

УДК: 622.33

DOI: 10.52531/1682-1696-2022-22-3-19-30

Научная статья

НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЧАСТЬ I. ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА ЭМИССИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СОВРЕМЕННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ «ПОВЕСТКИ»

Ю.А. Плакиткин,
Л.С. Плакиткина,
К.И. Дьяченко

Институт энергетических
исследований РАН

Россия, присоединившись в Парижскому соглашению по климату, взяла на себя обязательства сократить выбросы CO₂ на 30% к 2030 г. и до 70% к 2050 г. Многие страны в мире разработали и приняли соответствующие программы по низкоуглеродному развитию экономики, которое оказывает существенное влияние на добычу и потребление угля в мире. В среднесрочной и долгосрочной перспективе, в соответствии с планами по декарбонизации экономики, а также необходимостью выполнения Парижского соглашения по климату, потребление угля в основных странах мира будет падать. Экологические мероприятия, утвержденные и принимаемые многими странами мира, предусматривают жесткие лимиты по выбросам парниковых газов, а в случае их превышения – огромные штрафные санкции. Российские углеэкспортеры надеются увеличить поставки угля в страны АТР. Однако западные санкции, экологические ограничения и выплаты углеродных платежей могут свести на нет эти перспективы.

Ключевые слова: добыча и потребление угля, низкоуглеродная экономика, декарбонизация экономики, выбросы углекислого газа (CO₂), климатическая повестка, Парижское соглашение по климату, программа достижения углеродной нейтральности, западные санкции, водородная энергетика, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), трансграничное углеродное регулирование (ТУР), эмиссия парниковых газов, ветровые и солнечные электростанции (ВЭС и СЭС), углеродный налог, плотность энергии.

Original article

LOW-CARBON DEVELOPMENT OF THE ECONOMY AS A DETERRENT TO THE DEVELOPMENT OF THE GLOBAL AND RUSSIAN COAL INDUSTRY

PART I. THE IMPACT OF THE COAL INDUSTRY ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND ITS DEPENDENCE ON THE CURRENT CLIMATE AGENDA

Y.A. PLAKITKIN, L.S. PLAKITKINA,
K.I. DYACHENKO
INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Russia, having joined the Paris climate agreement, has committed itself to reduce CO₂ emissions by 30% by 2030 and up to 70% by 2050. Many countries in the world have developed and adopted appropriate programs for low-carbon development of the economy, which has a significant impact on production and consumption of coal in the world. In the medium and long term, in line with plans to decarbonize the economy, as well as the need to comply with the Paris climate agreement, coal consumption in the main countries of the world will fall. Environmental measures, approved and adopted by many countries of the world, provide for strict limits on greenhouse gas emissions, and if they are exceeded, huge penalties. Russian coal exporters hope to increase coal deliveries to the Asia-Pacific countries. However, Western sanctions, environmental restrictions, and carbon pricing could undermine these prospects.

KEY WORDS: coal mining and consumption, low-carbon economy, decarbonization of the economy, carbon dioxide (CO₂) emissions, climate agenda, Paris Agreement on climate change, carbon neutrality program, hydrogen energy, renewable energy sources (RES), cross-border carbon regulation (CBR), greenhouse gas emissions, wind and solar power plants (wind farms and solar power plants), carbon tax, energy density.

ВВЕДЕНИЕ

Парижское соглашение по климату предусматривает необходимость сокращения выбросов углекислого газа всеми его участниками вне зависимости от уровня экономического развития к 2030 г. на 25–40% от уровня 2005 г., а к 2050 г. – на 70%. Россия также присоединилась к этому соглашению. Так, согласно Указу Президента Российской Федерации № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов», подписанному 4 ноября 2020 г., предусматривается к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития РФ.

Растущий спрос на уголь в странах ЕС и АТР в связи с высокими ценами на газ мог бы стать ожидаемым драйвером поставок российского угля. Однако эмбарго на поставки российского угля в страны ЕС, а также на заходы российских судов в порты ЕС приводит к невозможности экспортировать уголь в европейские страны, как минимум, в ближайшие годы. При этом угольная отрасль из-за своего негативного влияния на экологическую обстановку оказывается весьма уязвимой от принимаемых в последнее время многими странами мира стратегий низкоуглеродной экономики, то-есть экономики, имеющей минимальный объем эмиссии парниковых газов в атмосферу.

Ужесточая свои требования к чистоте окружающей среды, многие европейские страны активно вво-

Ю.А. ПЛАКИТКИН,
Л.С. ПЛАКИТКИНА, К.И. ДЬЯЧЕНКО
НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ
КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ
И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

дят углеродные платежи и заявляют о полном отказе от ископаемых энергоресурсов, включая добычу угля и закрытие угольных ТЭС. При этом альтернативой угольному топливу выступают солнечные и ветровые станции, а также производство водорода, имеющие большую плотность энергии по сравнению с углем [3–5].

В этой связи актуальным является выявление намерений основных стран мира по декарбонизации экономики и использованию угля в электроэнергетике в условиях нарастания климатических ограничений.

НАМЕРЕНИЯ ОСНОВНЫХ СТРАН МИРА ПО ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УГЛЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ В УСЛОВИЯХ НАРАСТАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

В 2020 г., по данным МЭА, добыча угля в мире составила 7,4 млрд т, что на 4,9% меньше, чем в 2019 г., в т.ч. снизилась почти во всех странах мира, в т.ч. в: Индии – до 753,5 млн т (-2,1%), Индонезии – до 562,5 млн т (-9,0%), США – до 484,7 млн т (-24,6%), Австралии – до 492,8 млн т (-2,2%), России – до 401,6 млн т (-9,3%), ЮАР – до 246,5 млн т (-4,4%), Казахстане – до 99,7 млн т (-4,6%), Германии – до 107,4 млн т (-18,2%), Польше – до 100,4 млн т (-10,7%).

Незначительно выросла добыча угля в Китае – до 3558 млн т (+1,4%) [12, 14, 15, 17] (рис. 1).

Использование ВИЭ во многих странах мира вытесняет газ и уголь в структуре электрогенерации [16].

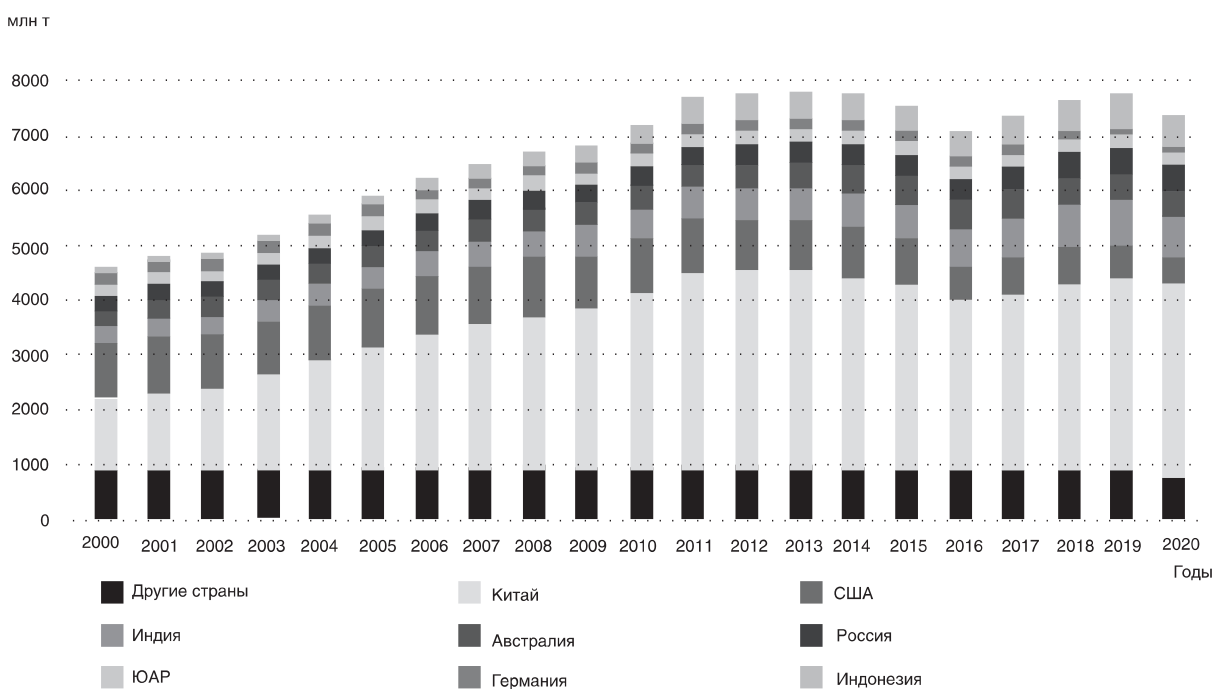


РИС. 1.

Добыча угля в основных странах мира в период 2000–2020 гг.

Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Спад в электроэнергетическом секторе привел в 2020 г. к падению мирового спроса на уголь на 40%. Однако в 2021 г., по данным МЭА, произошло восстановление экономической активности [см. 14, 17]. Цены на нефть, а затем на газ и уголь выросли в 2021 г. и продолжили свой рост в 2022 г. Это привело к кратковременному переходу на уголь, особенно в США и ЕС.

Россия находится на VI месте в мире по добыче угля, которая в настоящее время осуществляется в 5 федеральных округах, 20 субъектах Российской Федерации. Основными бассейнами и месторождениями по добыче угля в России по итогам 2020 г. являются: Кузнецкий (220,3 млн т), Дальневосточный (78,9 млн т), Канско-Ачинский (33,8 млн т), Прочие угли Восточной Сибири – 39,5 млн т [9]. Суммарная доля Печорского, Донецкого, Подмосковского бассейнов и др. – около 7% от всей добычи угля в РФ.

В 2021 г. добыча угля в России после «проседания» в 2020 г. почти восстановилась – 438,4 млн т [см. 9].

Низкоуглеродное развитие экономики оказывает существенное влияние на потребление угля в мире, которое, по итогам 2020 г., составило около 7,4 млрд т (рис. 2).

На I месте по потреблению угля находится Китай (доля – 52,9% от общего потребления угля в мире), на II – Индия (12,9%), на III – США (5,8%), на IV – Россия (3,0%), на V – Япония (2,5%), на VI – ЮАР (2,3%), на VII – Индонезия (2,2%). Далее располагаются: Германия – 1,8%, Южная Корея – 1,7%, Турция – 1,5%,

Польша – 1,4%, Австралия – 1,3%, Вьетнам – 1,2%, Казахстан – 1,0% [см. 9].

В ближайшие несколько лет, учитывая высокие цены на газ, потребность в угле в странах ЕС может незначительно вырасти. Однако к 2025 г. мировое потребление угля, по прогнозам МЭА, может сократиться в среднем на 5% по сравнению с уровнем 2020 г. При этом только в Индии возможен рост спроса на уголь. Прочие страны АТР (Япония, Южная Корея, Китай), а также страны ЕС будут снижать потребление угля и постепенно переходить с угля на ВИЭ и водород [6]. В долгосрочной перспективе, в соответствии с планами по декарбонизации экономики, а также необходимостью выполнения Парижского соглашения по климату потребление угля в основных странах мира будет падать. Наибольшее падение темпов потребления угля будет в странах ЕС, в которых уголь будет «ускоренно» вытесняться природным газом, возобновляемыми источниками энергии, а в перспективе – и водородной энергетикой [7].

В соответствии с решением климатической конференции в Глазго ожидается, что «уголь будут использовать только в течение следующего десятилетия или около того» [2].

В условиях нарастания климатических ограничений в странах ЕС активно отказываются от угля и угольной генерации, происходит закрытие угольных ТЭС. Часть тепловых станций на угле уже закрыта, а остальные намечены к закрытию. Так, в 2016 г. угольные станции были закрыты в Бельгии, в 2021 г. – в

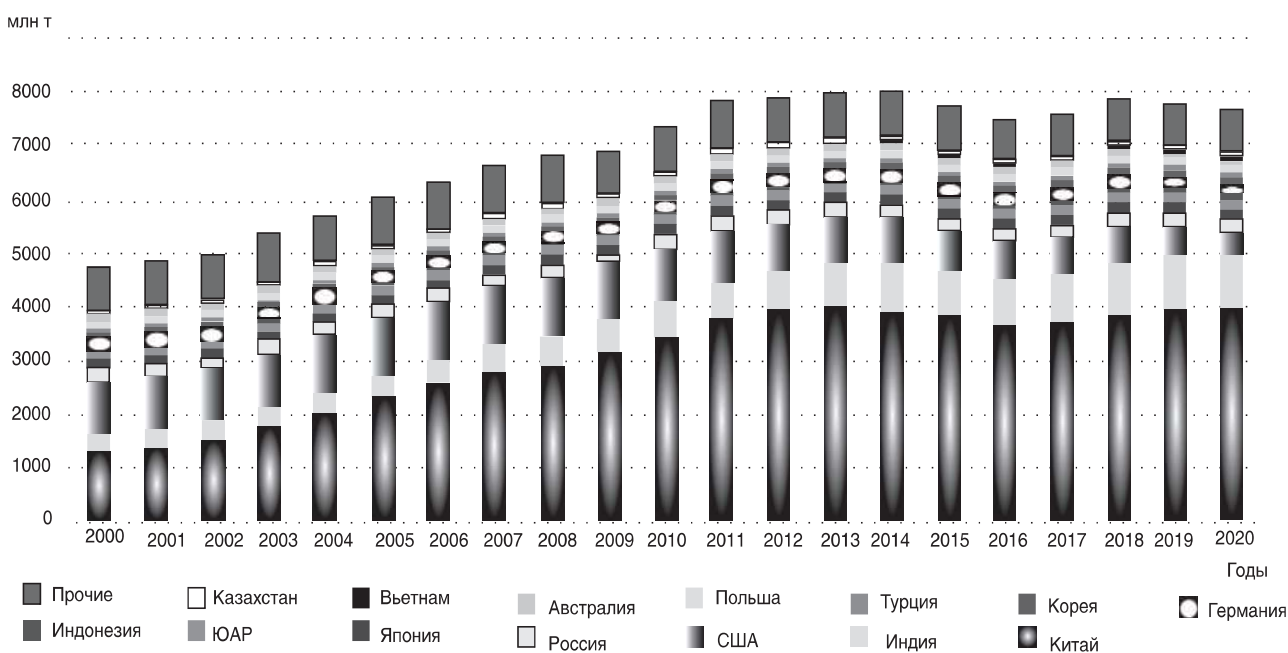


РИС. 2. Потребление угля в основных странах мира в период 2000–2020 гг. Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Португалии, в 2023 г. планируется в Австрии и Ирландии, в 2025 г. – в Италии.

Складывающаяся ситуация с производством электроэнергии из угля в основных странах Европы и Азии, которые в настоящее время являются потребителями российского угля, или которые потенциально могли бы ими стать, сильно подвержена экологическому давлению.

Следует отметить, что лидерами среди стран-импортеров российского угля по итогам 2020 г. являются: Япония (38,5 млн т), Китай (23,6 млн т), Кипр (23,5 млн т), Великобритания (14,2 млн т), Южная Корея (12,2 млн т), Украина (8,8 млн т). Каждая из этих стран сокращает мощности угольных ТЭС, или вообще их закрывает, и активно строит солнечные электростанции (СЭС) и ветровые электростанции (ВЭС), а также осуществляет производство водорода.

Во многих странах ЕС уже приняты программы достижения углеродной нейтральности, в основном к 2050–2060 гг.

В странах АТР, наряду с вводом новых угольных мощностей в ближайшее время, планируется весьма активное развитие ВИЭ, строятся ВЭС и СЭС, принимаются национальные водородные стратегии. Это,

Ю.А. ПЛАКИТКИН,
Л.С. ПЛАКИТКИНА, К.И. ДЬЯЧЕНКО
НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ
КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ
И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

несомненно, приведет к изменению баланса энергии в сторону сокращения доли угля.

Систематизация намерений основных стран мира по декарбонизации экономики и низкоуглеродному развитию приведены в табл. 1.

В целом в мире, по данным МЭА, в 2019 г. было произведено 681 ТВт электроэнергии на солнечных электростанциях. Доля КНР в общем объеме произведенной солнечной энергии в мире составила 32,9% (I место), США – 13,8% (II место), Японии – 10,1% (III место), Индии – 7,4% (IV место), Германии – 6,8% (V место), Италии – 3,5% (VI место). Доли остальных стран в общем объеме произведенной солнечной энергии в мире составили от 0 до 2% [см. 16]. При этом доля солнечной электроэнергии в общем объеме произведенной электроэнергии внутри страны составила: Италии – 8,1%, Германии – 7,6%, Японии – 6,6%, Австралии – 5,6%, Великобритании – 4,0%, Индии – 3,1%, Китае – 3,0%, Южной Кореи – 2,2%, США – 2,1%, Франции – 2,1%.

Производство электроэнергии на ветровых станциях в целом в мире в 2019 г. составило 1427 ТВт. Лидерами являются: Китай – 32,9% (I место), США – 20,9% (II место), Германия – 8,8%

ТАБЛИЦА 1.

Систематизация намерений основных стран мира по декарбонизации экономики и низкоуглеродному развитию

Страны	Намерения стран по декарбонизации экономики и низкоуглеродному развитию
Германия	Является мировым лидером в солнечной энергетике, планирует довести ее мощность до 200 ГВт. В соответствии с принятой «Национальной водородной стратегией» планируется снизить выбросы парниковых газов в атмосферу на 65% в период до 2030 г. Кроме того, предусмотрено: развитие оффшорной ветроэнергетики с целью импорта водорода; применение водородных технологий в промышленном масштабе к 2030 г.; продолжение и завершение энергетического перехода – постепенного отказа от использования ископаемого углеводородного топлива и ядерной энергетике и перехода на ВИЭ. Планируется использование водорода в качестве: энергоресурса (например, в топливных элементах), что будет стимулировать развитие водородного транспорта, а в будущем – для производства синтетического топлива и горючего; в химической промышленности (для производства аммиака и др.) и в качестве альтернативы углю вместо каменноугольного кокса в процессе производства стали; в качестве накопителя энергии для балансирования спроса и предложения, производства и предложения «зеленой» энергии, а в долгосрочной перспективе – в теплоснабжении; «зеленого» водорода и его побочных продуктов для декарбонизации промышленных процессов, а также производства керосина, который в дальнейшем можно будет использовать в авиации и морских перевозках.
Испания	Активно развивает ветровую энергетику. Так, в 2021 г. начато строительство ветрового кластера Кампильо, состоящего из трех ветропарков, общей мощностью 259,2 МВт (для реализации проекта планируются инвестиции в объеме 256 млн евро). С учетом атомной энергетики доля низкоуглеродных источников в производстве электроэнергии в 2021 г. составила 67,4%. Выбросы CO ₂ к 2030 г. намерены снизить на 23% по сравнению с 1990 г., а долю ВИЭ – увеличить до 74%. Одобрен закон об изменении климата и энергетическом переходе, цель которого – достижение углеродной нейтральности к 2050 г.
Франция	В рамках «Долгосрочной энергетической и климатической стратегии Франции в период до 2028 г.», планируется реализовать около 100 проектов «power-to-gas» и увеличить количество легковых водородных автомобилей до 50 тысяч. Ожидается декарбонизация экономики и получение водорода для производственных нужд. Достижение углеродной нейтральности – 2050 г.
Польша	Электростанции, работающие на буром угле, к концу 2022 г. намечено передать в Национальное агентство энергетической безопасности. Намечен постепенный отказ от угольных ТЭС.
Норвегия	Приоритетными отраслями для интеграции водорода в экономику страны признаны: судоходство, транспорт и промышленность. Достижение углеродной нейтральности произойдет к 2030 г. в случае сокращения выбросов всеми странами ЕС; к 2050 г. – независимо от других стран. Считает, что запрет на пользование бензиновыми автомобилями будет не позже 2025 г.
Великобритания	Планирует в 2022 г. закрыть 7 угольных ТЭС, а последнюю – в 2025 г. Усиливает контроль над обязательствами по декарбонизации и субсидирует переход НГЗ на водород. В 2022 г. крупнейшая в мире оффшорная ВЭС Hornsea 2 начала выработку электроэнергии у берегов Великобритании суммарной мощностью 1,3 ГВт. Предполагается установка 165 ВЭУ мощностью 8 МВт каждая. Правительство Великобритании намерено установить около 5 ГВт мощностей по производству «зеленого» водорода к 2030 г. Достижение углеродной нейтральности – 2050 г.

ОКОНЧАНИЕ ТАБЛИЦЫ 1.

Страны	Намерения стран по декарбонизации экономики и низкоуглеродному развитию
Нидерланды	К 2023 г. у берегов Нидерландов планируется реализация ветровых проектов компаниями Hollandse Kust South (мощностью 1,5 ГВт) и британской Dogger Bank (мощностью 3,6 ГВт). Намерены нарастить мощности для производства «зеленого» водорода к 2030 г. до 23-4 ГВт. Достижение углеродной нейтральности – 2050 г.
Япония	Глобальная цель «Водородной стратегии до 2050 г.» – планомерный переход к «обществу, основанному на водороде» (Hydrogen Society), предполагающему повсеместное применение водородной энергетики. Планирует закрыть 110 из 140 угольных ТЭС, повысить долю ВИЭ до 35–39 % к 2030 г. Австралия готова поставлять в Японию около 1 млн т/г. «зеленого» водорода к 2030 г. Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г.
Китай	Намерен нарастить мощности ВИЭ к уже имеющимся 625 ГВт, а также развивать водород. В 2021 г. введена в эксплуатацию плавучая СЭС мощностью 320 МВт в провинции Шаньдун. Фотоэлектрические модули установлены на поверхности водохранилища рядом с угольной электростанцией Дэчжоу мощностью 2,65 ГВт. Особенности проекта: интеграция с близлежащей наземной ВЭС мощностью 100 МВт и наличие системы накопления энергии на 8 Вт/ч. Кроме того, в 2021 г. введена крупнейшая в мире гидро-аккумулирующая электростанция (ГАЭС) мощностью 3,6 ГВт в провинции Хэбэй. На объекте установлены 12 реверсивных насосных агрегатов мощностью 300 МВт каждый. Емкость хранения – 6,6 млрд кВт/ч. Объем инвестиций – около 3 млрд дол. США. Установленную мощность введенной в эксплуатацию ГАЭС планируется увеличить к 2030 г. до 120 ГВт. Планируется ввести целевые показатели по передаче возобновляемой энергии, что гарантирует возможность продавать всю электроэнергию на рынке. В 2022 г. продажи солнечных модулей в мире могут превысить 200 ГВт, в т.ч. в КНР – 74-76 ГВт. Пока генерация на ВИЭ будет нестабильной, КНР планирует использовать угольную генерацию, мощности которой в 2020 г. составили 1,01 тыс. ГВт (65%). К 2030 г. 20 % электроэнергии намерены производить на основе ВИЭ и водорода. Достижение углеродной нейтральности – к 2060 г.
Южная Корея	В соответствии с национальной программой ВИЭ, намерена к 2030 г. 20 % выработки энергии обеспечивать за счет ВИЭ. Ожидается ввод в эксплуатацию более 48 ГВт новых мощностей, в т.ч. 31 ГВт – за счет СЭС и 16,5 ГВт – ВЭС. Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г.
США	В 2022 г. намерены ввести дополнительно 46,1 ГВт новых электрогенерирующих мощностей промышленного масштаба, из них 46 % (21,5 ГВт) – крупных СЭС. Мощности систем накопления энергии (батарей) могут вырасти на 5,1 ГВт, или на 84 %. Долю солнечной энергетики намерены увеличить с 3 % в настоящее время до 40 % к 2035 г. Этому будет способствовать ввод 462 ГВт мощностей СЭС. Планируют реализовать 16 проектов морских ВЭС до 2025 г. Это добавит до 19 ГВт ВИЭ мощностей. Достижение углеродной нейтральности – к 2060 г.
Австралия	В рамках развития водородной энергетики внутри страны планируется: поддержка перехода компаний-потребителей водорода к использованию «зеленого» водорода; внедрение водородного топлива в горнодобывающую промышленность, сельское хозяйство; использование водорода в отопительных и электрогенерирующих системах; развитие транспорта, использующего водород. Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г.
Иран	Намерен к 2025 г. ввести 10 ГВт солнечных мощностей, в т.ч. построить СЭС мощностью 750 МВт
Саудовская Аравия	К 2025 г. планирует завершить строительство крупнейшего завода по производству чистого водорода (650 млн т/с.), часть которого планирует поставлять на экспорт.
Индия	На фоне развития угольной генерации строит новые СЭС и ВЭС. В 2021 г. установленная мощность ВИЭ составила более 100 ГВт. Получено разрешение на строительство крупнейшего в мире солнечного парка мощностью 4,75 ГВт в штате Гуджарат. В период 2030-2035 гг. планируют построить 100 ГВт ВИЭ-электростанцию и водородную «экосистему» при ней. К 2030 г. 50% электроэнергии намечено получать за счет ВИЭ. Достижение углеродной нейтральности – к 2070 г.
Россия	Намечено сокращение выбросов CO ₂ к 2030 г. на 30 % и до 70 % в масштабе всей экономики и с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем, при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития страны. В стране, наравне с углем, активно развивается солнечная и ветровая энергетика. Так, например, в 2021 г. в Оренбургской области введена в эксплуатацию 18-ая СЭС Новопереволоцкая (мощностью 15 МВт), что обеспечило наличие 370 МВт мощностей солнечной генерации. Кроме того, в 2022 г. в регионе запланирован ввод Светлинской СЭС (мощностью 15 МВт). В период 2023-2027 гг. «Россети Юг» планируют ввести в Волгоградской, Астраханской, Ростовской областях и Республике Калмыкия ВЭС и СЭС мощностью более 1,7 ГВт. В результате доля ВИЭ в общем объеме производимой в объединенной энергосистеме Юга России электроэнергии вырастет с 15% до 28% в 2027 г. Сахалинская область выбрана «пилотным» регионом для опробования системы торговли квотами на выбросы. Достижение углеродной нейтральности – к 2060 г.

(III место), Индия – 4,9% (IV место), Великобритания – 4,5% (V место), Бразилия – 3,9% (VI место), Испания – 3,9% (VII место), Франция – 2,4% (VIII место). Доли остальных стран в общем объеме произведенной ветровой энергии в мире составили от 0 до 2% [см. 16]. При этом доля ветровой электроэнергии в общем объеме произведенной электроэнергии внутри страны составила в: Германии – 20,7%, Испании

– 20,4%, Бразилии – 8,9%, Турции – 7,2%, Великобритании – 6,8%, Франции – 6,1%, Китае – 5,4%, Канаде – 5,3%, Индии – 4,3%.

Растущая популярность ESG (E – экологических, S – социальных и G – управленческих) критериев в мире может ускорить отказ от угля и углеводородов. Многие крупные инвестиционные фонды и банки в рамках проводимой политики ESG вводят в своих ин-

вестиционных декларациях запрет на инвестирование средств в проекты, связанные с добычей и использованием угля и твердых углеводородов. В дальнейшем это приведет к росту стоимости фондирования для существующих месторождений и, возможно, будет означать прекращение разработки новых угольных месторождений.

ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА — КОНКУРЕНТ РАЗВИТИЮ ДОБЫЧИ И ЭКСПОРТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО УГЛЯ

Наравне с развитием СЭС и ВЭС водородная энергетика также является конкурентом энергетическому углю, используемому в качестве топлива на угольных ТЭС. Водород обладает огромным потенциалом как средство декарбонизации. Теплотворная способность водорода достаточно высокая: при сжигании 1 кг водорода выделяется порядка 140 МДж энергии, а угля — около 20–25 МДж, что в 7 раз меньше. В связи с этим на водород делают ставку страны ЕС, Китай, США, Япония и многие другие (см. табл. 1). При этом в развитие водородной энергетики вкладывают значительные инвестиции. Суммарная стоимость всех проектов, реализуемых в мире в настоящее время в области водородной энергетики, составляет около 90 млрд дол. США. Объем планируемых инвестиций в последующие 30 лет только лишь от ЕС может составить 470 млрд евро.

Производство водорода в настоящее время около 80 млн т. Существуют различные прогнозы роста рынка водорода. К 2030 г. этот показатель может достичь около 100 млн т, а к 2050 г. — от 500 до 800 млн т в год. Так, согласно прогнозов МЭА и Greenpeace, рост мирового рынка водорода составит 470 млн т (оптимистический сценарий), а Водородный Совет (в составе

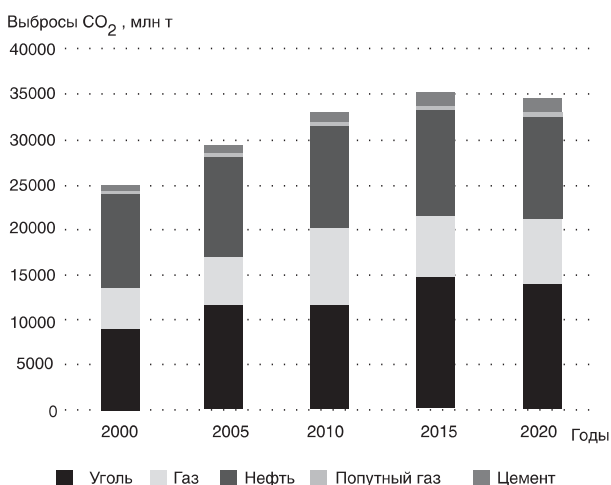


РИС. 3.

Эмиссия CO₂ по видам ископаемого топлива в мире.

Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Ю.А. ПЛАКИТКИН,
Л.С. ПЛАКИТКИНА, К.И. ДЬЯЧЕНКО
НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ
КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ
И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

5 крупных автоконцернов) оценивает рынок водорода в 164 млн т в год [см. 7, 8]. Потенциальный импортер водорода ЕС прогнозирует рост доли водородного топлива в энергобалансе мира с нынешних 2% до 13–14% к 2050 г.

По сценарию Energy Transitions Commission (ETC) к 2050 г. мировой спрос на чистый водород достигнет 500–800 млн т в год и составит 15–20% от общего конечного потребления энергии (включая производные H₂, такие как аммиак и синтетическое авиационное топливо).

Согласно «Концепции развития водородной энергетики РФ» (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 262-р) [1] ежегодный мировой спрос на водород оценивается в объеме 116 млн т. Дополнительный мировой спрос на водород, в зависимости от темпов развития мировой низкоуглеродной экономики, может вырасти к 2050 г. до 40–170 млн т в год. При этом в зависимости от темпов декарбонизации мировой экономики и роста спроса на водород на международном рынке потенциальные объемы экспорта водорода из России могут составить до 0,2 млн т в 2024 г., 2–12 млн т в 2035 г. и 15–50 млн т в 2050 г.

ВЛИЯНИЕ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА ЭМИССИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Угольная отрасль оказывает негативное влияние на экологическую обстановку. Под воздействием процессов добычи угля происходит эрозия почвы Земли, загрязнение воды и атмосферного воздуха. Загрязнению воздуха в значительной мере способствует проведение буровзрывных работ, эксплуатация двигателей внутреннего сгорания на применяемой карьерной технике. Выделение в атмосферу метана происходит из пластов угля и прилегающих пород, а углекислого газа — при самовозгорании угля.

Основными парниковыми газами, выделяющимися при добыче угля, являются метан и углекислый газ. При этом метан — наиболее опасный спутник добычи угля, является ценным ископаемым, подлежащим самостоятельному попутному извлечению при разработке газоносных угольных пластов. Прогнозные запасы метана в основных угольных бассейнах России оцениваются в 83,7 трлн. м³, что соответствует, примерно, трети прогнозных ресурсов природного газа страны. В мире имеется опыт промышленной добычи метана из угольных пластов. Промышленная добыча метана из угольных пластов производится в США, Австралии, Канаде и Китае.

Углекислый газ выделяется в рудничную атмосферу шахт, разрабатывающих угли различной степени метаморфизма. Около 80–90% углекислого газа, попадающего в атмосферу выработок, выделяется из угля. На остальные источники, в частности на процесс окисления, приходится не более 10–20%. Следует отметить,

что общее выделение углекислого газа при добыче угля является незначительным по сравнению с теми объемами, которые выделяются при его горении. Помимо углекислого газа в атмосферу выделяется большое количество вредных выбросов, включая окись серы, золу и сажу.

Общий объем эмиссии углекислого газа от ископаемого топлива с территорий всех стран в 2020 г. составил 34,8 млрд т CO₂ [13]. Своих максимальных значений эмиссия углекислого газа от использования угля достигала в 2014 г. – 15,06 млрд т CO₂. В последующие годы выбросы CO₂ несколько сократилась. Так, в 2020 г. они упали на 7,2% по отношению к уровню 2015 г. и на 4,1% – к уровню 2019 г., что объясняется снижением производственной активности в начале кризисного периода (рис. 3).

Эмиссия CO₂ имеет существенную дифференциацию по странам мира (рис. 4).

Китай, с большим отрывом от других стран, является лидером по эмиссии CO₂ от использования угля. Доля выбросов с его территории в 2020 г. составила 53,1% от всего объема выделяемого углекислого газа в мире. При этом, если в целом в мире к 2020 г. произошло снижение эмиссии CO₂, то в Китае наоборот – ее рост. Так, выбросы CO₂ в КНР по отношению к уровню 2019 г. возросли на 0,6%, а по отношению к 2000 г. – в 3,1 раза.

В Индии, занимающей 2-е место в мире по эмиссии углекислого газа при использовании угля, доля выбросов составила 11,4% от общемировых. По отношению к уровню 2019 г. она снизилась на 0,1%. Однако по отношению к 2000 г. рост выбросов CO₂ в стране составил более чем в 2,8 раз.

Доля США, в настоящее время занимающих 3-е место по объемам выбросов CO₂, по итогам 2020 г. составила 6,4% (- 19,1 % к уровню 2019 г. и почти на 60% меньше, чем в к 2000 г.).

Япония, которая активно внедряет чистые технологии использования угля, занимает 4-е место в мире по объемам выбросов CO₂, (доля – 2,9%). При этом следует отметить, что в 2020 г. эмиссия углекислого газа Японии по отношению к предыдущему году снизилась на 6,7%, однако по сравнению с уровнем 2000 г. она возросла на 8,3%.

В ЮАР, которая по эмиссии CO₂ находится на 5-ом месте в мире (доля – 2,8% от мировых выбросов), выбросы в 2020 г. по отношению к 2000 г. выросли на 16%, однако по отношению к 2019 г. снизились на 4,5%.

Россия в настоящее время занимает 6-е место в мире по эмиссии CO₂. Доля России в объеме суммарных выбросов угля в мире – 2,6%. В 2020 г. объем выбросов углекислого газа в стране сократился: по сравнению с уровнем 2000 г. – на 16% и на 8,2% – к 2019 г.

В Индонезии, которая в период 2000–2020 гг. увеличила эмиссию углекислого газа в 5,9 раз и вышла на

7-е место в мире (с долей 2,0%), к концу рассматриваемого периода произошло сокращение выбросов CO₂ на 4,7%.

Ещё одной крупной страной АТР, нарастившей почти на 73% эмиссию углекислого газа в период 2000–2020 гг., является Южная Корея, занимающая 8-е место в мире. При этом в 2020 г. выбросы CO₂ в стране по отношению к уровню 2019 г. упали на 12,0%.

Среди стран ЕС следует отметить Германию (9-е место в мире по общемировому объему выбросов CO₂ от использования угля) и Польшу (11-е место). По отношению к 2000 г. этим странам удалось сократить выбросы углекислого газа, соответственно, на 46,7% и на 29,8%. При этом в 2020 г. снижение выбросов углекислого газа составило, соответственно, 17,1% и 10,2%.

В России доля потребления угля в электроэнергетике ниже среднемировых значений – всего 23% (рис. 5).

Внутри России значительная часть углекислого газа образуется при использовании угля в энергетике и комбыте (70%), а оставшаяся часть – при коксовании. Поскольку доля экспорта российского угля составляет 54,4% от всего объема его добычи в стране, основная часть эмиссии CO₂ приходится на зарубежные территории его потребления (рис. 6).

В сложившейся ситуации у российских угольных компаний возникают риски, связанные не только с изменениями конъюнктуры на внешнем рынке, но и с возможным введением трансграничного углеродного регулирования, при котором поставщикам придется нести дополнительные расходы, связанные с уплатой «углеродного налога». Величина этого налога может оказаться настолько существенной, что сделает российский угольный экспорт нерентабельным. Это может привести к масштабному сворачиванию российской угольной отрасли.

ТРАНСГРАНИЧНОЕ УГЛЕРОДНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ (ТУР) КАК МЕХАНИЗМ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ УГЛЯ В ЭКОНОМИКЕ

По мнению многих развитых стран мира, негативные экологические последствия от сжигания угля в настоящее время значительно выше, чем от использования альтернативных источников энергии. В этой связи они ужесточают свои требования к чистоте окружающей среды и вводят углеродные платежи, или так называемое трансграничное углеродное регулирование (ТУР). Суть трансграничного углеродного регулирования состоит в следующем: в зависимости от роста стоимости выбросов CO₂ бесплатные квоты будут сокращаться. Это, с одной стороны, будет стимулировать бизнес снижать выбросы CO₂, а с другой стороны – сделает энергоемкие отрасли ЕС (нефтепереработку, химическую промышленность и металлургию) не-

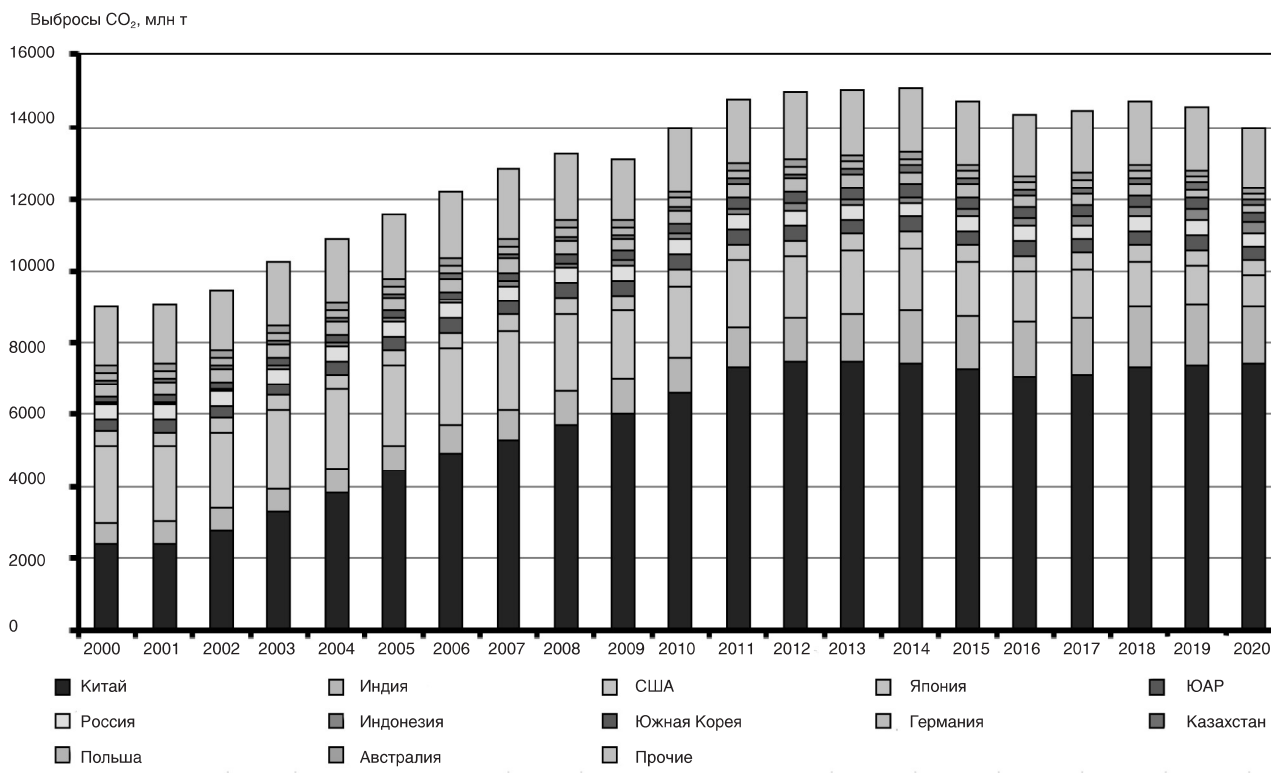


РИС. 4. Эмиссия углекислого газа от использования угля с территорий основных стран мира в период с 2000 по 2020 гг. Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

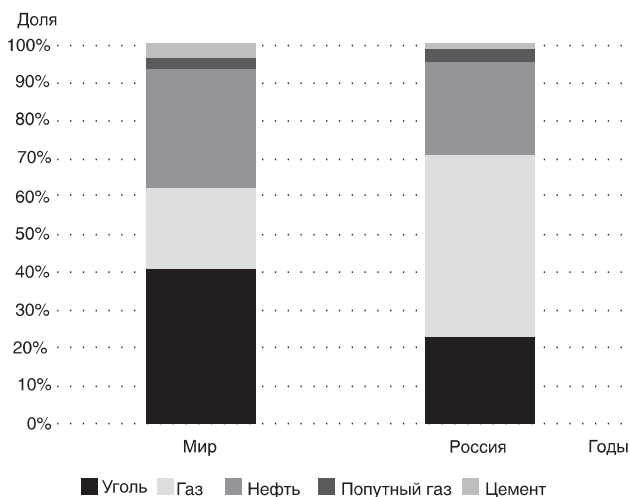


РИС. 5. Сравнение эмиссии CO₂ по видам ископаемого топлива в мире и России в 2020 г. Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

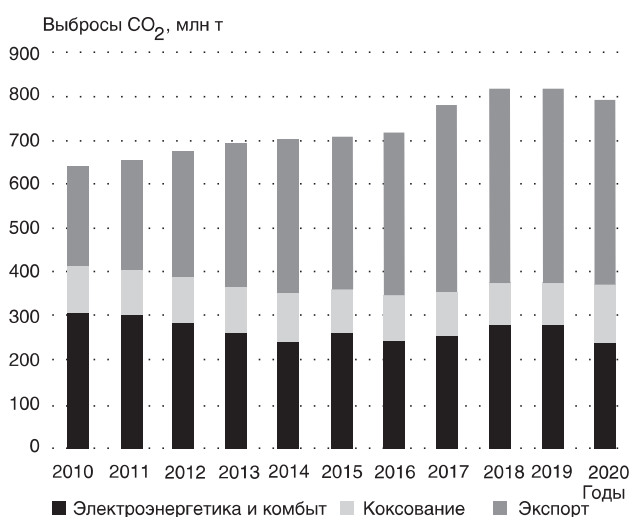


РИС. 6. Эмиссия CO₂ от использования российского угля Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

конкурентоспособными по сравнению со странами, где производители подобных налогов не платят. Такой эффект получил название «утечка углерода», т.к. приводит не к абсолютному сокращению выбросов парниковых газов в мире, а лишь к переносу их из стран с жесткой климатической политикой в страны, где

плата за выбросы ниже или вообще не взимается. Это нивелирует все усилия, предпринимаемые для борьбы с парниковыми газами в ЕС. Еврокомиссия (ЕК) 14 июля 2021 г. внесла пакет законов о трансграничном углеродном регулировании (ТУР) в Европарламент. Сбор на импорт опре-

деленных товаров, таких как нефтепродукты, уголь и металлы, в зависимости от углеродного следа, ЕК предложила вводить постепенно. При этом Европарламент в начале 2022 г. предложил перенести начало взимания углеродного налога с 2026 г. на 2025 г. С этого момента законопроект о трансграничном углеродном регулировании (ТУР), вероятно и импортируемые товары начнут облагаться углеродным сбором. Под налоговый надзор попадут: сталь, алюминий, минеральные удобрения, цемент и электроэнергия, поставляемые в страны ЕС. Импортеров этих товаров обяжут ежеквартально предоставлять отчетности о выбросах CO_2 , но платежи в этот период взиматься не будут. Впоследствии список облагаемых налогом товаров может быть существенно расширен. Льготы для европейских производителей по предоставлению бесплатных квот на выбросы, скорее всего, будут убраны к концу 2028 г. вместо 2035 г. Не исключено, что льготы в итоге отменят в 2030 г., раньше, чем изначально планировала Еврокомиссия [10].

По проекту регламента ЕС по трансграничному корректирующему углеродному механизму, при ввозе в ЕС цемента, удобрений, электроэнергии, железа, стали и алюминия через несколько лет необходимо будет покупать специальные сертификаты, которые и будут аналогом углеродного налога. Предполагается, что сильнее всего этот налог ударит по экспортерам алюминия и стали, их потери могут составить около 650 млн дол. США в год [см. 6, 7].

В настоящее время, фактически, уже началась эра «зеленого» транспорта. Вслед за углем будут отказываться также и от флотского мазута, в первую очередь, в Арктике.

Риски для российской промышленности, как одной из наиболее углеродоемких, являются существенными. При этом фискальная нагрузка на черную металлургию России может увеличиться на 27–442 млн евро в год, на «Русал» – на 122–277 млн евро в год, на ГМК «Норильский никель», УГМК – на 58–119 млн евро в год [см. 2].

Российские экспортеры нефтепродуктов могут быть вынуждены платить до 1 млрд евро в год.

Нагрузка на российских производителей энергетического и коксующегося угля может достичь значительных размеров. По состоянию на конец апреля 2021 г., цена квот на выбросы углерода в ЕС выросла до 50 дол. США/т CO_2 , в Калифорнии – 17 дол. США/т CO_2 , в Китае – 6 дол. США/т CO_2 . При этом цены продолжают расти. Происходит беспрецедентное экономическое давление на углеродные технологии: текущая стоимость квот на выбросы парниковых газов в европейской системе EU ETS составляет 91 евро (104 дол. США) за 1 тонну CO_2 [см. 10, 13]. С начала 2021 г. этот показатель вырос более чем в 2 раза. Это мотивирует компании переходить на «зеленые» технологии – использовать водород и возобновляемые

источники энергии. К 2050 г. размер трансграничного сбора может увеличиться до 444 евро/т CO_2 – экв.

Согласно опубликованного в июле 2021 г. в Европарламенте пакета законопроектов «Fit for 55», к 2035 г. в странах ЕС произойдут следующие нововведения:

- отказ от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания;
- включение судоходства в европейскую систему торговли квотами (ETS);
- увеличение доли ВИЭ в энергобалансе стран до 40% и др.

Эти шаги помогут странам ЕС достичь углеродной нейтральности к середине текущего века.

В соответствии с Европейской системой EU ETS, темпы снижения эмиссии CO_2 в период 2030–2050 гг. пока не определены. По состоянию на конец 2021 г., лимит ежегодного объема выбросов составляет 1,5 млрд т CO_2 -эквивалента. За выбросы сверх нормы компании штрафуют.

Из опубликованных законопроектов наиболее важным для России, как поставщика углеводородов, является механизм трансграничного углеродного регулирования (ТУР), согласно которому предусматривается сбор за импорт в ЕС товаров, производство которых связано с масштабной эмиссией CO_2 . Таким способом Еврокомиссия рассчитывает защитить внутренних производителей от внешней конкуренции, поскольку они будут обязаны оплачивать сборы за углеродный след из собственного бюджета. Кроме того, этот закон затруднит возможность переноса производств из Европы в другие регионы с менее жестким экологическим регулированием.

Объем фактических выбросов для товаров должен быть подтвержден верифицирующими регулирующими органами. В случае если импортеры откажутся предоставлять данные об углеродоемкости продукции, их выбросы будут приравниваться к средним показателям эмиссии CO_2 , достигаемой у 10% худших европейских производителей.

Как указано в пояснении Еврокомиссии, отсутствие реальных выплат на первом этапе «позволит осуществить аккуратный, последовательный и равномерный» переход к механизму торговли квотами для иностранных и европейских предприятий, условия обложения налогом которых станут одинаковыми.

Впоследствии стоимость сертификата будет привязана к средней цене единицы сокращения выбросов на европейском углеродном рынке (EU ETS) за неделю, предшествующую ее приобретению.

Все поступления от ТУР, в соответствии с разработанной в ЕС методологией, будут направляться в бюджет Евросоюза и будут расходоваться на климатические и энергетические проекты. Механизм взимания углеродных платежей будет регулировать специальный орган – СВAM Authority.

Максимальные убытки из-за введения механизма ТУР могут потенциально понести Россия, Турция, Китай, Великобритания и Украина, экспортирующие в ЕС большие объемы удобрений, чугуна, стали и алюминия. Правительства этих стран неоднократно возражали против налога на углерод и заявляли, что законопроект спровоцирует введение ответных пошлин и в итоге приведет к торговым войнам.

По данным Еврокомиссии, Россия является крупнейшим поставщиком в ЕС стали и железа (доля 15%), а также минеральных удобрений (31%). Кроме того, Россия находится на 2-м месте в мире по объему поставок в ЕС алюминия (13%).

По расчетам Минэкономразвития России, углеродный налог может затронуть российские поставки в объеме 7,6 млрд дол. США в год, что эквивалентно 5,5% отечественного экспорта в Европу в 2020 г. При введении трансграничного налога нагрузка на российских производителей, по прогнозам, может составить от 6 до 50,6 млрд евро в год в период до 2030 г. Россия считает, что новый трансграничный углеродный налог ЕС противоречит нормам ВТО, пытаясь уравнивать продукцию, произведенную в ЕС с минимальными выбросами CO₂, с продукцией других стран, где используются технологии с высокими выбросами CO₂. Тем не менее, многие участники COP26 подчеркнули, что ТУР в ближайшие годы может стать нормой и существенно повлияет на рынки углеводородов и торговые потоки.

В связи с этим некоторые российские компании уже начали включать в свои затраты расходы на углеродный налог. В частности, российская нефтегазохимическая компания «Сибур» начала учитывать в своих проектах расходы на углеродный налог ЕС. В настоящее время при различных сценариях развития событий компания «оптимизирует баланс» – как приобретать оборудование, которое более дорогое, но при этом приводит к уменьшению выбросов. Теперь этот показатель в «Сибуре» «обязательно» учитывается при принятии того или иного технического решения [11].

Следует отметить, что объявленные механизмы сбора углеродного налога заставляют многие компании отказываться от реализации ранее объявленных проектов. Так, по причине высокого углеродного следа руководство компании «Сибур» отказалось от предложения Правительства России – создать углекислотное производство в районе Канска, одном из пяти намеченных к строительству новых городов-миллионников в Сибири.

Еще одна крупная российская компания – «Северсталь», много лет владеющая угольной компанией «Воркутауголь», ввиду высокого углеродного следа и необходимости уплаты затем углеродного налога совершила сделку по продаже принадлежащих ей угольных активов.

Ю. А. ПЛАКИТКИН,
Л. С. ПЛАКИТКИНА, К. И. ДЬЯЧЕНКО
НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ
КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ
И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время Минэкономразвития России, по просьбе бизнеса, предложило ускорить процесс аккредитации национальных организаций, которые смогут подтверждать углеродные выбросы российских компаний.

Чтобы минимизировать потери российского экспорта от трансуглеродного урегулирования, предлагаемого ЕС, Россия планировала перенаправлять попадающие под него товары на восток, в страны АТР. Однако в Азии также набирает силу климатическая повестка, создающая риски для экспорта российского угля, составляющего уже более 50% от всего объема добычи угля. Так, в июле 2021 г. внутреннюю торговлю квотами на выбросы углерода для компаний энергетического сектора начал Китай. В КНР под регулирование уже попала теплоэнергетика. Это, в основном, угольные станции. В дальнейшем в Китае планируется расширение действия углеродного регулирования на металлургию, транспорт, нефтехимию и др.

В Южной Корее действует с 2015 г. система торговли углеродными единицами. В 2021 г. число секторов южнокорейской экономики, вовлеченных в торговлю квотами на выбросы CO₂, значительно возросло.

В Японии с 2011 г. взимается углеродный налог, и работают местные механизмы торговли углеродными единицами. Япония заявила, что уже прорабатывает возможность введения в ближайшие годы механизма ТУР.

Индия – единственный крупный производитель угля, где пока нет механизма ТУР. Однако Индия также проявляет «живой» интерес к экологической повестке.

Не исключено, что в некоторых сферах азиатские параметры углеродного регулирования могут оказаться даже суровее, чем европейские. По прогнозам, ТУР будет введено в Китае, Южной Корее и Японии до 2030 г., с лагом в 4–5 лет по отношению к ЕС, где механизм в полной мере заработает, как ожидается, к 2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация национальных стратегий по развитию водородной энергетики в странах ЕС и АТР, а также выполнение ими условий Парижского соглашения по климату, вносят кардинальные изменения в планы и прогнозы развития угольной промышленности и черной металлургии России. Декарбонизация как средство достижения углеродной нейтральности, которую намерены достичь в 2050–2060 гг. в большинстве стран, предполагает отказ от использования угля и углеводородов в пользу развития солнечной и ветровой энергетики, а также производства водорода для аккумулирования энергии. Существует большая угроза, что уголь будет замещаться ВИЭ и частично водородом.

Акцент на декарбонизацию энергетики и использование водорода формирует новый подход к финан-

сированию энергетических переходов. В настоящее время Европейский инвестиционный банк уже не финансирует угольные проекты, к концу 2021 г. прекращает финансирование также в нефтегазовую отрасль, к концу 2022 г. – в сооружение аэропортов. К 2025 г. половину своих активов Европейский инвестиционный банк планирует вложить в «зеленые» проекты, а к 2030 г. на эти цели намерен выделить около 1 трлн. евро.

В 2020 г. многие страны мира уже начали снижать потребление угля и разрабатывать стратегии развития водородной энергетики. В марте 2020 г. утверждена водородная стратегия Нидерландов, в июне 2020 г. – «Национальная водородная стратегия ФРГ» и Норвегии, в июле 2020 г. – Португалии и ЕС в целом, в сентябре 2020 г. – Франции. Следует отметить, что Германия и Австралия создали «водородный альянс», направленный на обеспечение импорта в ФРГ водорода, «производимого экологически безопасным способом, в больших количествах». В августе 2021 г. Германия и Намибия подписали совместное коммюнике о намерениях установить германо-намибийское водородное партнерство. При этом лидер по реализации водородной энергетики – Германия объявила о полной декарбонизации к 2038 г. (оптимистический сценарий). Кроме того, применение трансграничного углеродного налога может отрицательно сказаться на бюджете РФ.

В этой связи сложившаяся ситуация является крайне рискованной для российских производителей угля, нацеленных на продвижение растущего в последнее десятилетие экспорта угля. Политика низкоуглеродного развития экономики, активно реализуемая многими странами, может стать существенным фактором «сдерживания» добычи коксующихся и энергетических углей в России и сокращения их поставок на внутренний и внешний рынки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепции развития водородной энергетики РФ (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 262-р).
2. О чем 200 стран договорились по итогам климатического саммита в Глазго. 15 ноября 2021 г., <https://www.rbc.ru/economics/15/11/2021/618e742f9a794783e59910b8>.
3. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Пять базовых закономерностей глобальной энергетики, «Зеленая сделка» как сдерживающие факторы развития горнодобывающих отраслей ТЭК // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 94–100. DOI 10.30686/1609-9192-2021-4-94-100
4. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Энергия и прогнозы мирового развития: тенденции и закономерности. В 2 ч., М.: Издательский дом МЭИ, 2020. 220 с.

5. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Парижское соглашение как фактор ускорения «Энергетического перехода»: меры по адаптации угольной отрасли к новым вызовам // Уголь. 2021. № 10. С. 19–23. DOI:10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
6. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Парижское соглашение по климату, COVID-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 года // Горная промышленность. 2021. № 1. DOI: 1609-9192-2021-1-83-90.
7. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Водород против угля: как повлияет развитие водородной энергетики на угольную промышленность // Горный журнал. 2021. № 7. С. 14–21. DOI: 10.17580/gzh.2021.07.02.
8. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Декарбонизация экономики как фактор воздействия на развитие угольной промышленности мира и России // Черная металлургия. 2021. Т. 77. № 8. С. 902-912. DOI: 32339/0135-5910-2021-8-902-912.
9. Статистические и аналитические информационные материалы по основным показателям производственной деятельности организаций угольной отрасли России. ЦДУ ТЭК, с 2000 по 2021 гг.
10. «Чубайс предсказал «совсем другую жизнь» из-за платы за углерод». 14 февраля 2022 г. https://www.rbc.ru/economics/14/02/2022/6206961d9a7947868650e9c7?from=from_main_10.
11. «Сибур» начал учитывать в проектах расходы на углеродный налог». 15 сентября 2021 <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6142030c9a79473b91ef3bf8>.
12. BP Statistical Review of World Energy June 2021. 70th edition, 72 p.
13. CO₂ Emission from Fuel Combustion, OECD/IEA, 2021.
14. Coal Information 2021. Overview, International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2022, 28 p.
15. Coal Information 2020. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2021.
16. Renewables Information. OECD/IEA, 2021.
17. Statistics report Key World Energy Statistics. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, September 2021, 80 p.

REFERENCES

1. Concepts for the development of hydrogen energy in the Russian Federation (approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of August 5, 2021;(262-r). (In Russian).
2. What 200 countries agreed on at the end of the climate summit in Glasgow. November 15, 2021, <https://www.rbc.ru/economics/15/11/2021/618e742f9a794783e59910b8>. (In Russian).
3. ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С. Five Basic

- Patterns of Global Energy, the Green Deal as Constraints on the Development of Mining Industries in the Fuel and Energy Complex. Mining industry. 2021;(4):94–100. DOI 10.30686/1609-9192-2021-4-94-100. (In Russian).
4. **ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С.** Energy and World Development Forecasts: Trends and Patterns. At 2 pm, Moscow: MEI Publishing House, 2020:220. ISBN 978-5-383-01436-3. (In Russian).
 5. **ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С.** The Paris Agreement as a factor in accelerating the "Energy Transition": measures to adapt the coal industry to new challenges. Coal magazine. 2021;(10):19-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23. (In Russian).
 6. **ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С.** Paris climate agreement, COVID-19 and hydrogen energy – new realities of coal production and consumption in the EU and Asia until 2040. Mining Industry. 2021;(1). DOI: 1609-9192-2021-1-83-90. (In Russian).
 7. **ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С., ДЬЯЧЕНКО К.И.** Hydrogen versus coal: how the development of hydrogen energy will affect the coal industry. Mining magazine. 2021;(7):14–21. DOI: 10.17580/gzh.2021.07.02. (In Russian).
 8. **ПЛАКИТКИН Ю.А., ПЛАКИТКИНА Л.С., ДЬЯЧЕНКО К.И.** Decarbonization of the economy as a factor influencing the development of the coal industry in the world and Russia. Black Metallurgy. 2021;(8):77. P. 902-912. DOI: 32339/0135-5910-2021-8-902-912
 9. Statistical and analytical information materials on the main indicators of the production activities of organizations in the coal industry in Russia. CDU TEK, from 2000 to 2021. (In Russian).
 10. Chubais predicted a 'completely different life' due to carbon pricing. February 14, 2022 https://www.rbc.ru/economics/14/02/2022/6206961d9a7947868650e9c7?from=from_main_10. (In Russian).
 11. Sibur has started taking into account carbon tax costs in projects." September 15, 2021 <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/6142030c9a79473b91ef3bf8>. (In Russian).
 12. BP Statistical Review of World Energy June 2021. 70th edition, 72.
 13. CO₂ Emission from Fuel Combustion. OECD/IEA, 2021.
 14. Coal Information 2021. Overview, International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2022:28.
 15. Coal Information 2020. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2021
 16. Renewables Information. OECD/IEA, 2021.
 17. Statistics report Key World Energy Statistics. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, September 2021:80.

Ю.А. ПЛАКИТКИН,
Л.С. ПЛАКИТКИНА, К.И. ДЬЯЧЕНКО
 НИЗКОУГЛЕРОДНОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ
 КАК ФАКТОР СДЕРЖИВАНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ
 И РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Плакиткин Юрий Анатольевич,
 д.э.н., профессор Института энергетических исследований РАН, руководитель Центра анализа и инноваций в энергетике ИНЭИ РАН,

Плакиткина Людмила Семеновна,
 к.т.н., Институт энергетических исследований РАН, руководитель Центра исследования угольной промышленности мира и России ИНЭИ РАН,

✉ luplak@rambler.ru

Дьяченко Константин Игоревич,
 к.т.н., Институт энергетических исследований РАН, старший научный сотрудник Центра исследования угольной промышленности мира и России ИНЭИ РАН,

✉ eriras@mail.ru

✉ 117186, Москва, ул. Нагорная, д. 31
 117186, Moscow, Nagornaya st., 31