

УДК 339.54

DOI: 10.17323/1813-8691-2025-29-3-462-493

## Последствия введения пограничного углеродного регулирования в Китае для российской экономики: анализ на основе GTAP-моделей<sup>1</sup>

Давыдова А.Ю., Макаров И.А., Смоловик Е.В.

В статье представлены оценки влияния углеродного регулирования Китая на российскую экономику. В частности, рассматривается маловероятный, но обсуждаемый в России вариант потенциального введения Китаем пограничного углеродного регулирования в отношении импорта углеродоемкой продукции. В работе применяется сценарный подход с использованием вычислимых моделей общего равновесия GTAP-Power и GTAP-E Проекта анализа глобальной торговли (GTAP). Данные GTAP 10, на которых откалибрована модель, предварительно корректируются на санкции западных стран 2022–2023 гг. по отношению к торговым потокам с Россией. Результаты показывают, что введение пограничного углеродного регулирования Китаем практически не оказывает влияние на выпуск энергоемких отраслей России. Отрасль цветных металлов наращивает экспорт из-за низкой углеродоемкости российского производства относительно других стран, в то время как химическая промышленность оказывается чувствительной к гипотетическому введению в Китае пограничного углеродного регулирования. Введение цены на углерод в России устраняет риски барьеров для экспорта в Китай, но само приводит к относительно небольшому снижению реального ВВП – до –0,06% при цене 20 долл. за тонну CO<sub>2</sub>-экв. в ценах 2014 г. Среди наиболее чувствительных секторов к национальному углеродному регулированию можно выделить производство угля, газа, черной металлургии.

<sup>1</sup> Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ.

**Давыдова Алтана Юрьевна** – эксперт научно-учебной лаборатории экономики изменения климата, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; с.н.с. Института международной экономики и финансов Всероссийской академии внешней торговли Минэкономразвития РФ; ассистент кафедры микро- и макроэкономического анализа Экономического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. E-mail: aydavydova@hse.ru

**Макаров Игорь Алексеевич** – к.э.н., руководитель Департамента мировой экономики, заведующий научно-учебной лабораторией экономики изменения климата, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: imakarov@hse.ru

**Смоловик Елизавета Владимировна** – м.н.с. научно-учебной лаборатории экономики изменения климата, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». E-mail: esmolovik@hse.ru

Статья поступила: 27.02.2025/Статья принята: 11.09.2025.

**Ключевые слова:** пограничное углеродное регулирование; система торговли разрешениями на выбросы; углеродоемкость производства; выбросы CO<sub>2</sub>; вычислимые модели общего равновесия.

**Для цитирования:** Давыдова А.Ю., Макаров И.А., Смоловик Е.В. Последствия введения пограничного углеродного регулирования в Китае для российской экономики: анализ на основе GTAP-моделей. *Экономический журнал ВШЭ*. 2025; 29(3): 462–493.

**For citation:** Davydova A.Yu., Makarov I.A., Smolovik E.V. The Impact of Border Carbon Adjustment in China on Russian Economy: Analysis Based on GTAP Models. *HSE Economic Journal*. 2025; 29(3): 462–493. (In Russ.)

## Введение

Проблема изменения климата является одним из наиболее важных глобальных вызовов, которые стоят перед человечеством. Оно ведет к ряду физических рисков, среди которых учащение волн тепла, увеличение числа лесных пожаров, деградация вечной мерзлоты, усугубление водного стресса в ряде регионов и др. [Макаров, Чернокульский, 2023]. Одновременно из-за изменения климата трансформируется существующий мировой социально-экономический ландшафт. Для сокращения выбросов парниковых газов все больше стран инвестируют в развитие низкоуглеродных технологий, а также применяют инструменты углеродного регулирования рыночного и административного характера. Некоторые из них, например, в ЕС и Великобритании, не ограничиваются регулированием выбросов внутри страны, но затрагивают также и выбросы от производства импортируемой продукции.

Климатическое регулирование развивается в мире неравномерно: в то время как в одних странах цена на углерод достигает величин 70–80 долл. и более<sup>2</sup>, во многих других она отсутствует вовсе. В первых это ведет к существенному повышению издержек производителей, вторые же получают дополнительное преимущество. Как следствие, происходит «утечка выбросов» – перемещение производственных мощностей из стран с более строгим углеродным регулированием в страны без него. Для сдерживания «утечки выбросов» некоторые страны вводят пограничный корректирующий углеродный механизм (рус. ПКУМ, англ. СВАМ) в отношении импортируемой продукции углеродоемких отраслей. С 2023 г. такой механизм действует в ЕС (пока в пилотном режиме), с 2027 г. аналогичная схема будет введена в Великобритании. Механизм предполагает необходимость импортеров покупать СВАМ-сертификаты на импорт ряда товаров в объеме, соответствующем их углеродоемкости. Это «выравнивает условия игры» между национальными и зарубежными производителями. С учетом того, что «цена на углерод», выплаченная поставщиком в своей юрисдикции, подлежит вычету из пограничных платежей, ПКУМ также стимулирует другие страны вводить собственное углеродное регулирование.

До 2022 г. СВАМ в Европейском союзе рассматривался в России как значимый риск для национальной экономики [Makarov et al., 2021] и стал одним из факторов активиза-

<sup>2</sup> State and Trends of Carbon Pricing 2024. (<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/b0d66765-299c-4fb8-921f-61f6bb979087>)

ции климатической политики внутри страны. Однако с началом военно-политического кризиса и введения санкционных ограничений в отношении российского экспорта потенциальное воздействие СВАМ ЕС резко сократилось. Впрочем, это не означает отсутствия потенциальных рисков из других стран. Так, эскалация международно-политической обстановки придала новый толчок развитию отношений Китая и России. С 2021 г. Россия демонстрирует самый значительный рост среди основных торговых партнеров КНР. В 2023 г. торговый оборот между двумя странами превысил 240 млрд долл.<sup>3</sup>

На сегодняшний день Китай имеет одну из самых сложных систем углеродного регулирования в мире, а также амбициозные планы ее развития. С одной стороны, в Китае функционирует крупнейшая в мире (по своему охвату) система торговли выбросами (СТВ). Она распространяется на электроэнергетику, а с 2025 г. – еще и на ряд углеродоемких промышленных отраслей. С другой стороны, углеродное регулирование состоит также из административных планов по сокращению энерго- и углеродоемкости продукции на уровне компаний, провинций и секторов. Пограничное углеродное регулирование в Китае на сегодня отсутствует, а его введение по европейскому образцу в обозримом будущем не ожидается, хотя отдельные меры технического регулирования в отношении импортной углеродоемкой продукции на горизонте до 2030 г. вполне вероятны. В рамках данной работы впервые в России дается оценка возможных последствий пограничного углеродного регулирования в Китае для российских экспортеров. Она позволит и оценить масштаб потенциальной проблемы, и выделить отдельные отрасли, которые максимально уязвимы к пограничному углеродному регулированию, независимо от того, в какой форме – квазирыночной (аналогичной европейскому СВАМ) или административной (как более вероятно в Китае) оно будет реализовано. Оценка потенциальных издержек от введения пограничного углеродного регулирования в Китае в дополнение к действующей СТВ, представленная в данной статье, может также рассматриваться как стресс-тестирование для российских экспортеров в случае, если СВАМ в Китае все же будет введен.

Для оценки потенциальных эффектов воздействия СВАМ в Китае в работе используются вычислимые модели общего равновесия ГТАР, разработанные проектом анализа глобальной торговли (Global Trade Analysis Project, ГТАР). Модели ГТАР являются многострановыми, что позволяет выявить изменения в структуре торговли, выпуска и других макроэкономических показателей после введения мер торговой политики. Модели также содержат данные о выбросах от использования промежуточных товаров в процессе производства, что позволяет оценить экономические эффекты от введения цены на углерод. В частности, в работе используется модель ГТАР-Power [Peters, 2016a], которая является прямым развитием модели ГТАР-E [Burniaux, Truong, 2002]. ГТАР-Power имеет более детальное представление разных типов электроэнергии, включая низкоуглеродные источники, поэтому мы сравниваем результаты ГТАР-Power с результатами модели ГТАР-E.

Работа состоит из шести частей. В первом разделе содержится описание текущего углеродного регулирования в Китае и обосновывается возможное введение требований к углеродоемкости импортируемой продукции. Второй раздел посвящен обзору литературы в области оценки экономических эффектов от введения пограничного углеродного

---

<sup>3</sup> 2023年12月进出口商品主要国别(地区)总值表(美元) [Таблица общей стоимости импортных и экспортных товаров в основных странах (регионах) в декабре 2023 г. (в долл. США)]. (<http://www.customs.gov.cn/customs/302249/zfxxgk/2799825/302274/302275/5624373/index.html>)

регулирования с использованием вычислимых моделей общего равновесия. Третий раздел включает описание модели и агрегации секторов, а в четвертом приводится характеристика рассматриваемых сценариев введения углеродного регулирования. Пятый раздел содержит результаты сценарного анализа и их интерпретацию. Наконец, ключевые выводы представлены в заключении.

## 1. Углеродное регулирование в Китае

Китай – крупнейший эмитент парниковых газов в мире с общим объемом выбросов, превышающим показатели США, ЕС и Индии вместе взятые. Выбросы Китая быстро росли в 1990-е и 2000-е годы, но в последнее десятилетие этот рост стал замедляться, отражая сдвиг в сторону новой модели социально-экономического развития. Ее основы – рост внутреннего потребления в качестве драйвера экономического роста, повышение качества роста, в том числе за счет развития высокотехнологичных секторов экономики (в том числе в рамках программы «Сделано в Китае 2025») и сферы услуг, смягчение внутренних экологических проблем (понятие «экологической цивилизации» включено в конституцию страны), усиление международного влияния на базе концепции «сообщества единой судьбы» и инициативы Пояса и Пути, снижение зависимости от зарубежных поставщиков энергоносителей.

Китай имеет две группы целей по сокращению выбросов: среднесрочная – по прохождению пика выбросов углекислого газа до 2030 г., снижению выбросов углекислого газа на единицу ВВП более чем на 65% от уровня 2005 г. к 2030 г. – поставлена Определенным на национальном уровне вкладом (ОНУВ) в Парижское соглашение, долгосрочная (на 2060 г.) предполагает достижение углероднейтральности<sup>4</sup>. Для достижения этих целей в стране выстроена комплексная система регулирования выбросов, по своей сложности, масштабам и разнообразию инструментов не имеющая аналогов в мире. Эта система базируется на трех направлениях климатической политики: административных планах, рыночных механизмах и масштабных субсидиях в развитие низкоуглеродных технологий.

Ключевыми элементами климатической политики выступают административные планы, встроенные в пятилетние планы социально-экономического развития и действующие на уровне всей страны, отдельных провинций, отраслей экономики и конкретных предприятий. В рамках четырнадцатой пятилетки (2021–2025 гг.) эти планы основаны на принципе двойного контроля за потреблением энергии – учета и его абсолютного объема, и уровня энергоемкости производства<sup>5</sup>. В рамках пятнадцатой пятилетки (2026–2030 гг.) предполагается переход к двойному контролю за выбросами CO<sub>2</sub>, предполагающему сокращение углеродоемкости производства и достижение пика выбросов с их дальнейшим

<sup>4</sup> Определяемый на национальном уровне вклад КНР. (<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/China's%20Achievements%2C%20New%20Goals%20and%20New%20Measures%20for%20Nationally%20Determined%20Contributions.pdf>)

<sup>5</sup> 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要 [Основные положения Четырнадцатого пятилетнего плана национального экономического и социального развития Китайской Народной Республики и долгосрочные цели на период до 2035 г.]. ([https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm))

сокращением<sup>6</sup>. Для этой цели создается регуляторная инфраструктура. Так, предполагается запуск комплексной системы управления выбросами парниковых газов, включающей стандарты расчета углеродоемкости примерно для 100 основных продуктов к 2027 г. и 200 – к 2030 г.<sup>7</sup>

С 2021 г. в Китае функционирует система торговли выбросами (СТВ). До настоящего момента она охватывала выбросы CO<sub>2</sub> исключительно в электроэнергетике, однако с 2025 г. она расширена на производство алюминия, цемента и черную металлургию<sup>8</sup>. Разрешения на выбросы распределяются безвозмездно на основе бенчмаркинга, а их излишки можно продавать на рынке. Потолок выбросов устанавливается «снизу вверх» – на основе региональных данных в привязке к объему выпуска в провинциях, после чего агрегируется на уровне страны. Со временем предполагается переход на распределение разрешений через аукцион, а также установление потолка выбросов по принципу «сверху вниз» – от национальных целей. К концу 2024 г. цена на т CO<sub>2</sub> в национальной китайской СТВ достигла 13,4 долл.<sup>9</sup>

В дополнение к национальной СТВ, в пяти городах (Пекин, Тяньцзинь, Чунцин, Шанхай, Шэньчжэнь) и трех провинциях (Гуандун, Фуцзянь, Хубэй) в пилотном режиме функционируют региональные СТВ, которые охватывают не только электроэнергетику, но и другие сектора, например, черную металлургию, химическую промышленность и нефтехимию, строительство и транспорт<sup>10</sup>. Региональные СТВ были запущены в 2013–2016 гг. как пилотные на пути запуска национальной системы. Со временем региональные СТВ должны стать частью национальной. В 2024 г. средняя стоимость тонны CO<sub>2</sub> в рамках пилотных СТВ варьировалась от 4,1 долл. за т CO<sub>2</sub> в Гуандуне и 4,8 долл. в Тяньцзине, до 10,1 долл. в Шанхае и 15 долл. в Пекине<sup>11</sup>.

В 2024 г. в Китае был перезапущен добровольный углеродный рынок (Chinese Certified Emissions Reduction scheme)<sup>12</sup>. Среди прочего он позволяет компаниям, подпадающим под действие национальной или региональных СТВ, засчитывать сокращение выбросов в отраслях, не охваченных данными системами. Компаниям разрешается покрывать за счет офсетов не более 5% от своих верифицированных выбросов в следующих секторах: оффшорные ветряные электростанции, солнечные тепловые электростанции, мангровые насаждения и лесное хозяйство<sup>13</sup>.

<sup>6</sup> 国务院办公厅印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》[Об ускорении создания системы двойного контроля выбросов углекислого газа]. ([https://szb.northnews.cn/nmgrb/html/2024-08/03/content\\_48163\\_238652.htm](https://szb.northnews.cn/nmgrb/html/2024-08/03/content_48163_238652.htm))

<sup>7</sup> China to Establish Carbon Footprint Management System by 2027. (<https://esgnews.com/ru/amp/china-to-establish-carbon-footprint-management-system-by-2027/>)

<sup>8</sup> China National ETS. (<https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>)

<sup>9</sup> ICAP Allowance Price Explorer. (<https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>)

<sup>10</sup> China National ETS. (<https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>)

<sup>11</sup> ICAP Allowance Price Explorer. <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>

<sup>12</sup> 国务院关于印发《2024—2025年节能降碳行动方案》的通知 [Уведомление о Плане действий по энергосбережению и сокращению выбросов углекислого газа]. ([https://www.gov.cn/zhengce/content/202405/content\\_6954322.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/202405/content_6954322.htm))

<sup>13</sup> Yi Wu (2024). Understanding the Relunched China Certified Emission Reduction (CCER) Program: Potential Opportunities for Foreign Companies. China Briefing. (<https://www.china-briefing.com/news/>)

Третьим важнейшим направлением климатической политики Китая является государственная поддержка низкоуглеродных технологий. Возобновляемая энергетика и автомобили на альтернативном топливе входят в число приоритетов программы «Сделано в Китае 2025», нацеленной на выращивание «национальных чемпионов» в ключевых высокотехнологичных отраслях<sup>14</sup>. Согласно официальным оценкам, инвестиции Китая в энергетическую трансформацию в 2023 г. составили 676 млрд долл.<sup>15</sup> Согласно последнему докладу BloombergNEF, они составили 818 млрд долл. – почти 40% от общемирового уровня<sup>16</sup>. Результатом стало лидерство Китая по всем ключевым низкоуглеродным технологиям: в 2023 г. на страну приходилось 63% мировых установленных мощностей по выработке солнечной энергии, 63% – ветровой энергии<sup>17</sup>, 59% продаж электромобилей<sup>18</sup>, 79% мощностей по переработке литий-ионных аккумуляторов, более 80% производства оборудования для солнечной энергетике и более 60% – для ветровой<sup>19</sup>.

По мере развития китайской климатической политики у торговых партнеров страны (в том числе и в России) растет озабоченность тем, что она начнет применять меры пограничного углеродного регулирования подобно тому, как это делает ЕС. Однако пока введение пограничного корректирующего углеродного механизма (СВАМ), аналогичного европейскому, в Китае не обсуждается. Даже в среднесрочной перспективе оно представляется маловероятным ввиду комплексного (сочетающего рыночные и административно-командные инструменты) характера китайского углеродного регулирования, экспортно-ориентированности китайской экономики и высокой доли государственного участия в крупном китайском бизнесе, что, наряду с относительно невысокой ценой на углерод (около 13 долл. США<sup>20</sup>), снижает риск «утечки выбросов» в другие страны. Впрочем, малая вероятность китайского аналога СВАМ не означает безбарьерную среду для российских экспортеров. Можно ожидать, что в среднесрочной перспективе меры и требования, применяемые для китайских производителей, будут распространяться и на импортеров. Вероятность этого будет расти по мере увеличения разрыва между углеродоемкостью китайской экономики и экономик ее торговых партнеров, в том числе России (см. раздел 5.2). Как следствие, не исключено применение к импортерам в Китай более жестких мер технического регулирования, касающихся выбросов парниковых газов, что будет вести к росту издержек, в том числе российских компаний, выходящих на китайский рынок. Выполненный в рамках данной работы анализ последствий пограничного углеродного регулирования в Китае для российской экономики можно рассматривать как стресс-тест: хотя

---

understanding-the-relaunched-china-certified-emission-reduction-ccer-program-potential-opportunities-for-foreign-companies/)

<sup>14</sup> 传统的“MADE IN CHINA”我们还要做，但“中国制造2025”的核心，应该是主打“中国装备” (<https://www.gov.cn/zhuanti/2016/MadeinChina2025-plan/>)

<sup>15</sup> 国家能源局. 中国新能源政策 [Новая энергетическая политика КНР]. ([https://www.nea.gov.cn/2024-08/29/c\\_1310785406.htm](https://www.nea.gov.cn/2024-08/29/c_1310785406.htm))

<sup>16</sup> BloombergNEF. New Energy Outlook 2024. (<https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>)

<sup>17</sup> Renewables 2024. (<https://www.iea.org/reports/renewables-2024/electricity>)

<sup>18</sup> Global EV Outlook 2024. (<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars>)

<sup>19</sup> Renewable capacity statistics 2024. (<https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-capacity-statistics-2024>)

<sup>20</sup> ICAP Allowance Price Explorer. (<https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices>)

аналог европейского CBAM в Китае в чистом виде маловероятен, пограничное регулирование другого типа (пока неизвестно какого) вполне может появиться, и к нему лучше быть готовым.

## **2. Обзор исследований влияния углеродного регулирования на экономику России и Китая с помощью вычислимых моделей общего равновесия**

Для оценки воздействия пограничного углеродного регулирования в Китае используется вычислимая модель общего равновесия GTAP. Как и многие другие современные вычислимые модели общего равновесия, она откалибрована на национальных таблицах «затраты–выпуск» рассматриваемых экономик [Dixon, Jorgenson, 2013]. Этот подход, предложенный в XX в. В. Леонтьевым [Leontief, 1951], учитывает взаимосвязи между отраслями: затраты одних отраслей на промежуточные товары других отраслей, используемые в процессе производства, с целью удовлетворения конечного спроса. Это дает понимание, как отрасли будут реагировать на экономическую политику.

В данной работе используются модель GTAP-E [Burniaux, Truong, 2002; McDougall, et al., 2007; Antimiani et al., 2013] и ее расширение GTAP-Power [Peters, 2016a]. Модели используются в литературе для оценок эффектов углеродного регулирования разных стран [Nong, Siriwardana, 2018; Nong, 2020; Higashi et al., 2022]. Среди других глобальных моделей можно выделить ENVISAGE [van der Mensbrugghe, 2019], G-Cubed [Liu et al., 2022], GLOBE\_EN [Thierfelder et al. 2021], EPPA-MIT [Paltsev, Kalinina, 2014; Makarov et al., 2020].

Объявление о введении CBAM в ЕС активизировало исследования, оценивающие его эффекты для разных стран [UNCTAD, 2021; Xiaobei, 2022; He, Li, 2022], в том числе и для России [Makarov et al., 2021; Воинов и др., 2021; Bashmakov et al., 2022]. Большинство исследований сошлись во мнении, что в планируемом виде, когда CBAM охватывает только прямые выбросы (Scope 1), а для отдельных отраслей – косвенные выбросы от потребления электроэнергии (Scope 2), он не окажет существенного влияния на реальный ВВП и выбросы парниковых газов в развивающихся экономиках, хотя может иметь существенный эффект для отдельных отраслей. В работе [Maliszewska et al., 2025] уточняются оценки углеродного следа товаров и актуализируется стоимость сертификата за тонну CO<sub>2</sub>, и оценки углеродных платежей выше, чем в более ранних работах.

Существует большое количество работ, посвященных углеродному регулированию в Китае. Некоторые из них подводят промежуточные итоги введенной в 2021 г. общенациональной системы торговли выбросами [Li et al., 2022], другие предлагают варианты ее усовершенствования на основе моделирования эффектов углеродного регулирования для китайской экономики и населения [Wu et al., 2022; Zhang, 2024; Qi et al., 2024]. Некоторые исследования рассматривают возможности слияния китайской СТВ с другими странами, используя для этого глобальные модели общего равновесия. Так, это делается, например, для моделирования создания общей системы торговли выбросами между Китаем, Японией и Республикой Корея [Ma et al., 2019] или между основной территорией Китая и Гонконгом [Wang et al., 2020]. Так как Китай имеет относительно низкие предельные издержки сокращения выбросов, что также показано в [Makarov et al., 2021], он оказывается продавцом квот на выбросы другим странам, т.е. становится бенефициаром в случае появления гипотетической общей СТВ. Множество работ исследует влияние европейского CBAM

на китайскую экономику [Chen, 2023; Zhu et al., 2024; Chen et al., 2025] или политику по сокращению выбросов [Geng et al., 2025].

Мы не смогли найти работы, которые моделировали бы эффекты введения пограничного углеродного регулирования самим Китаем. В то же время в работе [Yue et al., 2024] рассматриваются количественные эффекты от различных вариантов ответа Китая на СВAM ЕС. Среди них – введение ответных таможенных пошлин на европейские товары из отраслей, подпадающих под СВAM, в размере, аналогичном платежам СВAM в ЕС. Согласно полученным оценкам, подобная мера не приведет к изменениям в валовом выпуске Китая (хотя приведет к росту выпуска отраслей списка СВAM на 0,038%), а экспорт сократится на 0,045%. Однако в случае, если ответные тарифы будут сопровождаться ростом внутренней цены на углерод (до 10 долл./т CO<sub>2</sub>), национальный экспорт вырастет на 0,338%, но значительно сократится импорт – на 0,873%. Важно, что ни одна из этих «протекционистских» реакций на СВAM ЕС не рассматривается авторами как оптимальная – к лучшим эффектам приведет усиление внутренней климатической политики и либерализация внешней торговли с другими партнерами.

Ряд исследований рассматривает введение углеродного регулирования в России. С помощью однострановой модели общего равновесия для России [Бурова и др., 2023], в работе [Турдыева, 2024] проведены оценки эффектов от климатической политики в России с учетом ограничений экспорта. В исследовании [Böhringer et al., 2015] показано, что СТВ приводит к меньшим экономическим потерям, чем равномерные отраслевые стандарты углеродоемкости или стандарты энергоэффективности, введенные в регионах России, сгруппированных в 10 региональных рынков. В работе [Orlov, Aaheim, 2017] рассматриваются сценарии углеродного регулирования в мире и России к 2030 г., также эффекты от снижения субсидий на внутренние цены на газ и снижения экспортных тарифов на нефть и газ. Чистый эффект от введения СТВ на реальный ВВП составил –0,2 п.п. и на благосостояние экономики –0,6 п.п. В работе [Makarov et al., 2021] рассматривается эффект от европейского СВAM на экономику России, а также различные варианты введения национального углеродного регулирования в качестве возможного ответа. Эффект от СВAM охвата 1 и 2 на реальный ВВП составил –0,06% и –0,12% соответственно. Введение углеродного регулирования в России предполагает введение цены на углерод на уровне ЕС, при этом рассматриваются два полярных варианта распределения аккумулированных благодаря этой цене доходов: полностью в пользу сектора домохозяйств или полностью в пользу инвестиций. Первый вариант приводит к росту ВВП на 2% к 2030 г. и к 4% к 2035 г., но при этом к снижению потребления на 4% в 2030 г. и последующему восстановлению в последующие годы. К 2035 г. потребление ниже на 1,7% относительно траектории, когда только ЕС вводит углеродное регулирование и СВAM. Вариант распределения доходов в пользу домохозяйств приводит к снижению ВВП, близкому к нулю, потребление при этом снижается на 0,5%.

В текущей работе впервые рассмотрены эффекты потенциального китайского пограничного углеродного регулирования для российской экономики, а также возможные варианты реагирования в форме национального углеродного регулирования. Данный анализ дополняет литературу по углеродному регулированию для российской экономики с применением глобальных вычислимых моделей общего равновесия [Пальцев, Калинина, 2014; Orlov, Aaheim, 2017; Makarov et al., 2020; Makarov et al., 2021; Davydova, 2024]. В связи с тем, что в рамках текущей работы учтен эффект антироссийских санкций, она также

вносит вклад в научную дискуссию по вопросам торговой политики в современном российском контексте [Кнобель, Седалищев, 2017; Седалищев, 2023; Волчкова, Головань, 2023].

### 3. Описание модели GTAP-Power и данных GTAP

Для оценки потенциальных эффектов воздействия углеродного регулирования в Китае для России использована вычислимая модель общего равновесия GTAP-Power, разработанная проектом анализа глобальной торговли (Global Trade Analysis Project, GTAP). Модель является многострановой, что позволяет выявить изменения в структуре торговли, выпуска и других макроэкономических показателей после введения мер торговой политики. Модель также содержит данные о выбросах от использования промежуточных товаров в процессе производства, что позволяет оценить экономические эффекты от введения цены на углерод. Модель имеет неоклассические предпосылки и описывает реальный сектор экономики.

Исходные данные включают 147 регионов (стран) и 65 секторов и откалиброваны на данные до 2014 г. Данные GTAP 10-й версии основаны на данных международных организаций, таких как Comtrade, World Bank, а также национальных данных разных стран, с помощью которых были построены таблицы затраты–выпуск. Для данных 2014 г. была осуществлена корректировка торговых потоков на санкции, введенные западными странами против России в 2022–2023 гг. Корректировка проведена до расчетов сценариев углеродного регулирования с помощью подхода, предложенного в работе [Pearson, Bach, 1996].

Используемая в работе модель GTAP-Power [Peters, 2016a] является развитием модели GTAP-E. Она имеет более детальное представление разных типов электроэнергии. Данные, на которых откалибрована модель GTAP-Power [Peters, 2016b], сбалансированы на основе данных IEA (International Energy Agency), NEA (Nuclear Energy Agency) об энергетическом балансе, приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) и т.д. Хотя большая часть приведенных в работе оценок получена на основе модели GTAP-Power, для сравнения в некоторых случаях мы также приводим (в сносках) оценки, полученные с использованием модели GTAP-E.

Мы также провели сопоставление данных о российских выбросах из базы GTAP-Power 10 (2014) с результатами официальной национальной инвентаризации выбросов РФ [UNFCCC, 2025]. В GTAP учитываются лишь выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива, поэтому сравнение следует проводить именно по этой категории. Актуальный российский кадастр (2025 г.) дает для нее лишь суммарные значения по выбросам всех парниковых газов. Согласно GTAP, в 2014 г. выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива составляли 1,22 млрд т CO<sub>2</sub>, в то время как российский кадастр фиксирует значение выбросов парниковых газов в 1,42 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. В обеих системах доминируют выбросы CO<sub>2</sub> в энергетическом секторе: 71% в GTAP против 58% в национальном кадастре, при этом абсолютные значения близки: 0,863 млрд т CO<sub>2</sub> и 0,85 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. Относительно близки абсолютные значения для транспорта (0,25 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. в национальном кадастре против 0,198 млрд т CO<sub>2</sub> в GTAP) и промышленных процессов (0,14 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. в национальном кадастре против 0,126 млрд т CO<sub>2</sub> в GTAP). При этом велики расхождения в других секторах (сельское хозяйство, услуги, отходы) – в сумме на них приходится 0,17 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. по данным национального кадастра и лишь 0,038 млрд т CO<sub>2</sub> в GTAP. Для интерпретации результатов важно, что данные, используемые в модели, адекватно от-

ражают ситуацию как минимум в основных секторах-эмитентах парниковых газов (энергетический сектор, промышленность, транспорт), в первую очередь подлежащих углеродному регулированию.

Углеродное регулирование вводится в отношении выбросов от сжигания традиционных источников энергии (угля, нефти, газа, нефтепродуктов). В работе предполагается, что эксплицитно под углеродное регулирование подпадают углеродоемкие отрасли (химическая промышленность, цветные металлы, черные металлы, электроэнергия, металлические изделия, минеральная продукция и др.). В отношении самого ископаемого топлива углеродное регулирование в модели действует имплицитно, со стороны спроса платят за выбросы те отрасли, которые сжигают традиционные энергоресурсы в процессе производства. В модели GTAP-E сокращение выбросов в производстве происходит за счет переключения на относительно менее углеродоемкие энергетические товары, например, с угля на газ, либо за счет замещения энергии капиталом (что означает инвестирование в более энергоемкое оборудование), либо за счет сокращения выпуска. Так как в модели GTAP-Power дезагрегирован сектор электроэнергии, в который помимо традиционных источников энергии (газовая, угольная генерация) включены низкоуглеродные технологии (гидро-, атомной, ветро- и солнечная энергетика), то появляется возможность переключения на них. Прямых выбросов от использования низкоуглеродных источников не предполагается.

Сам сектор электроэнергии в модели GTAP-Power делится на два агрегата: на сектор транспортировки и распределения и на сектор генерации. Сектор генерации, в свою очередь, делится на базовую генерацию и генерацию в пиковом режиме. Непосредственный параметр замещения на уровне транспортировки и генерации электроэнергии, как на уровне деления базовой и пиковой генерации, равен нулю, т.е. соответствующие композиты являются комплементами и используется функция Леонтьева. На этапе выбора среди источников электроэнергии для базовой генерации используется коэффициент замещения, равный 2. Для пиковой генерации при выборе между разными типами электроэнергии коэффициент замещения равен 1, т.е. используется функция Кобба – Дугласа.

Сравнение результатов модели GTAP-E и GTAP-E-Power приводится в работе [Peters, 2016, Table 4]. Например, для России снижение выбросов на 11,4%, согласно модели GTAP-E, предполагает равновесную ставку 29 долл., а согласно модели GTAP-Power – 18 долл. В сценарии, когда суммарные мировые выбросы снижаются на 16,4%, равновесная ставка для межстрановой торговли выбросами в модели GTAP-E составила 19,3 долл., а в модели GTAP-Power 19,0 долл. То есть, когда добавляется возможность переключения на низкоуглеродные источники, предельные издержки по снижению выбросов могут быть ниже.

В используемых нами сценариях мы экзогенно задаем ставки цены на углерод для определенных отраслей, а модель, исходя из максимизационных задач домохозяйств, фирм и государства, эндогенно определяет, насколько снизятся выбросы и как изменятся те или иные экономические показатели. Модель представляет собой условия первого порядка, записанные в линейном виде.

В работе используется статическая модель, которая позволяет сравнивать результаты до и после введения заложенного в разные сценарии углеродного регулирования. Выявленные эффекты регулирования можно интерпретировать как среднесрочные, в которые не заложены возможности технологических изменений. Замещение более углеродоемких энергоресурсов менее углеродоемкими в модели происходит не за счет техниче-

ского прогресса (как может быть отражено в динамических моделях [Paltsev et al., 2005]), а лишь за счет изменения цен.

## 4. Дизайн сценарного анализа

### 4.1. Сценарии углеродного регулирования

В работе рассматриваются шесть возможных сценариев в зависимости от введения цены на углерод и пограничного углеродного регулирования в Европейском союзе, Китае и России (табл. 1). ЕС включен в анализ в качестве отдельного региона, так как европейские санкции и СВМ оказывают значительное влияние на торговые потоки, и без их отдельного учета анализ торговых связей между Китаем и Россией будет неполным.

Нулевой (базовый) сценарий определяет текущее состояние углеродного регулирования в рассматриваемых странах. Предполагается, что внутри ЕС действует цена на углерод, равная среднему значению цены в СТВ за 2022–2024 гг. – примерно 80 евро в ценах 2023 г.<sup>21</sup> Чтобы отобразить текущую ситуацию регулирования ЕС в базовом сценарии, будет вводиться цена на углерод 78 долл. США за тонну CO<sub>2</sub> в ценах 2014 г. (подробно методология расчета ставки цены на углерод в рассматриваемых странах описана в Приложении 1<sup>22</sup>). Для Китая стоимость углеродных разрешений за 2023 г. в среднем составляла 10 долл. за тонну CO<sub>2</sub><sup>23</sup>. Чтобы отобразить текущую ситуацию регулирования в Китае в нулевом сценарии, будет вводиться цена на углерод 8 долл. США за тонну CO<sub>2</sub> в ценах 2014 г. для сектора электроэнергетики.

Оценки по пяти другим сценариям углеродного регулирования рассчитываются по отношению к базовому. Для ЕС в сценариях 1–5 цена на углерод будет задаваться экзогенно на основе прогнозных данных к 2030 г. по средней ставке в 128 евро за т CO<sub>2</sub>-экв.<sup>24</sup> Так как модель откалибрована на данных 2014 г., цена также скорректирована на уровень цен 2014 г. и составляет примерно 108 долл. США за т CO<sub>2</sub>-экв. Во всех сценариях эта цена применяется как к национальным производителям (в рамках СТВ), так и к импортерам

<sup>21</sup> Согласно Ember Climate, средняя цена разрешений на выбросы ЕС СТВ варьировалась за январь 2022 – январь 2024 от 60 до 100 евро. (<https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>)

<sup>22</sup> Здесь и далее Приложения см. на вебсайте:

(<https://ej.hse.ru/data/2025/10/13/146154529/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BA%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B5%20%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9,%20%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0,%20%D0%A1%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BA.pdf>)

<sup>23</sup> См.: <https://icapcarbonaction.com/en/ets/china-national-ets>

<sup>24</sup> См.: [https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/30003-Ariadne-Documentation\\_ETSWorkshopBruessel\\_December2022.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2023/30003-Ariadne-Documentation_ETSWorkshopBruessel_December2022.pdf); <https://www.statista.com/statistics/1401657/forecast-average-carbon-price-eu-emissions-trading-system/#statisticContainer>; <https://d1owejb4br3l12.cloudfront.net/publications/executive-briefing/carbon-price-forecast-under-eu-ets.pdf>. Согласно Ember Climate, средняя цена разрешений на выбросы ЕС СТВ варьировалась за январь 2022 – январь 2024 от 60 до 100 евро. (<https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>)

(в рамках СВАМ). В отношении СВАМ мы предполагаем учет лишь прямых выбросов (Score 1). Подробный способ расчета в терминах модели в см. Приложении 6.

В Китае в Сценарии 1 цена на углерод не меняется по сравнению с текущим уровнем (8 долл. за т CO<sub>2</sub>) и, как и в нулевом сценарии, применяется лишь к национальным производителям в электроэнергетике и не применяется к импортерам. Начиная со Сценария 2 в Китае предполагается повышение ставки до 18 долл. США за т. CO<sub>2</sub>-экв.<sup>25</sup>, или 13 долл. в ценах 2014 г., расширение отраслевого охвата и введение пограничного углеродного регулирования.

Таким образом, если нулевой сценарий демонстрирует текущее состояние регулирования, то Сценарий 1 примерно отражает регуляторный ландшафт в том виде, в котором он сложится после введения в ЕС СВАМ в полноценном виде<sup>26</sup>. Сценарий 2 позволяет оценить дополнительные изменения, которые возникнут после ужесточения климатической политики в Китае и, в частности, введения там пограничного углеродного регулирования.

В России цена на углерод в настоящий момент отсутствует. Как следствие, отсутствует она и в Сценариях 0–2. Однако введение цены на углерод может рассматриваться Россией как возможная реакция на пограничные углеродные барьеры. В качестве образца для таких барьеров мы берем европейский СВАМ: в его рамках цена на углерод, уплаченная в юрисдикции поставщика, вычитается из платежа импортером, что снижает входной барьер на его рынок. Сценарии 3–5 отражают реакцию такого рода со стороны России и показывают среднесрочные эффекты от гипотетического углеродного регулирования внутри страны.

Цель России в рамках ОНУВ – снижение выбросов по сравнению с 1990 г. на 30% с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем<sup>27</sup>. В 2021 г. выбросы CO<sub>2</sub> с учетом сектора землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) были на 52,3% ниже уровня 1990 г.<sup>28</sup> После переоценки поглощений российскими экосистемами, проведенной при составлении последнего кадастра выбросов парниковых газов и их абсорбции, данные за 2022 г. и вовсе демонстрируют сокращение на 79,9%<sup>29</sup>. Это означает, что поставленная в рамках ОНУВ цель будет выполнена без дополнительных усилий и не требует введения цены на углерод.

<sup>25</sup> См.: [https://chinadialogue.net/en/climate/china-carbon-market-turns-two-how-has-it-performed/#:~:text=The%20carbon%20price%20of%20China's,100%20euros%20\(%24110\)%20per%20tonne](https://chinadialogue.net/en/climate/china-carbon-market-turns-two-how-has-it-performed/#:~:text=The%20carbon%20price%20of%20China's,100%20euros%20(%24110)%20per%20tonne) : «Slater's survey found that stakeholders predict China's national carbon price will "rise steadily" in the years to come, increasing to 87 yuan (\$12) per tonne in 2025 and 130 yuan (\$18) per tonne by the end of the decade.»

<sup>26</sup> С точки зрения отраслевого охвата мы придерживались планов Fit-for-55. Кроме того, в нашем анализе не предполагалось бесплатного распределения разрешений начиная со Сценария 1. Текущая (май 2025 г.) цена на углерод в ЕС – около 73 евро (<https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>), однако она отличается высокой волатильностью.

<sup>27</sup> Nationally determined contribution of the Russian Federation. ([https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC\\_RF\\_eng.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_eng.pdf))

<sup>28</sup> Annex I. GHG total without LULUCF, in kt CO<sub>2</sub> equivalent. ([https://di.unfccc.int/time\\_series?\\_gl=1\\*fu8ks9\\*\\_ga\\*MTY1NTYxMTQ3NC4xNzQ3MzQ2MjU3\\*\\_ga\\_7ZZWT14N79\\*\\_czE3NDczNDYyNTckbzEkZzEkdDE3NDczNDYyNzQkajAkbDAkaDA](https://di.unfccc.int/time_series?_gl=1*fu8ks9*_ga*MTY1NTYxMTQ3NC4xNzQ3MzQ2MjU3*_ga_7ZZWT14N79*_czE3NDczNDYyNTckbzEkZzEkdDE3NDczNDYyNzQkajAkbDAkaDA))

<sup>29</sup> Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2022 гг. ([https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS\\_NIR\\_2024\\_v1\\_2024-11-08.pdf?download](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2024_v1_2024-11-08.pdf?download))

Тем не менее в России ведутся обсуждения введения системы взимания платы за углерод – так, один из проектов Плана мероприятий по реализации Стратегии низкоуглеродного развития предполагает ее запуск в 2028 г.<sup>30</sup> Так как отсутствуют какие-либо ориентиры относительно возможного уровня цены на углерод, мы выбрали для Сценариев 3–5 разные ее ставки: 5, 10 и 20 долл. США за т CO<sub>2</sub>-экв. соответственно.

Таблица 1.

**Сценарии введения цены на углерод  
(экзогенные шоки в модели)**

Компоненты сценария	Сценарий 0 (текущее состояние экономики)	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4	Сценарий 5
Углеродное регулирование в ЕС	СТВ: цена на углерод 78 <sup>31</sup> долл./т CO <sub>2</sub> на товары, совпадающие со списком СВAM  Наличие 50% бесплатных квот	Планируемое к 2030 г.: СТВ: цена на углерод 108 долл./т CO <sub>2</sub> на товары СВAM, а также целлюлозную промышленность и транспортные услуги + ПКУМ на товары списка СВAM  Бесплатные квоты отсутствуют				
Углеродное регулирование в Китае	СТВ: Цена на углерод – 8 долл./т CO <sub>2</sub> для электроэнергетики		Планируемое к 2030 г.: СТВ: Цена на углерод – 13 долл./т CO <sub>2</sub> для отраслей, совпадающих со списком СВAM <sup>32</sup> + ПКУМ на товары списка СВAM			
Углеродное регулирование в России	–			Цена на углерод – 5 долл./т CO <sub>2</sub> на товары списка СВAM	Цена на углерод – 10 долл./т CO <sub>2</sub> на товары списка СВAM	Цена на углерод – 20 долл./т CO <sub>2</sub> на товары списка СВAM

*Примечание.* Список товаров СВAM в терминах модели – электроэнергия (ely в модели GTAP или TnD в модели GTAP-Power), минеральные продукты (nmm), черные металлы (i\_s), цветные ме-

<sup>30</sup> План мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. (<https://www.profiz.ru/upl/Проект%20плана.pdf>)

<sup>31</sup> Для товаров из списка СВAM, подпадающих под углеродное регулирование, в сценарии 0 предполагается наличие 50% бесплатных квот на выбросы. Для сценариев 1–5 бесплатные квоты отсутствуют.

<sup>32</sup> Полный список секторов, охваченных углеродным регулированием, и их соответствие модели GTAP представлен в Приложении 2.

таллы (nfm), химическая промышленность (chm), изделия из металлов (fmp). Под углеродное регулирование в рамках СТВ ЕС к 2030 г. попадают отрасли из списка СВМ, а также транспортные услуги (wtp, atr, otr) и целлюлозная промышленность (ppp).

*Источник:* составлено авторами.

#### 4.2. Агрегация данных по отраслям и регионам

Агрегация отраслей в модели осуществлена в соответствии с отраслевым охватом СТВ ЕС и СВМ – как по состоянию на 2023 г., так и с учетом потенциального расширения отраслевого охвата до 2030 г. В частности, в течение переходного периода 2023–2026 гг. в сферу охвата СВМ входят отрасли, в которых существует наибольший риск «утечки углерода» – черные металлы, цемент, алюминий, удобрения, электроэнергия и водород, а согласно планам Европейской комиссии к 2030–2032 гг. действие механизма будет распространяться на все сектора, включенные в Европейскую систему торговли квотами, в частности, производство извести, стекла, керамики, целлюлозы и бумаги, кислоты и сыпучие органические химикаты<sup>33</sup>. Мы будем предполагать, что аналогичный список отраслей будет подпадать под регулирование и в Китае, и России. Полный список секторов, охваченных углеродным регулированием, и их соответствие с отраслевым разделением в модели GTAP представлен в Приложении 2.

Агрегация регионов схожа с агрегацией в работе [Davydova, 2024] и представлена в Приложении 2. Несмотря на то, что основное внимание в работе уделяется России, Китаю и отчасти ЕС, остальные регионы в выбранной спецификации модели также представлены достаточно подробно. Результаты чувствительны к особенностям агрегации, поэтому выбран баланс между подробностью представления регионов и вычислительной интенсивностью сценарных оценок.

#### 4.3. Учет санкций в отношении торговли России и западных стран

Учет санкций в отношении торговых потоков России и западных стран необходим, так как они оказали существенное влияние на торговые потоки. Для предположений, на сколько снизились торговые потоки энергетических и энергоемких товаров, используется база данных WITS Worldbank<sup>34</sup> (World Integrated Trade Solution), которая основана на данных Comtrade.

Учет санкций происходит до расчета всех сценариев углеродного регулирования. Подобный подход к моделированию предложен в работе [Pearson, Bach, 1996]. Санкции формулируются в модели не в виде ставок тарифа, а в виде квот (количественных ограничений). Снижение задается в процентном выражении на основе фактических изменений в торговле. Во-первых, использование квот объясняется тем, что большинство санкций имеет форму запрета на ввоз отдельных групп товаров. Более того, мы задали ограничения и на те товары, где формально не было санкций (электроэнергия или газ), но в дейст-

<sup>33</sup> См.: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system_en)

<sup>34</sup> См. <https://wits.worldbank.org/>

вительности потоки снижались из-за трудностей оплаты или намерения европейских стран снизить зависимость от российского экспорта<sup>35</sup>. Во-вторых, сектора, используемые в ГТАР, могут быть шире по охвату, чем группы товаров ТН ВЭД, на которые введен запрет, поэтому мы ориентируемся на фактическое изменение торговых потоков секторов ГТАР (их соотнесение с кодами ТН ВЭД представлено в Приложении 3). Доходы от торговых ограничений идут в бюджет стран или регионов, введших ограничения, т.е. в бюджеты Европейского союза и Северной Америки, механизм описан более подробно в Приложении 7. Наша работа – не первая, где санкции моделируются в виде количественных ограничений. Так, в работе [Farzanegan et al., 2015] исследуется влияние санкций на нефтяной экспорт на благосостояние домохозяйств и макропоказатели Ирана с помощью вычислимой модели общего равновесия.

Чтобы рассчитать снижение торговых потоков в процентах, использовались данные в стоимостном выражении и, где доступно, в натуральных величинах. Рассчитывалось процентное изменение показателей 2023 г. к среднему значению за период 2018–2021 гг. (Приложение 4). Для моделирования сценариев использовались средние из процентных изменений в стоимостном и физическом выражении, представленные в последних столбцах таблиц из Приложения 4.

Корректировка на санкции проведена до оценок углеродного регулирования (Сценарий 0–5). Состояние экономики в Сценарии 0 уже скорректировано на санкции, и по отношению к нему будут даны оценки эффектов углеродного регулирования во всех других сценариях.

Оценки экономических эффектов от санкций и текущего углеродного регулирования (Сценарий 0) приведены в табл. 2. Эффект от санкций для России составляет примерно  $(-0,78) - (-0,94)\%$ <sup>36</sup> реального ВВП относительно изначального состояния экономики. Вве-

<sup>35</sup> REPowerEU: Joint European action for more affordable, secure and sustainable energy. ([https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_1511](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1511)) Поставки электроэнергии из России в Евросоюз прекращаются. (<https://www.vesti.ru/finance/article/2756670>)

<sup>36</sup> Модель ГТАР-Е оценивала эффект от санкций для России в  $-0,78\%$ , а модель ГТАР-Power – в  $-0,94\%$  реального ВВП с той агрегацией регионов, которая используется в текущей статье (табл. 2.2 Приложение 2, см. сайт). Изначально были проведены оценки при менее подробной агрегации, и результаты от санкций составили  $-0,48\%$  (для модели ГТАР-Е), т.е. примерно в два раза меньше. Менее подробная агрегация предполагала включение всех регионов, кроме России, Китая, ЕС, Северной Америки, стран ЕАЭС, в группу остального мира. Более детализированная агрегация может лучше отразить эффект переориентации, поэтому она была использована в текущей работе. Она приведена в Приложении 2 (табл. 2.2, см. сайт). В работе [Britz, van der Mensbrugghe, 2016] показано на примере модели ГТАР, что эффект от либерализации торговли для стран Африки выше при использовании максимально детализированной агрегации. Авторы сопоставили эффекты при различных агрегациях и получили, что эффект от либерализации на благосостояние стран Африки выше примерно в два раза при более детальной агрегации со 134 регионами, чем с 16-ю регионами, при условии, что сектора были максимально дезагрегированы (57 секторов). Так как более детализированная агрегация приводит к более затратному по времени расчету, как правило, авторы объединяют страны, которые входят в торговые или политические объединения, близки географически или имеют схожий уровень торговых тарифов. Для проверки результата на устойчивость мы также сделали более детализированную выборку – добавили ТОП-25 стран-партнеров России по товарообороту за 2024 г. (дополнительно были выделены Турция, Вьетнам, Республика Корея, Япония) и страны, вступившие в БРИКС в 2024–2025 гг. (Египет, Индоне-

дение же в модель текущего углеродного регулирования в ЕС и Китае практически не оказывает эффекта на российский реальный ВВП (-0,01%). Отраслевые эффекты санкций неравномерны, они представлены отдельно в Приложении 5. Устойчивость оценок эффектов от санкций в зависимости от замыканий и параметров модели также обсуждается в Приложении 5.

**Таблица 2.**

**Эффект от санкций и текущего углеродного регулирования  
на реальный ВВП, %**

Регион	Эффект от санкций	Эффект от текущего углеродного регулирования (Сценарий 0)
Россия	-0,94	-0,01
Китай	+0,02	-0,04 (соответствует снижению выбросов CO <sub>2</sub> на 5,3%)
ЕС	-0,40	-0,05 (соответствует снижению выбросов CO <sub>2</sub> на 10,2%)

*Источник:* составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

## 5. Сценарные оценки эффектов углеродного регулирования в Китае для России

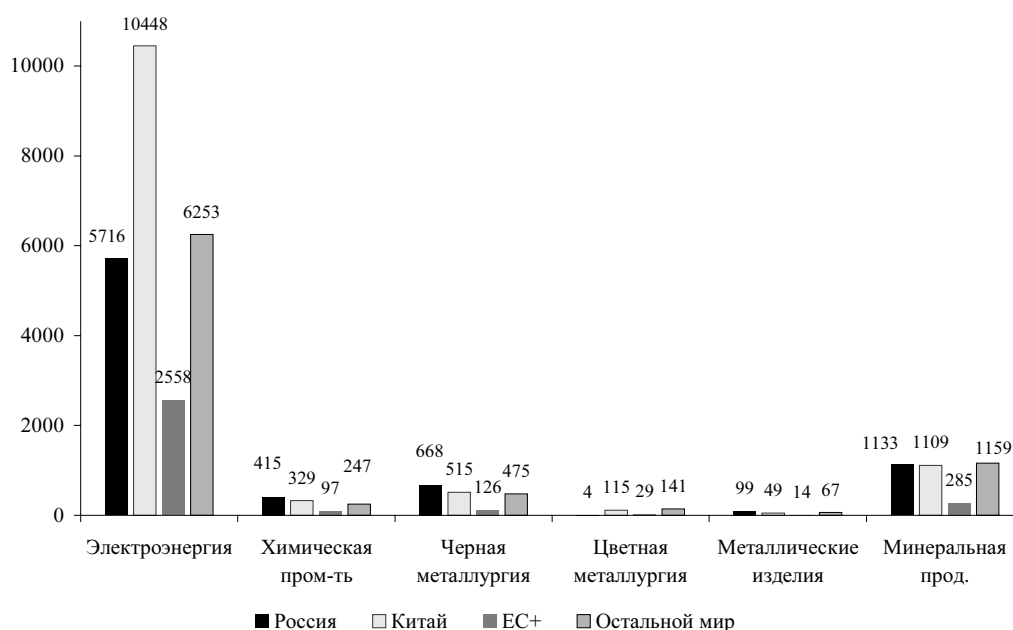
### 5.1. Барьеры для входа на китайский рынок

Углеродоемкость большинства товаров, подпадающих под углеродное регулирование в рассматриваемых сценариях, в России выше, чем в Китае. Так, это актуально для химической промышленности, черной металлургии, металлических изделий, минеральной продукции (рис. 1). Для электроэнергии, цветной металлургии углеродоемкость ниже, чем в Китае. По сравнению со средним значением для остальных регионов в России углеродоемкость ниже для электроэнергии, цветной металлургии и минеральной продукции.

Уровень возникающих в каждом сценарии углеродных барьеров при входе на китайский рынок может быть оценен в виде адвалорных эквивалентов, которые показывают, каким бы был СВМ-платеж, если бы он взимался как процент от стоимости товара в ценах CIF. Адвалорный эквивалент пограничного углеродного регулирования рассчитывается на основе углеродоемкости продукции (метод расчета описан в Приложении 6).

---

зия, Иран, Объединенные Арабские Эмираты, Эфиопия). Снижение реального ВВП оказалось близко к текущему и составило -1% относительно базового состояния экономики.



**Рис. 1.** Углеродоемкость отраслей, подпадающих под пограничное углеродное регулирование, т CO<sub>2</sub>/млн долл. США в ценах 2014 г.

Источник: составлено авторами на основе данных GTAP 10.

Таблица 3 показывает такие адвалорные эквиваленты для пограничного углеродного регулирования в Китае<sup>37</sup>. Оно возникает в Сценарии 2. Адвалорные эквиваленты СВМ-платежей максимальны для электроэнергии и значимы для минеральных продуктов, черных металлов и химической промышленности. Для цветных металлов и металлических изделий адвалорный эквивалент близок к нулю ввиду относительно низкой углеродоемкости российских металлов по сравнению с другими регионами. В Сценариях 3–5 Россия вводит цену на углерод внутри страны, обеспечивающую вычет из размеров платежа. В Сценарии 5 ставка цены на углерод в России и вовсе выше, чем в Китае, в связи с чем адвалорные эквиваленты равны нулю.

**Таблица 3.**  
Адвалорные эквиваленты пограничного регулирования Китая для импорта из России, %

Сектор	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
Химическая промышленность	0,5	0,3	0,1
Черные металлы	0,6	0,4	0,1
Цветные металлы	0,004	0,002	0,001

<sup>37</sup> Для краткости адвалорные эквиваленты ЕС для российского экспорта в статье не приводятся, так как для России подобные меры после введения санкций менее актуальны.

Окончание табл. 3.

Сектор	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
Металлические изделия	0,09	0,05	0,02
Минеральные продукты	0,9	0,6	0,2
Электроэнергия	6,4	4,0	1,5

Источник: составлено авторами.

## 5.2. Влияние углеродного регулирования на реальный ВВП России и объемы выбросов парниковых газов

Согласно полученным оценкам, потенциальное введение пограничного углеродного регулирования Китаем не оказывает существенного влияния на реальный ВВП России. На рис. 2 приведены эффекты от введения углеродного регулирования в Сценариях 1–5 по отношению к базовому сценарию.

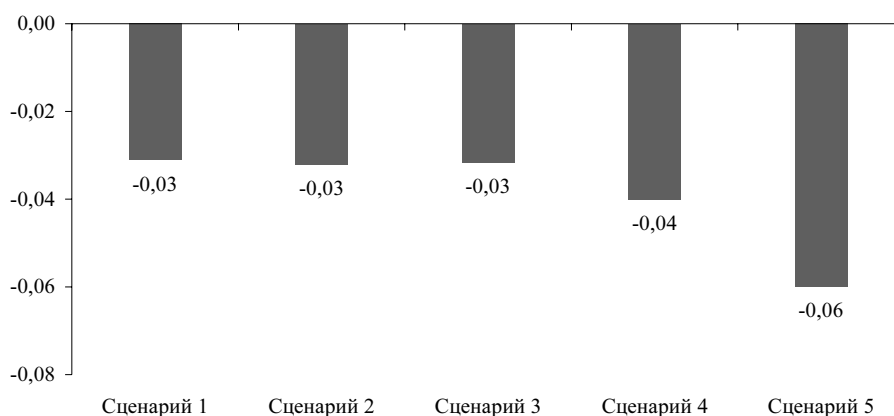


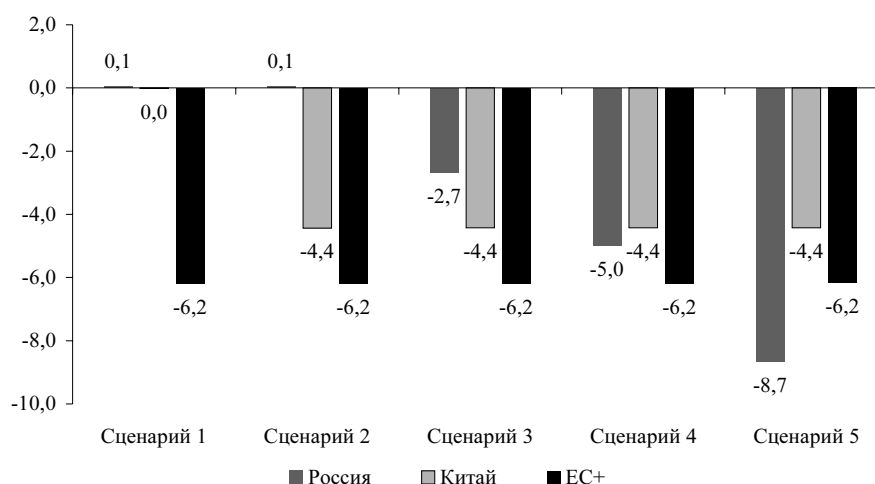
Рис. 2. Эффект от углеродного регулирования на реальный ВВП (от базового сценария), %

Источник: составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

В Сценарии 1, когда только ЕС повышает плату за выбросы с 78 до 108 долл./т CO<sub>2</sub>-экв., вводит СВМ и расширяет охват подпадающих под него отраслей, снижение реального ВВП России составляет 0,03%. В Сценарии 2, где происходит введение пограничного углеродного регулирования в Китае одновременно с расширением охвата китайской СТВ с электроэнергетики на все углеродоемкие сектора с ценой 13 долл./т CO<sub>2</sub>-экв., практически никаких дополнительных изменений не происходит. В Сценариях 3–5, где Россия вводит цену на углерод, снижение реального ВВП страны варьируется от 0,03% до 0,06% по сравнению с базовым сценарием, что связано с ростом внутренних издержек отечественных производителей, однако составляет незначительную величину<sup>38</sup>.

<sup>38</sup> Для сравнения: эффект от повышения углеродной цены и расширения охвата регулирования в Китае (Сценарий 2) снижает реальный ВВП Китая на 0,05% по сравнению с текущим регули-

Введение пограничного углеродного регулирования в ЕС и в Китае не приводит к какому-либо сокращению выбросов в России. В нашем сценарном анализе сокращение выбросов начинается лишь со Сценария 3, где Россия вводит собственную цену на углерод (рис. 3). Это приводит к снижению реального ВВП – но на весьма небольшую величину (рис. 2). В Сценариях 3 и 4 при внутренней цене на углерод 5 и 10 долл./т CO<sub>2</sub>-экв. соответственно снижение выбросов в России (с учетом регулирования в Китае и ЕС) составит лишь 2–4%, а потери в ВВП не превысят 0,04% в год. Однако доведение ставки до уровня 20 долл./т CO<sub>2</sub>-экв. может снизить выбросы на 8,7%<sup>39</sup>, не оказав существенного эффекта на ВВП страны (снижение составит лишь 0,06%).



**Рис. 3.** Снижение выбросов CO<sub>2</sub> в результате углеродного регулирования, %

Источник: составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

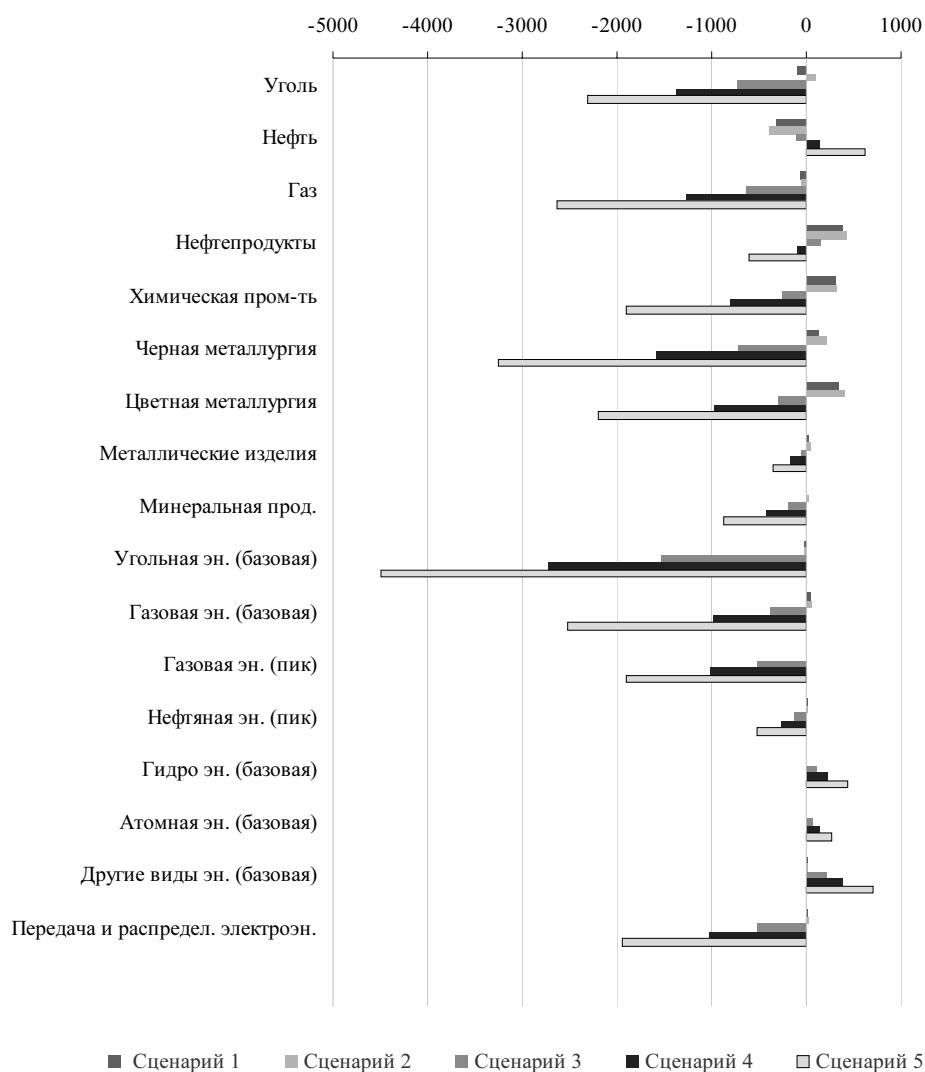
### 5.3. Отраслевые эффекты

В Сценарии 1, где полноценно вводится СВМ в ЕС, но пограничное углеродное регулирование в Китае отсутствует, в России по всем отраслям, кроме угля, нефти, газа, наблюдается небольшой рост выпуска, в среднем 0,1% (рис. 4). Это парадоксальный результат, возникающий ввиду санкций. Санкции нанесли удар по российскому экспорту, однако это уже заложено в базовый сценарий. Возникновение же дополнительного барьера в ви-

ровании. А повышение углеродной цены и расширение охвата (Сценарий 1) в Европе приводит к снижению его реального ВВП на 0,09%. В работе [Yue et al., 2024] эффект от расширения СТВ Китая на углеродоемкие сектора и повышения цены на углерод до 15 долл. США за тонну CO<sub>2</sub> оценивается в порядка 0,76% снижения выпуска.

<sup>39</sup> Согласно оценкам GTAP-E, в пятом сценарии выбросы снижаются на 7% и приводят к снижению ВВП также примерно на 0,06%. То есть возможность переключения на низкоуглеродные источники, которую позволяет продемонстрировать модель GTAP-Power, приводит к более высоким оценкам снижения выбросов при схожем снижении реального ВВП.

де СВМ негативно влияет в основном на другие страны, что укрепляет позиции российских компаний на прочих рынках. В абсолютном выражении сокращается в основном производство нефти (-0,1%, или 322 млн долл. США в ценах 2014 г.). Это связано с тем, что пограничное регулирование в ЕС, не покрывающее нефть напрямую, ведет к росту ее производства в других странах для экспорта в Европейский союз, где она используется в химической промышленности и нефтехимии, защищенных СВМ от конкурентов из других стран. Как следствие, российские производители относительно теряют.



**Рис. 4.** Изменение реального выпуска России по секторам, млн долл. США 2014 г.

Источник: составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

Эффект от введения пограничного углеродного регулирования в Китае (Сценарий 2) для российской экономики неоднороден по отраслям, однако в целом не критичен ни для одной из них. При повышении цены на углерод в Китае повышаются издержки производителей энергоемких отраслей и электроэнергетики внутри страны, однако одновременное введение пограничного углеродного платежа компенсирует снижение их конкурентоспособности на внутреннем рынке. Чистый эффект от этих двух составляющих углеродного регулирования состоит в дополнительном спросе на энергию со стороны внутреннего производства этих отраслей – как следствие, растет импорт угля в Китай из России и других регионов и растет выпуск угля в России. В Сценарии 2 в России растет также выпуск химической промышленности, черной металлургии и цветных металлов, в большей степени за счет роста внутреннего спроса, а также снижения импорта этих товаров из Китая. Несмотря на то, что углеродоемкость химической промышленности и черной металлургии в Китае и в среднем в других регионах ниже, чем в России, даже при снижении экспорта этих товаров в Китай во втором сценарии, для части экспорта находятся рынки сбыта в других регионах (рис. 6).

При этом в сценариях, где Россия вводит цену на углерод, возникает существенное снижение выпуска для большинства отраслей. В пятом сценарии по сравнению с первым сценарием наиболее существенно снижается производство угля (до -8,7 п.п.) и газа (до -2,3 п.п.), угольной электроэнергии (до -39,7 п.п.) и газовой электроэнергии (до -8,9 п.п.), черной металлургии (до -4,3 п.п.). Агрегированный показатель отрасли электроэнергетики снижается до -7,4 п.п., или -10 млрд долл. США, в Сценарии 5 по сравнению со Сценарием 1<sup>40</sup>. Для других энергоемких отраслей характерен меньший спад выпуска: для цветной – до -4,2 п.п., для химической промышленности – до -4,5 п.п., передачи и распределения электроэнергии – до -6,2 п.п., минеральной продукции – до -2,1 п.п., металлических изделий – до -1,6 п.п. В третьем сценарии при цене на углерод на уровне 5 долл. США изменение выпуска нефтепродуктов остается положительным, однако в пятом сценарии при цене на углерод 20 долл. США реальный выпуск также снижается.

В сценариях с максимальной ставкой цены на углерод (Сценарии 4–5) растет производство нефти, что связано с началом роста ее экспорта (рис. 5). Также растет генерация низкоуглеродных источников энергии, но этот рост не компенсирует снижения угольной и газовой генерации. Среди секторов, не подпадающих под регулирование, больше всего в абсолютном выражении растет сектор услуг (+0,4 п.п.), пищевая промышленность (+0,5 п.п.). Совокупный реальный выпуск в пятом сценарии по сравнению с первым сценарием сокращается на 1 п.п.

Результаты, полученные в отношении отраслевых эффектов на основе двух моделей, оказались схожими, но GTAP-Power дает более детальную информацию о том, производство электроэнергии из каких источников будет снижаться (угольная и газовая генерация), а из каких – расти (гидро- и атомная генерация).

---

<sup>40</sup> В модели GTAP-E результаты достаточно схожи: для пятого сценария снижение электроэнергии составляет -6,4%, или 10,5 млрд долл. США в ценах 2014 г.

#### 5.4. Эффекты для российского экспорта в Китай

Российский экспорт углеродоемкой продукции в Китай снижается в большинстве рассматриваемых сценариев, однако экспорт углеводородов, в особенности угля, напротив, растет, особенно если Россия вводит цену на углерод (рис. 5). В Сценарии 1 экспорт в Китай из России растет по всем товарным группам из-за переориентации торговых потоков с западного направления на восточное, исключение составляют природный газ и нефть (которые уже переориентировались под влиянием санкций). Введение пограничного углеродного регулирования в Китае (Сценарий 2) на этом фоне оказывает разнонаправленное влияние на российские отрасли: экспорт минеральной продукции в Китай сокращается на 2,4 п.п., металлических изделий – на 0,3 п.п., продукции химической промышленности – на 1,6 п.п., черных металлов – на 2,0 п.п. Изменения в экспорте электроэнергии и нефтепродуктов в абсолютном выражении невелики. Относительно Сценария 1 растет экспорт цветных металлов – на 1,1 п.п. и угля – на 4,8 п.п. Рост первой объясняется более низкой углеродоемкостью российского производства этих товаров по сравнению с конкурентами – как китайскими, так и других направлений, рост же экспорта угля – растущим выпуском углеродоемких производств (защищенных пограничным углеродным регулированием от конкуренции извне) и пропорциональным растущим спросом на энергию. В Сценариях 3–5 экспорт из России в Китай энергетических товаров растет пропорционально увеличению уровня цены на углерод в России, а экспорт энергоемкой продукции снижается из-за роста издержек российских производителей (рис. 5).

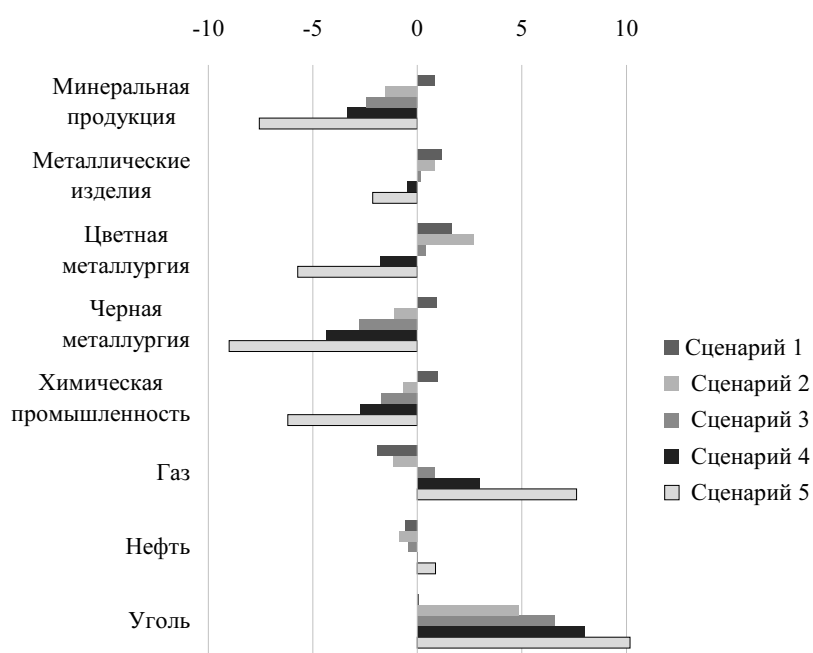
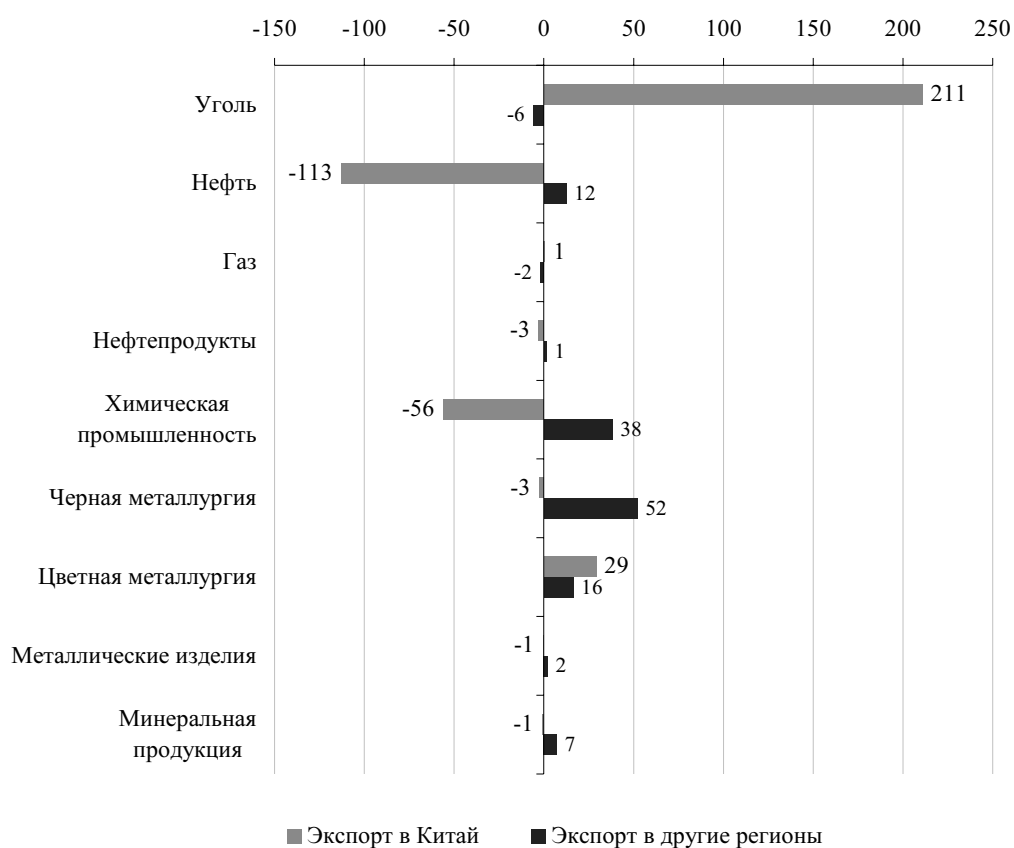


Рис. 5. Изменение реального экспорта в Китай из России, %

Источник: составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

Под влиянием пограничного углеродного регулирования в Китае изменяются внешнеторговые потоки России в другие страны, однако этот эффект несущественный. Для энергетических товаров эффект разнонаправлен: наблюдается рост экспорта угля в Китай, но сокращение экспорта нефти (рис. 6). Сокращение экспорта в Китай углеродоемкой продукции частично компенсировано его ростом в другие экономики. Единственное исключение – экспорт продукции цветной металлургии. Относительно низкий уровень ее углеродоемкости в России, а также дополнительный спрос на цветные металлы в результате декарбонизации приводит к тому, что в Сценарии 2 рост экспорта российских цветных металлов происходит и в Китай (на 29 млн долл. в ценах 2014 г. по сравнению со Сценарием 1), и в другие экономики (на 16 млн долл. в ценах 2014 г. по сравнению со Сценарием 1).



**Рис. 6.** Изменение экспорта России в Китай и другие регионы в Сценарии 2 к Сценарию 1, млн долл. в ценах 2014 г.

Источник: составлено авторами на основе оценок модели GTAP-Power.

### Выводы и рекомендации

В рамках данной работы впервые дана оценка эффектов потенциального введения пограничного углеродного регулирования в Китае для российской экономики. В работе подобное регулирование задано в виде механизма, аналогичного европейскому СВМ. Подобный дизайн регулирования вряд ли будет реализован в Китае. Однако, во-первых, полученные оценки могут быть рассмотрены как стресс-тест для российских экспортеров. Во-вторых, они косвенно оценивают готовность российской экономики к другим формам пограничных углеродных барьеров в Китае. Так, Китай ведет активную климатическую политику на основе сочетания субсидий, административных и рыночных инструментов. Весьма вероятно, что требования, предъявляемые к китайским компаниям, будут со временем применены и к импортерам. Российскому бизнесу, стремящемуся выйти на китайский рынок, важно заранее к ним адаптироваться.

Оценки, полученные в данной работе с использованием модели GTAP, указывают на незначительное влияние потенциального китайского пограничного углеродного регулирования на реальный ВВП России и выпуск большинства российских отраслей. Его эффект гораздо слабее, чем эффект перенаправления российских торговых потоков в Китай, который возник в результате санкций и усилится после полноценного введения СВМ в ЕС. Результаты моделирования также иллюстрируют, что некоторые российские отрасли могут выиграть от введения пограничного углеродного регулирования в Китае. Это, например, касается цветной металлургии, имеющей в России относительно низкую углеродоемкость и способной нарастить экспорт в Китай и другие регионы. На уровне компаний тот же эффект может возникнуть и в других отраслях, если продукция компании имеет низкий углеродный след.

Оценки, полученные в данном исследовании, позволяют прийти к выводам относительно перспектив внутренней цены на углерод в России. С одной стороны, результаты моделирования показывают, что потенциальное введение пограничного углеродного регулирования в Китае не может рассматриваться как весомый аргумент в пользу ее введения, поскольку подобные меры не помогут компенсировать возможные потери российских экспортеров, которые, к тому же, сами по себе невелики. Более того, результаты расчетов показывают, что цена на углерод ведет к примитивизации российского сырьевого экспорта: она подталкивает экспорт энергоносителей (в случае экспорта их не надо сжигать в России) и снижает экспорт продуктов их переработки.

С другой стороны, введение цены на углерод необходимо по другим причинам. Расчеты, проведенные в данном исследовании, показывают, что введение цены на углерод в 20 долл. США в ценах 2014 г. за тонну CO<sub>2</sub>-экв. приводит к снижению реального ВВП на 0,06% (практически в пределах статистической погрешности) и сокращению выбросов в России на 8,3%. Это существенное сокращение, демонстрирующее, что сокращать выбросы в России недорого. Это полностью соотносится с результатами работы [Makarov et al., 2021], показавшими, что Россия входит в число стран с самыми низкими предельными издержками сокращения выбросов парниковых газов.

Полученные в данном исследовании оценки косвенно подтверждают полученные в ряде других работ выводы о том, что внутренняя цена на углерод, установленная в России, оказывает меньшее влияние на экономическую активность в стране, чем глобальный энергопереход. Так, в работе [Davudova, 2024] при цене 28 долл. США в России сниже-

ние реального выпуска происходит на 0,5%. Более высокая, чем в данном исследовании, оценка потерь возникает из-за предпосылки, что все регионы мира одновременно вводят цену на углерод в соответствии с национальными целями по снижению выбросов. Вывод о большем экономическом эффекте от глобального энергоперехода на российскую экономику, чем от национального регулирования, отмечается и в работе [Турдыева, 2024], использующей однострановую CGE-модель.

Оценка эффекта на ВВП не в полной мере включает положительные эффекты от декарбонизации – от стимулирования инноваций до повышения качества воздуха. Кроме того, цена на углерод и другие меры активной климатической политики помогут российским компаниям подготовиться к другому типу барьеров, которые могут появиться на китайском рынке – техническому регулированию (включая нормативы углеродоемкости), применяемые к импортерам. По мере того, как углеродоемкость китайской продукции будет сокращаться, если российские компании не будут снижать углеродный след производства, могут возникнуть трудности в поддержании конкурентоспособности российского экспорта.

Существенное ограничение модели связано с тем, что она не учитывает издержки от мобильности факторов производства между отраслями, которые могут быть особенно высокими в России с учетом огромной территории и разницы в отраслевой структуре экономики по регионам страны. Так, в рассмотренных сценариях наблюдается снижение выпуска в угольной и газовой отрасли. Исторические примеры показывают [Rud et al., 2024], что резкие меры по сокращению занятости в добывающих отраслях могут привести к существенной потере дохода занятых, которая не восстанавливается в долгосрочной перспективе без дополнительных мер по переквалификации. Поэтому сопутствующие эффекты нуждаются в дополнительном исследовании. Потенциал дальнейшего уточнения результатов исследования также лежит в обновлении таблиц затраты–выпуск для рассматриваемых экономик и базы коэффициентов углеродоемкости секторов.

\* \*  
\*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бурова А., Дерюгина Е., Иванова Н., Морозов М., Турдыева Н. Переход к низкоуглеродной экономике: издержки и риски финансового сектора // Банк России. 2023. ([https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/145112/wp\\_109.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/145112/wp_109.pdf))

Волчкова Н.А., Головань С.В. Вклад промежуточного импорта в производительность российских фирм: шоки пандемии COVID-19 и санкций // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. 3(60). С. 197–205.

Вотинов А.И., Лазарян С.С., Радионов С.А., Судаков С.С. Оценка последствий применения механизма трансграничного углеродного регулирования Евросоюза для России // Экономический журнал ВШЭ. 2021. Т. 25. № 3. С. 452–477.

Кнобель А.Ю., Седалищев В.В. Риски и выгоды для ЕАЭС от различных сценариев интеграции в Азиатско-Тихоокеанском регионе // Экономическая политика. 2017. Т. 12. № 2. С. 72–85.

Макаров И.А., Чернокульский А.В. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации // Журнал Новой экономической ассоциации. 2023. 4(61). С. 145–202.

*Пальцев С., Калинина Е.* Прогнозирование эмиссий парниковых газов: Россия в глобальной системе // Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до и после. 2014. Т. 2050. С. 153–169.

*Седалищев В.В.* Памяти Лейфа Йохансена: первая в мире CGE-модель и ее демонстрация на примере России // Экономическая политика. 2023. Т. 18. № 4. С. 108–137.

*Турдыева Н.* Структурные преобразования российской экономики: климатическая политика в условиях торговых ограничений // Банк России. 2024. ([https://www.cbr.ru/statichhtml/file/158735/wp\\_125.pdf](https://www.cbr.ru/statichhtml/file/158735/wp_125.pdf))

*Antimiani A., Costantini V., Martini C., Palma A., Tommasino M.C.* The GTAP-E: Model Description and Improvements // The Dynamics of Environmental and Economic Systems: Innovation, Environmental Policy and Competitiveness. 2013. P. 3–24.

*Bashmakov I., Dzedzichuk M., Myshak A., Bashmakov V.* Sanctions and CBAM: Implications for the Russian Industry. Moscow: Center for Energy Efficiency – XXI, 2022. P. 45.

*Böhringer C., Rutherford T.F., Tarr D.G., Turdyeva N.* Market Structure and the Environmental Implications of Trade Liberalization: Russia's Accession to the World Trade Organization // Review of International Economics. 2015. Vol. 23. № 5. P. 897–923.

*Britz W., van der Mensbrugghe D.* Reducing Unwanted Consequences of Aggregation in Large-Scale Economic Models-A Systematic Empirical Evaluation with the GTAP Model // Economic Modelling. 2016. Vol. 59. P. 463–472.

*Burniaux J.M., Truong T.P.* GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model // Global Trade Analysis Project. ([https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=923](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=923))

*Chen G.* Impact of Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Manufacturing Sector: A Dynamic Recursive CGE Model Based on an Evolutionary Game // Journal of Environmental Management. 2023. Vol. 347. P. 1–20.

*Chen Z., Zhao L., Cheng L., Qiu R.* How does China Respond to the Carbon Border Adjustment Mechanism? An Approach of Global Trade Analysis // Energy Policy. 2025. Vol. 198. P. 1–18.

*Davydova A.* Comparing Carbon Regulation Scenarios for BRICS and EAEU Economies Using a GTAP-E Model // Economic Policy. 2024. Vol. 19. № 1. P. 66–91.

*Dixon P.B., Jorgenson D.* Handbook of Computable General Equilibrium Modeling. Amsterdam: Elsevier, 2013. P. 1841.

*Farzanegan M.R., Mohammadikhabbazan M., Sadeghi H.* Effect of Oil Sanctions on the Macroeconomic and Household Welfare in Iran: New Evidence from a CGE Model // MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics. 2015. Vol. 7.

*Geng R., Cai Q., Wang H.* The Impact of the EU's CBAM on China's Carbon Emission Policy // Climate. 2025. Vol. 13. № 1. P. 11–21.

*Gohin A., Hertel T.* A Note on the CES Functional Form and its Use in the GTAP Model. Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University, 2003.

*He J., Li S.* The impact of EU's Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Economy // The 25<sup>th</sup> Annual Conference on Global Economic Analysis (GTAP conference). (<https://ageconsearch.umn.edu/record/333491/?v=pdf>)

*Hertel T.W.* Structure of GTAP // Global Trade Analysis: Modeling and Applications. 1997. P. 13–73.

*Higashi A., Itakura K., Inoue Y., Otake H.* Analysis of the Change in the Structure of the Japanese Power Supply Using the GTAP-E-Power Model // SN Business & Economics. 2022. Vol. 2. № 9. P. 1–22.

*Leontief W.* Input-Output Economics // Scientific American. 1951. Vol. 185. № 4. P. 15–21.

*Li J., Yao Y., Wang X.* The First Compliance Cycle of China's National Emissions Trading Scheme: Insights and Implications // Carbon Neutrality. 2022. Vol. 1. № 34. P. 1–10.

*Liu W., McKibbin W.J., Morris A.C., Wilcoxon P.J.* Global Economic and Environmental Outcomes of the Paris Agreement // Energy Economics. 2020. Vol. 90. P. 1–15.

*Lu C., Tong Q., Liu X.* The Impacts of Carbon Tax and Complementary Policies on Chinese Economy // Energy Policy. 2010. Vol. 38. № 11. P. 7278–7285.

- Ma Z., Cai S., Ye W., Gu A.* Linking Emissions Trading Schemes: Economic Valuation of a Joint China-Japan-Korea Carbon Market // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. № 19. P. 1–18.
- Makarov I., Besley D.J., Dudu H., Boratynski J.S., Chepellev M., Golub E., Stepanov I.* Russia and Global Green Transition: Risks and Opportunities // *World Bank*. 2021. (<https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/dbb96070-3493-55e0-b929-2d04a41c145a>)
- Makarov I., Chen H., Paltsev S.* Impacts of Climate Change Policies Worldwide on the Russian Economy // *Climate Policy*. 2020. Vol. 20. № 10. P. 1242–1256.
- Maliszewska M., Fischer C., Jung E., Chepeliev M.* Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) Exposure Indices Methodological Note (English). Prosperity Notes Series. Washington, D.C.: World Bank Group, 2025. (<http://documents.worldbank.org/curated/en/099062625130529813>)
- McDougall R., Golub A.* GTAP-E: A Revised Energy-Environmental Version of the GTAP Model // *Center for Global Trade Analysis*. 2009. ([https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=2959](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=2959))
- McDougall R., Akgul Z., Walmsley T., Hertel T., Villoria N.* General Equilibrium Mechanisms and Real Exchange Rate in the GTAP Model // *Third Draft of a Technical Document*. 2012. P. 1–40.
- Nong D.* Development of the Electricity-Environmental Policy CGE Model (GTAP-E-PowerS): A Case of the Carbon Tax in South Africa // *Energy Policy*. 2020. Vol. 140. P. 1–20.
- Nong D., Siriwardana M.* Potential Impacts of the Emissions Reduction Fund on the Australian Economy // *Energy Economics*. 2018. Vol. 74. P. 387–398.
- Orlov A., Aaheim A.* Economy-Wide Effects of International and Russia's Climate Policies // *Energy Economics*. 2017. Vol. 68. P. 466–477.
- Paltsev S., Reilly J.M., Jacoby H.D., Eckaus R.S., McFarland J., Sarofim M., Asadoorian M., Babiker M.* The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report № 125. Cambridge, Massachusetts, 2005.
- Pearson K., Bach C.F.* Implementing Quotas in GTAP using GEMPACK or How to Linearize an Inequality // *Agricultural Economics*. GTAP Technical Papers. 1996.
- Peters J.C.* The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base // *Journal of Global Economic Analysis*. 2016b. Vol. 1. № 1. P. 209–250.
- Peters J.* GTAP-E-Power: GTAP-E-Power: An Electricity-Detailed Extension of the GTAP-E Model // *Journal of Global Economic Analysis*. 2016a. Vol. 1. № 2. P. 156–187.
- Rud J.P., Simmons M., Toews G., Aragon F.* Job Displacement Costs of Phasing Out Coal // *Journal of Public Economics*. 2024. Vol. 236. 105167. P. 1–9.
- Qi L., Zhao L., Zhang Y., Jiang S., Lin X., Ren Y.* Computable General Equilibrium Analysis of Neutral Carbon Trading Scheme and Revenue Recycling Impacts on Income Distribution in China // *Humanities and Social Sciences Communications*. Volume. 2024. Vol. 11. № 131. P. 1–12.
- Thierfelder K.E., McDonald S., Robinson S.* Taxing Energy Use and Carbon Emissions to Reduce Global CO<sub>2</sub> Levels // *United States Naval Academy*. (<https://ideas.repec.org/p/usn/usnawp/66.html>)
- UNCTAD.* European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for Developing Countries // *United Nations Conference on Trade and Development*. (<https://unctad.org/publication/european-union-carbon-border-adjustment-mechanism-implications-developing-countries>)
- UNFCCC.* Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг. 2025. ([https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS\\_NIR\\_2025\\_v1\\_rev\\_2025-04-18.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf))
- Van der Mensbrugghe D.* The Environmental Impact and Sustainability Applied General Equilibrium (ENVISAGE) Model. Version 10.01 // *Center for Global Trade Analysis*. (<https://mygeohub.org/groups/gtap/envisage-docs>)
- Wang Y., Winchester N., Webster C.J., Nam K.* Impacts of China's Emissions Trading Scheme on the National and Hong Kong Economies: A Dynamic Computable General Equilibrium Analysis // *Frontiers in Environmental Science*. 2020. Vol. 8. P. 1–13.

*Wu L., Zhang S., Qian H.* Distributional Effects of China's National Emissions Trading Scheme with an Emphasis on Sectoral Coverage and Revenue Recycling // *Energy Economics*. 2022. Vol. 105. P. 1–23.

*Xiaobei H., Fan Z., Jun M.* The Global Impact of a Carbon Border Adjustment Mechanism a Quantitative Assessment // Task Force on Climate, Development and the IMF. (<https://www.bu.edu/gdp/2022/03/11/the-global-impact-of-a-carbon-border-adjustment-mechanism-a-quantitative-assessment/>)

*Yue T., Tong J., Qiao Y., Chen L.* Carbon Governance or Trade Gaming: China's Approach to Addressing the EU's Carbon Border Adjustment Mechanism // *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 484. 144359.

*Zhang Z.X.* China's Carbon Market: Development, Evaluation, Coordination of Local and National Carbon Markets, and Common Prosperity // *Journal of Climate Finance*. 2022. Vol. 1. P. 1–13.

*Zhu J., Zhao Y., Zheng L.* The Impact of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Exports to the EU // *Energies*. 2024. Vol. 17. № 2. 509. (<https://doi.org/10.3390/en17020509>)

## The Impact of Border Carbon Adjustment in China on Russian Economy: Analysis Based on GTAP Models

Altana Davydova<sup>1</sup>, Igor Makarov<sup>2</sup>, Elizaveta Smolovik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> National Research University Higher School of Economics,  
20, Myasnitskaya st., Moscow, 101000, Russian Federation.  
E-mail: aydavydova@hse.ru

<sup>2</sup> National Research University Higher School of Economics,  
20, Myasnitskaya st., Moscow, 101000, Russian Federation.  
E-mail: imakarov@hse.ru

<sup>3</sup> National Research University Higher School of Economics,  
20, Myasnitskaya st., Moscow, 101000, Russian Federation.  
E-mail: esmolovik@hse.ru

The paper assesses the impact of China's carbon regulation on the Russian economy. It examines the scenario which is not highly probable but has been discussed in Russia—namely, the potential introduction of carbon border regulation on imports of carbon-intensive products by China. The study employs a scenario-based approach using computable general equilibrium models GTAP-Power and GTAP-E, developed by the Global Trade Analysis Project (GTAP). The GTAP 10 data are used to calibrate the model, and preliminarily adjusted to Western sanctions imposed on Russian trade flows in 2022–2023. The results indicate that the introduction of carbon border regulation by China has virtually no impact on the output of Russia's energy-intensive industries. The non-ferrous metal sector increases exports due to the relatively low carbon intensity of Russian production compared to other countries, whereas the chemical industry appears to be sensitive to the hypothetical implementation of China's carbon border regulation. The introduction of a domestic carbon price in Russia mitigates the risks for exports to China; however, it leads to a relatively small decline in real GDP—p to  $-0.06\%$ —at a carbon price of \$20 per ton of CO<sub>2</sub> equivalent (in 2014 prices). The most sensitive sectors to national carbon regulation include coal production, natural gas extraction, and iron and steel industry.

**Key words:** carbon border adjustment; emissions trading system; carbon intensity of production; CO<sub>2</sub> emissions; computable general equilibrium models.

**JEL Classification:** D58, F18, Q43, Q56.

\* \*  
\*  
\*

## References

- Antimiani A., Costantini V., Martini C., Palma A., Tommasino M.C. (2013) The GTAP-E: Model Description and Improvements. *The Dynamics of Environmental and Economic Systems: Innovation, Environmental Policy and Competitiveness*, pp. 3–24.
- Bashmakov I., Dzedzichuk M., Myshak A., Bashmakov V. (2022) *Sanctions and CBAM: Implications for the Russian Industry*. Moscow: Center for Energy Efficiency – XXI, p. 45. Available at: [https://cenef-xxi.ru/uploads/New\\_CBAM\\_paper1\\_d679407855.pdf](https://cenef-xxi.ru/uploads/New_CBAM_paper1_d679407855.pdf)
- Böhringer C., Rutherford T.F., Tarr D.G., Turdyeva N. (2015) Market Structure and the Environmental Implications of Trade Liberalization: Russia's Accession to the World Trade Organization. *Review of International Economics*, 23, 5, pp. 897–923.
- Britz W., van der Mensbrugghe D. (2016) Reducing Unwanted Consequences of Aggregation in Large-Scale Economic Models-A Systematic Empirical Evaluation with the GTAP Model. *Economic Modelling*, 59, pp. 463–472.
- Burniaux J.M., Truong T.P. (2002) *GTAP-E: An Energy-Environmental Version of the GTAP Model*. GTAP Technical Papers. 18. Available at: [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=923](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=923)
- Burova A., Deryugina E., Ivanova N., Morozov M., Turdyeva N. (2023) *Transmission to a Low-carbon Economy and its Implications for Financial Stability in Russia*. no 109. Working Paper Series. Bank of Russia. (In Russ.) Available at: [https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/145112/wp\\_109.pdf](https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/145112/wp_109.pdf)
- Chen G. (2023) Impact of Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Manufacturing Sector: A Dynamic Recursive CGE Model Based on an Evolutionary Game. *Journal of Environmental Management*, 347, pp. 1–20.
- Chen Z., Zhao L., Cheng L., Qiu R. (2025) How does China Respond to the Carbon Border Adjustment Mechanism? An Approach of Global Trade Analysis. *Energy Policy*, 198, pp. 1–18.
- Davydova A. (2024) Comparing Carbon Regulation Scenarios for BRICS and EAEU Economies Using a GTAP-E Model. *Economic Policy*, 19, 1, pp. 66–91.
- Dixon P.B., Jorgenson D. (Eds.) (2013) *Handbook of Computable General Equilibrium Modeling*. Newnes.
- Farzanegan M.R., Mohammadikhabbazan M., Sadeghi H. (2015) *Effect of Oil Sanctions on the Macroeconomic and Household Welfare in Iran: New Evidence from a CGE Model*. no 07-2015. MAGKS Joint Discussion Paper Series in Economics.
- Geng R., Cai Q., Wang H. (2025) The Impact of the EU's CBAM on China's Carbon Emission Policy. *Climate*, 13, 1, pp. 11–21.
- Gohin A., Hertel T. (2003) *A Note on the CES Functional Form and its Use in the GTAP Model*. Center for Global Trade Analysis, Department of Agricultural Economics, Purdue University.
- He J., Li S. (2022) The impact of EU's Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Economy. *The 25<sup>th</sup> Annual Conference on Global Economic Analysis (GTAP conference)*. Available at: <https://ageconsearch.umn.edu/record/333491/?v=pdf>
- Hertel T.W. (1997) Structure of GTAP. *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, pp. 13–73.
- Higashi A., Itakura K., Inoue Y., Otake H. (2022) Analysis of the Change in the Structure of the Japanese Power Supply Using the GTAP-E-Power Model. *SN Business & Economics*, 2, 9, pp. 1–22.
- Knobel A.Y., Sedalishchev V.V. (2017). Risks and Benefits for EAEU from Various Integration Scenarios in Asia-Pacific Region. *Ekonomicheskaya Politika*, 2, pp. 72–85. (In Russ.)
- Leontief W. (1951) Input-Output Economics. *Scientific American*, 185, 4, pp. 15–21.
- Li J., Yao Y., Wang X. (2022) The First Compliance Cycle of China's National Emissions Trading Scheme: Insights and Implications. *Carbon Neutrality*, 1, 34, pp. 1–10.

- Liu W., McKibbin W.J., Morris A.C., Wilcoxon P.J. (2020) Global Economic and Environmental Outcomes of the Paris Agreement. *Energy Economics*, 90, 104838, pp. 1–15.
- Lu C., Tong Q., Liu X. (2010). The Impacts of Carbon Tax and Complementary Policies on Chinese Economy. *Energy Policy*, 38, 11, pp. 7278–7285.
- Ma Z., Cai S., Ye W., Gu A. (2019) Linking Emissions Trading Schemes: Economic Valuation of a Joint China-Japan-Korea Carbon Market. *Sustainability*, 11, 19, 5303, pp. 1–18.
- Makarov I., Chernokulsky A. (2023) Impacts of Climate Change on the Russian Economy: Ranking of Regions by Adaptation Needs. *Journal of the New Economic Association*, 61, 4, pp. 145–202. (In Russ.)
- Makarov I., Besley D.J., Dudu H., Boratynski J.S., Chepeliev M., Golub E., Stepanov I. (2021) Russia and Global Green Transition: Risks and Opportunities. *World Bank Group and HSE University*. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/dbb96070-3493-55e0-b929-2d04a41c145a>
- Makarov I., Chen H., Paltsev S. (2020) Impacts of Climate Change Policies Worldwide on the Russian Economy. *Climate Policy*, 20, 10, pp. 1242–1256.
- Maliszewska M., Fischer C., Jung E., Chepeliev M. (2025) *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) Exposure Indices Methodological Note*. Prosperity Notes Series Washington, D.C.: World Bank Group. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099062625130529813>
- McDougall R., Golub A. (2009) GTAP-E: A Revised Energy-Environmental Version of the GTAP Model. *GTAP Research Memorandum*, 15. Available at: [https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=2959](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=2959)
- McDougall R., Akgul Z., Walmsley T., Hertel T., Villoria N. (2012) General Equilibrium Mechanisms and Real Exchange Rate in the GTAP Model. *Third Draft of a Technical Document*, pp. 1–40.
- Nong D. (2020) Development of the Electricity-Environmental Policy CGE Model (GTAP-E-PowerS): A Case of the Carbon Tax in South Africa. *Energy Policy*, 140, pp. 1–20.
- Nong D., Siriwardana M. (2018) Potential Impacts of the Emissions Reduction Fund on the Australian Economy. *Energy Economics*, 74, pp. 387–398.
- Orlov A., Aaheim A. (2017) Economy-Wide Effects of International and Russia's Climate Policies. *Energy Economics*, 68, pp. 466–477.
- Paltsev S., Kalinina E. (2014) GHG Emissions Projection: Russia in a Global System. *Costs and Benefits of Low-Carbon Economy and Society Transformation in Russia* (I. Bashmakov ed.). Moscow: Center for Energy Efficiency, pp. 153–169. (In Russ.)
- Paltsev S., Reilly J.M., Jacoby H.D., Eckaus R.S., McFarland J., Sarofim M., Asadoorian M., Babiker M. (2005) The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. *MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change*, Report no 125, Cambridge, Massachusetts.
- Pearson K., Bach C.F. (1996) Implementing Quotas in GTAP using GEMPACK or How to Linearize an Inequality. *Agricultural Economics. GTAP Technical Papers*.
- Peters J.C. (2016b) The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base. *Journal of Global Economic Analysis*, 1, 1, pp. 209–250.
- Peters J. (2016a) GTAP-E-Power: GTAP-E-Power: An Electricity-Detailed Extension of the GTAP-E Model. *Journal of Global Economic Analysis*, 1, 2, pp. 156–187.
- Rud J.P., Simmons M., Toews G., Aragon F. (2024) Job Displacement Costs of Phasing Out Coal. *Journal of Public Economics*, 236, 105167, pp. 1–9.
- Qi L., Zhao L., Zhang Y., Jiang S., Lin X., Ren Y. (2024) Computable General Equilibrium Analysis of Neutral Carbon Trading Scheme and Revenue Recycling Impacts on Income Distribution in China. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 131, pp. 1–12.
- Sedalischev V. (2023) In Memory of Leif Johansen: The World's First CGE Model and Its Application to Russia. *Ekonomicheskaya Politika*, 18, 4, pp. 108–137. (In Russ.)
- Thierfelder K.E., McDonald S., Robinson S. (2021) *Taxing Energy Use and Carbon Emissions to Reduce Global CO<sub>2</sub> Levels*. United States Naval Academy, Department of Economics. Available at: <https://ideas.repec.org/p/usn/usnawp/66.html>

Turdyeva N. (2024) *Structural Transformations of the Russian Economy: Climate Policy under Trade Restrictions*. Bank of Russia. (In Russ.) Available at: [https://www.cbr.ru/statichhtml/file/158735/wp\\_125.pdf](https://www.cbr.ru/statichhtml/file/158735/wp_125.pdf)

UNCTAD. (2021) European Union Carbon Border Adjustment Mechanism: Implications for Developing Countries. *United Nations Conference on Trade and Development*. Available at: <https://unctad.org/publication/european-union-carbon-border-adjustment-mechanism-implications-developing-countries>

UNFCCC. (2025) *The National Inventory Report Of Anthropogenic Emissions by Sources and Removals by Sinks of Greenhouse Gases for the Period 1990–2023*. (In Russ.) Available at: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS\\_NIR\\_2025\\_v1\\_rev\\_2025-04-18.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf)

Van der Mensbrugge D. (2017) *The Environmental Impact and Sustainability Applied General Equilibrium (ENVISAGE) Model*. Version 10.01. Center for Global Trade Analysis. Available at: <https://mygeohub.org/groups/gtap/envisage-docs>

Volchkova N., Golovan S. (2023) The Contribution of Intermediate Imports to the Productivity of Russian Firms: The Shock of the COVID-19 Pandemic and Sanctions. *Journal of the New Economic Association*, 3(60), pp. 197–205. (In Russ.)

Votinov A.I., Lazaryan S.S., Radionov S.A., Sudakov S.S. (2021) Assessment of the Consequences of the Application of the Mechanism of Transboundary Carbon Regulation for Russia. *HSE Economic Journal*, 25, 3, pp. 452–477. (In Russ.)

Wang Y., Winchester N., Webster C.J., Nam K. (2020) Impacts of China's Emissions Trading Scheme on the National and Hong Kong Economies: A Dynamic Computable General Equilibrium Analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 8, pp. 1–13.

Wu L., Zhang S., Qian H. (2022) Distributional Effects of China's National Emissions Trading Scheme with an Emphasis on Sectoral Coverage and Revenue Recycling. *Energy Economics*, 105, pp. 1–23.

Xiaobei H., Fan Z., Jun M. (2022) The Global Impact of a Carbon Border Adjustment Mechanism a Quantitative Assessment. *Task Force on Climate, Development and the IMF*. Available at: <https://www.bu.edu/gdp/2022/03/11/the-global-impact-of-a-carbon-border-adjustment-mechanism-a-quantitative-assessment/>

Yue T., Tong J., Qiao Y., Chen L. (2024) Carbon Governance or Trade Gaming: China's Approach to Addressing the EU's Carbon Border Adjustment Mechanism. *Journal of Cleaner Production*, 484, 144359.

Zhang Z.X. (2022) China's Carbon Market: Development, Evaluation, Coordination of Local and National Carbon Markets, and Common Prosperity. *Journal of Climate Finance*, 1, pp. 1–13.

Zhu J., Zhao Y., Zheng L. (2024) The Impact of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism on China's Exports to the EU. *Energies*, 17, 2, 509. Available at: <https://doi.org/10.3390/en17020509>