

А.А. Широ
ИНП РАН, Москва

А.Ю. Колпаков
ИНП РАН, Москва

Экономика России и механизмы глобального климатического регулирования

Аннотация. В статье анализируются подходы к оценке объемов антропогенных выбросов углекислого газа. Существующие механизмы климатического регулирования опираются на учет только тех выбросов, которые были совершены в производственных процессах на территории стран. При этом не учитываются международные углеродные перетоки в форме товаров, которые были произведены в одной, а потреблены в другой стране. В результате многие развивающиеся страны расценивают тематику лимитирования выбросов парниковых газов как способ ограничения их экономического и технологического развития, а также недопущения глобальной конкуренции с их стороны для развитых стран. Метод оценки выбросов на основе потребления позволяет на более высоком качественном уровне подходить к вопросу разделения страновой ответственности по снижению антропогенного воздействия на климат планеты. Однако он требует получения количественных оценок выбросов, обусловленных производством экспортируемой и импортируемой продукции. Анализируются достоинства и недостатки подходов расчета таких показателей. Даются оценки антропогенных выбросов для России с использованием различных методов. На основе сценарных прогнозных расчетов анализируется приемлемость для России использования таких оценок для формирования обязывающих ограничений по антропогенным выбросам. Делается вывод о том, что при темпах роста ВВП, сопоставимых с темпами роста мировой экономики, объем выбросов в России в период до 2030 г. существенно повышается. Параметры климатических целей, а также методология учета выбросов и принятия обязательств по их сокращению могут формировать дополнительные ограничения для реализации сценария ускоренной модернизации российской экономики.

Ключевые слова: экономическая динамика, антропогенные выбросы, внешняя торговля, межотраслевые взаимодействия, долгосрочный прогноз, ограничения развития.

Классификация JEL: E61, E17, D04, Q53.

Развитие мировой экономики, расширение хозяйственной деятельности и рост населения ведут к увеличению потребления энергетических ресурсов. В настоящее время подавляющая часть спроса на энергию обеспечивается за счет сжигания углеводородного топлива – нефти, газа и угля, что сопряжено с неизбежным выделением парниковых газов (углекислого газа, метана, закиси азота и пр.). В последнем обобщающем докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, ИРСС) от 2014 г. отмечалось появление растущего числа фактов, указывающих на то, что именно воздействие повышенной концентрации парниковых газов в атмосфере вместе с другими антропогенными факторами является серьезной причиной потепления климата, наблюдаемого с середины XX в.

Внимание к вопросам уменьшения негативного антропогенного воздействия, и в первую очередь сокращению выбросов углекислого газа (CO_2), повышение концентрации в атмосфере которого называется главным фактором климатических изменений, является важной составляющей формируемого сегодня видения перспектив устойчивого развития мировой экономики. Международное сотрудничество по данным направлениям вылилось в принятие Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК, 1992 г.) и Киотского протокола (1997 г.), которые закрепили за рядом стран обязательства контролировать и ограничивать выбросы CO_2 .

Принятие большинством крупнейших экономик мира обязательств по ограничению выбросов сделало этот процесс одним из элементов формирования экономической динамики, непосредственным образом воздействующим на развитие технологий и международную торговлю. Но выработанные в начале 1990-х годов подходы оказались далеки от совершенства.

Основная критика подхода, положенного в основу современных форм экологического регулирования, состояла в том, что он в недостаточной степени учитывал различия между развитыми и развивающимися странами, создавая препятствия странам, не обладающим достаточно эффективными технологиями в области производства и использования энергетических ресурсов. Отчасти с этим был связан отказ ряда стран принять на себя количественные обязательства снижать выбросы парниковых газов в рамках Киотского протокола и торможение переговоров о дальнейшем развитии этих механизмов.

Ситуация складывается таким образом, что ряд развивающихся стран рассматривают тематику лимитирования выбросов парниковых газов как еще один способ ограничения конкуренции в мировой торговле, направленный на консервацию экономического и технологического лидерства развитых стран.

На сегодняшний момент документом, декларирующим стремление мировой общественности ограничить антропогенное воздействие на климат планеты, является принятое в декабре 2015 г. Парижское соглашение. С одной стороны, огромным достижением стало существенное расширение перечня стран, признавших важность рассматриваемой проблемы. С другой, в отличие от Киотского протокола, в рамках Парижских соглашений не идет речи о количественных обязательствах сокращать выбросы – страны-участники определяют свои добровольные вклады в индивидуальном порядке и могут пересматривать их в перспективе, но никаких механизмов принуждения выполнять поставленные цели не предусмотрено. Хотя возврат к обязательствам сокращать углеродные выбросы, конечно, возможен.

Пока же можно говорить, что осознание имеющихся рисков ограничительного воздействия климатических инициатив на развитие национальных экономик продолжает оставаться сдерживающим

фактором на пути перехода к низкоуглеродной траектории. В связи с этим поиск альтернативных подходов к оценке вклада различных стран в формирование антропогенных выбросов имеет высокую практическую актуальность.

В качестве критерия определения обязательств в рамках Киотского протокола рассматривалась совокупность выбросов CO_2 , которые были совершены в производственных процессах на территории страны (далее – выбросы CO_2 от производства). При этом данная методология обладает рядом недостатков. Например, она не учитывает поглощения углекислого газа биотой суши и океана, что вносит значительные коррективы в представления о роли стран как эмиттеров и доноров в части выбросов CO_2 (Федоров, 2014). Другим значимым искажением, о котором и будет идти речь далее, является неучет международных углеродных потоков в форме товаров, которые были произведены в одной, а потреблены в другой стране, хотя в рамках таких операций сосредоточено до 25–30% общемировых выбросов CO_2 (Peters, Minx, Weber, Edenhofer, 2011; Aichele, Felbermayr, 2015), а некоторые страны экспортируют больше выбросов, чем потребляют сами, или, наоборот, импорт выбросов во многих случаях сопоставим с их производством на территории страны (Ahmad, Wyckoff, 2003). Таким образом, встает серьезный вопрос, кто должен нести ответственность за выбросы CO_2 , совершенные в процессе производства товаров на территории развивающихся стран (в том числе таких крупных, как Китай), которые затем были проданы и потреблены на территории других стран (Peters, Hertwich, 2008; Sato, 2014). Значительная часть международных торговых потоков направляется из развивающихся стран в развитые. Причем международное разделение труда устроено таким образом, что первые не несли обязательств по сокращению выбросов CO_2 , а вторые тем самым потребляли больше углерода, чем это фиксировалось в рамках Киотских механизмов климатического регулирования. С учетом данного обстоятельства возникает поле возможностей для корректировки существующих методик расчета выбросов CO_2 , произведенных на территории страны, и перехода к методу оценки выбросов CO_2 от ее потребления.

Выбросы CO_2 от производства и потребления связаны соотношением

$$E_{cons} = E_{prod} - E_{exp} + E_{imp}, \quad (1)$$

где E_{cons} – выбросы CO_2 от потребления, E_{prod} – выбросы CO_2 от производства, E_{exp} – выбросы CO_2 , обусловленные производством экспортируемой продукции (далее – экспорт выбросов CO_2), E_{imp} – выбросы CO_2 , обусловленные производством импортируемой продукции (далее – импорт выбросов CO_2).

По вопросу оценки экспорта и импорта выбросов CO_2 , а также целесообразности применения метода оценки выбросов от потребле-

ния при климатическом регулировании накоплен значительный опыт. Подробный обзор литературы, а также числовые оценки вышеперечисленных параметров для России приведены в (Макаров, Соколова, 2014).

Привлекательность данной методологии для формирования переговорной позиции по возможным будущим ограничениям выбросов парниковых газов очевидна, так как она позволяет оценивать параметры выбросов на более высоком уровне и более продуманно подходить к вопросу разделения страновой ответственности, связанной со снижением антропогенного воздействия на климат планеты, а это, в свою очередь, повысит эффективность международного регулирования климата (Davis, Caldera, 2010). Следует отметить, что при таком подходе появляются дополнительные стимулы для расширения инвестиций развитыми странами на территории развивающихся с целью снижения карбооемкости производства, поскольку это будет вклад в очищение продукции, которая затем может быть ими же импортирована и потреблена.

В то же время сложность расчетов по этой методике по сравнению с прямым учетом выбросов требует дополнительного тестирования, демонстрирующего ее действенность в условиях различной экономической динамики и структурных изменений. Для этого рассмотрим сценарии выбросов CO_2 в России при применении разных методик расчетов.

Теоретически оценка выбросов CO_2 от производства достаточно проста и может быть осуществлена:

- перемножением общего объема потребленных на территории страны энергоресурсов (данные могут быть взяты из широкого перечня источников – IEA, BP, WIOD¹, национальная статистика) на их удельную карбооемкость (оценки удельного содержания CO_2 в единице потребляемого топлива практически не отличаются в различных источниках, однако имеют разную номенклатуру. В табл. 1 приведены карбооемкости разных видов топлива для их скомбинированного перечня на основе нескольких источников, пересчитанных в условные единицы);
- перемножением вектора выпуска продукции по отраслям национальной экономики на вектор его удельной карбооемкости $e = \{e_i\}^T$, где $e_i =$ (выбросы отрасли i) / (выпуск отрасли i). Это можно сделать, например, на основе данных таблиц WIOD.

Так или иначе результаты расчетов в обоих вариантах оказываются очень близкими – так, выбросы CO_2 от производства в России в 2013 г. оцениваются нами в 1642 и 1737² млн т CO_2 соответственно.

¹ Исследовательский проект WIOD посвящен формированию единой базы данных национальных и межстрановых межотраслевых балансов: http://www.wiod.org/new_site/database/niots.htm.

² Вектор e удельной карбооемкости выпуска отраслей экономики России можно оценить на основе данных WIOD только до 2009 г. В 2010–2013 гг. он экстраполируется на основе соотношения общего энергопотребления и выпуска в российской экономике. Таблицы WIOD «затраты–выпуск» для России скорректированы и дополнены за счет собственных разработок ИНП РАН.

Таблица 1

Удельная карбоноёмкость разных видов топлив

Топливо	Удельная карбоноёмкость, т CO ₂ / т н.э.
Уголь	4,10
Торф	3,27
Кокс	4,53
Древесина	7,71
Нефть	2,96
Бензин	2,90
ДТ	3,10
Легкое печное топливо	3,10
Мазут	3,96
СУГ	2,47
Газ	2,34
Прочие нефтепродукты	3,07

Источники: WIOD, EIA, (Kuleshova, 2010).

Для расчета экспорта и импорта выбросов CO₂ могут быть использованы два принципиально отличающихся подхода – товарный метод на основе национальной внешнеторговой статистики стран и отраслевой метод на основе межрегиональных таблиц «затраты–выпуск» WIOD (Multi-regional input-output analysis, MRIO (Peters, 2007)). У каждого из них есть свои достоинства и недостатки.

Товарный метод на основе внешнеторговой статистики предполагает работу с конкретными позициями внешней торговли (такие как черные и цветные металлы, нефть, газ, нефтепродукты, древесина и изделия из нее, удобрения, пластмассы, каучук и т.д.) и оценку выбросов CO₂ по их производственной цепочке.

Для России реализация данного подхода возможна на основе:

- национальной статистики использования энергии и топлива в производственной деятельности (форма Федерального агентства по статистике (Росстата) 11-ТЭР);
- национальной продуктовой статистики внешней торговли (база данных Федеральной таможенной службы (ФТС)).

Национальная статистика использования энергии и топлива в производственной деятельности содержит данные по потреблению электроэнергии, тепла, нефти, нефтепродуктов, угля, торфа, древесины и газа примерно в 130 производственных процессах.

При этом в силу выделения отдельным процессом производства электроэнергии и тепла можно рассчитать их удельную карбоноёмкость с использованием коэффициентов табл. 1. Следует отметить, что карбоноёмкость электроэнергии и тепла, производимых в разных странах, зависит от структуры генерирующих мощностей (в разрезе

используемого топлива) и поэтому существенно отличается в разных странах. Топливная карбоноёмкость (учитывается только потребляемое топливо) российской электроэнергетики и тепла составляет 360 т CO_2 /млн кВт ч и 281 т CO_2 /тыс. Гкал соответственно. Если также учесть потребление электроэнергии и тепла при их производстве, то полная карбоноёмкость составит уже 398 т CO_2 / млн кВт ч и 314 т CO_2 /тыс. Гкал соответственно (табл. 2).

Национальная продуктовая статистика внешней торговли содержит данные по экспорту и импорту отдельных товаров (групп товаров) с точностью от 2 до 10 знаков. Для целей работы достаточно комбинированной выборки для 2 и 4 знаков – уточнение до 4 знаков требуется для группы товаров «Топливо минеральное, нефть и продукты их перегонки; битуминозные вещества; воски минеральные», так как в нее входит целый ряд продуктов, составляющий значительную часть российского экспорта. Всего в данном случае получаем порядка 110 товарных позиций внешней торговли России.

Таким образом, для каждого товара, присутствующего в статистике внешней торговли, можно определить вид экономической деятельности, к которому он относится; производственно-технологическую цепочку, в рамках которой он получен; объем потребляемых топлив и энергии в рамках производственно-технологической цепочки и, соответственно, величину выбросов CO_2 . В табл. 3 приведены примеры соотношения видов деятельности, товаров, производственных процессов по наиболее значимым строкам в российском торговом балансе, а также оценки их удельной карбоноёмкости в 2013 г.

Таблица 2

Удельная карбоноёмкость электроэнергии и тепла в России в 2013 г.

Показатель	Электроэнергия, млн кВт ч	Тепловая энергия, тыс. Гкал
Произведено продукции	1031200	1173039
Потреблено топлива, млн т н.э.		
уголь	38,1	25,6
газ	106,4	101,5
нефтепродукты	1,7	4,6
нефть	0,0	0,6
древесина	0,0	0,6
Топливная карбоноёмкость, т CO_2 / ед. изм.	360	281
Потреблено энергии		
электроэнергия, млн кВт ч	3432	9387
тепловая энергия, тыс. Гкал	436	537
Полная карбоноёмкость, т CO_2 / ед. изм.	398	314

Источники: оценки авторов на основе формы 11-ТЭР.

Таблица 3

Соотношения видов деятельности, товаров, производственно-технологических цепочек для наиболее значимых строк в российском торговом балансе, их удельная карбоноёмкость, 2013 г.

Вид деятельности	Товар	Производственно-технологическая цепочка	Удельная карбоноёмкость
Добыча топливно-энергетических ископаемых	Уголь, т CO ₂ / т	Добыча угля → переработка угля	0,022
	Газ, т CO ₂ / тыс. м ³	Компримирование газа → переработка газа	0,158
	Нефть, т CO ₂ / т	Добыча нефти → подготовка нефти	0,068
Производство кокса, нефтепродуктов	Нефтепродукты, т CO ₂ / т	Добыча нефти → подготовка нефти → переработка нефти	0,226
	Кокс, т CO ₂ / т	Добыча угля → переработка угля → обогрев коксовых плит → кокс 6%-ной влажности	0,263
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	Электроэнергия, т CO ₂ / тыс. кВт ч	Производство электроэнергии	0,398
Химическое производство	Удобрения, т CO ₂ / т	Апатитовый концентрат → фосфатные удобрения	1,145
		Аммиак синтетический → карбамид (мочевина), аммиачная селитра	0,475
		Продукты неорганической химии → калийные удобрения	1,075
Производство резиновых и пластмассовых изделий	Каучук, резина и изделия из них, т CO ₂ / т	Добыча нефти → подготовка нефти → производство этилена и пропилена → производство каучука синтетического	8,530
	Пластмассы и изделия из них, т CO ₂ / т	Добыча нефти → подготовка нефти → производство этилена и пропилена → производство пластмасс	3,392
Целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность	Целлюлоза, т CO ₂ / т	Заготовка и первичная переработка древесины → целлюлоза	1,825
	Бумага, картон, т CO ₂ / т	Заготовка и первичная переработка древесины → целлюлоза → бумага, картон	2,760
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	Черные металлы, т CO ₂ / т	Руда железная → агломерат железорудный и марганцевый → чугун	1,902
		Руда железная → агломерат железорудный и марганцевый → чугун → сталь мартеновская, сталь кислородно-конвертерная, электросталь	2,202
	Изделия из черных металлов, т CO ₂ / т	Руда железная → агломерат железорудный и марганцевый → чугун → сталь мартеновская, сталь кислородно-конвертерная, электросталь → прокат черных металлов	2,486

Источник: оценки авторов на основе 11-ТЭР.

Зная физические объемы внешней торговли и удельную карбоноёмкость каждого товара, можно оценить экспорт и импорт выбросов CO_2 , а затем и выбросы CO_2 от потребления в соответствии с уравнением 1 (рис. 1).



Рис. 1

Российские выбросы CO_2 в 2013 г. при товарном методе расчета, млн т

Источник: оценки авторов.

Экспорт выбросов CO_2 из России в 2013 г. оценивается нами в 282 млн т, импорт³ – в 147 млн т. В этом случае величина суммарных выбросов CO_2 от потребления с учетом влияния внешних перетоков составит не 1737, а 1602 млн т, т.е. почти на 10% ниже.

На рис. 2 представлена структура российских экспорта и импорта выбросов CO_2 по отраслям—производителям конечных товаров в 2013 г. 35% всего экспорта выбросов CO_2 из России приходится на конечную продукцию металлургического комплекса, 20% – добычу полезных ископаемых, 12% – химическое производство, 11% – производство кокса и нефтепродуктов. Значимые потоки также наблюдаются из секторов производства резиновых и пластмассовых изделий (5%) и целлюлозно-бумажного производства (4%). При этом на электроэнергетику приходится только 2%, поскольку объем экспорта электроэнергии как конечного продукта из России достаточно мал.

Отраслевая структура импорта выбросов CO_2 Россией несколько разнообразнее. Порядка 70% их общего объема обеспечивают продукция прочих неметаллических минеральных продуктов, транспортных средств и оборудования, резиновые и пластиковые изделия и продукция металлургического комплекса. Кроме того, 7% приходится на химическое производство, 5% – целлюлозно-бумажное производство, 4% – добычу полезных ископаемых, 3% – пищевую промышленность и 2% – текстильное производство.

В табл. 4 приведена структура экспорта выбросов CO_2 по странам—покупателям российских товаров в 2013 г. Тройка лидеров состоит из стран ЕС – Италии (13,9% всего объема экспорта выбросов CO_2 – преимущественно черные металлы, а также медь), Германии (9% – энергоресурсы и черные металлы) и Нидерланды (8,5% – энергоресурсы и алюминий). Далее идут Япония, закупающая в России энергоресурсы (на ее долю пришлось 6,8% экспорта выбросов CO_2), и Беларусь, куда поставляется широкий перечень российских товаров,

³ Следует отметить, что объем выбросов CO_2 , связанных с импортом, оценивался с использованием удельных карбоноёмкостей товаров, полученных в рамках российских производственно-технологических цепочек, что искажает результат. Для корректировки наших вычислений необходимо иметь оценки карбоноёмкостей товаров, произведенных в других странах. Это возможно при обмене данными / согласованных оценках коллективов из разных стран, чему может способствовать создание соответствующей институциональной и информационной среды.

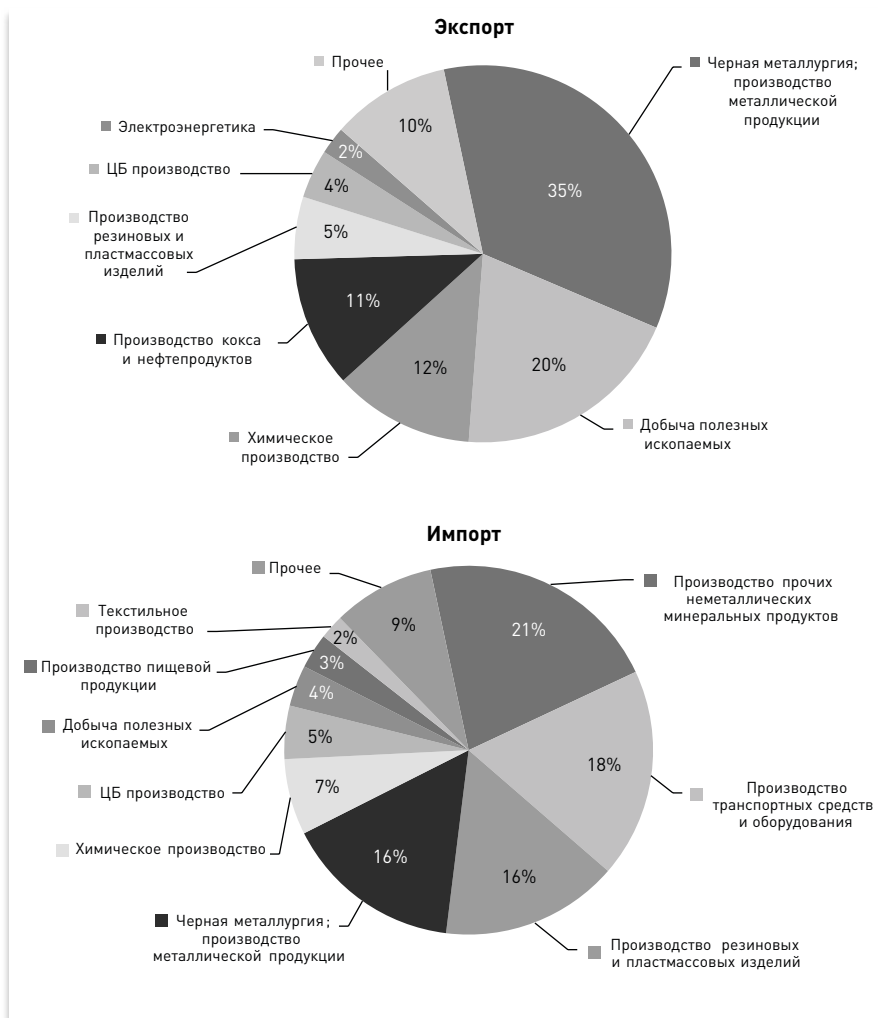


Рис. 2

Структура российских экспорта и импорта выбросов CO₂ по отраслям — производителям конечных товаров в 2013 г. при товарном методе

Источник: оценки авторов.

в том числе черные металлы и изделия из них, удобрения, пластмассы, целлюлоза, бумага и картон, энергетическое оборудование, автотранспорт, что в сумме дает 5,7% всего объема экспортируемых выбросов CO₂ из России.

В табл. 5 приведена структура импорта выбросов CO₂ Россией по странам—производителям покупаемых товаров в 2013 г.; 22,4% всех импортируемых выбросов CO₂ приходится на китайские товары, в том числе электрические машины и оборудование, бытовая техника, электроника, черные металлы и изделия из них, алюминий, пластмассы, каучук и резина, строительные материалы и транспортные средства.

Таблица 4

Страновая структура российского экспорта выбросов CO₂ в 2013 г.
при товарном методе расчетов, %

Страна	Доля	Страна	Доля	Страна	Доля
Италия	13,9	США	3,2	Литва	1,8
Германия	9,0	Словакия	3,2	Китай	1,8
Нидерланды	8,5	Украина	3,1	Таиланд	1,6
Япония	6,8	Казахстан	2,9	Великобритания	1,5
Беларусь	5,7	Польша	2,2	Бельгия	1,3
Турция	3,8	Финляндия	2,1	Франция	1,3
Латвия	3,7	Тайвань	2,0	Перу	1,2
Южная Корея	3,7	Малайзия	1,8	Прочие	13,7

Источник: оценки авторов.

Таблица 5

Страновая структура российского импорта выбросов CO₂ в 2013 г.
при товарном методе, %

Страна	Доля	Страна	Доля	Страна	Доля
Китай	22,4	Турция	3,4	Индия	1,7
Украина	14,0	Литва	2,8	Малайзия	1,3
Казахстан	13,8	Германия	2,8	Чехия	1,1
Южная Корея	6,5	США	2,3	Нидерланды	1,1
Польша	3,9	Финляндия	2,2	Таиланд	1,1
Беларусь	3,6	Италия	1,9	Прочие	14,0

Источник: оценки авторов.

Вторую и третью строчки занимают Украина (14% – изделия из черных металлов, минеральные продукты, ж/д транспорт, бумага и картон, машины и оборудование) и Казахстан (13,8% – энергоресурсы, минеральные продукты, черные металлы).

Таким образом, достоинство данного подхода заключается в том, что он позволяет учитывать конкретные товары и рассчитывать карбооемкость их физических эквивалентов. Существенный недостаток этого метода заключается в том, что (если пользоваться терминологией МОБ) на основе имеющейся статистики мы не можем получить оценки полных затрат для производства конкретных товаров и рассматриваем вместо этого прямые расширенные затраты. В том числе он не позволяет корректно учитывать процессы транспортировки, поскольку для этого требуется проследить логистические цепочки каждого товара, пересекающего границу страны.

Отраслевой метод на основе межрегиональных таблиц «затраты–выпуск» WIOD позволяет уйти от недостатков первого

подхода и оценить выбросы CO₂ по полным цепочкам межотраслевых взаимодействий в экономиках разных стран.

Систему межрегиональных таблиц «затраты–выпуск» WIOD можно представить в виде

$$Ax + f = x, \quad (2)$$

где $x = \{x_i^n\}^T$ – столбец векторов выпусков по отраслям $i = 1, \dots, I$ в странах $n = 1, \dots, N$ (Т – знак транспонирования); $A = \{A_{ij}^{mn}\}$ – межстрановая межотраслевая блочная матрица прямых затрат между отраслями i и j в странах m и n (ее элемент A_{ij}^{mn} является матрицей прямых затрат в стране n); $f = \{f_{ig}^{mn}\}$ – межстрановая межотраслевая блочная матрица конечного потребления элементами конечного спроса $g = 1, \dots, G$ страны n продукции отраслей i страны m .

Рассмотрим торговые поставки из страны n в страну m .

Обозначим через tf^{nm} столбец $\{t_i^{nm}\}^T$, где элемент i – объем поставок продукции отрасли i страны n в экономику страны m . Тогда

$$t_i^{nm} = \sum_j x_{ij}^{nm} + \sum_g x_{ig}^{nm}, \quad (3)$$

где x_{ij}^{nm} – объем поставок продукции отрасли i страны n в отрасль j страны m , а x_{ig}^{nm} – объем поставок продукции отрасли i страны n на нужды элемента конечного спроса g страны m .

Процесс торговых поставок tf^{nm} сопряжен с двумя статьями расходов – на производство (Ptf^{nm}) и межрегиональную транспортировку (Ttf^{nm}) продукции:

$$Ptf^{nm} = (E - A^{nm})^{-1} tf^{nm}, \quad (4)$$

$$Ttf^{nm} = (E - A^{nm})^{-1} tf^{nm}. \quad (5)$$

Для расчета выбросов CO₂, обусловленных торговыми поставками из страны n , необходимо знать вектор удельных выбросов $e^n = \{e_i^n\}$, у которого элемент i описывает выбросы CO₂, приходящиеся на единицу продукции отрасли i в стране n , и равен

$$e_i^n = CO2_i^n / x_i^n, \quad (6)$$

где $CO2_i^n$ – суммарные выбросы CO₂ в отрасли i в стране n (источником для их оценки являются таблицы Environmental Accounts WIOD).

Тогда суммарные выбросы CO₂ EM^{nm} , обусловленные торговыми поставками из страны n в страну m , равны

$$EM^{nm} = e^n (Ptf^{nm} + Ttf^{nm}), \quad (7)$$

суммарные выбросы EM_{exp}^n , обусловленные экспортом страны n , –

$$EM_{exp}^n = \sum_{m \neq n} EM^{nm}, \quad (8)$$

а суммарные выбросы EM_{imp}^m , обусловленные импортом страны m , —

$$EM_{imp}^m = \sum_{n \neq m} EM^{nm}. \quad (9)$$

В соответствии с описанной методикой построены оценки экспорта и импорта выбросов CO_2 , а также выбросы от производства и потребления для России (рис. 3). При этом ИНП РАН формирует актуальные таблицы «затраты–выпуск» для российской экономики (Узяков и др., 2006), использует их для формирования макроструктурных моделей (Широв, Янговский, 2014), в рамках которых прогнозируются динамические и структурные характеристики экономики на долгосрочную перспективу (Узяков, Широв, 2012), поэтому в расчетах данные WIOD в отношении России заменены собственными разработками. Матрицы прямых затрат для других стран и межнациональных взаимодействий, а также структура внешней торговли России была оценена на основе последней доступной версии межрегиональной таблицы «затраты–выпуск» WIOD за 2011 г.



Рис. 3

Российские выбросы CO_2 в 2013 г. при отраслевом методе, млн т

Источник: оценки авторов.

Оценки российского экспорта выбросов CO_2 на основе межрегиональных таблиц «затраты–выпуск» WIOD составляют 582 млн т, оказываясь примерно в два раза выше, чем в описанном ранее методе, основанном на внешнеторговой статистике. Это является следствием учета полных затрат на производство экспортируемой продукции, в том числе транспортных услуг.

Оценки российского импорта выбросов CO_2 , напротив, оказываются несколько ниже и составляют 125 млн т, поскольку в товарном методе при их расчете в отношении импортируемых товаров использовались коэффициенты карбоноёмкости, соответствующие параметрам используемых в России технологий производства, которые, вероятно, являются в среднем менее эффективными по сравнению с зарубежными аналогами.

На рис. 4 представлена отраслевая структура выбросов CO_2 , связанных с российским экспортом и импортом в 2011 г. Следует иметь в виду, что она не может напрямую сравниваться с аналогичными результатами, полученными в товарном методе, поскольку здесь

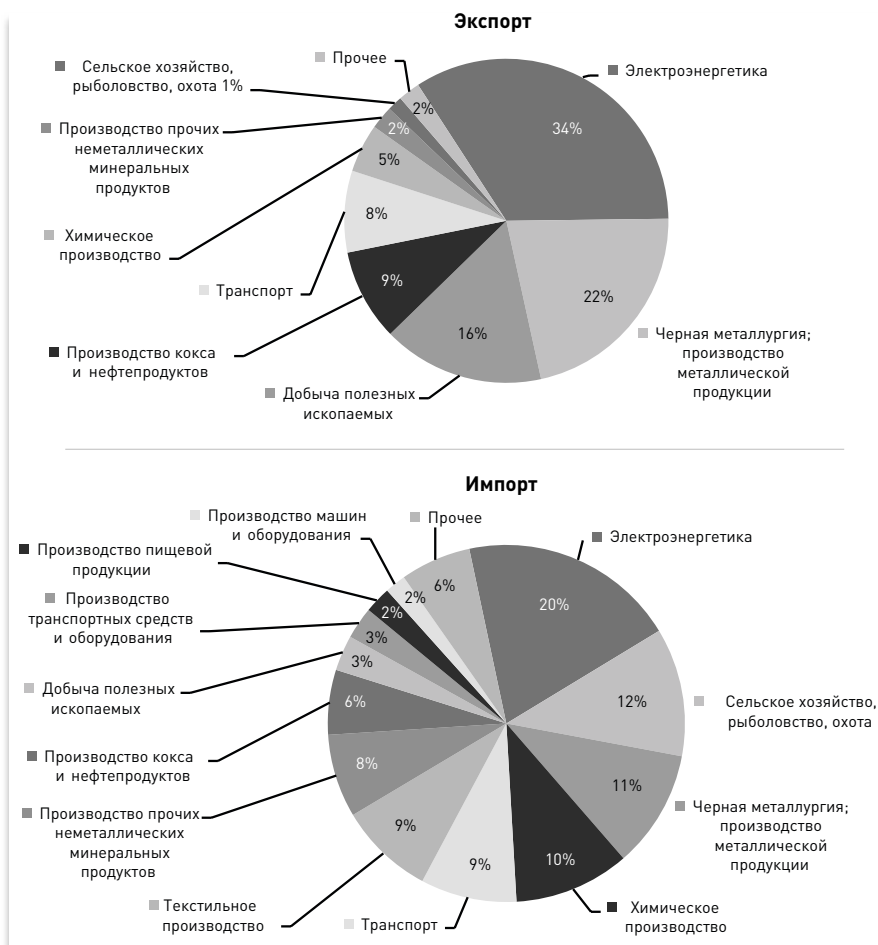


Рис. 4

Структура российских экспорта и импорта выбросов CO_2 в 2011 г. при отраслевом методе

Источник: оценки авторов.

представлены выбросы CO_2 , за которые несут ответственность все отрасли, участвующие в производственных процессах с учетом межотраслевых взаимодействий, тогда как на рис. 2 выбросы CO_2 относятся преимущественно к отраслям, выпускающим конечный продукт для внешнеторговых операций.

Нагляднее всего различия в оценке структуры выбросов экспорта и импорта CO_2 для разных методов можно продемонстрировать на примере электроэнергетики. Ввиду небольших объемов экспорта электроэнергии из России в товарном методе на нее приходится всего порядка 2% общего объема экспорта выбросов CO_2 , тогда как в отраслевом подходе она оказывается доминирующим по этому показателю сектором, составляющим 34% карбоновых перетоков из страны, ведь электроэнергия используется во всех процессах производства.

Другими значимыми секторами в структуре российского экспорта выбросов являются металлургия (22%), добыча полезных ископаемых (16%), производство кокса и нефтепродуктов (9%) и химическая продукция (5%). На процессы транспортировки приходится 8% выбросов.

Структура российского импорта выбросов CO₂, как и в товарном подходе, оказывается более дифференцированной. Помимо также лидирующей электроэнергетики, здесь представлены сельское хозяйство (12%), металлургическое производство (11%), химическое производство (10%), текстильное производство (9%), производство прочих неметаллических минеральных продуктов (8%), производство кокса и нефтепродуктов (6%), добыча полезных ископаемых (3%), производство транспортных средств и оборудования (3%) и производство машин и оборудования (2%). На долю транспорта приходится около 9% выбросов.

В табл. 6 приведена структура экспорта выбросов CO₂ по странам–покупателям российских товаров в 2011 г. Лидирующей страной, как и в товарном подходе, является Италия, принимающая 10,8% вывозимых из России выбросов. Однако далее перечень стран несколько расходится с тем, что представлен в табл. 4. При отраслевом подходе на Китай приходится 9,6% карбоновых потоков из России (по сравнению с 1,8% согласно товарному методу), на США – 6,2% (по сравнению с 3,2%), Нидерланды – 4,7% (по сравнению с 8,5%), Францию – 4,6% (по сравнению с 1,3%), Японию – 4,4% (по сравнению с 6,8%), Германию – 4,2% (по сравнению с 9,0%).

Таблица 6

Страновая структура российского экспорта выбросов CO₂ в 2011 г. согласно отраслевому методу, %

Страна	Доля	Страна	Доля	Страна	Доля
Италия	10,8	Германия	4,2	Швеция	1,8
Китай	9,6	Польша	3,5	Венгрия	1,8
США	6,2	Финляндия	2,7	Турция	1,5
Нидерланды	4,7	Великобритания	2,2	Бельгия	1,3
Франция	4,6	Южная Корея	2,2	Греция	1,1
Япония	4,4	Испания	2,1	Прочие	35,2

Источники: оценки авторов.

В табл. 7 приведена структура импорта выбросов CO₂ Россией по странам–производителям покупаемых товаров в 2011 г. По составу стран и числовым оценкам она оказывается вполне сопоставимой с результатами, полученными товарным методом. В числе лидеров здесь присутствуют Китай (18,3%) и Южная Корея (6,5%). Украина

и Казахстан, занимающие вторую и третью строчки с 14,0 и 13,8% соответственно в табл. 5, не представлены в номенклатуре стран WIOD, поэтому они попали в строку «Прочие», на которую приходится 32,3%. Согласно отраслевому методу доля выбросов оказывается выше у Германии (5% по сравнению с 2,8% при товарном подходе), Польши (5,0% по сравнению с 3,9%), Индии (3,5% по сравнению с 1,7%), США (3,2% по сравнению с 2,3%), вследствие чего они попали в число крупнейших импортеров CO₂ в Россию.

Таблица 7

Страновая структура российского импорта выбросов CO₂ в 2011 г. согласно отраслевому методу, %

Страна	Доля	Страна	Доля	Страна	Доля
Китай	18,3	Япония	2,7	Индонезия	1,1
Южная Корея	8,7	Италия	2,4	Нидерланды	1,1
Германия	6,6	Великобритания	1,8	Словакия	1,0
Польша	5,0	Чехия	1,7	Румыния	1,0
Индия	3,5	Франция	1,6	Испания	1,0
Турция	3,5	Финляндия	1,3	Венгрия	0,9
США	3,2	Литва	1,2	Прочие	32,3

Источник: оценки авторов.

Таким образом, рассмотренный подход, основанный на межрегиональных таблицах «затраты–выпуск» WIOD, позволяет оценить внешние перетоки выбросов CO₂ по полной производственно-технологической цепочке с учетом межотраслевых взаимодействий в экономике страны. Однако для него характерны и некоторые недостатки:

- отрасль является достаточно крупным агрегатом экономики и внешней торговли, поскольку выбросы CO₂ сопряжены с конкретными товарами и процессами;
- перекалывание удельной карбоноёмкости всей отрасли на экспорт не вполне корректно, так как товарная структура производства и экспорта может быть различной;
- показатель удельных выбросов отрасли в сравнении с ее выпуском, который измеряется в денежных единицах, не отражает разницы в ценах на продукцию этой отрасли, поэтому сильно подвержен изменению товарной структуры производства и внешней торговли в этой отрасли.

Прогноз для России

На основе отраслевого метода оценки внешних карбоновых перетоков построены сценарии перспективных объемов выбросов CO₂ в России.

Рассмотрены два сценария развития российской экономики на перспективу до 2035 г.: инерционный (базовый) и ускоренной модернизации. Ключевая задача расчетов состояла в необходимости формирования различной динамики развития российской экономики, которая позволила бы протестировать возможную динамику оценок выбросов CO₂ Россией в условиях изменения экономической конъюнктуры.

Основными параметрами, формировавшими различия между сценариями, были показатели экономической политики. В связи с этим динамика ключевых внешнеэкономических параметров между вариантами оставалась неизменной. Ее характеристики приведены в табл. 8.

Расчеты выполнялись с использованием межотраслевой макроэкономической модели (Широв, Янтовский, 2014), в которой наиболее важными экзогенными параметрами были показатели удельных капиталоемкостей по видам экономической деятельности, бюджетные ограничения и параметры курса рубля.

Базовый (инерционный) сценарий развития экономики опирается на текущие проектировки Минэкономразвития (МЭР РФ, 2015 г.) и предполагает консервативный прогноз в отношении перспектив развития российской экономики. Он исходит из сохранения достаточно низких темпов экономического развития России на период до 2035 г. (среднегодовые темпы роста ВВП примерно на 1,5 процентных пункта ниже, чем ожидаемые темпы роста мировой экономики). В этих условиях происходит естественная консервация отраслевой структуры экономики, связанная с тем, что темпы роста сырьевых секторов лишь незначительно отстают от темпов роста несырьевых производств.

Сценарий ускоренной модернизации исходит из возможности концентрации всех видов ресурсов (прежде всего финансовых) на технологическом обновлении базовых секторов российской экономики. Это приводит к увеличению среднегодовых темпов роста инвестиций в основной капитал в 2021–2025 гг. до 7,9% и росту нормы накопления ВВП до 27–29%. При этом среднегодовые темпы прироста ВВП в 2016–2035 гг. в сценарии ускоренной модернизации возрастают до 3,6 с 2,1% в инерционном сценарии (табл. 9).

Таблица 8

Ключевые параметры сценариев

Показатель	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Среднегодовой темп прироста мирового ВВП, %	3,5	3,2	3,1	3,0
Мировые цены на нефть, долл. за 1 баррель	75,2	87,7	106,0	121,4
Курс рубля, руб. за 1 долл.	76,48	76,14	73,87	73,50
Удельная капиталоемкость по экономике к 2015 г., %	109,2	123,5	137,4	152,1

Источник: оценки ИНП РАН.

Таблица 9

Среднегодовые темпы прироста основных показателей экономики России в разных сценариях развития российской экономики

Показатель	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	2016– 2020 гг.	2021– 2025 гг.	2026– 2030 гг.	2011– 2030 гг.
Инерционный сценарий						
ВВП	2,5	1,4	2,0	2,2	1,6	1,9
Экспорт	2,0	1,0	1,7	2,5	2,4	1,9
Импорт	3,1	–1,6	4,8	2,9	2,2	2,0
Инвестиции в основной капитал	5,1	–0,8	3,9	5,2	3,4	2,9
Потребление домашних хозяйств	6,3	1,7	1,7	1,5	0,6	1,4
Сценарий ускоренной модернизации						
ВВП	2,5	1,4	2,9	4,1	3,8	3,0
Экспорт	2,0	0,9	1,7	2,3	2,3	1,8
Импорт	3,1	–1,6	4,3	6,0	5,9	3,6
Инвестиции в основной капитал	5,1	–0,8	4,1	7,9	7,9	4,7
Потребление домашних хозяйств	6,3	1,6	2,8	5,5	4,3	3,6

Источник: оценки ИНП РАН.

Сценарий ускоренной модернизации отличается от инерционного варианта не только тем, что в нем отмечаются более высокие темпы роста ВВП, но и тем, что он предполагает качественные изменения в структуре производства и эффективности экономики. В частности, к 2030 г. на фоне более высоких темпов роста инвестиций в основной капитал доля высоко- и среднетехнологичных секторов экономики (в ценах 2010 г.) повысится с 18,8 до 23,5%. Можно отметить, что этот сценарий предполагает увеличение значимости для экономики обрабатывающих и наукоемких секторов промышленности при некотором снижении доли добычи полезных ископаемых, сельского хозяйства и торговли в структуре производства. Соответственно наряду с более высоким спросом на энергию в сценарии ускоренной модернизации можно ожидать и существенно более высоких темпов роста энергоэффективности⁴ (табл. 10).

На рис. 5 представлены прогнозные оценки российских экспорта и импорта выбросов CO₂ до 2030 г.

Сценарий ускоренной модернизации будет связан с ростом внутреннего спроса на ряд экспортных товаров (прежде всего металлургическую и химическую продукцию), что приведет к снижению перспективных объемов экспорта (среднегодовые темпы его прироста за 2011–2030 гг. составят 1,8% вместо 1,9 в инерционном сценарии) и, соответственно, экспортируемых выбросов CO₂ примерно на 15 млн т.

⁴ В модельных расчетах существует прямая связь между динамикой изменения затрат на первичные виды ресурсов (в том числе энергию) и объемами инвестиций в основной капитал. В свою очередь, динамика изменения коэффициентов затрат опирается на соответствующие показатели развитых стран, уже прошедших соответствующие этапы технологического развития. Более подробно с принципами расчета эффективности использования первичных ресурсов и их использования в модельном инструментарии можно ознакомиться в работах (Узяков, 2011; Широу, Янговский, 2014).

Таблица 10

Укрупненная структура производства в ценах 2010 г., %

Вид экономической деятельности	Инерционный сценарий					Сценарий ускоренной модернизации		
	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.
Сельское и лесное хозяйство, охота и рыболовство	4,2	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0
Добыча полезных ископаемых	7,6	7,6	7,0	6,5	6,1	6,9	5,8	4,9
Высокотехнологичные отрасли обработки	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,4	2,0	2,6
Среднетехнологичные отрасли обработки высокого уровня	7,3	7,0	7,6	8,5	9,0	7,5	9,0	10,5
Среднетехнологичные отрасли обработки низкого уровня	10,3	10,8	10,9	10,3	10,0	10,6	10,4	10,4
Низкотехнологичные отрасли обработки	9,5	9,8	10,5	10,4	10,2	10,5	9,2	8,7
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	4,8	4,8	4,5	4,2	3,9	4,6	4,3	4,1
Строительство	6,7	6,6	7,1	7,8	8,4	7,1	7,7	8,4
Оптовая и розничная торговля, ремонт	15,6	15,3	15,3	15,7	16,0	15,6	15,1	14,3
Гостиницы и рестораны	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1
Транспортировка и хранение	7,7	7,0	7,0	6,8	6,7	7,0	7,0	6,9
Связь и телекоммуникации	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,5	2,0
Финансы и страхование	2,8	2,6	2,6	2,7	2,8	2,6	2,6	2,6
Операции с недвижимым имуществом, предоставление услуг	6,6	6,7	6,5	6,5	6,4	6,7	6,9	7,1
Исследования и разработки	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,8	1,9
Другие предпринимательские услуги	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Государственное управление, оборона и обязательное социальное страхование	5,4	5,3	5,0	4,8	4,7	5,1	4,8	4,3
Образование	2,0	2,0	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9
Здравоохранение	2,8	2,8	2,6	2,5	2,4	2,7	2,6	2,5
Другие общественные, социальные и частные услуги	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,8	1,7	1,6
Всего валовой выпуск	100	100	100	100	100	100	100	100

Источник: оценки ИНП РАН.

При этом более динамичное развитие экономики страны, повышение спроса на инвестиции и доходов населения (среднегодовые темпы прироста этих показателей за 2011–2030 гг. составят 3,0, 4,7 и 3,6% соответственно по сравнению с 1,9, 2,9 и 1,4% в инерционном сценарии)

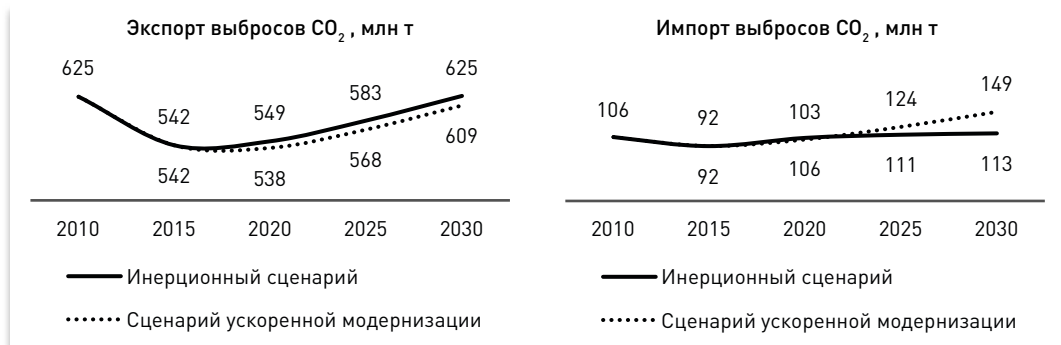


Рис. 5

Оценки российских экспорта и импорта выбросов CO₂ на перспективу до 2030 г.

Источник: оценки авторов.

обеспечат дополнительный спрос на импортируемую продукцию, не производимую на российской территории. Особенно значительные темпы роста импорта отмечаются в 2021–2025 гг., когда на фоне роста нормы накопления значимо увеличивается импорт технологического оборудования. Среднегодовой темп прироста импорта за 2011–2030 гг. вырастет в сценарии ускоренной модернизации до 3,6% по сравнению с 2,0% в инерционном сценарии, соответственно, происходит существенное ускорение импортируемых выбросов CO₂ после 2020 г., которые составят в 2025 и 2030 г. уже не 111 и 113, а 124 и 149 млн т.

На рис. 6 представлены оценки российских выбросов CO₂ от производства и потребления на перспективу до 2030 г. в сравнении с несколькими уровнями-ориентирами. Во-первых, в рамках Киотского протокола Россия брала на себя обязательства по неперевышению выбросами уровня 1990 г., который, согласно Национальному докладу о кадастре антропогенных выбросов (Минприроды России, Росгидромет, 2015), составляет 2590 млн т без учета сектора «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство». Во-вторых, в рамках Парижского соглашения (2015 г.) Россия поставила перед собой цель удерживать выбросы на уровне 70–75% выбросов 1990 г. с учетом поглощающей способности лесов. Для наглядности примем только одну отметку в 75% и рассмотрим ситуацию отказа Россией от дополнительного условия – учета лесов.

Следует учитывать, что разные методики расчета совокупного объема выбросов CO₂ в России воспроизведут разные ограничительные уровни 1990 г. – 2590 млн т для выбросов от производства и 2184 млн т – от потребления; 75% уровня 1990 г. составят 1943 и 1638 млн т соответственно.

Таким образом, получаем, что Россия не достигнет уровня выбросов CO₂ 1990 г. ни в одном сценарии. При этом к 2030 г. разрыв между выбросами CO₂ от производства и индикативным уровнем составит 465 млн т в сценарии ускоренной модернизации и 811 млн т

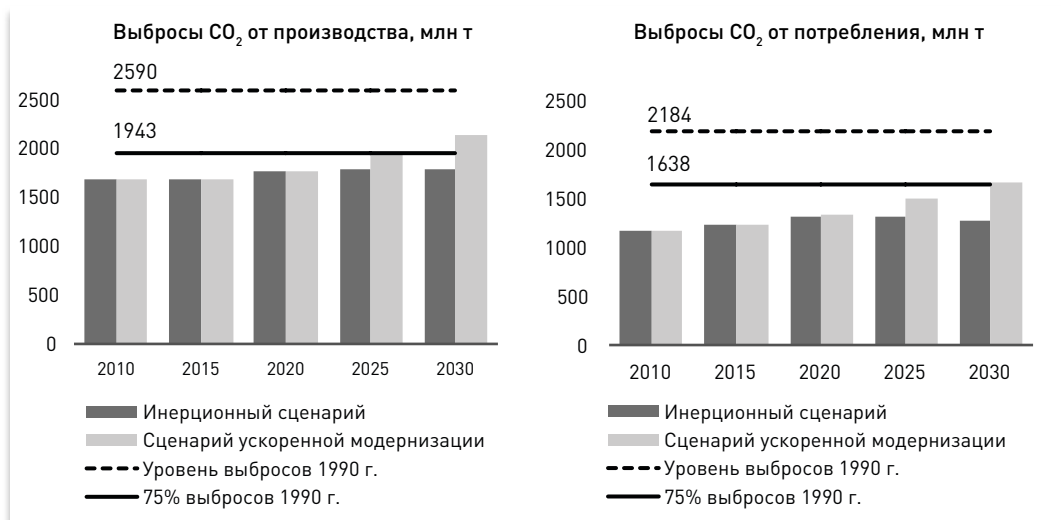


Рис. 6

Оценки российских выбросов CO₂ от производства и потребления на перспективу до 2030 г. в сравнении с уровнем 1990 г.

Источник: оценки авторов.

в инерционном сценарии. Для выбросов CO₂ от потребления разрывы, а значит, и доступный потенциал роста, окажутся несколько больше и составят 518 и 916 млн т соответственно. Тем не менее данные рис. 6 показывают, что в условиях темпов роста экономики, сопоставимых с темпами роста мирового ВВП, объем выбросов CO₂ в России, оцененный на основе различных методологий, к концу прогнозного периода достаточно быстро сближается с уровнями, характерными для 1990 г.

В случае если Россия примет решение ужесточить национальные экологические требования и ограничить объем выбросов на уровне 75% от 1990 г., это создаст препятствия для реализации сценария ускоренной модернизации российской экономики, поскольку уже после 2025 г. характерный ему объем выбросов превысит выбранный индикативный уровень. В таких условиях существует значительный риск того, что для России будет возможен только инерционный сценарий развития, что будет означать вынужденное сдерживание экономического роста в стране. Более того, в случае расчета методом выбросов CO₂ от производства инерционный сценарий развития российской экономики окажется практически предельным. Учет поглощающей способности лесов, безусловно, смягчит эту ситуацию за счет сдвига вверх предельного уровня углеродных выбросов и поэтому должен рассматриваться как важное условие выполнения Россией поставленных целей в рамках Парижского соглашения.

Выводы

Дискуссия в отношении ограничения выбросов парниковых газов непосредственным образом влияет на формирование глобальной макроэкономической среды и формирует условия мировой торговли и требования к перспективным технологиям. Поэтому при формировании долгосрочной стратегии развития национальной экономики этот фактор должен приниматься во внимание.

Ключевые риски, связанные с принятием обязательств по выбросам CO₂, для развивающихся стран состоят в том, что при определенных условиях избыточные обязательства по сокращению выбросов могут быть сдерживающим экономическую динамику фактором, ведущим к росту капиталоемкости производства и снижению темпов экономического роста.

Наиболее негативным развитием процессов борьбы с выбросами парниковых газов могут стать односторонние ограничения, принимаемые в рамках налогового, технического или торгового законодательства в отношении импортируемых товаров. Подобного рода ограничения в торговле могут существенным образом отразиться как на конкурентоспособности отдельных стран, так и осложнить дальнейшие переговоры по либерализации мировой торговли, а также глобальные соглашения в области ограничения выбросов CO₂.

В практике контроля над климатом могут использоваться методы расчета объемов выбросов CO₂ как на основе производства, так и на основе потребления продукции в стране. При этом для расчета выбросов методом потребления целесообразно использовать методологию, основывающуюся на таблицах «затраты–выпуск» и отражающую не только прямые эффекты от торговли, но и учитывающие промежуточное потребление продукции при производстве. В то же время данная методология нуждается в дальнейшем развитии – прежде всего в направлении формирования межстрановых балансов и развития системы сателлитных счетов экологической направленности.

Проведенные расчеты показывают, что при темпах роста ВВП России, сопоставимых с темпами роста мировой экономики, объем выбросов в период до 2030 г. существенно повышается. Параметры климатических целей, которые ставит перед собой Россия, а также методология учета выбросов и принятия обязательств по их сокращению могут формировать дополнительные ограничения для воплощения сценария ускоренной модернизации российской экономики, предполагающего значительные структурные сдвиги в ее отраслевой структуре на базе роста инвестиций в основной капитал.

ЛИТЕРАТУРА

Макаров И.А., Соколова А.К. (2014). Оценка углеродоемкости внешней торговли России // *Экономический журнал Высшей школы экономики*. Т. 18. №. 3. С. 477–507.

- Минприроды России, Росгидромет (2015). Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2013 гг. Часть 1.
- Узяков М.Н.** (2011). Эффективность использования первичных ресурсов как индикатор технологического развития: ретроспективный анализ и прогноз // *Проблемы прогнозирования*. № 2. С. 3–18.
- Узяков М.Н., Маслов А.Ю., Губанов А.Ю.** (2006). О разработке обновленной версии рядов межотраслевых балансов РФ в постоянных и текущих ценах за 1980–2004 годы. В сб.: «*Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*». М.: МАКС Пресс. С. 648–657.
- Узяков М.Н., Широ́в А.А.** (2012). Макроэкономическая динамика российской экономики в долгосрочной перспективе // *Проблемы прогнозирования*. № 6. С. 14–34.
- Федоров Б.Г.** (2014). Выбросы углекислого газа: углеродный баланс России // *Проблемы прогнозирования*. № 1. С. 63–78.
- Широ́в А.А., Янговский А.А.** (2014). Межотраслевая макроэкономическая модель как ядро комплексных прогнозных расчетов // *Проблемы прогнозирования*. № 3. С. 18–31.
- Ahmad N., Wyckoff A.** (2003). Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. Issue 15. OECD Publishing.
- Aichele R., Felbermayr G.** (2015). Kyoto and the Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade. *Review of Economics and Statistics*. Vol. 97. Issue 1. P. 104–115.
- Davis S., Caldeira K.** (2010). Consumption-Based Accounting of CO₂ Emissions // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 107. Issue 12. P. 5687–5692.
- Kuleshova N.S.** (2010). Ecological Estimation of Use of Wood Fuel on Thermal Power Station of Osipovich. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/008/42008827.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: октябрь 2016 г.).
- Peters G.** (2007). Opportunities and Challenges for Environmental MRIO Modeling: Illustrations with the GTAP Database. [Электронный ресурс] 16th International Input-Output Conference, Istanbul, Turkey, 2007, 2–6 July. Режим доступа: https://www.iioa.org/conferences/16th/files/Papers/Peters_LP.pdf, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: ноябрь 2016 г.).
- Peters G., Hertwich E.** (2008). CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy // *Environmental Science & Technology*. Vol. 42. Issue 5. P. 1401–1407.
- Peters G.P., Minx J.C., Weber C.L., Edenhofer O.** (2011). Growth in Emission Transfers Via International Trade from 1990 to 2008 // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 108. Issue 21. P. 8533–8534.
- Sato M.** (2014). Embodied Carbon in Trade: a Survey of the Empirical Literature // *Journal of Economic Surveys*. Vol. 28. Issue 5. P. 831–861.

Поступила в редакцию 3 января 2016 года

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Ahmad N., Wyckoff A.** (2003). Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods. OECD Science, Technology and Industry Working Papers. Issue 15. OECD Publishing.
- Aichele R., Felbermayr G.** (2015). Kyoto and the Carbon Leakage: An Empirical Analysis of the Carbon Content of Bilateral Trade. *Review of Economics and Statistics* 97, 1, 104–115. Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/008/42008827.pdf (accessed: October 2016).
- Davis S., Caldeira K.** (2010). Consumption-Based Accounting of CO₂ Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, 12, 5687–5692.
- Fedorov B.G.** (2014). Russian Carbon Balance (1990–2010). *Studies on Russian Economic Development* 25, 1, 50–62 (in Russian).
- Kuleshova N.S.** (2010). Ecological Estimation of Use of Wood Fuel on Thermal Power Station of Osipovich. Available at: http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/008/42008827.pdf (accessed: November 2016, in Russian).
- Makarov I.A., Sokolova A.K.** (2014). Carbon Emissions Embodied in Russia's Trade. FIW Working Paper No. 149. March 2015 (in Russian).
- Peters G.** (2007). Opportunities and Challenges for Environmental MRIO Modeling: Illustrations with the GTAP Database. 16th International Input-Output Conference, Istanbul, Turkey, 2007, 2–6 July. Available at: https://www.iioa.org/conferences/16th/files/Papers/Peters_LP.pdf (accessed: November 2016).
- Peters G., Hertwich E.** (2008). CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology* 42, 5, 1401–1407.
- Peters G.P., Minx J.C., Weber C.L., Edenhofer O.** (2011). Growth in Emission Transfers Via International Trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, 21, 8533–8534.
- Russian Ministry of Natural Resources, Roshydromet (2015). National Inventory Report about Anthropogenic Emissions and Absorption of Greenhouse Gases Not Controlled by the Montreal Protocol in 1990–2013. Part 1 (in Russian).
- Sato M.** (2014). Embodied Carbon in Trade: a Survey of the Empirical Literature. *Journal of Economic Surveys* 28, 5, 831–861.
- Shirov A.A., Yantovsky A.A.** (2014). Input-Output Macroeconomic Model As the Core of Complex Forecasting Calculations. *Studies on Russian Economic Development* 25, 3, 225–234.
- Uzyakov M.N.** (2011). Usage Efficiency of Primary Resources As an Indicator of Technological Development: A Retrospective Analysis and Forecast. *Studies on Russian Economic Development* 22, 2, 111–121 (in Russian).
- Uzyakov M.N., Maslov A.Yu., Gubanov A.Yu.** (2006). Development of Updated Versions of Some Intersectoral Balances of Russia in Constant and Current Prices for 1980–2004. In: "Research Papers: RAS Institute of Economic Forecasting". Chief Editor Korovkin A.G. Moscow: MAKS Press, 648–657 (in Russian).
- Uzyakov M.N., Shirov A.A.** (2012). Macroeconomic Dynamics of the Russian Economy in the Long Term. *Studies on Russian Economic Development* 23, 6, 542–555 (in Russian).

Received 3.01.2016

A.A. Shirov

Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

A.Yu. Kolpakov

Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

Russian Economy and Mechanisms of Global Climate Regulation

Abstract. The article analyzes the approaches for anthropogenic carbon dioxide emissions estimation. Existing mechanisms of climate regulation register only production-based emissions and do not take into account the international carbon flows in the form of goods that have been produced in one country and consumed in another one. As a result, many developing countries regard the theme of greenhouse gas emissions limiting as a way to restrict their economic and technological development, as well as maintain leadership of developed countries in the world market. Consumption-based method of emissions estimation provide a higher quality way to consider the issue about separation of intercountry responsibility to reduce the anthropogenic impact on the climate of the planet. However, it requires us to obtain quantitative estimates of emissions related to the production of exported and imported goods. We analyze the advantages and disadvantages of the approaches for calculating such indicators. Then we estimate anthropogenic emissions for Russia using different methods. Acceptability of using such evaluations to form binding limits on anthropogenic emissions for Russia is analyzed. On the basis of scenario forecasting we make a conclusion that with the Russia's GDP growth rate comparable to that of world economy up to 2030 the volume of emissions will significantly increase. Consequently, our emissions limit goals as well as the methodology of their calculation may become the additional constraints for rapid modernization of Russian economy.

Keywords: *economic dynamics, anthropogenic emissions, foreign trade, inter-industry interactions, long-term forecast, restrictions of economic development.*

JEL Classification: E61, E17, D04, Q53.