

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ

УДК 338.1

DOI: 10.15372/GIPR20230315

О.В. КУДРЯВЦЕВА, К.С. СИТКИНА, А.В. БАРАБОШКИНА

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия,
olgakud@mail.ru, sitkinaks@gmail.com, baraboshkina-a@yandex.ru

ИНДИКАТОРЫ ПЕРЕХОДА РОССИИ К НИЗКОУГЛЕРОДНОМУ РАЗВИТИЮ

Рассмотрены подходы к построению системы индикаторов, отражающей состояние и динамику перехода к низкоуглеродному развитию России. Проанализирована система индикаторов, демонстрирующих прогресс в достижении Целей устойчивого развития ООН в контексте перехода к низкоуглеродной экономике. В рамках исследования предложены и частично рассчитаны дополнительные показатели, рекомендуемые к включению в систему (например, углеродный след потребления и производства в России в целях получения показателя чистого экспорта углерода). Объем выбросов CO₂, заключенных в произведенных товарах и заложенных в экспорте, рассчитан на основе модели «затраты–выпуск». Кроме того, рассмотрены показатели поглощения углекислого газа лесами регионов Арктической зоны РФ. Данный показатель получен на основе конверсионно-объемных коэффициентов в разрезе групп возраста. Рассмотрен опыт Китая и Германии в сфере развития возобновимой энергетики, проанализированы показатели энергоёмкости регионов России, рассчитаны показатели поглощения парниковых газов лесами, даны предложения по совершенствованию системы показателей низкоуглеродного развития. В ходе исследования выявлен значительный разрыв между производственными и потребляемыми выбросами углекислого газа, который определяется большим экспортом и низким импортом выбросов, при этом выявлено, что объем поглощения углерода лесами Арктической зоны РФ составляет 168,8 млн т CO₂ в год. Предлагаемая система индикаторов перехода к низкоуглеродному развитию для различных уровней дополняет известную систему индикаторов низкоуглеродного сегмента Целей устойчивого развития такими актуальными показателями, как прирост мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников, доля общественного транспорта, работающего на электроэнергии, поглощение углерода экосистемами. В настоящий момент в ней отображены десять показателей, представляющих четыре основные направления (энергоёмкость, углеродоемкость, внедрение более чистых источников энергии, поглощение углерода экосистемами).

Ключевые слова: углеродоемкость, низкоуглеродное развитие, модель «затраты–выпуск», Цели устойчивого развития, возобновляемая энергетика, леса Арктической зоны РФ.

O.V. KUDRYAVTSEVA, K.S. SITKINA, A.V. BARABOSHKINA

Lomonosov Moscow State University,
119991, Moscow, Leninskie gory, 1, Russia,
olgakud@mail.ru, sitkinaks@gmail.com, baraboshkina-a@yandex.ru

INDICATORS OF THE TRANSITION OF RUSSIA TO LOW-CARBON DEVELOPMENT

This article discusses some approaches to building a system of indicators reflecting the state and dynamics of the transition to low-carbon development in Russia. To this end, the authors analyzed a system of indicators reflecting progress in achieving the UN Sustainable Development Goals in the context of transition to a low-carbon economy. As part of the study, additional indicators were proposed and partially calculated, which were proposed for inclusion in the system (such as the carbon footprint of use and production in Russia in order to use the net carbon export indicator). CO₂ emissions contained in manufactured goods and implicit in exports were calculated on the basis of an input-output model. In addition, the indicators of carbon dioxide absorption by forests in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation were considered. This indicator was obtained on the basis of conversion-volumetric coefficients in the context of age groups. The experience of China and Germany in the devel-

opment of renewable energy is considered, the analysis of the energy intensity indicators of the regions of Russia is conducted, the indicators of absorption of greenhouse gases by forests are calculated, and proposals are made to improve the indicators of low-carbon development. The study revealed a significant gap between produced and consumed carbon dioxide emissions, which is determined by a large export of carbon emissions, while the volume of carbon emissions from the forests of the Russian Arctic is 168,8 million tons of CO₂ per year. The proposed system of indicators of the transition to low-carbon development for various levels complements the known indicators of the low-carbon segment of the Sustainable Development Goals with relevant indicators, such as an increase in electricity production from renewable sources, the share of public transport running on batteries, and carbon absorption by ecosystems. Currently, the system includes ten indicators, representing four main areas (energy intensity, carbon intensity, introduction of cleaner energy sources, and carbon uptake by ecosystems).

Keywords: carbon intensity, low-carbon development, input-output model, Sustainable Development Goals, renewable energy, forests of the Russian Arctic.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы перед человечеством постоянно встают новые вызовы, и от того, как оно с ними справится, зависит дальнейшее развитие цивилизации. В 2022 г. основное внимание мирового сообщества переключилось на геополитические вопросы и возможные последствия, связанные с ними, но нельзя забывать о том, что остальные проблемы человечества никуда не исчезли. Согласно отчету о глобальных рисках 2021 г., опубликованному Всемирным экономическим форумом (ВЭФ) [1], экстремальные погодные явления и трудности в решении проблем, связанных с изменением климата, заняли первые места в рейтинге вероятности наступления этих событий в ближайшем десятилетии. Неспособность правительств и представителей бизнеса принять эффективные меры по адаптации к изменению климата и смягчению его последствий также считается одним из самых серьезных рисков для мировой экономики (после инфекционных заболеваний) [1]. Важно отметить, что в последние годы экологические риски стабильно включались ВЭФ в пятерку основных, тогда как в 2010 г. и ранее их не было [2]. При этом долгосрочные цели и задачи различных стран основаны на новых экономических моделях. Например, достижение климатической (углеродной) нейтральности к 2050 г. лежит в основе ««Зеленого» курса Европы» [3]. На 75-й сессии Генеральной ассамблеи ООН лидер Китая Си Цзиньпин пообещал сделать страну углеродно-нейтральной к 2060 г [4].

Таким образом, переход России к низкоуглеродной экономике становится не только перспективным путем к достижению устойчивого развития, но и одним из факторов конкурентоспособности страны на международном уровне независимо от настоящих и будущих торговых партнеров России — необходимость перехода к низкоуглеродной экономике отражена в «Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» [5].

Также следует отметить, что достижение целей низкоуглеродного развития может, в том числе, решить ряд социально-экономических задач, повысить благосостояние населения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В целях подготовки системы индикаторов низкоуглеродного развития в ходе исследования был рассмотрен ряд уже существующих показателей, при анализе которых были предложены и частично рассчитаны дополнительные. Был определен уровень собираемости статистической информации по отдельным индикаторам. Оцененные авторами выбросы диоксида углерода (CO₂) с учетом их роли в международной торговле вычислялись на основе анализа межстрановых таблиц «затраты-выпуск» Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [6]. Кроме того, в рамках расширения показателей низкоуглеродного развития экономики России за счет надлежащего учета поглощающей способности экосистем регионов России были рассчитаны показатели поглощения углекислого газа лесами для регионов, полностью или частично входящих в состав Арктической зоны РФ. Данные результаты были получены с применением конверсионно-объемных коэффициентов в разрезе групп возраста деревьев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Один из важных аспектов в достижении целей низкоуглеродного развития — это наличие комплексной системы индикаторов, отражающей прогресс в данном направлении. Основой подобной системы могут быть индикаторы, включенные в состав Целей устойчивого развития (ЦУР) ООН [7].

Цели устойчивого развития до 2030 г., принятые ООН в 2016 г. [7], представляют собой набор задач, направленный на решение ряда глобальных социально-экономических и экологических проблем. В состав ЦУР входит 169 задач, распределенных по 17 целям. На глобальном уровне прогресс в достижении тех или иных ЦУР рассчитывается по указанным задачам, при этом государства сами формируют список индикаторов, позволяющих оценить прогресс достижения целей.

Однако композиция ЦУР и на глобальном, и на страновом уровнях включает только несколько отдельных задач, косвенно характеризующих прогресс в области декарбонизации экономики, несмотря на то, что сокращение выбросов парниковых газов является одним из ключевых факторов, обеспечивающих как движение по пути решения проблем изменения климата, так и содействие переходу к устойчивому развитию.

К числу подобных задач можно отнести следующие:

— входящие в состав Цели 7 «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех» задачи 7.1. («К 2030 году обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению»); 7.2 («К 2030 году значительно увеличить долю энергии из возобновляемых источников в мировом энергетическом балансе»); 7.3 («К 2030 году удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности») [7, с. 23];

— задача 9.4 («К 2030 году модернизировать инфраструктуру и переоборудовать промышленные предприятия, сделав их устойчивыми за счет повышения эффективности использования ресурсов и более широкого применения чистых и экологически безопасных технологий и промышленных процессов, с участием всех стран в соответствии с их индивидуальными возможностями») [7, с. 25], направленная на достижение ЦУР 9 «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям» [7, с. 24];

— задача 12.2 («К 2030 году добиться рационального освоения и эффективного использования природных ресурсов») [7, с. 27] в составе ЦУР 12 «Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства» [7, с. 27].

В России разработан национальный набор показателей ЦУР, однако данные в настоящий момент собираются только по 83 из 247 показателей (33 %), еще 17 находятся на стадии разработки, при этом не разрабатываются индикаторы для Целей 12 («Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства») и 13 («Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями») [8].

Несмотря на неполный перечень показателей, характеризующих прогресс в области решения задач ЦУР, в России собирается ряд статистических данных, которые, по мнению авторов, в определенной степени характеризуют состояние низкоуглеродной экономики в России (табл. 1). Как следует из данных табл. 1, в России в настоящее время имеется только семь показателей, характеризующих прогресс в достижении ЦУР в области перехода к низкоуглеродной экономике. Кроме того, не все из них имеют данные за весь период, а информацию по регионам включает в себя только показатель «Энергоемкость валового внутреннего продукта» (есть данные об энергоемкости ВРП). Показатель «Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии» имеет распределение по федеральным округам. Региональная структура остальных показателей в статистическом приложении отсутствует.

Таким образом, можно говорить о том, что, во-первых, вопросы перехода к низкоуглеродной экономике, несмотря на все возрастающий интерес к этому направлению со стороны международного сообщества, слабо представлены в композиции ЦУР на глобальном уровне. Кроме того, исследователями отмечается необходимость трансформации существующей системы ЦУР, в том числе в контексте низкоуглеродного развития, в вопросах сохранения здоровья населения и решения проблемы неравенства [10].

Следующим аспектом в построении данной системы индикаторов является необходимость включения показателей, связанных с углеродоемкостью продукции. Углеродоемкость — это объем выбросов CO_2 на единицу другой переменной величины, такой как валовый внутренний продукт (ВВП), использование конечной энергии или транспорт [11, с. 156]. При этом особое внимание следует уделить углеродоемкости товаров, задействованных в торговле между странами. Как правило, подход к оценке выбросов углекислого газа, основанный на внутристрановом производстве, легко применить, но при его использовании недооценивается роль международной торговли и проблемы «утечки углерода».

Под термином «утечка углерода» понимается явление, при котором сокращение выбросов в конкретной юрисдикции или секторе, связанное с осуществлением политики смягчения воздействий на изменение климата, в определенной степени компенсируется увеличением объема выбросов за их

Таблица 1

Показатели, относящиеся к сегменту низкоуглеродного развития в национальных показателях ЦУР [9]

Номер цели*	Показатель	Единица измерения	Годы			
			2016	2017	2018	2019
7	Энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП) за год, предшествующий предыдущему	кг условного топлива на 10 тыс. руб., в постоянных ценах 2012 г.	131,6	131,9	131,6	Нет данных
7	Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии	%	17,0	17,0	17,3	17,6
7	Производство электрической энергии от возобновляемых источников энергии	ГВтч	Нет данных	186 145,7	192 519,9	196 760,3
9	Объем выбросов парниковых газов (тонн CO ₂ -экв.) на единицу валового внутреннего продукта (без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»)	т/млн руб.	24,4	23,4	21,4	Нет данных
12	Потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого в экономике страны	т условного топлива	12,5	12,8	13,1	»
13	Совокупные выбросы парниковых газов в процентах к 1990 г. — без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»	%	65,8	67,6	69,7	»
13	— с учетом сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»	%	47,6	50,7	52,4	»

* Номер цели поставлен в соответствии с [9].

пределами [11]. Это происходит, например, при переносе производства углеродоемкой продукции из развитых стран в развивающиеся, где ограничения на выбросы более слабые, что приводит к увеличению последних на их территории. Таким образом, последующие импорт и потребление углеродоемких товаров развитыми странами косвенно способствуют росту глобальных выбросов. Поэтому существует альтернативный подход к их учету, основанный на потреблении [12]. Выбросы от потребления представляют собой разницу между выбросами, осуществляемыми при производстве продукции, и чистым экспортом выбросов:

$$E_{\text{consumption}} = E_{\text{production}} - (E_{\text{export}} - E_{\text{import}}),$$

где $E_{\text{production}}$ — выбросы от производства, $E_{\text{consumption}}$ — от потребления, E_{export} — от производства экспортируемой продукции, E_{import} — от производства импортируемой продукции.

Применяемый обычно в международной торговле метод оценки содержания углерода — это анализ межстрановых таблиц «затраты–выпуск» [12]. При проведении данного исследования были использованы таблицы «затраты–выпуск» ОЭСР [6], применяемые для оценки выбросов CO₂ от производства российской продукции, идущей на экспорт и импорт, по сравнению с другими крупными странами-эмитентами парниковых газов. Также на основе таблиц ОЭСР и данных Всемирного банка [13] была рассчитана углеродоемкость экспорта этих стран, которая определяется как отношение объемов экспорта выбросов CO₂ к стоимости товарного экспорта (табл. 2). Видно (см. табл. 2), что в России существует значительный разрыв между выбросами углекислого газа от производства и от потребления, что обусловлено сравнительно большим экспортом и низким импортом выбросов. По чистому экспорту выбросов Россия уступает только Китаю. За Россией следуют ЮАР и Индия с разрывом в три раза (см. табл. 2).

Углеродоемкость российского экспорта одна из самых высоких (рис. 1). Это можно объяснить структурой экспорта, в которой преобладают энергоресурсы и промышленные товары с низкой до-

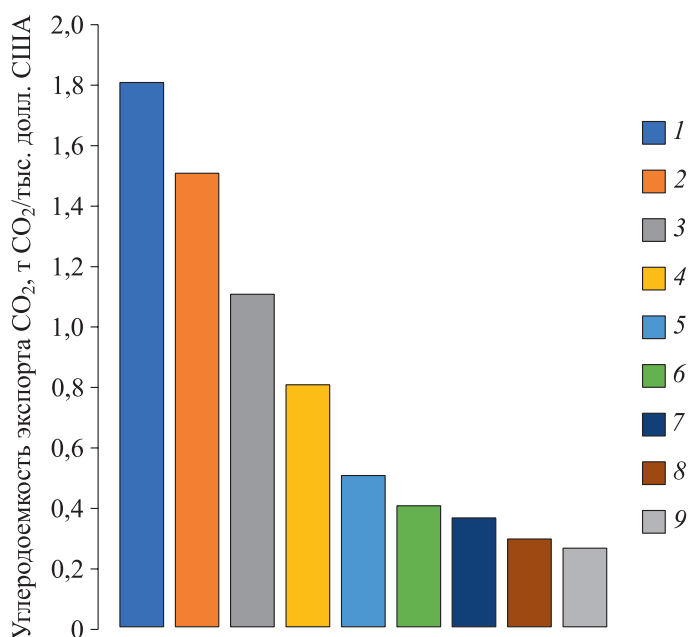
Таблица 2

Выбросы CO₂ в различных странах мира в 2018 г., млн т (расчеты на основе статистических данных ОЭСР [6])

Страна	Выбросы CO ₂				
	от производства	от потребления	экспорт	импорт	чистый экспорт
Китай	9916	9008	1948	1040	908
США	4989	5743	608	1362	–754
Индия	2320	2214	480	374	106
Россия	1626	1281	507	162	345
Япония	1151	1311	305	465	–160
Германия	739	865	400	526	–126
ЮАР	433	311	172	50	122
Бразилия	419	436	116	133	–17
Великобритания	402	523	138	259	–121

бавленной стоимостью. По данным Федеральной таможенной службы России, топливно-энергетические продукты, металлы и металлопродукция составляют 75,1 % от общей стоимости экспорта России в страны дальнего зарубежья [14]. Кроме того, рис. 1 демонстрирует, что, помимо России, только развивающиеся страны, такие как ЮАР и Индия, имеют коэффициент выше 1. Это позволяет предположить, что высокая углеродоемкость их экспорта может быть обусловлена относительной технологической отсталостью, типичной для развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Чтобы доказать это, необходим подробный анализ каждой отрасли и конкретных продуктов, но иногда международные сравнения могут быть полезным инструментом для выявления технологической неэффективности [15].

Исходя из вышесказанного можно предположить, что механизм трансграничного углеродного регулирования (ТУР; Carbon Border Adjustment Mechanism), разрабатываемый Европейской комиссией и предполагающий оплату экспортерами каждой тонны выбросов CO₂, которая образовалась в процессе производства экспортируемых ими в ЕС товаров, потенциально окажет серьезное негативное влияние на экономику России. Могут пострадать отрасли с высоким уровнем углеродоемкости, такие как металлургия, горнодобывающая промышленность, добыча энергетического угля, химическая, нефтехимическая и целлюлозно-бумажная промышленность. Если эти отрасли не адаптируются быстро за счет сокращения выбросов углекислого газа, они рискуют потерять конкурентоспособность. В некоторых случаях российских производителей может спасти география их экспорта: например, около 70 % российской целлюлозы идет в Китай [16]. Международные консалтинговые компании также



писали о негативном влиянии трансграничного углеродного регулирования на Россию. Так, эксперты KPMG предложили три сценария в зависимости от того, когда и как именно ТУР будет внедряться и какие отрасли будут охвачены [17]. Оптимистичный сценарий — введение ТУР только в 2028 г. и его применение исключительно в отношении выбросов, превышающих эталонный показатель ЕС. Тогда в 2028–2030 гг. российским компаниям придется заплатить 6 млрд евро. Базовый сценарий — введение ТУР в 2025 г. и охват им прямых выбросов,

Рис. 1. Углеродоемкость экспорта CO₂ в странах мира в 2018 г., т CO₂/тыс. долл. США (составлено на основе [6, 13]).

Страны: 1 — ЮАР; 2 — Индия; 3 — Россия; 4 — Китай; 5 — Бразилия; 6 — Япония; 7 — США; 8 — Великобритания; 9 — Германия.

вызванных производством экспортируемых товаров. В этом случае российские экспортеры должны будут заплатить 33,3 млрд евро в 2025–2030 гг. В худшем случае (третий сценарий), если ТУР в ближайшее время распространится как на прямые, так и на косвенные выбросы, сумма выплат может достичь 50,6 млрд евро к 2030 г.

В то же время введение ТУР может оказать положительное влияние на экономику России в долгосрочной перспективе. Несмотря на возможную потерю конкурентоспособности и дополнительные расходы в краткосрочном периоде, это могло бы дать России стимул для ускорения структурных реформ и модернизации национальной экономики путем трансформации экспортно-ориентированной модели, которая в значительной степени зависит от экспорта сырья.

Отдельного внимания заслуживают показатели, связанные с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и энергоемкостью.

В Китае значительное увеличение скорости развития ветряной и солнечной энергетики произошло после принятия «Закона о возобновляемой энергетике КНР» в 2006 г. [18]. Начиная с середины 2000-х гг., эти новые источники энергии совершили колоссальный прорыв в своем развитии. За десять лет с 2005 г. объем установленных мощностей ветряных электростанций (ВЭС) и солнечных электростанций (СЭС) вырос почти в 100 и 600 раз соответственно [19, 20]. В 2015 г. их установили в 18 и 135 раз больше, чем планировалось в 2000 г. [20, 21]. К 2020 г. объем установленных мощностей ВЭС составлял уже целых 210 ГВт [22], а СЭС — 204 ГВт [23].

Благодаря активной политике стимулирования развития «зеленой» энергетики в Китае доля ВИЭ в производстве электроэнергии увеличилась с 16 %, представленных в основном гидроэнергией, в 2005 г. [24] до 27 % в 2020 г., из которых 9 % — это ветряная и солнечная энергия [25]. Хотя Китай остается крупнейшим эмитентом CO₂, в 2016–2020 гг. стране удалось снизить углеродоемкость ВВП на 18,8 % вместо планируемых 18 % [26]. Энергоемкость ВВП снизилась на 13,2 % [27].

Если обратиться к опыту Германии, то структура производства электроэнергии в этой стране хорошо диверсифицирована: на такие возобновляемые источники энергии, как ветер, солнце, гидроэнергия и биотопливо, приходится около 40 % от общего объема генерации (в 1990 г. их доля составляла всего 3,7 % и была представлена преимущественно гидроэнергией) [24]. Уровень энергоемкости в Германии один из самых низких среди стран «Большой двадцатки» [28]. Страна входит в топ-10 по индексу Global Cleantech Innovation Index, разработанному Cleantech Group и партнерами [29] и демонстрирующему инновационный потенциал в сфере чистых технологий. Это обусловлено тем, что страна занимает лидирующие позиции по числу патентов на изобретения в сфере экотехнологий, является одним из ведущих экспортеров «зеленых» технологий и обладает большим количеством рабочих мест в секторе возобновляемой энергетики [29].

Возвращаясь к России, необходимо отметить, что внимание следует уделить не только энергетическому сектору, в том числе экспорту углеводородного сырья как обеспечивающему основной вклад в выбросы парниковых газов, но и ряду других направлений, в том числе иным секторам экономики [30] и учету поглощения и хранения углерода экосистемами.

Учет поглощения выбросов парниковых газов экосистемами России представляет собой один из ключевых факторов. Так, исходя из данных о выбросах парниковых газов с учетом и без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство», видно, что данным сегментом поглощается около 17 % совокупного объема выбросов (см. табл. 1). В рамках интенсивного сценария перехода к низкоуглеродному развитию России предполагается увеличение поглощающей способности экосистем на 665 млн т CO₂-эквивалента [5].

В рамках исследования были проведены расчеты поглощения углерода лесами регионов Арктической зоны РФ (АЗ РФ). При расчете объемов поглощения углекислого газа использовались данные о распределении лесов по группам возраста в соответствии с Лесными планами регионов, входящих в состав АЗ РФ [31–37], показатели объемно-конверсионных коэффициентов соответствующего макрорегиона в разрезе групп возраста [38] и коэффициент 3,66 для конвертации запасов углерода в объем поглощенного углекислого газа (т/год) (табл. 3). Полученные результаты представлены в картограмме на рис. 2. Следует отметить, что основные регионы-поглотители CO₂ (Красноярский край, Архангельская область и Республика Коми) лишь частично входят в состав АЗ РФ, в то время как площадь лесных земель регионов, полностью входящих в АЗ РФ, меньше, что обусловлено их природно-климатическими условиями. Кроме того, поглощающая способность лесов зависит от породного состава (в том числе по группам пород) и от категории возраста. Например, наибольшие показатели запаса углерода приходятся на молодняки, в то время как группа спелых и перестойных лесов, наоборот, в ряде случаев может иметь отрицательные коэффициенты. Как следует из полученных данных, общий объем поглощения углерода лесами АЗ РФ составил 168,8 млн т CO₂ в год.

Таблица 3

Объем поглощения CO₂ лесами Арктической зоны РФ в 2022 г., тыс. т/год (расчеты на основе [31–38])

Регион	Категория возраста лесов			
	молодняки	средневозрастные	приспевающие	спелые и перестойные
Мурманская область	6812	3061	0	0
Ненецкий АО	15	17	0	0
Ямало-Ненецкий АО	6386	3343	2874	0
Чукотский АО	Нет данных			
Архангельская область	23 723	9716	0	0
Красноярский край	53 221	19 528	1064	0
Республика Карелия	Нет данных			
Республика Коми	25 118	10 649	0	0
Республика Саха (Якутия)	1265	1521	518	0

Объем поглощения парниковых газов зависит от состояния экосистем. Так, например, лесные пожары и пожары на торфяных болотах, вне зависимости от их причин — естественных или антропогенных, помимо иного ущерба, приводят к дополнительным выбросам парниковых газов. Отдельного внимания заслуживают лесные пожары, которые наносят ущерб не только поглощающей способности лесов, но и другим экосистемным услугам, предоставляемым ими. Кроме того, поглощающая способность лесов зависит, в том числе, и от их возрастной структуры и состояния. Эти факторы следует учитывать при разработке программ развития лесного комплекса России. В связи с этим вопросы увеличения поглощающей способности лесов и эффективного лесопользования становятся одним из направлений реализации экологической политики России. На решение данных проблем направлены мероприятия федерального проекта «Сохранение лесов» в рамках национального проекта «Экология» [39]. По результатам его реализации в 2020 г., площадь лесовосстановления и лесоразведения составила 1158,4 тыс. га; отношение площади лесовосстановления и лесоразведения к площади вырубленных и погибших лесных насаждений — 92,1 %; площадь погибших лесных насаждений сократилась на 12,7 тыс. га, ущерб от лесных пожаров снизился на 2,1 млрд руб. [40].

Отдельно отмечается, что в 2021 г. в рамках проекта было закуплено более 46,5 тыс. единиц лесопожарной и лесохозяйственной техники и оборудования к ним стоимостью более 14 млрд руб. 52 субъекта Российской Федерации укомплектованы лесохозяйственной техникой на 100 % от установленного норматива, а средний уровень оснащенности в целом по стране составит 82,9 % при запланированном на конец 2021 г. значении 50 % [41].

Следует отметить, что ряд экосистем при неблагоприятных условиях может трансформироваться в эмитенты парниковых газов. Это в первую очередь касается хрупких экосистем Арктики: климатические изменения приводят к таянию вечной мерзлоты и высвобождению из нее углерода [42, 43]. Так, в 2008–2017 гг. выбросы парниковых газов в результате рубок и пожаров составляли 579 т CO₂/год [44].

Таким образом, необходима система индикаторов, отражающих факторы, влияющие на поглощение углерода экосистемами России. При этом система экономических показателей низкоуглеродного развития требует дальнейшей доработки: для эффективного мониторинга состояния в этой области нужно рассматривать уже имеющиеся показатели на уровне не ниже регионального и проанализировать возможность разработки ряда отраслевых показателей в данной сфере. Это обусловлено различием регионов России как по социально-экономическим, так и природно-климатическим характеристикам.

Так, даже по энергопотреблению регионы существенно отличаются друг от друга, демонстрируя разнонаправленную динамику показателя, в том числе в пределах одного федерального округа.

Картограмма на рис. 3 представляет распределение регионов России по показателю энергоемкости валового регионального продукта (ВРП) (кг усл. топлива на 10 тыс. руб. ВРП). Данный показатель значительно варьируется как в пределах России в целом, так и в границах федеральных округов.

В дополнение к рис. 3 в табл. 4 приведены сведения о десяти регионах с наибольшим показателем энергоемкости ВРП. Как видно из представленной таблицы, энергоемкость ВРП во многих случаях объясняется его отраслевой структурой — преобладанием обрабатывающих и добывающих производств, однако в ряде случаев, как, например, в регионах Северо-Кавказского ФО, высокая энергоемкость может быть обусловлена иными факторами. Кроме того, следует учитывать, что этот показатель зависит как от самой структуры производства в регионе (могут преобладать производства с технологи-



Рис. 2. Поглощение CO_2 лесными экосистемами Арктической зоны РФ, тыс. т/год.

Таблица 4

Регионы РФ с наибольшим показателем энергоемкости валового регионального продукта в 2018 г. [9, 45]

Регион	Энергоемкость ВРП, кг условного топлива/10 тыс. руб. в постоянных ценах 2012 г.	Сектор экономики, на который приходится основная доля валовой добавочной стоимости региона (%)
Липецкая область	553	Обрабатывающие производства (44,7)
Вологодская область	545	Обрабатывающие производства (42,4)
Кемеровская область	542	Добыча полезных ископаемых (36,7)
Республика Хакасия	466	Обрабатывающие производства (19,6)
Чеченская Республика	431	Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов (15,8)
Республика Тыва	427	Добыча полезных ископаемых (24,9)
Челябинская область	424	Обрабатывающие производства (36,0)
Рязанская область	337	Обрабатывающие производства (29,2)
Карачаево-Черкесская Республика	314	Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство (19,4)
Иркутская область	312	Добыча полезных ископаемых (31,5)

чески обусловленной высокой энергоемкостью продукции), так и от структуры основных фондов — в 2021 г. степень износа основных фондов составляла 39 %, а их средний возраст — 11,7 лет [46, 47].

Отдельное внимание следует уделить вопросам низкоуглеродного развития городов и включению соответствующих показателей в общую систему индикаторов. В связи со все возрастающей долей проживающего в городах населения устойчивое городское развитие представляет собой одно из актуальных направлений регионального. Подходы к устойчивому развитию городов в России, обусловленные численностью их населения и структурой экономики, также требуют учета факторов, связанных с низкоуглеродной экономикой. Так, для ряда городов будут более актуальны меры, направленные на сокращение выбросов загрязняющих веществ (в том числе парниковых газов) от автотранспорта и повышение энергоэффективности ЖКХ, для других, особенно моногородов, — диверсификация экономики и повышение эффективности использования ресурсов в промышленном секторе.

Таким образом, систему индикаторов можно расширить. Включение в систему таких показателей, как «доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме потребления электрической энергии» и «прирост мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников», позволит более точно оценивать состояние и динамику развития возобновляемой энергетики на различных уровнях. Показатель «углеродоемкость

Таблица 5

Система индикаторов низкоуглеродного развития

Показатель	Единица измерения	Уровни			
		федеральный	региональный	городской	отраслевой
Энергоемкость	кг условного топлива/10 тыс. руб.	Энергоемкость ВВП	Энергоемкость ВРП	—	Энергоемкость продукции
Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме производства электрической энергии	%	+	+	—	—
Производство электрической энергии от возобновляемых источников энергии	ГВтч	+	+	+	+
Приrost мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников	%	+	+	—	—
Доля электрической энергии, производимой с использованием возобновляемых источников энергии, в общем объеме потребления электрической энергии	%	+	+	+	+
Углеродоемкость экспорта	т CO ₂ /тыс. долл. США	Углеродоемкость экспорта	—	—	Углеродоемкость экспортной продукции
Удельный объем выбросов парниковых газов (т CO ₂ -экв.) (без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»)	т/млн руб.	Объем выбросов парниковых газов (т CO ₂ -экв.) (без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»)	Объем выбросов парниковых газов (т CO ₂ -экв.) на единицу ВРП	—	Объем выбросов парниковых газов (т CO ₂ -экв.) на единицу продукции
Потребление топливно-энергетических ресурсов на одного занятого	т условного топлива/чел.	+	+	+	+
Совокупные выбросы парниковых газов в процентах к 1990 г.	т CO ₂	+	+	+	Совокупные выбросы парниковых газов в отраслевом разрезе
— без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»	т CO ₂	+	+	+	
— с учетом сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство»	т CO ₂	+	+	+	
Поглощение углерода экосистемами	т CO ₂	+	+	+	
Доля общественного транспорта, работающего на электроэнергии	%	—	—	Доля общественного транспорта, работающего на электроэнергии	—

Примечание. «+» — индикатор применим на данном уровне, «—» — индикатор не применим на данном уровне.



Рис. 3. Энергоемкость валового регионального продукта в РФ в 2018 г., кг усл. топлива/10 тыс. руб., в постоянных ценах 2012 г.

экспорта» предоставляет информацию, необходимую для обеспечения конкурентоспособности продукции на мировых рынках, а также эффективности производства в части сокращения выбросов парниковых газов.

Показатель «поглощение углерода экосистемами» особенно актуален для России и позволяет не только уточнить баланс поглощения и выбросов парниковых газов, в том числе для международных расчетов, но и обеспечить информацией о состоянии экосистем России. Расчет доли общественного транспорта, работающего на электроэнергии, необходим как один из ключевых показателей устойчивого городского развития, поскольку использование электротранспорта в городах сокращает выбросы не только парниковых газов, но и иных загрязняющих веществ.

Проведенный авторами анализ показателей позволил сформировать систему индикаторов перехода к низкоуглеродному развитию для различных уровней, представленную в табл. 5. Она дополняет известную систему индикаторов низкоуглеродного сегмента ЦУР такими актуальными показателями, как прирост мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников, доля общественного транспорта, работающего на электроэнергии, поглощение углерода экосистемами. В настоящий момент в ней отображены десять показателей, представляющих четыре основных направления (энергоёмкость, углеродоемкость, внедрение более чистых источников энергии, поглощение углерода экосистемами), предлагаемых на четырех уровнях — федеральном, региональном, городском и отраслевом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования были рассмотрены и проанализированы индикаторы, включенные в состав ЦУР и связанные с декарбонизацией экономики, дополнен их список и частично рассчитан ряд показателей, что позволило создать комплексную систему эколого-экономических индикаторов перехода к низкоуглеродному развитию для различных уровней.

Для успешного применения, дополнения и развития предлагаемой системы индикаторов требуется сбор необходимых статистических данных, в том числе в динамике.

Следует отметить, что в рейтинге качества жизни российских регионов отмечается неоднородность регионов не только за счет социально-экономических, но и экологических показателей [48]. В связи с этим данная система показателей должна применяться в контексте решения вопросов низкоуглеродного развития с учетом специфики социо-эколого-экономического развития каждого региона. Так, например, решение увеличивать долю возобновляемой энергетики в энергобалансе за счет гидроэнергетики без учета конкретной ситуации в регионе может привести к возникновению новых экологических проблем: к потере сельскохозяйственных и иных земель, деградации почв, нарушению речного стока [49].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (23-28-00508 «Методология формирования механизмов низкоуглеродного развития российской экономики в новых условиях»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **The Global Risks Report 2021.** — World Economic Forum—2021 — [Электронный ресурс]. — <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2021> (дата обращения 04.04.2021).
2. **The Global Risks Report 2012.** — World Economic Forum—2012 — [Электронный ресурс]. — <https://www.weforum.org/reports/global-risks-2012-seventh-edition> (дата обращения 04.04.2021).
3. **Сайт Европейской комиссии** — [Электронный ресурс]. — https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата обращения 04.04.2021).
4. **“Enhance solidarity” to fight COVID-19, Chinese President urges, also pledges carbon neutrality by 2060** — [Электронный ресурс]. — <https://news.un.org/-en/story/2020/09/1073052> (дата обращения 04.04.2021).
5. **Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.** Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р — [Электронный ресурс]. — <http://static.government.ru/media/files/-ADKkCzp3fWO32e2yA0BhtIpyZWfHaiUa.pdf> (дата обращения 05.04.2022).
6. **OECD. Stat** — [Электронный ресурс]. — https://stats.oecd.org/Index.aspx?Data-SetCode=IOTS_2021 (дата обращения 05.04.2021).
7. **Преобразование** нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года: принята резолюцией Генер. Ассамблеи ООН от 25 сент. 2015 г. A/RES/70/1 — [Электронный ресурс]. — <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/92/PDF/N1529192.pdf?OpenElement> (дата обращения 05.04.2021).
8. **Статус** разработки показателей ЦУР — [Электронный ресурс]. — <https://ros-stat.gov.ru/sdg/reporting-status> (дата обращения 05.04.2021).
9. **Росстат.** Статистический ежегодник «Цели устойчивого развития в Российской Федерации» 2020 год. Статистическое приложение к ежегоднику — [Электронный ресурс]. — <https://rosstat.gov.ru/sdg/report/document/69771> (дата обращения 05.04.2021).
10. **Бобылев С.Н., Григорьев Л.М.** В поисках новых рамок для Целей устойчивого развития после COVID-19: страны БРИКС // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. — 2021. — Т. 13, вып. 1. — С. 25–51.
11. **IPCC.** Глоссарий, сокращения и химические символы — [Электронный ресурс]. — https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_WG3_glossary_-RU.pdf (дата обращения 07.04.2021).
12. **Makarov I., Sokolova A.** Carbon emissions embodied in Russia's trade: Implications for climate policy // Review of European and Russian Affairs. — 2017. — Vol. 11, N 2. — P. 1–20.
13. **The World Bank.** — [Электронный ресурс]. — <https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.MRCH.CD?end=2020&start=1960> (дата обращения 05.04.2021).
14. **Товарная структура** российского экспорта — Федеральная таможенная служба — 2019 — [Электронный ресурс] <https://customs.gov.ru/folder/519> (дата обращения 06.04.2021).
15. **Kudryavtseva O., Solodova M.** Circularity: fostering efficiency of developing economies // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Albena, Bulgaria. — 2020. — Vol. 20, N 5.2. — P. 107–112.
16. **Курдин А.А.** При определенных условиях Россия может выиграть от ужесточения требований по климату // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. — 2021. — [Электронный ресурс]. — <https://ac.gov.ru/-news/page/pri-opredelennyh-usloviyah-rossia-mozet-vyigrat-ot-uzestocenia-trebovanij-po-klimatu-26829> (дата обращения 11.04.2021).
17. **В КРМГ** подсчитали убыток российских компаний от введения углеродного налога в ЕС // ТАСС—2020. — [Электронный ресурс]. — <https://tass.ru/-ekonomika/8906921/> (дата обращения 11.04.2021).
18. **Renewable Energy Law of the People's Republic of China** — [Электронный ресурс]. — http://www.npc.gov.cn/zgrdw/englishnpc/Law/2007-12/13/content_-1384096.htm (дата обращения 12.04.2021).
19. **可再生**能源发展十五规划 — [Электронный ресурс]. — <https://kjbj.bit.edu.cn/docs/20150119221145204474.pdf> (дата обращения 12.04.2021).
20. **可再生**能源发展十三五规划 — [Электронный ресурс]. — http://www.nea.gov.cn/135916140_14821175123931n.pdf (дата обращения 12.04.2021).
21. **2000—2015** 年新能源和可再生能源产业发展规划要点 — [Электронный ресурс]. — <https://www.ccchina.org.cn/Detail.aspx?newsId=27980&TId=60> (дата обращения 12.04.2021).
22. **2021** 年中国风电装机行业市场现状 — [Электронный ресурс]. — <http://www.chinapower.com.cn/zx/hyfx/20210303/55400.html> (дата обращения 12.04.2022).
23. **2020** 年中国太阳能发电量、装机容量及未来发展趋势分析. — [Электронный ресурс]. — <https://www.chyxx.com/industry/202103/939197.html> (дата обращения 12.04.2021).
24. **IEA Data and Statistic** — [Электронный ресурс]. — <https://www.iea.org/data-and-statistics> (дата обращения 14.04.2021).
25. **Goß S.** China's Energy System in 2020: Record Expansion of Renewables Despite Corona Pandemic — [Электронный ресурс] <https://blog.energybrainpool.com/en/chinas-energy-system-in-2020-record-expansion-of-renewables-despite-corona-pandemic/> (дата обращения 14.04.2021).
26. **China** cuts “carbon intensity” 18,8 % in past five years, in effort to rein in emissions — [Электронный ресурс]. — <https://www.reuters.com/article/us-china-climatechange-idUSKBN2AU157> (дата обращения 14.04.2021).

27. **China's energy intensity caps poorly timed amid ongoing fuel shortages** — [Электронный ресурс]. — <https://www.spglobal.com/commodityinsights/-en/market-insights/latest-news/energy-transition/092921-analysis-chinas-energy-intensity-caps-poorly-timed-amid-ongoing-fuel-shortages> (дата обращения 14.04.2021).
28. **Schwartz M., Brüggemann A.** As energy prices fall, SMEs have lower costs — and increased efforts for energy efficiency and energy cost savings // KfW Research — 2018. — [Электронный ресурс]. — <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Fokus-Volkswirtschaft/Fokus-englische-Dateien/Fokus-2018-EN/Focus-No.-213-July-2018-Energy-efficiency-Germany.pdf> (дата обращения 14.04.2021).
29. **The Global Cleantech Innovation Index 2017** — [Электронный ресурс]. — https://s3.amazonaws.com/i3.cleantech/uploads/additional_resources_pdf/17/117/GCII_GCIP_report_2017_20nov.pdf (дата обращения 15.04.2021).
30. **Kudryavtseva O., Kurdin A.** Prospects for Low-Carbon Industrial Policy: The Case of Russia // Global Challenges of Climate Change. Vol. 2. World-Systems Evolution and Global Futures. — Berlin: Springer, Cham, 2023. — P. 251–263.
31. **Лесной план** Ненецкого автономного округа на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://dprea.adm-pao.ru/pozhagoopasnyj-sezon/> (дата обращения 20.04.2021).
32. **Лесной план** Красноярского края на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <http://mlx.krskstate.ru/lesplan> (дата обращения 20.04.2021).
33. **Лесной план** Архангельской области на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/462641881> (дата обращения 20.04.2022).
34. **Лесной план** Республики Коми на 2020–2029 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://mpr.rkomi.ru/lesnoy-plan-respubliki-komi-na-2020---2029-gg> (дата обращения 20.04.2021).
35. **Лесной план** Республики Саха (Якутия) на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/570766018> (дата обращения 20.04.2021).
36. **Лесной план** Мурманской области на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://mpr.gov-murman.ru/documents/lesplan/> (дата обращения 20.04.2021).
37. **Лесной план** Ямало-Ненецкого автономного округа на 2019–2028 гг. — [Электронный ресурс]. — <https://dprg.yanao.ru/documents/active/22956/> (дата обращения 20.04.2021).
38. **Экологические проблемы** поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин. — М.: Центр Экологической Политики, 1995. — 156 с.
39. **Экология** — [Электронный ресурс]. — <https://xn--80aarpemcchfmo-7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya> (дата обращения 20.04.2021).
40. **Исполнение** федерального бюджета и бюджетов бюджетной системы Российской Федерации за 2020 год (предварительные итоги). Министерство Финансов Российской Федерации, Москва, 2021. — [Электронный ресурс]. — https://minfin.gov.ru/common/upload/library/2021/03/main/Ispolnenie_2020_god.pdf (дата обращения 20.04.2021).
41. **Лихтман А.** Лесникам — деньги, лесу — цифру — [Электронный ресурс]. — https://www.kommersant.ru/doc/5097998?from=doc_vrez (дата обращения 22.04.2021).
42. **Воздействие** изменения климата на российскую Арктику: анализ и пути решения проблемы / Под ред. А.О. Кокорина, Д.В. Карелина, А.В. Степенко. — М.: WWF России, 2008. — 28 с.
43. **Адушкин В.В., Кудрявцев В.П.** Об эмиссии метана в Арктическом регионе // Актуальные проблемы нефти и газа. — 2018. — Вып. 4 (23) «Труды Международной конференции “Дегазация Земли: геология и экология — 2018”» — [Электронный ресурс]. — <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-emissii-metana-v-arkticheskom-regione> (дата обращения 22.04.2021).
44. **Четвертый** Двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с решением 1/СР.16 Конференции сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, Москва, 2019. — [Электронный ресурс]. — https://unfccc.int/sites/default/files/resource/-124785_Russian%20Federation-BR4-2-4BR_RUS_rev.pdf (дата обращения 22.04.2021).
45. **Росстат.** Регионы России. Социально-экономические показатели — 2020 г. Отраслевая структура валовой добавленной стоимости — [Электронный ресурс]. — https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm (дата обращения 22.04.2021).
46. **Росстат.** Основные фонды и другие нефинансовые активы — [Электронный ресурс]. — <https://rosstat.gov.ru/folder/14304> (дата обращения 25.04.2022).
47. **Росстат.** Средний возраст имеющихся на конец года машин и оборудования по отраслям экономики, по коммерческим организациям — [Электронный ресурс]. — <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения 25.04.2021).
48. **Веселова В.Н., Валеева О.В., Корытный Л.М.** Рейтинг качества жизни населения российских регионов // География и природ. ресурсы. — 2020. — № 4. — С. 14–24.
49. **Атаев З.А.** Экологическое воздействие малой гидро- и ветроэнергетики для условий центральной России // Заочная междунар. науч.-практ. конференция «Глобализация экологических проблем: прошлое, настоящее и будущее»: Сб. материалов. — Кемерово, 2017. — С. 1–8.

Поступила в редакцию 12.11.2021

После доработки 21.11.2022

Принята к публикации 05.04.2023