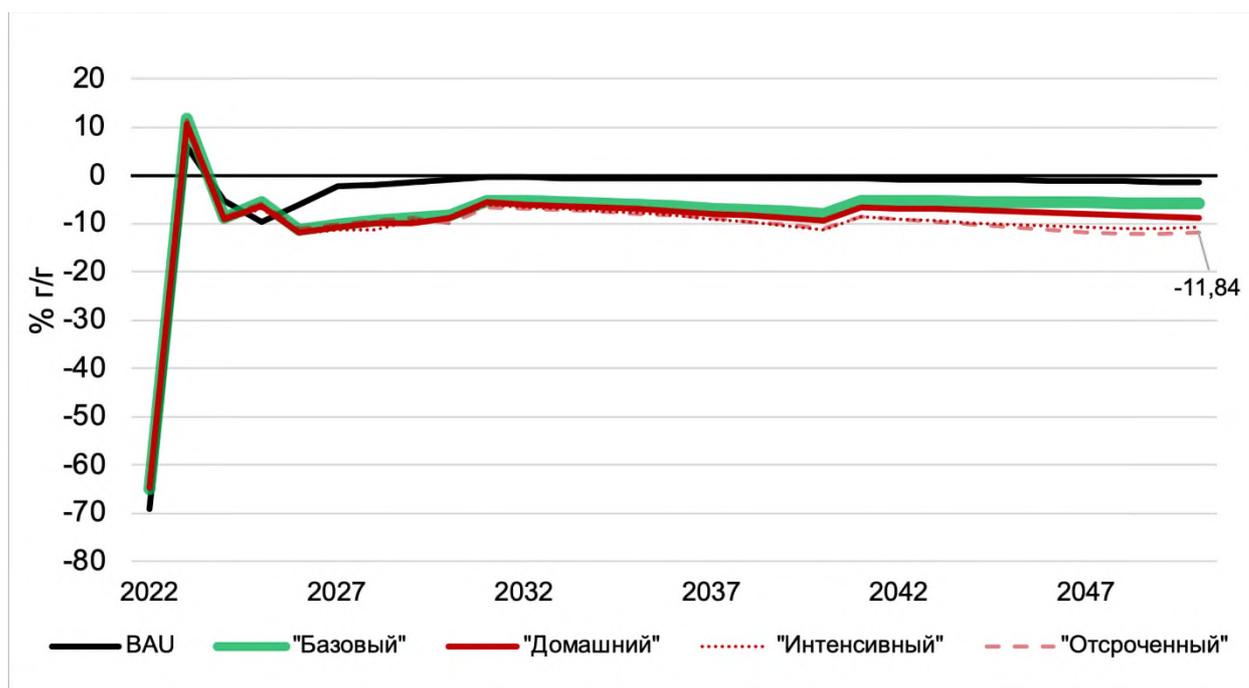
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 34. Производство стали, % г/г



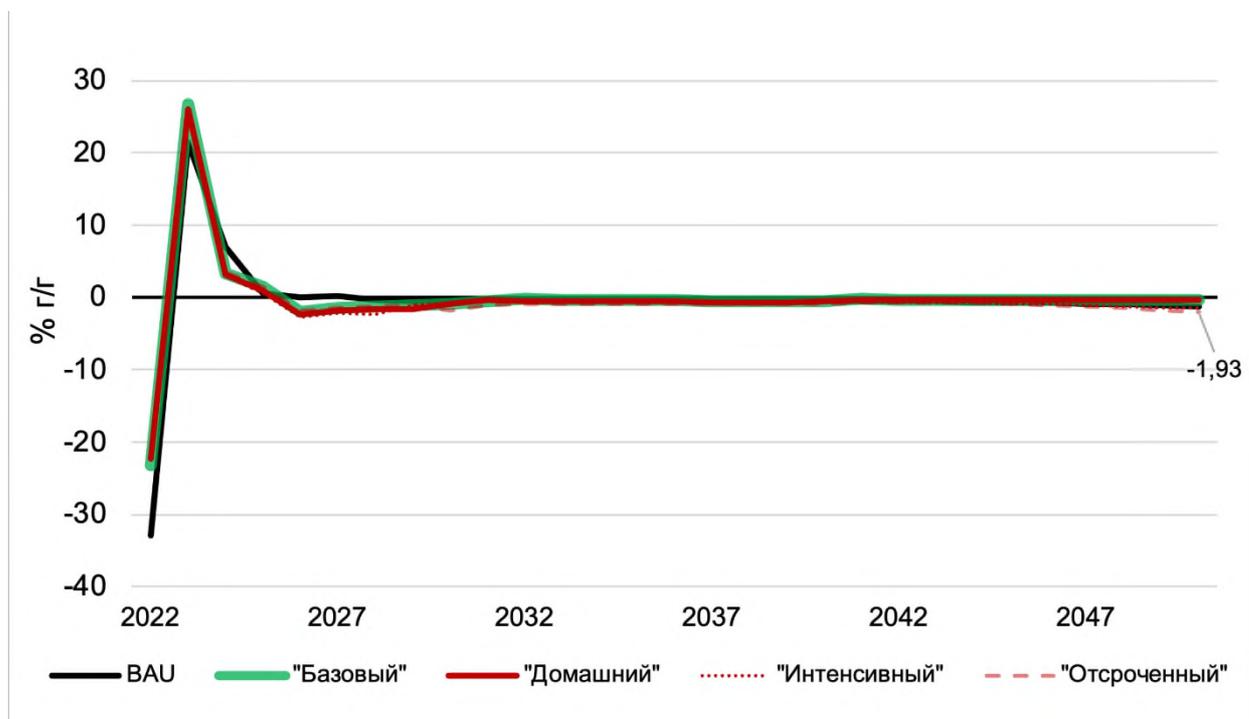
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 35. Экспорт стали, % г/г



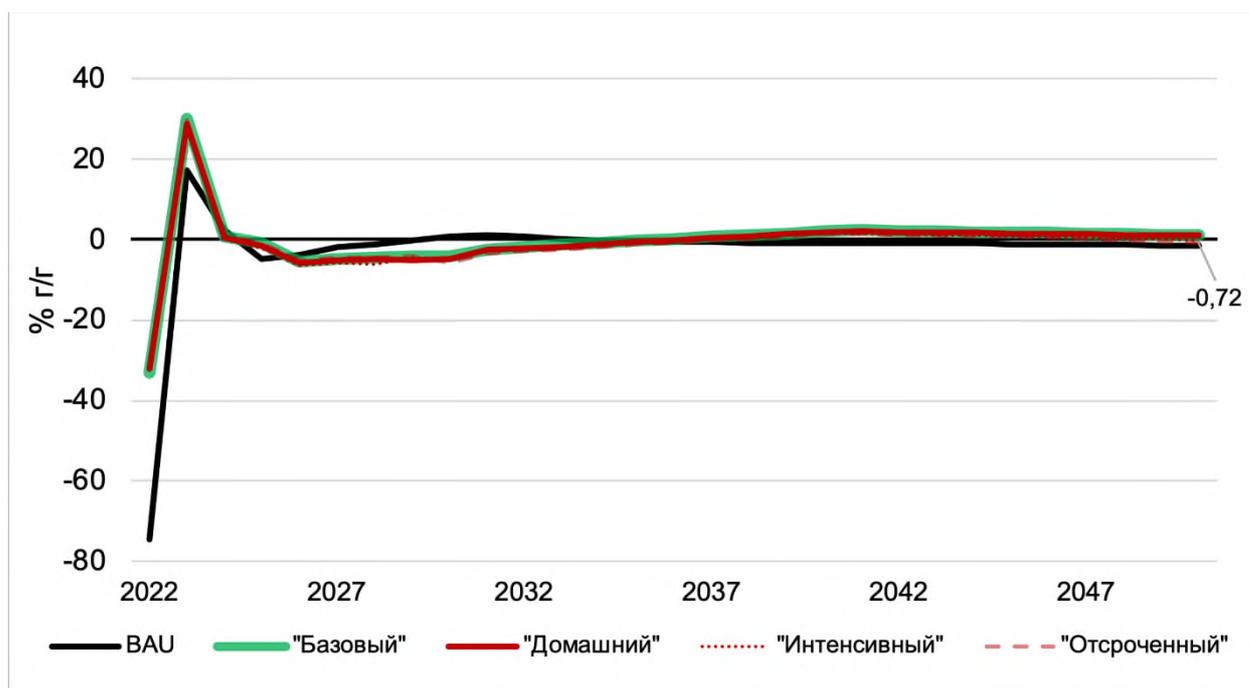
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 36. Производство черных металлов, % г/г



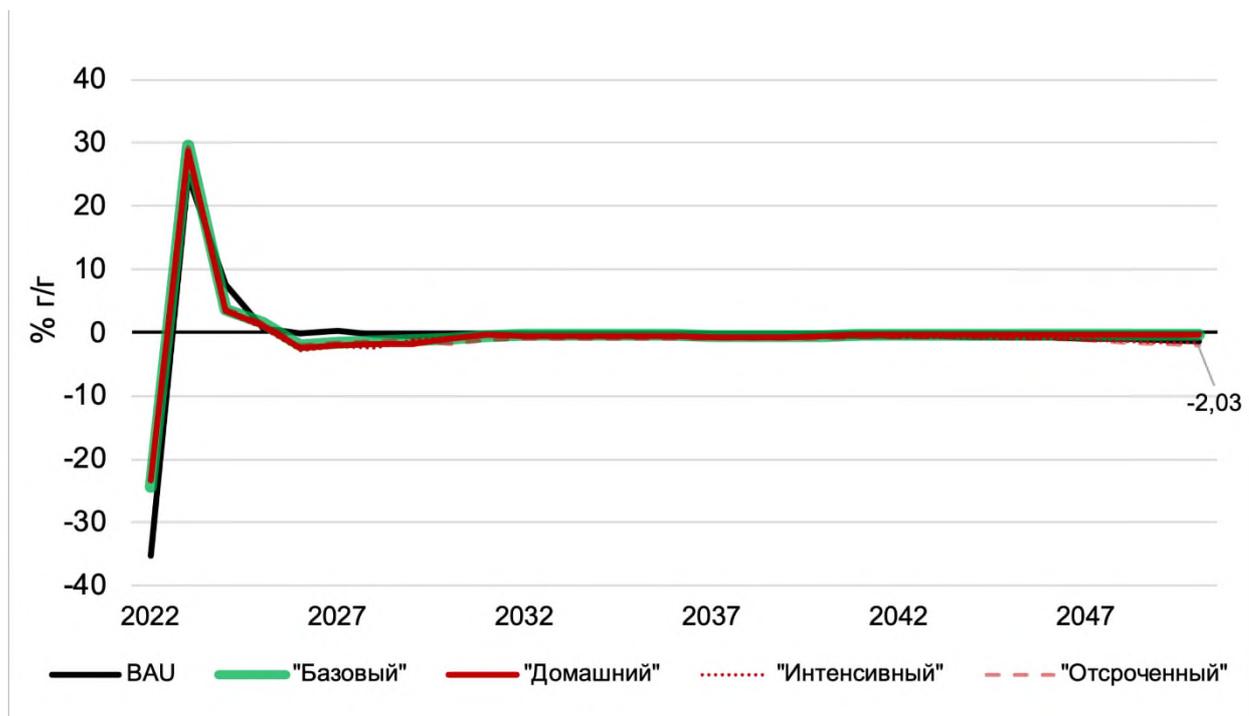
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 37. Экспорт черных металлов, % г/г



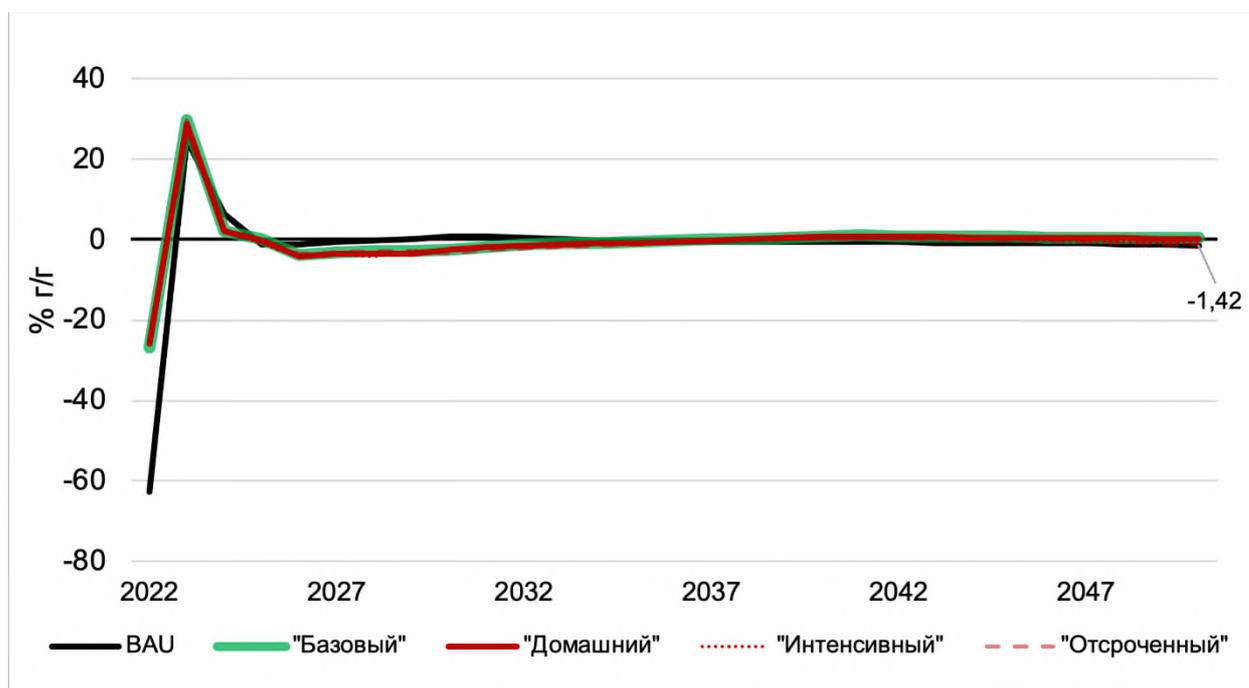
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 38. Производство алюминия, % г/г



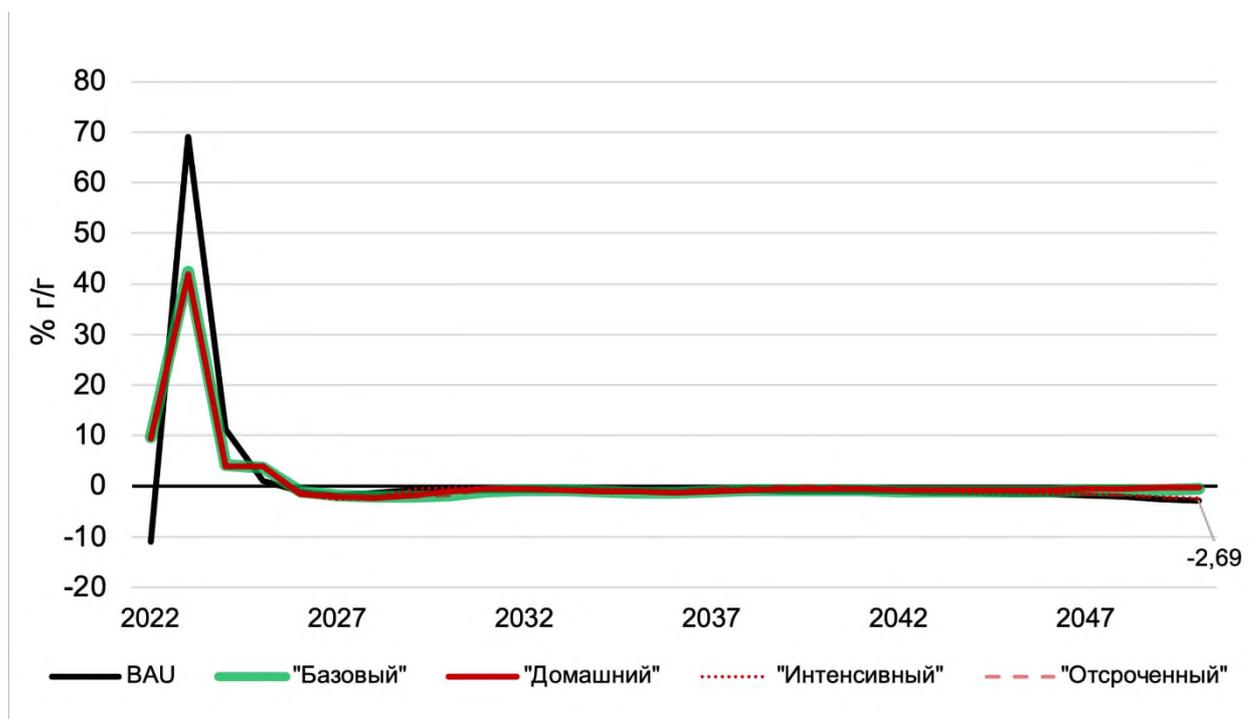
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 39. Экспорт алюминия, % г/г



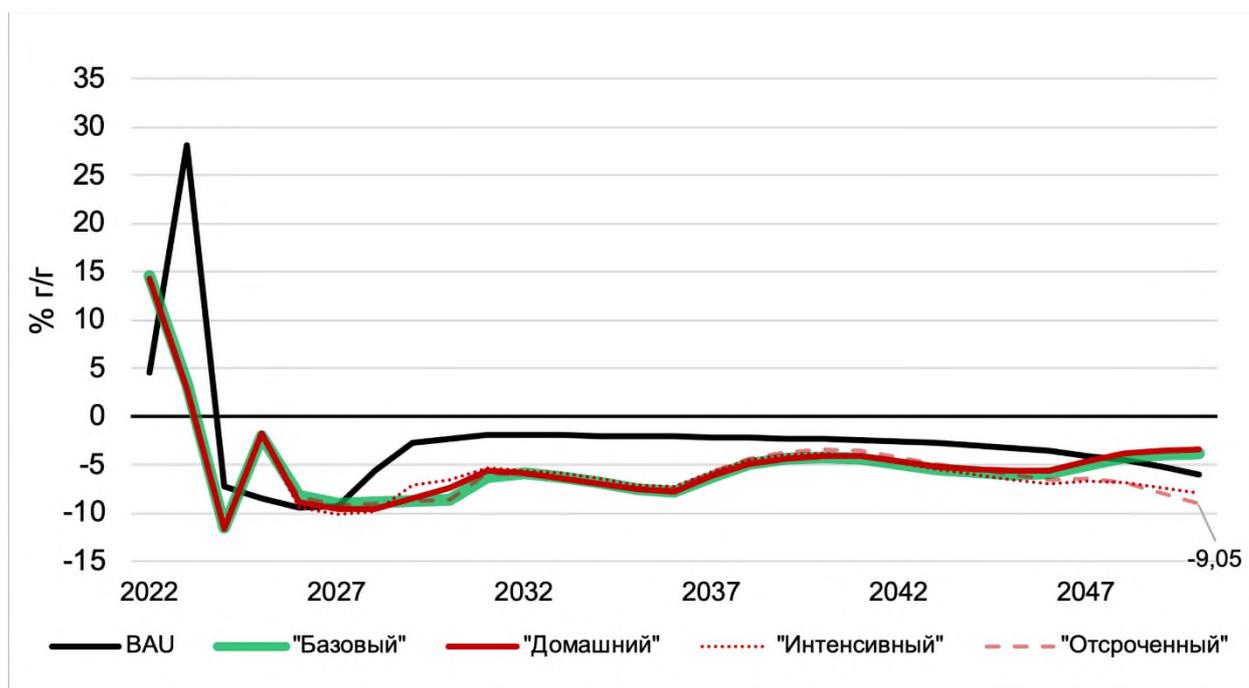
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 40. Производство удобрений, % г/г



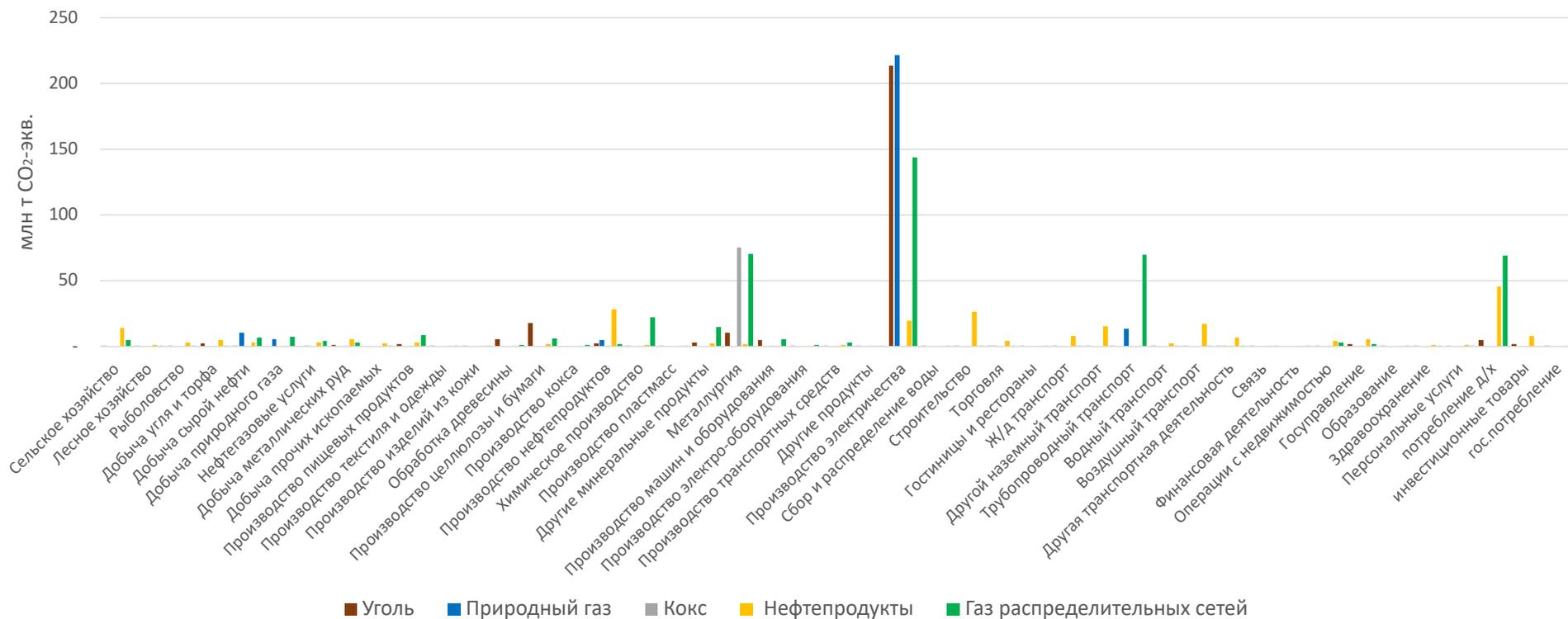
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 41. Экспорт удобрений, % г/г



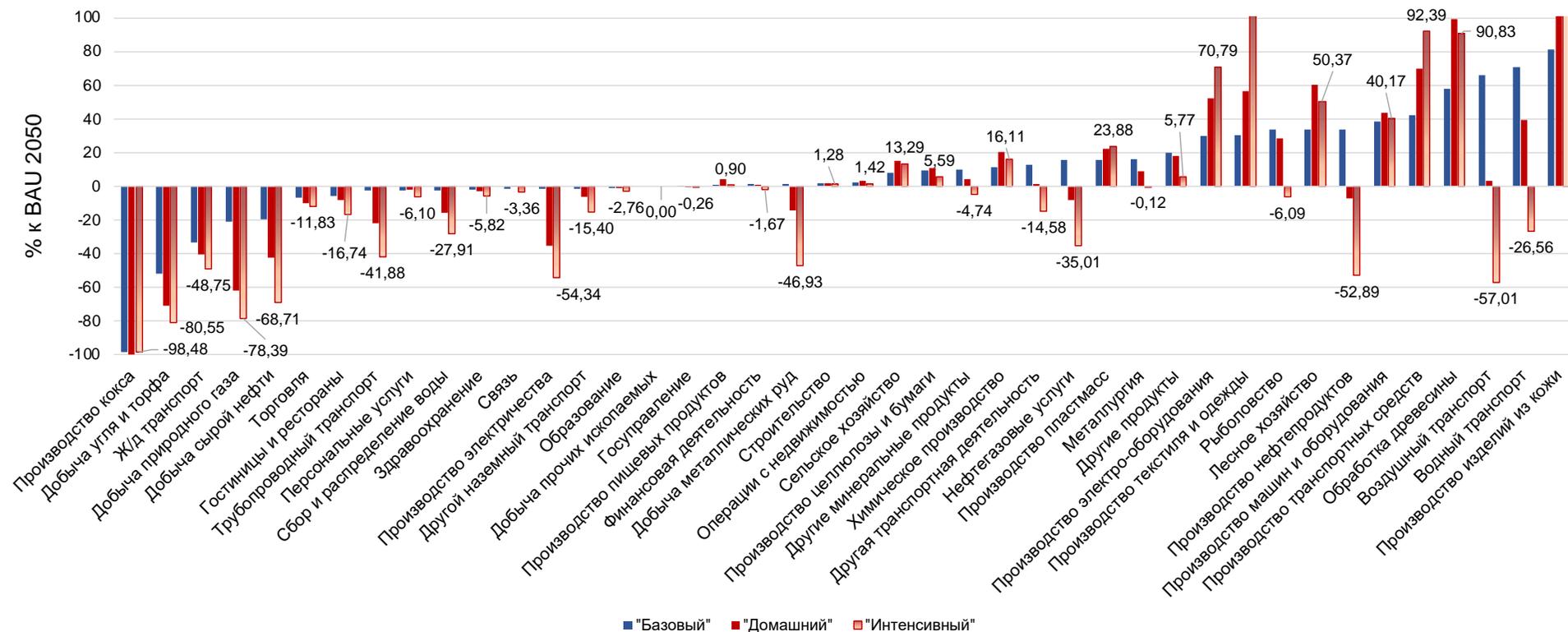
Источник: расчеты авторов.

Рисунок 42. Выбросы от сжигания по отраслям, категориям финального потребления и видам топлива в 2016 г., млн т CO<sub>2</sub>-экв.



Источник: расчеты авторов на основании данных формы № 4-ТЭР, базовых ТЗВ 2016.

Рисунок 43. Разница в реальных объемах отраслевого выпуска между климатическими сценариями и сценарием BAU в 2050 г., %



Источник: расчеты авторов.

Таблица 12. Прогнозы мировых цен на экспортные товары России на 2022–2050 гг.: «Бизнес-как-обычно» (BAU) и «Климатический» (cli) варианты, % изменения к базовым мировым ценам 2016 года

	alu		cop		pmt		ore		cru		gas		frt		col		cke		stl		fmp	
	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli	BAU	cli
2021	27%	27%	43%	43%	86%	85%	102%	102%	-4%	-4%	126%	126%	26%	25%	64%	65%	200%	200%	81%	81%	36%	36%
2022	-10%	26%	0%	41%	66%	68%	51%	39%	-6%	-19%	179%	127%	44%	25%	92%	62%	215%	202%	15%	11%	-4%	35%
2023	-11%	25%	-1%	40%	44%	48%	17%	5%	-16%	-34%	68%	35%	1%	-13%	43%	21%	130%	117%	4%	0%	-5%	33%
2024	-12%	23%	-3%	39%	27%	34%	-5%	-10%	-25%	-36%	29%	9%	-16%	-25%	12%	-4%	74%	66%	-4%	-8%	-6%	32%
2025	-12%	22%	-4%	37%	18%	27%	-12%	-25%	-33%	-39%	15%	-6%	-23%	-29%	-4%	-24%	68%	45%	-10%	-12%	-7%	31%
2026	-13%	21%	-5%	36%	13%	23%	-15%	-30%	-34%	-42%	5%	-11%	-29%	-34%	-11%	-39%	70%	36%	-13%	-17%	-8%	29%
2027	-13%	20%	-6%	35%	9%	21%	-16%	-35%	-35%	-45%	-3%	-16%	-33%	-37%	-17%	-49%	74%	28%	-14%	-21%	-9%	28%
2028	-13%	19%	-6%	33%	7%	19%	-17%	-40%	-36%	-48%	-6%	-20%	-35%	-41%	-22%	-55%	77%	19%	-15%	-24%	-9%	27%
2029	-13%	18%	-6%	32%	5%	18%	-17%	-44%	-36%	-51%	-7%	-24%	-36%	-44%	-27%	-60%	81%	11%	-15%	-28%	-8%	26%
<b>2030</b>	<b>-12%</b>	<b>16%</b>	<b>-6%</b>	<b>31%</b>	<b>3%</b>	<b>16%</b>	<b>-17%</b>	<b>-48%</b>	<b>-36%</b>	<b>-53%</b>	<b>-7%</b>	<b>-28%</b>	<b>-37%</b>	<b>-47%</b>	<b>-32%</b>	<b>-64%</b>	<b>84%</b>	<b>7%</b>	<b>-15%</b>	<b>-31%</b>	<b>-8%</b>	<b>24%</b>
2031	-11%	16%	-6%	30%	2%	15%	-17%	-49%	-36%	-56%	-7%	-32%	-37%	-49%	-33%	-67%	88%	5%	-15%	-32%	-7%	24%
2032	-11%	15%	-5%	30%	1%	14%	-17%	-52%	-36%	-58%	-7%	-35%	-37%	-51%	-35%	-70%	92%	3%	-15%	-34%	-7%	23%
2033	-11%	14%	-5%	30%	0%	13%	-17%	-54%	-36%	-61%	-7%	-39%	-38%	-53%	-36%	-72%	95%	0%	-15%	-36%	-7%	23%
2034	-10%	14%	-5%	30%	-1%	11%	-17%	-56%	-36%	-63%	-7%	-42%	-38%	-55%	-38%	-73%	99%	-2%	-15%	-38%	-7%	23%
2035	-10%	14%	-5%	31%	-2%	10%	-17%	-58%	-36%	-66%	-7%	-46%	-39%	-57%	-39%	-75%	103%	-5%	-15%	-40%	-7%	23%
2036	-10%	14%	-5%	32%	-3%	9%	-17%	-60%	-36%	-69%	-7%	-49%	-39%	-59%	-41%	-76%	107%	-8%	-15%	-42%	-7%	24%
2037	-10%	15%	-5%	33%	-4%	8%	-17%	-63%	-36%	-71%	-7%	-51%	-39%	-61%	-42%	-76%	112%	-11%	-15%	-44%	-7%	24%
2038	-10%	16%	-5%	35%	-5%	7%	-17%	-65%	-36%	-73%	-7%	-53%	-40%	-62%	-44%	-77%	116%	-14%	-15%	-46%	-7%	26%
2039	-10%	16%	-5%	36%	-5%	6%	-17%	-67%	-36%	-75%	-7%	-54%	-40%	-63%	-45%	-77%	120%	-18%	-15%	-48%	-7%	27%
2040	-10%	18%	-5%	39%	-6%	5%	-17%	-70%	-36%	-77%	-7%	-55%	-41%	-64%	-46%	-77%	125%	-22%	-15%	-50%	-7%	28%
2041	-10%	19%	-5%	41%	-7%	4%	-17%	-71%	-36%	-79%	-7%	-57%	-41%	-64%	-47%	-78%	129%	-22%	-15%	-51%	-7%	30%
2042	-10%	20%	-5%	43%	-8%	3%	-17%	-71%	-36%	-81%	-7%	-58%	-41%	-65%	-49%	-78%	134%	-23%	-15%	-52%	-7%	31%
2043	-10%	21%	-5%	45%	-9%	2%	-17%	-72%	-36%	-82%	-7%	-59%	-42%	-66%	-50%	-80%	138%	-23%	-15%	-54%	-7%	33%
2044	-10%	21%	-5%	46%	-10%	1%	-17%	-73%	-36%	-83%	-7%	-61%	-42%	-67%	-51%	-81%	143%	-23%	-15%	-55%	-7%	34%
2045	-10%	22%	-5%	48%	-11%	0%	-17%	-74%	-36%	-85%	-7%	-62%	-43%	-69%	-52%	-82%	148%	-24%	-15%	-56%	-7%	35%
2046	-10%	23%	-5%	50%	-11%	-1%	-17%	-74%	-36%	-86%	-7%	-64%	-43%	-70%	-53%	-83%	153%	-24%	-15%	-57%	-7%	37%
2047	-10%	24%	-5%	52%	-12%	-2%	-17%	-75%	-36%	-87%	-7%	-65%	-43%	-70%	-55%	-85%	158%	-25%	-15%	-59%	-7%	38%
2048	-10%	24%	-5%	54%	-13%	-2%	-17%	-76%	-36%	-88%	-7%	-66%	-44%	-71%	-56%	-86%	163%	-25%	-15%	-60%	-7%	39%
2049	-10%	25%	-5%	55%	-14%	-3%	-17%	-76%	-36%	-89%	-7%	-66%	-44%	-72%	-57%	-87%	168%	-26%	-15%	-61%	-7%	40%
<b>2050</b>	<b>-10%</b>	<b>26%</b>	<b>-5%</b>	<b>57%</b>	<b>-15%</b>	<b>-4%</b>	<b>-17%</b>	<b>-77%</b>	<b>-36%</b>	<b>-90%</b>	<b>-7%</b>	<b>-67%</b>	<b>-44%</b>	<b>-72%</b>	<b>-58%</b>	<b>-89%</b>	<b>174%</b>	<b>-26%</b>	<b>-15%</b>	<b>-62%</b>	<b>-7%</b>	<b>41%</b>

Источник: расчеты авторов.

Таблица 13. Цели по выбросам CO<sub>2</sub>-экв. в сценариях климатической политики, млн т CO<sub>2</sub>-экв.

Годы	«Домашний»	«Интенсивный»	«Отложенный»
2021	1351,0	1351,0	1351,0
2022	1313,8	1287,9	1351,0
2023	1277,6	1227,8	1351,0
2024	1242,4	1170,5	1351,0
2025	1208,2	1115,9	1351,0
2026	1175,0	1063,8	1351,0
2027	1142,6	1014,1	1351,0
2028	1111,2	966,8	1351,0
2029	1080,6	921,7	1351,0
2030	1050,8	878,6	1264,7
2031	1021,9	837,6	1183,9
2032	993,7	798,5	1108,3
2033	966,4	761,2	1037,5
2034	939,8	725,7	971,2
2035	913,9	691,8	909,2
2036	888,7	659,5	851,1
2037	864,3	628,8	796,7
2038	840,5	599,4	745,8
2039	817,3	571,4	698,2
2040	794,8	544,8	653,6
2041	772,9	519,3	611,8
2042	751,7	495,1	572,7
2043	731,0	472,0	536,1
2044	710,8	449,9	501,9
2045	691,3	428,9	469,8
2046	672,2	408,9	439,8
2047	653,7	389,8	411,7
2048	635,7	371,6	385,4
2049	618,2	354,3	360,8
2050	601,2	337,7	337,7

Источник: расчеты авторов.

## Рисунки

Рисунок 1. Сравнение информации из Национального доклада с оценками выбросов по данным формы № 4-ТЭР (млн т CO <sub>2</sub> -экв.) .....	25
Рисунок 2. Цена т CO <sub>2</sub> -экв., тыс. руб., 2016 год .....	33
Рисунок 3. Доля бремени по обслуживанию долга, количество фирм и максимальная концентрация на одну фирму для 42 отраслей экономики .....	38
Рисунок 4. Доля бремени по обслуживанию долга заемщиков с отрицательной прибылью в общем отраслевом риске (Status Quo) .....	39
Рисунок 5. Доля бремени обслуживания долга заемщиков с КОД менее или равным 100% прибыли в общем отраслевом риске (Status Quo) .....	40
Рисунок 6. Доля нагрузки по обслуживанию долга заемщиков с отрицательной прибылью (все сценарии).....	41
Рисунок 7. Изменения подверженности риску, сценарий «Бизнес-как-обычно» (BAU), 2030 год .....	44
Рисунок 8. Изменения подверженности риску, сценарий «Бизнес-как-обычно» (BAU), 2050 год .....	45
Рисунок 9. Изменения подверженности риску, сценарий «Базовый», 2030 год.....	47
Рисунок 10. Изменения подверженности риску, сценарий «Базовый», 2050 год.....	48
Рисунок 11. Изменения подверженности риску, сценарий «Домашний», 2030 год.....	50
Рисунок 12. Изменения подверженности риску, сценарий «Домашний» 2050 год.....	51
Рисунок 13. Индексы цен акций, 2040 год .....	54
Рисунок 14. Темпы роста экспортных цен на нефть, % г/г .....	70
Рисунок 15. Темпы роста экспортных цен на природный газ, % г/г .....	71
Рисунок 16. Темпы роста экспортных цен на уголь, % г/г .....	71
Рисунок 17. Темпы роста экспортных цен на металлические руды, % г/г .....	72
Рисунок 18. Темпы роста экспортных цен на сталь, % г/г .....	72
Рисунок 19. Темпы роста экспортных цен на удобрения, % г/г .....	73
Рисунок 20. Темпы роста экспортных цен на черные металлы, % г/г .....	73
Рисунок 21. Темпы роста экспортных цен на драгоценные металлы, % г/г .....	74
Рисунок 22. Темпы роста экспортных цен на алюминий, % г/г .....	74
Рисунок 23. Темпы роста экспортных цен на медь, % г/г .....	75
Рисунок 24. Темпы роста экспортных цен на кокс, % г/г .....	75
Рисунок 25. Темпы роста реального ВВП, % у/у .....	76
Рисунок 26. Темпы роста реального ВВП в 2040–2050 гг., % у/у .....	76
Рисунок 27. Накопленное изменение реального ВВП по сравнению со сценарием BAU, 2022 г. = 100.....	77
Рисунок 28. Производство нефти, % г/г .....	77
Рисунок 29. Экспорт нефти, % г/г .....	78
Рисунок 30. Производство природного газа, % г/г.....	78
Рисунок 31. Экспорт природного газа, % г/г .....	79
Рисунок 32. Производство угля, % г/г .....	79
Рисунок 33. Экспорт угля, % г/г.....	80
Рисунок 34. Производство стали, % г/г.....	80
Рисунок 35. Экспорт стали, % г/г.....	81
Рисунок 36. Производство черных металлов, % г/г.....	81
Рисунок 37. Экспорт черных металлов, % г/г .....	82
Рисунок 38. Производство алюминия, % г/г .....	82
Рисунок 39. Экспорт алюминия, % г/г .....	83
Рисунок 40. Производство удобрений, % г/г .....	83
Рисунок 41. Экспорт удобрений, % г/г .....	84
Рисунок 42. Выбросы от сжигания по отраслям, категориям финального потребления и видам топлива в 2016 г., млн т CO <sub>2</sub> -экв.....	85
Рисунок 43. Разница в реальных объемах отраслевого выпуска между климатическими сценариями и сценарием BAU в 2050 г., % .....	86

## Таблицы

Таблица 1. Уровни выбросов в 2016 и 2019 гг. и цели по снижению выбросов в Стратегии социально-экономического развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года	30
Таблица 2. Значение макропеременных в различных сценариях в 2030 и 2050 гг., изменения к уровню 2016 года	32
Таблица 3. Изменение подверженности риску (млрд руб.) и суммарных сценарных эффектов по отраслям экономики	42
Таблица 4. Список отраслей	59
Таблица 5. Коэффициенты выбросов диоксида углерода, используемые для расчета эмиссии CO <sub>2</sub> при сжигании разных видов топлива, учитываемых по форме № 4-ТЭР (т CO <sub>2</sub> /ТДж)	61
Таблица 6. Коэффициенты выбросов CH <sub>4</sub> и N <sub>2</sub> O, используемые для расчета выбросов от стационарного сжигания различных видов топлива, учитываемых по форме № 4-ТЭР (кг CH <sub>4</sub> /ТДж, кг N <sub>2</sub> O/ТДж)	62
Таблица 7. Коэффициенты перевода натуральных единиц в энергетические по видам топлива (тыс. т.у.т. / ед.)	64
Таблица 8. Коэффициенты выбросов CH <sub>4</sub> и N <sub>2</sub> O, используемые для расчета выбросов от мобильного сжигания различных видов топлива, учитываемых в форме № 4-ТЭР (кг CH <sub>4</sub> /ТДж, кг N <sub>2</sub> O/ТДж)	65
Таблица 9. Суммарная оценка выбросов парниковых газов от стационарного и мобильного сжигания в 2016 г. по форме № 4-ТЭР (млн т CO <sub>2</sub> -экв.)	66
Таблица 10. Выбросы от сжигания по видам топлива в 2016 г., млн т CO <sub>2</sub> -экв.	67
Таблица 11. Коэффициенты выбросов по видам топлива в базовом году (2016), кг CO <sub>2</sub> /руб.	69
Таблица 12. Прогнозы мировых цен на экспортные товары России на 2022–2050 гг.: «Бизнес-как-обычно» (BAU) и «Климатический» (cli) варианты, % изменения к базовым мировым ценам 2016 года	87
Таблица 13. Цели по выбросам CO <sub>2</sub> -экв. в сценариях климатической политики, млн т CO <sub>2</sub> -экв.	88