

Экономика и окружающая среда

ГЛОБАЛЬНЫЙ НИЗКОУГЛЕРОДНЫЙ ТРЕНД РАЗВИТИЯ КАК ДВИЖУЩАЯ СИЛА РЕАЛИЗАЦИИ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ

Алексей КОКОРИН, Владимир ПОТАШНИКОВ

Алексей Олегович Кокорин —
кандидат физико-математических наук,
руководитель программы «Климат и энергетика»,
Всемирный фонд дикой природы (WWF России)
(109240, РФ, Москва, Никольямская ул., 19, стр. 3).
E-mail: akokorin@wwf.ru

Владимир Юрьевич Поташников —
старший научный сотрудник Центра
экономического моделирования энергетики
и экологии, Институт прикладных экономических
исследований РАНХиГС
(117517, РФ, Москва, пр. Вернадского, 82).
E-mail: potashnikov@ranepa.ru

Аннотация

В работе рассмотрены причины стабилизации глобальных выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов. Такую стабилизацию в 2013–2016 годах нельзя объяснить экономическими причинами. Межгодовые температурные вариации не оказывают сильного влияния на глобальную динамику CO₂, поскольку мировые расходы на кондиционирование и на отопление в целом почти нивелируют друг друга. Стабилизация выбросов не означает, что они пойдут вниз. Более вероятно, что глобальные выбросы сохранятся примерно на одном уровне вплоть до 2030 года. Таким образом, оценка глобальной динамики как пути, ведущего к росту температуры к 2100 году на 3°C от уровня 1850–1900 годов (на основании нынешних национальных целей стран INDC/NDC), остается в силе. Основной причиной стабилизации, по мнению авторов, является активный процесс замены угля на газ, а также на ВИЭ и атомную генерацию в Китае и США. На основе проведенного анализа сделан вывод, что, несмотря на наличие определенной корреляции между экономическим ростом и динамикой выбросов CO₂, которая сохранится еще долгое время, практически повсеместно, за исключением слаборазвитых стран, уже происходит разделение этих двух явлений — decoupling. Очевидно, что в слаборазвитых странах до такого разделения еще далеко. О глобальной динамике выбросов после 2030 года пока судить преждевременно, однако с определенной уверенностью можно говорить о том, что до 2030 года, скорее всего, не будут введены международные платежи за выбросы. Ситуация будет зависеть как от рисков изменения климата и возможного ущерба от последствий этого изменения для крупнейших стран, так и от экономических параметров использования различных источников энергии.

Ключевые слова: климатическая политика, Парижское соглашение ООН, выбросы парниковых газов, адаптация к изменению климата.

JEL: Q54, Q58, Q47.

Работа выполнена по проекту WWF России и РАНХиГС «Анализ экономических аспектов реализации Парижского климатического соглашения ООН».

Введение

Прошедший 2017 год стал первым годом после вступления в силу Парижского климатического соглашения Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК) в ноябре 2016 года. Формально соглашение действует в период после 2020 года, но все глобальные действия уже находятся в русле принципов и подходов соглашения. Договоренность в рамках Парижского соглашения кардинально отличается от предшествующего ему Киотского протокола РКИК, что порождает немало и вопросов, и сомнений в работоспособности документа: в нем нет конкретных обязательств стран по выбросам парниковых газов. Тем более неожиданным является факт стабилизации глобальных выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов.

В данной работе рассмотрены причины такой стабилизации. Показано, что она вызвана прежде всего процессами замещения угля газом в Китае и США. Налицо *decoupling* — разделение экономического роста и динамики выбросов CO₂, хотя определенная корреляция будет наблюдаться еще долгое время. Также очевидно, что в слаборазвитых странах до данного разделения еще далеко. Однако стабилизация еще не означает снижения выбросов — оно представляется маловероятным до 2030 года. В то же время дать сейчас оценки будущих корректировок национальных целей ведущих стран на период 2030–2050 годов практически невозможно, так как неясны их климатические риски.

1. Стабилизация глобальных выбросов CO₂ в энергетике и промышленности

Мировое энергетическое агентство (МЭА) и *World Resources Institute (WRI)* недавно сообщили об удивительном факте: выбросы CO₂ от сжигания ископаемого топлива, производства цемента и других промышленных процессов в 2013–2016 годах были неизменны¹. Эти выбросы представляют собой примерно две трети всех глобальных антропогенных эмиссий парниковых газов. При этом именно с ними связывается рост антропогенных выбросов в целом, так как рост остальных выбросов либо маловероятен, либо не существенен по абсолютной величине. Это показывает представленная в табл. 1 сводка данных о вкладе различных парниковых газов в совокупные антропо-

¹ CAIT Climate Data Explorer, World Resources Institute. Information on Greenhouse Gas Emissions and National INDCs in the Database. <http://cait.wri.org/>; IEA. IEA Finds CO₂ Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. <http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>.

погенные выбросы, уровнях неопределенности и тенденциях изменения. Таким образом, можно сделать вывод о стабилизации антропогенных выбросов всех парниковых газов в целом.

Т а б л и ц а 1

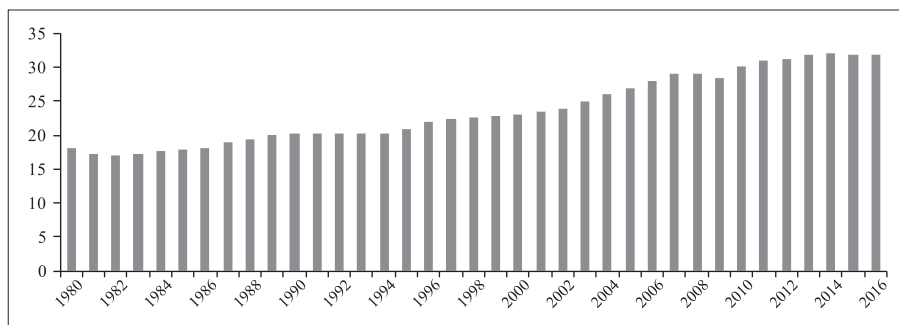
Вклад различных газов в антропогенные выбросы в мире в целом, уровни неопределенности и тенденции изменения, 2010 год

Газ (источник)	Вклад в выбросы CO ₂ -эквиваленте (%)	Примечания
CO ₂ (без сельского и лесного хозяйства)	65 ± 5,5	Точность оценки для развитых стран составляет ± 2–3%, для Китая ± 10%, для слаборазвитых стран ± 15–20%. Точность становится выше, особенно в Китае. Именно с ростом этих выбросов связывался рост всех выбросов в целом. Из анализа неопределенностей может быть сделан вывод о стабилизации уровня выбросов в 2014–2016 годах
CO ₂ (сельское и лесное хозяйство)	11 ± 2,2	Основной вклад дает сведение лесов. Спутниковые данные позволили кардинально снизить неопределенность оценок. В развитых странах площадь лесов стабильна. В развивающихся странах темпы сведения лесов снижаются. Ожидается, что данный источник CO ₂ будет постепенно снижаться (кратковременный пик данных выбросов в 2015–2016 годах связывается с эффектом Эль-Ниньо)
Метан (CH ₄)	16 ± 3,3	Эмиссии при операциях с природным газом и углем, выращивание риса и животноводство, обращение с отходами (примерно в равных долях). В 2000-е годы выбросы в целом были стабильны. Их существенный рост маловероятен, так как рост неэнергетических эмиссий нивелируется снижением эмиссий при операциях с газом, нефтью и углем
N ₂ O	6,2 ± 3,9	Крупнейший источник — использование минеральных удобрений в сельском хозяйстве. В 2000-е годы выбросы в целом были стабильны (с учетом высокой неопределенности их оценки). Их рост вероятен, но он в ближайшие годы не сможет оказать существенного влияния на глобальную динамику парниковых газов в целом
Прочие газы	2,0 ± 0,4	В основном это фторсодержащие газы, синтезированные человеком, эмиссии при производстве алюминия и др. Выбросы в целом увеличиваются, но этот рост в ближайшие годы не может оказать существенного влияния на глобальную динамику парниковых газов в целом

Источники: [Climate Change..., 2013; 2014b; Trends..., 2016]; IEA Finds CO₂ Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. <http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>.

Такой вывод стал совершенно неожиданным для мирового сообщества. Когда в 2008–2009 годах выбросы CO₂ стали снижаться (здесь и далее имеются в виду выбросы без учета лесного и сельского хозяйства), это не вызвало удивления и объяснялось глобальным экономическим кризисом. В 2010 году выбросы «благополучно» вернулись на прежнюю траекторию долгосрочного роста, наблюдавшуюся с 2000 года (рис. 1). Более того, рост мировой экономики в 2010 году

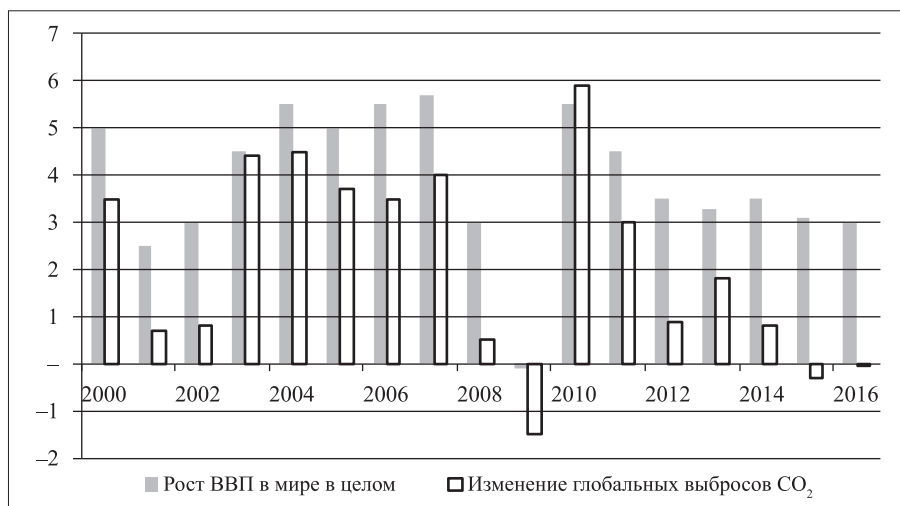
примерно на 5% сопровождался таким же увеличением выбросов CO_2 . Как и прежде, динамика выбросов была синхронизирована с ростом экономики (см. рис. 2), однако затем произошли кардинальные изменения.



Источники: данные за 2016 год — IEA Finds CO_2 Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. <http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>; данные за 2017 год — United Nations Framework Convention on Climate Change. National Reports with Information on Greenhouse Gas Emissions, 2017. <http://unfccc.int/2860.php> [Trends..., 2016]; CAIT Climate Data Explorer, World Resources Institute. Information on Greenhouse Gas Emissions and National INDCs in the Database, 2017. <http://cait.wri.org/>.

Рис. 1. Выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива и производства цемента в мире в целом, 1980–2016 годы (млрд тонн CO_2)

Когда были получены данные об отсутствии роста выбросов в 2014–2015 годах, это было встречено с недоверием, но объяснение было найдено в замедлении роста экономики Китая, а также экономическом спаде, имевшем место в ряде стран, включая Россию. Данные за 2016 год оказались тем более удивительны, что при росте мировой экономики примерно на 3% выбросы не выросли. Кроме того, 2015 и 2016 годы были очень теплыми. Наряду с общим трендом глобального потепления сказалось влияние Эль-Ниньо — «перекатка» накопленного в верхнем слое океана тепла в атмосферу, вторая половина 2015 года и начало 2016-го были аномально теплыми [Доклад об особенностях климата..., 2017]. При этом гораздо сильнее был рост температур в южных широтах (само явление, получившее название Эль-Ниньо, охватывает тропическую южную часть Тихого океана), поэтому расход электроэнергии на кондиционирование возрос и должен был с запасом компенсировать снижение затрат на отопление в северных странах. Однако на глобальной динамике CO_2 это сказалось слабо.



Источники: данные за 2016 год — IEA Finds CO₂ Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. <http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>; United Nations Framework Convention on Climate Change. National Reports with Information on Greenhouse Gas Emissions, 2017. <http://unfccc.int/2860.php> [Trends.., 2016]; CAIT Climate Data Explorer, World Resources Institute. Information on Greenhouse Gas Emissions and National INDCs in the Database, 2017. <http://cait.wri.org/>.

Рис. 2. Сопоставление выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и производства цемента и экономического роста в мире в целом, 2000–2016 годы (% изменения от предыдущего года)

В 2013–2015 годах при подготовке и заключении Парижского климатического соглашения ООН подобная динамика выбросов CO₂ казалось невозможной. Экологические организации, наиболее уязвимые развивающиеся страны и малые островные государства, которым грозит затопление, призывали зафиксировать в соглашении срок прохождения пика глобальных выбросов в 2015–2020 годах, однако эти призывы воспринимались как нереальные требования, сходные с крайне сложно достижимой целью ограничения роста температуры 1,5°C. В результате была принята размытая формулировка, в которой лишь отмечается, что развивающиеся страны позже пройдут пик выбросов. Пункт 1 ст. 4 гласит: «Стороны стремятся как можно скорее достичь глобального пика выбросов парниковых газов, признавая, что достижение такого пика потребует более длительного времени у Сторон, являющихся развивающимися странами...» Заметим, что речь идет не о стабилизации, а о пике, за которым следует снижение. Поэтому в принципе наблюдаемая динамика тексту соглашения не противоречит — прохождения пика еще нужно достичь.

Наибольший вклад в прохождение пика должен внести главный мировой эмиттер — Китай, который несет ответственность примерно

за четверть всех выбросов. Больше всего мировую общественность интересовало, когда выбросы в этой стране пойдут на спад. Это нашло отражение в *национально определяемом вкладе* Китая в глобальные усилия (Nationally Determined Contributions), который, как и вклады всех стран, не является обязательством по Парижскому соглашению, но имеется в специальном реестре РКИК ООН²; обязательством является факт официальной подачи информации о национальной цели по выбросам парниковых газов, которая в Парижском соглашении называется вкладом страны в достижение его целей. Китай ставит своей национальной целью *достичь пика выбросов двуокиси углерода примерно в 2030 году и приложить все усилия для более раннего прохождения пика*.

2. Действовавшие в 2016 году факторы, способствовавшие стабилизации выбросов

Полная статистика выбросов CO₂ в ведущих странах, в частности в Китае, пока отсутствует, однако можно задаться вопросом, какие события, имевшие место в 2016 году, могли привести к стабилизации выбросов, а затем сопоставить их со страновой статистикой 2015 года.

По предварительным данным, в Китае выбросы CO₂ снизились на 1%, что во многом явилось следствием снижения спроса на уголь³. В то же время экономика выросла на 6,7%. Наблюдался впечатляющий рост производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), атомной энергетики и потребления газа как альтернативы углю. Основной движущей силой перехода с угля на газ в промышленности и ЖКХ стала необходимость снизить загрязнение воздуха. В Пекине и во многих других городах это стало проблемой, требующей неотложного решения. Две трети увеличения спроса на электроэнергию, которое в целом составило 5,4%, было покрыто за счет неуглеродных источников: гидроэнергетики, ветряной, солнечной и атомной энергетики. Атомная генерация возросла на четверть, однако столь быстрый рост был лишь особенностью 2016 года, когда были запущены пять новых реакторов, в то время как в планах страны резкий рост атомной энергетики не был предусмотрен. Доля газа в энергетическом балансе возросла, но по-прежнему очень невелика — 6%, в то время как в мире в целом она составляет около четверти. Именно в использовании газа

² United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement. INDC Portal. NDC Registry, 2017. <http://unfccc.int/2860.php>.

³ IEA Finds CO₂ Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. <http://www.iea.org/newsroom/news/2017/march/iea-finds-co2-emissions-flat-for-third-straight-year-even-as-global-economy-grew.html>.

в «угольных» странах, прежде всего Китае и Индии (где доля газа еще ниже — около 5%), содержится важнейший потенциал снижения выбросов CO₂.

В США в 2016 году выбросы CO₂ снизились на 1,7%, в то время как экономика выросла на 1,6%⁴. Сланцевый газ и ВИЭ значительно потеснили уголь, потребление которого в 2016 году снизилось на 8,6%. При этом потребление газа возросло на 0,9%, а нефтепродуктов — на 1,1%. В целом явная тенденция к снижению потребления угля в стране наблюдается уже 6–8 лет. Столько же лет идет устойчивый рост потребления газа⁵. В целом выбросы CO₂ в США снижаются и сейчас достигли уровня начала 1990-х годов (они примерно на 15% ниже уровня 2005 года), а экономика за это время выросла на 80%⁶. Снижение выбросов достигнуто за счет снижения углеродоемкости энергетики — с 2005 года более чем на 25%; в 2016 году выбросы CO₂ в электроэнергетике снизились на 5%⁷.

В то же время в угольной энергетике страны с 2010 года закрылись более 250 станций, что объясняется чисто экономическими причинами. Процесс продолжился и в 2017 году, показывая, что настроения нового президента США не влияют на принятие решений. На его административную поддержку могут в той или иной мере рассчитывать нефтегазовые компании, но о субсидировании угля речь не идет, поэтому процесс ухода от угля в США будет продолжаться. В 2016 году в первый раз в истории страны в электрогенерации газ обогнал уголь.

В других странах замена угля на газ, ВИЭ и атомную энергию идет не столь впечатляющими темпами и не оказывает столь существенного влияния на глобальную динамику выбросов CO₂. По предварительным данным, выбросы CO₂ в ЕС в 2016 году практически не изменились, спрос на газ вырос на 8%, а на уголь — снизился на 10%. ВИЭ в ЕС играют важную роль, но меньшую, чем угольно-газовый фактор. В 2016 году можно отметить значительные подвижки в энергетике Великобритании, что было вызвано относительно низкими ценами на газ и национальными платежами за выбросы CO₂. В целом во многих недавних исследованиях отмечается, что платежи за выбросы CO₂ — принципиально важный фактор их снижения. Однако в обозримой перспективе они являются лишь национальными инструментами (или региональными, как в случае с ЕС) [Кокорин, 2016; Farid et al., 2016]. При заключении Парижского соглашения глобальные платежи

⁴ US Energy Information Administration (EIA). Report for April 10, 2017. <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=30712>.

⁵ Там же.

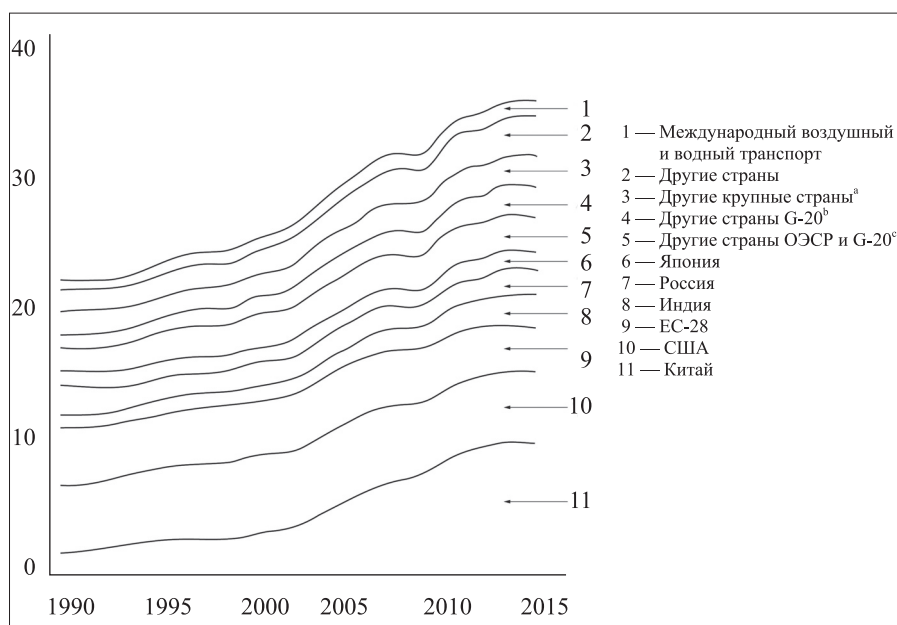
⁶ IEA Finds CO₂ Emissions Flat for Third Straight Year Even as Global Economy Grew in 2016. Op. cit.; United Nations Framework Convention on Climate Change. Op. cit.

⁷ US Energy Information Administration (EIA). Op. cit.

были категорически отвергнуты. Их сторонникам удалось добиться лишь упоминания о платежах, но не в тексте соглашения, а во вспомогательном решении РКИК ООН 1/СР.21, которое не подлежит ратификации и не налагает на страны никаких обязательств. При этом упоминание помещено в раздел V, относящийся не к странам, а к «заинтересованным кругам, не являющимся Сторонами», в отношении которых РКИК «также признает важную роль стимулирования деятельности по сокращению выбросов, включая использование таких инструментов, как соответствующая внутренняя политика и установление цен на углерод» (пункт 137 решения 1/СР.21).

3. Страновая динамика выбросов CO₂, ведущая к глобальной стабилизации

Рассмотрим более подробно страновую динамику выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов за 1990–2015 годы (1990 год традиционно является точкой отсчета в РКИК ООН). В прошлом динамика выбросов зависела в основ-



^a Другие крупные страны: Египет, Иран, Казахстан, Нигерия, Тайвань, Таиланд и Украина.

^b Другие страны G-20: Аргентина, Бразилия, Индонезия, Саудовская Аравия и ЮАР.

^c Другие страны ОЭСР и G-20: Австралия, Канада, Мексика, Турция и Южная Корея.

Источник: [Trends..., 2016].

Рис. 3. Динамика выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и производства цемента в отдельных крупнейших странах и группах стран, 1990–2015 годы (млрд тонн CO₂/год)

ном от развитых стран, именно поэтому в Киотском протоколе 1997 года обязательства возлагались только на эти страны. После 2000 года начался быстрый рост выбросов в Китае, а затем в других крупнейших развивающихся странах, входящих в G-20 (рис. 3). В целом же 20 крупнейших стран дают более 80% всех выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов, среди которых главная роль принадлежит производству цемента (табл. 2). В 2015 году снижение выбросов в этих странах в совокупности составило 0,5%, в то время как в мире в целом выбросы уменьшились на 0,1%.

Т а б л и ц а 2

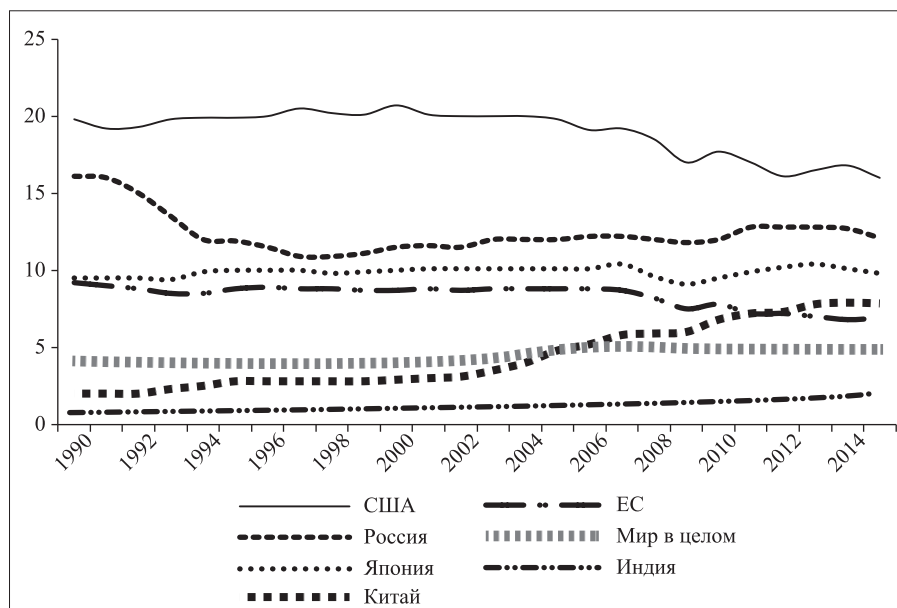
Выбросы CO₂ в крупнейших странах и в мире в целом, 2015 год (%)

Страны	Доля в глобальных выбросах CO ₂ (оценка)	Изменение выбросов CO ₂ (оценка)
Мир в целом	100	–0,1
G-20	82	–0,5
Страны, не входящие в G-20	18	+3
Китай	29	–0,7
США	14	–2,6
ЕС-28	10	+1,3
Индия	7	+5,1
Россия	5	–3,4
Япония	3,5	–2,2%

Источник: [Trends..., 2016].

В роли тормоза выступают другие страны, как крупные, так и мелкие (рис. 3). В них в целом в 2015 году выбросы выросли на 3%, что примерно соответствует среднемировому экономическому росту. В большинстве этих стран еще идет процесс первичной индустриализации, когда новое производство не сменяет старое, а возникает впервые. В этом случае рост выбросов неизбежен и в целом пропорционален росту объема производства, поэтому говорить о стабилизации здесь преждевременно. В то же время стабильный уровень глобальных выбросов CO₂ на душу населения наблюдается уже 10 лет. Это говорит о наличии прогресса даже в самых бедных странах, хотя в них рост выбросов на душу населения будет продолжаться еще долгое время (рис. 4).

Основной вклад в стабилизацию глобальных выбросов внесли процессы перехода с угля на другие источники энергии. Сжигание угля дает около 45% выбросов CO₂. Немаловажно, что из них две трети приходится на электростанции, а остальное — на мелкие котельные и индивидуальное потребление, преимущественно в развивающихся странах. На уголь приходится 48% выбросов CO₂ в Китае, 47% —



Источник: [Trends..., 2016].

Рис. 4. Динамика выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и производства цемента на душу населения в крупнейших странах, 1990–2015 годы (т/год)

в Индии, 31% — в США и 28% — в ЕС. На эти страны приходится основная часть мирового потребления угля. При этом коэффициент использования установленной мощности электростанций в них падает с 2005 года: в ЕС он составляет 50–55%, а в Китае опустился ниже 50%. С 2010 года 85% всех новых угольных мощностей было введено в Китае и Индии [Shearer et al., 2016; Trends..., 2016]. Поэтому при рассмотрении глобальной динамики нужно прежде всего учитывать эти страны, а также США.

В ряде последних публикаций показано, что Китай прошел пик потребления угля в 2014 году, а в 2015-м оно уменьшилось на 1,5%, что и привело к снижению выбросов CO₂ [Korsbakken et al., 2016; Qi et al., 2016]⁸. Дальнейшие планы страны предусматривают закрытие избыточных угольных мощностей и меры по развитию неуглеродных источников энергии, что позволяет считать стабилизацию выбросов устойчивой тенденцией [Trends..., 2016]⁹.

В Индии все проблемы усугубляются наличием сотен миллионов беднейшего населения, не имеющего доступа к современной энер-

⁸ См. также: BP Statistical Review of World Energy 2016. <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.

⁹ China Accomplishes 2015 Goals for Cutting Excess Capacity. 2016. http://news.xinhuanet.com/english/2016-10/09/c_135741121.htm.

гетике. Ликвидация бедности неизбежно ведет к росту выбросов на душу населения (рис. 4). Ожидается, что в целом рост выбросов на 5–6% в год продолжится (при росте ВВП на 6–8%), и в 2020 году по их объему страна обгонит ЕС. Продолжится в Индии и строительство угольных станций. Но темпы этого процесса замедлятся из-за транспортных проблем и высокой стоимости более качественного импортного угля [Shearer et al., 2016; Trends..., 2016]. Определенное влияние окажет и перенос инвестиций из угольного сектора в ВИЭ и газ, в частности в рамках климатического финансирования. Согласно своему INDC Индия к 2030 году планирует вырабатывать 40% электроэнергии с помощью ВИЭ и атомной энергетики.

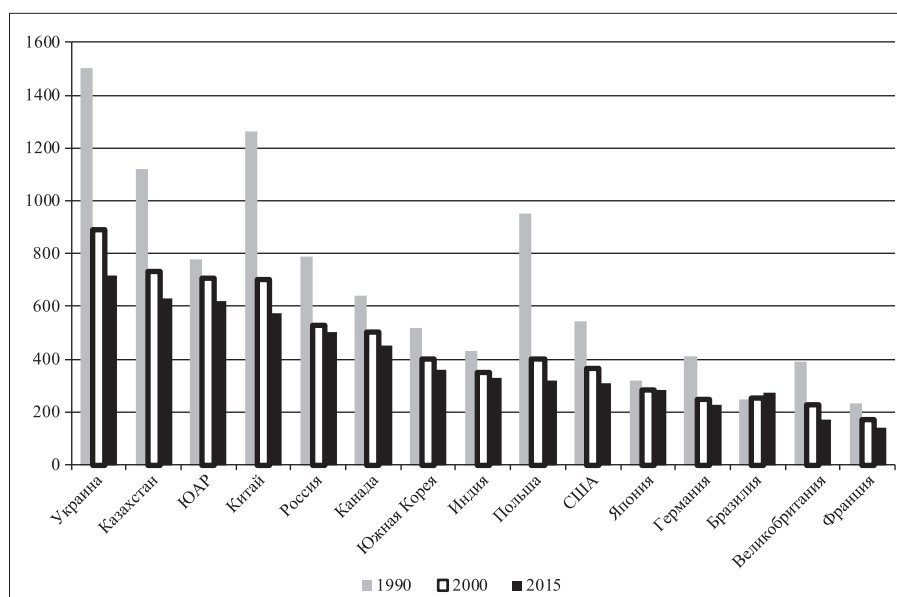
В США главным фактором снижения выбросов было уменьшение потребления угля — в 2015 году на 13%¹⁰. Это обусловлено как экономическими причинами, так и вступлением в силу стандарта чистоты воздуха (Mercury and Air Toxics Standards, MATS): ряд станций было выгоднее закрыть, чем переоборудовать. Ожидать такого же снижения потребления угля каждый год не приходится, в 2016-м оно уже стало меньше — 11%. Однако в целом тренд на использование газа и ВИЭ сохраняется, а потребление электроэнергии в 2012–2015 годах фактически стабильно и зависит от температурных условий конкретного года. В будущем ожидается как уменьшение использования отопления (Heating Degree Days, HDD), так и рост использования кондиционеров (Cooling Degree Days, CDD). Сейчас в США HDD почти в 3 раза больше CDD, и прогнозируемое потепление климата в ближайшей перспективе приведет к уменьшению затрат энергии, но в более отдаленной перспективе ситуация может стать обратной. Учитывая, что к 2019 году ожидается ввод до 20 ГВт газовой генерации (в основном в местах добычи газа), можно утверждать, что снижение выбросов CO₂ в стране продолжится, несмотря на возможную отмену ряда нормативных актов нынешним президентом. Поэтому с точки зрения стабилизации глобальных выбросов роль США существенно не изменится.

Ситуация в ЕС сложнее. В 2015 году выбросы CO₂ увеличились на 1,3%, что было вызвано ростом выбросов в странах Южной Европы на 5–7% [Trends..., 2016]. Добыча и использование угля в Польше не снижается, равно как и его потребление в Германии, Чехии и Болгарии (причем везде, кроме Польши, добывается почти исключительно бурый уголь). Замещение угля газом или ВИЭ не может быть быстрым процессом, так как речь идет примерно о 130 ГВт мощности по выработке электроэнергии. Система регулирования выбросов парниковых газов ЕС, основанная на торговле квотами, работает, но не создает достаточно сильных стимулов для быстрого

¹⁰ BP Statistical Review of World Energy 2016. Op. cit.

отказа от угля. Тем не менее можно ожидать, что выбросы CO_2 в ЕС в целом снова начнут снижаться, прежде всего благодаря усилиям Германии, Франции и Великобритании, у которых на период до 2030 года есть хорошо продуманные стратегии низкоуглеродного развития¹¹.

Выбросы CO_2 в Российской Федерации не имеют тенденции к росту, однако и снижение до 2030 года не прогнозируется (в кризисном 2015 году ситуация была нетипичной, см. рис. 4). В последней редакции Энергетической стратегии на период до 2035 года при стабильном росте ВВП (в среднем на 2% в год до 2035 года в консервативном сценарии и на 3% — в оптимистичном) в любом случае прогнозируется постоянный уровень выбросов парниковых газов, составляющий примерно 70% от уровня 1990 года¹². Такой прогноз предполагает снижение энергоемкости ВВП к 2035 году на треть, а электроемкости — на 28% от уровня 2015 года. Именно по удельным показателям Россия сильно отстает от развитых стран (рис. 5), планируя меры по исправлению ситуации.



Источник: [Trends..., 2016].

Рис. 5. Выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива и производства цемента на единицу ВВП (в ценах 2011 года по паритету покупательной способности), 1990, 2000 и 2015 годы (кг/1000 USD)

¹¹ United Nations Framework Convention on Climate Change. Op. cit.

¹² Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Министерство энергетики Российской Федерации, проект от 01.02.2017. <http://minenergo.gov.ru/node/1920>.

Быстрого замещения угля газом или ВИЭ не ожидается. Во-первых, доля газа во внутреннем потреблении уже рекордно высока и составляет 52%, а уголь дает только 15%¹³. Во-вторых, такая цель пока и не ставится — проблем, связанных с загрязнением воздуха или устаревшими угольными станциями, в России несоизмеримо меньше, чем, например, в Китае, а для развития страны гораздо более актуально решение вопроса низкой энергоэффективности экономики.

Во второй пятерке крупнейших стран — Японии, Канаде, Бразилии, Южной Корее и Саудовской Аравии — в целом ситуация соответствует стабилизации общего уровня выбросов CO₂. В Японии, Канаде и Южной Корее в последние годы наблюдается тенденция к снижению выбросов. В Бразилии после многих лет роста в кризисном 2015 году выбросы снизились [Trends..., 2016]. С 1990 года страна удвоила угольную генерацию, однако в дальнейшем развитии ориентируется на иные источники энергии. В Саудовской Аравии признаков стабилизации уровня выбросов CO₂ не наблюдается, но объявлено о планах перехода на менее углеродоемкое развитие¹⁴.

4. Снижение выбросов CO₂ и прогнозы на 2030 и 2050 годы

Как отмечалось выше, стабилизация выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов еще не означает прохождения их пика. Фаза стабилизации, то есть примерно постоянного уровня выбросов всех парниковых газов в CO₂-эквиваленте, может с высокой вероятностью продлиться до 2030 года. В конце 2015 года *UNEP* и ряд других организаций провели расчеты глобального итога реализации всех национальных целей («вкладов» в соответствии с INDC/NDC), имеющихся в специальном реестре РКИК ООН¹⁵. Получилось, что национальные планы на 2025–2030 годы соответствуют траектории глобальных выбросов парниковых газов, ведущей к 2100 году к росту средней температуры приземного слоя воздуха на 3,0–3,3°C от уровня 1850–1990 годов (эта траектория получила название «Путь 3°C») [The Emissions Gap..., 2015; 2017] (рис. 6).

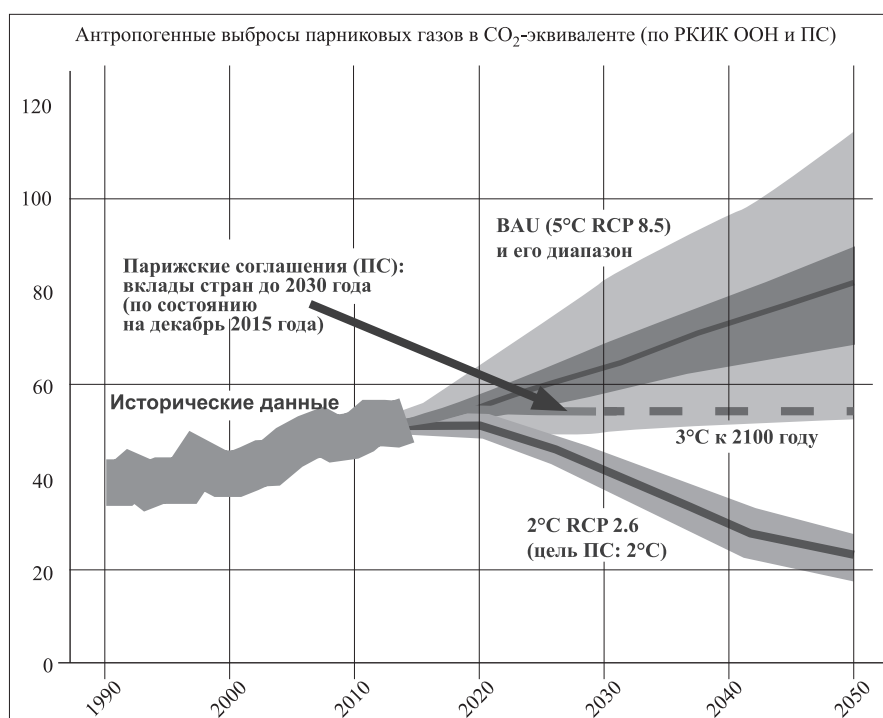
Важно, что рост средней температуры приповерхностного слоя воздуха вызывает серьезные последствия — меняется число и сила таких опасных явлений, как засухи, наводнения, штормы, ускоряется подъем уровня моря и затопление низменных территорий и т. п. В целом глобальный итог реализации национальных целей относительно позитивен, он позволяет избежать роста температуры

¹³ Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Указ. соч.

¹⁴ Saudi Vision 2030. 2016. <http://vision2030.gov.sa/en/reports>.

¹⁵ United Nations Framework Convention on Climate Change. Op. cit.

на 4–5°C и гораздо худшего развития событий [Turn Down the Heat, 2012]. Отметим, что рост температуры на 5°C соответствует сценарию изменения атмосферных процессов RCP 8.5, для которого доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и Росгидромета дают очень негативные прогнозы на конец века, в частности по опасности пожаров в лесной зоне и засухам в южных районах России [Второй оценочный..., 2014; Climate Change..., 2014a]. Страны сумели существенно отклониться от сценария «бизнес как обычно» (BAU), оценки говорят об отклонении в 10–15%, или на 5–10 млрд т CO₂-эквивалента.



Примечание. RCP — прогностические сценарии, используемые Россией и мировым сообществом (IPCC). BAU — сценарий «бизнес как обычно».

Источники: [Липка, Кокорин, 2016] по данным [Climate Change..., 2013; The Emissions Gap..., 2015].

Рис. 6. Оценка динамики выбросов парниковых газов и глобального повышения приповерхностной температуры воздуха к середине XXI века по отношению к доиндустриальному уровню

Рост глобальной температуры на 3°C, а не 4°C означает, что крупнейшие страны будут подвержены не столь сильным климатическим рискам и понесут гораздо меньшие расходы на адаптацию. Однако

при следовании по траектории потепления на 3°C потери небольших стран остаются очень серьезными [Farid et al., 2016]. Для них важно выйти на траекторию 2°C, соответствующую сценарию RCP 2.6 (рис. 6). В самом широком смысле проблемы связаны с водой. На обширных территориях, где и сейчас отмечается дефицит воды, ситуация сильно ухудшится. В то же время низменные территории, малые островные государства сильно пострадают от наводнений, нагонных явлений, подъема уровня мирового океана, который именно в тропической зоне будет гораздо больше, чем, например, в Арктике или в Финском заливе [Climate Change..., 2013]. В особенно тяжелом положении оказались малые острова: чтобы их спасти, нужно избрать траекторию 1,5°C.

Новая информация о стабилизации выбросов означает, что движение по пути 3°C остается в силе. Выход на стабильный уровень, ожидавшийся после 2020 году, произошел раньше, но по абсолютной величине разница невелика и мир так же далек от пути 2°C, как и ранее. В Парижском соглашении предусмотрен процесс периодического пересмотра странами своих национальных целей. Запланировано и подведение глобальных итогов — первый раз это будет сделано в 2023 году. Однако вряд ли стоит ожидать от крупнейших стран существенного пересмотра целей на 2025–2030 годы: их параметры хорошо просчитаны экономически, а риски больших потерь от недостаточно быстрого снижения выбросов пока для этих стран относительно невелики [Кокорин, 2016; 2017; Farid et al., 2016].

С учетом неопределенностей (см. табл. 1) наиболее разумно будет утверждать, что в 2020-е годы мир будет находиться на примерно постоянном уровне выбросов парниковых газов. В своих долгосрочных стратегиях низкоуглеродного развития страны отодвигают перелом к снижению глобальных выбросов на более поздний срок.

Рассмотрение официально представленных в РКИК ООН стратегий низкоуглеродного развития ряда ведущих стран говорит о большой разнице в действиях до и после 2030 года¹⁶. Главный «дирижер» заключения Парижского соглашения — Франция разработала детальную стратегию трех этапов низкоуглеродного развития, последний из которых охватывает 2024–2028 годы. В целом в 2015–2030 годах планируется снизить выбросы от деятельности во всех секторах экономики с 480 до 350 млн т CO₂-эквивалента. В качестве двух главных результатов перестройки энергетики приводится обеспечение роста ВВП и создание от 100 до 350 тысяч рабочих мест в 2015–2035 годах — то, что очень нужно стране и без учета контекста изменений климата. В противоположность детальному описанию периода до 2030 года

¹⁶ United Nations Framework Convention on Climate Change. Op. cit.

в отношении последующего времени лишь намечено линейное снижение выбросов с 350 до 150 млн т CO_2 -эквивалента к 2050 году. Ответ на вопрос о том, как это сделать, оставлен на будущее.

В стратегии низкоуглеродного развития США хорошо показано, как с 2006 по 2016 годы менялись прогнозы на период до 2025 года. Десять лет назад ожидался быстрый рост выбросов парниковых газов в отсутствие специальных мер по их снижению, а сейчас — также без специальных мер — прогнозируется плавное снижение до уровня на 17% ниже, чем в 2005 году; NDC США сформулирован на 2025 год как снижение выбросов парниковых газов на 26–28% по сравнению с уровнем 2005 года. Еще на 6 п.п. США предполагают снизить выбросы за счет усиления поглощения CO_2 лесами. Дополнительное снижение на 3–5 п.п. (то есть от 23 до 26–28 п.п. общего снижения) ожидается как результат специальных мер, например введения налога на выбросы CO_2 в размере 20 долл./т с его ежегодным увеличением на 5%. Возможно, что более быстрое снижение стоимости солнечной и ветровой электрогенерации покроет этот разрыв без принятия каких-либо решений на федеральном уровне. Поэтому можно заключить, что NDC США — амбициозная, но вполне достижимая краткосрочная цель.

Однако далее стратегия обрисовывает лишь общее «видение» (vision) на 2050 год, не привязанное ни к экономически обоснованным решениям, ни к балансу потерь от недостаточно быстрого снижения выбросов парниковых газов. После 2035 года предполагается массовое использование технологии улавливания, утилизации и захоронения углерода (Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS). Единственным результатом CCUS станет снижение выбросов, поэтому затраты на нее логично сопоставлять с потерями и рисками от изменений климата. Но такое сопоставление не проведено. «Видение», предполагающее снижение выбросов парниковых газов на 80% за 2005–2050 годы, составлено, скорее, исходя из того, чтобы в принципе оставить хорошие шансы на удержание глобального потепления в пределах 2°C и иметь некоторый шанс достичь $1,5^\circ\text{C}$. Пока не ясно, каким может быть INDC США на 2030 год.

Рассматривая стратегию Мексики, также можно отметить очень резкие изменения в энергетике и транспорте после 2030–2035 годов и относительно плавную их трансформацию в ближайшие годы.

Стратегия Германии ставит целью углеродную нейтральность страны к 2050 году, но весь ее временной горизонт разделен на период достижения конкретных показателей (до 2030 года) и период реализации «руководящих принципов». Если на ближайшие 10–15 лет имеется около 100 конкретных предложений от федеральных земель, муниципалитетов и граждан, то дальнейшая перспектива не выходит за рамки «видения».

Можно заключить, что все представленные в РКИК национальные стратегии содержат ясные действия на ближайшие годы, но эти действия не выводят на заявленные в INDC/NDC долгосрочные цели. Радикальные действия отодвигаются на более отдаленную перспективу, на новый этап глобальных действий, начинающийся с 2030 года. Формально это не противоречит заявленной цели Парижского соглашения и оставляет шанс на то, что уровень 2°C не будет превышен. Однако вполне вероятно, что для периода после 2030 года к соглашению будут предложены существенные поправки (и это, разумеется, потребует повторной ратификации). Пока что рано говорить, какие это будут поправки. Будет ли мир двигаться в направлении введения единых платежей или основной упор будет сделан на адаптацию, а помощь климатическим мигрантам станет обязательством наиболее богатых стран? Только будущее даст ответ на этот вопрос.

В любом случае 2030 год — определенный рубеж и новый этап реализации Парижского соглашения. Судя по долгосрочным стратегиям стран, они это хорошо понимают. В России проект долгосрочной стратегии низкоуглеродного развития должен быть готов к концу 2019 года¹⁷. Однако уже сейчас Минэкономразвития России заявляет, что с 2030 года начнется третий этап действий. Углеродное регулирование может быть реализовано в виде системы торговли квотами или налога в том или ином виде, но пока что говорить об этом более конкретно совершенно преждевременно. До 2020 года будет этап «новых мер», прежде всего по повышению энергоэффективности, а с 2020 по 2030 годы — второй этап «решительных мер» — активного стимулирования повышения энергоэффективности и изменения структуры энергетики за счет вывода устаревших мощностей и введения современных¹⁸.

5. Потенциал снижения выбросов в странах Африки южнее Сахары

Глобальная динамика выбросов плохо предсказуема, и всегда существует вероятность непредвиденного роста или сокращения выбросов CO_2 . В этом можно убедиться на примере Китая, выбросы которого Международное энергетическое агентство предсказывало со значительными ошибками¹⁹.

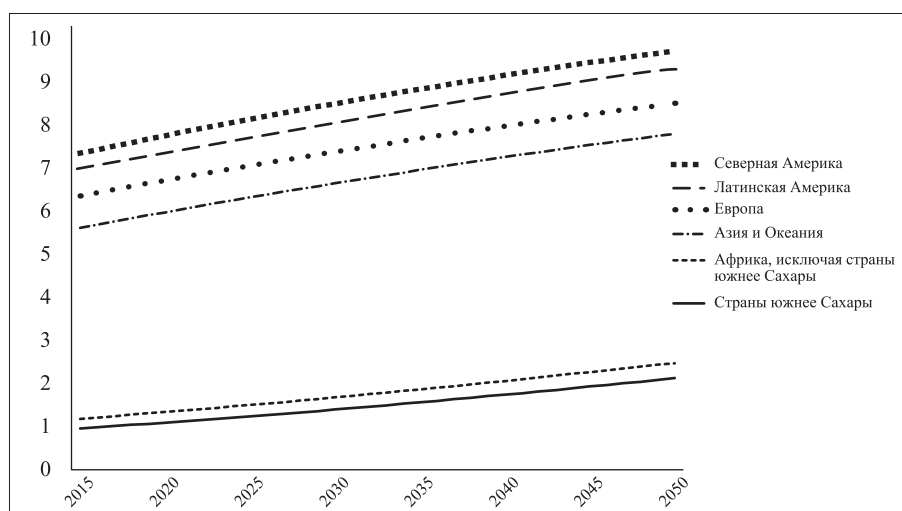
Основной вклад в рост эмиссии парниковых газов за последние 30 лет внес Китай с населением в 1,4 млрд человек. Большая часть этого

¹⁷ Распоряжение Правительства РФ от 03.11.2016 № 2344.

¹⁸ Федоров Ю. Н. О планах Правительства России по повышению энергоэффективности и формированию системы регулирования выбросов парниковых газов. Минэкономразвития России, семинар «Мировой опыт реализации механизмов регулирования выбросов парниковых газов». Москва, 22.03.2017.

¹⁹ Peters G. Have Chinese CO_2 Emissions Really Peaked? <http://www.climatechangenews.com/2017/03/31/chinese-co2-emissions-really-peaked/>.

роста происходила за счет развития угольной энергетики как наиболее дешевого и доступного источника энергии. При прогнозировании выбросов CO_2 от сжигания топлива следует учесть, что значительную часть стран Африки всё еще ожидает период развития, который проходил Китай в последние 30 лет. Более того, согласно медианному прогнозу ООН рост численности населения к 2050 году по сравнению с 2015 годом составит 2,4 млрд человек (рис. 7), из которых 1,2 млрд приходится на развивающиеся страны Африки южнее Сахары.



Источник: [United Nations..., 2015].

Рис. 7. Медианный прогноз ООН по приросту численности населения

Для сравнения приведем оценку будущего вклада прироста населения в выбросы. Если предположить, что средняя величина выбросов на одного человека будет такой же, как в ЕС-28 в 2015 году, то выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива и производства цемента составят 16,5 Гт в год с 2015 по 2050 годы, или 45% от текущего уровня. В определенной степени снизить негативное влияние прироста населения и возможной активной индустриализации стран Африки южнее Сахары способно внедрение технологий возобновляемой энергетики. По расчетам специалистов РАНХиГС [Lanshina et al., 2018], оно может быть сопоставимо по стоимости с традиционной энергетикой. Так, в частности, наиболее перспективными с этой точки зрения являются технологии ветровой энергетики, однако в будущем солнечная энергетика станет более приемлемой для стран Африки в связи с ростом ее КПД и снижением стоимости вырабатываемой электроэнергии.

Заключение

Проведенный анализ данных о выходе глобальных выбросов CO₂ от сжигания ископаемого топлива на стабильный уровень позволяет сделать ряд выводов.

Китай перешел на новую модель развития, которая не требует существенного роста выбросов CO₂.

В двух крупнейших странах-эмиттерах — Китае и США — идет активный процесс замены угля на газ, а также на ВИЭ и атомную генерацию. Американские компании действуют исходя из экономических соображений и с учетом долгосрочного характера своих инвестиций или портфеля.

Межгодовые температурные вариации не оказывают сильного влияния на глобальную динамику CO₂, так как расходы на кондиционирование и на отопление в мире в целом почти нивелируют друг друга.

Налицо decoupling — разделение экономического роста и динамики выбросов CO₂, хотя определенная корреляция будет наблюдаться еще долгое время. Также очевидно, что в слаборазвитых странах до такого разделения еще далеко.

Стабилизация выбросов не означает, что они пойдут вниз. Более вероятно, что глобальные выбросы будут оставаться примерно на одном уровне вплоть до 2030 года. Таким образом, остается в силе оценка глобальной динамики как пути, при котором рост температуры к 2100 году составит 3°C от уровня 1850–1900 годов (на основании нынешних национальных целей стран — INDC/NDC), а не менее 2°C, что является долгосрочной целью Парижского соглашения.

Глобальная динамика выбросов плохо предсказуема, и всегда существует вероятность непредвиденного роста или сокращения выбросов CO₂. В этом можно убедиться на примере Китая, выбросы которого Международное энергетическое агентство предсказывало со значительными ошибками.

Существует угроза существенного роста выбросов со стороны стран Африки южнее Сахары в результате индустриализации региона и прироста населения, сопоставимого с текущим населением Китая.

Низкоуглеродные стратегии ведущих стран фактически прописаны лишь до 2025–2035 годов, далее дается лишь «видение» на уровне общих целей и принципов. В районе 2030 года можно ожидать кардинальные изменения, в том числе и в самом Парижском соглашении (что потребует новой ратификации).

О глобальной динамике выбросов после 2030 года пока судить преждевременно. Можно говорить лишь о том, *чего не будет* до 2030 года.

В частности, не будет международных платежей за выбросы. Но пока что рано говорить, *что будет* после 2030 года. Это зависит как от рисков и ущерба от изменений климата для крупнейших стран, так и от экономических параметров использования различных источников энергии.

Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014.
2. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М.: Росгидромет, 2017.
3. Кокорин А. О. Новые факторы и этапы глобальной и российской климатической политики // Экономическая политика. 2016. Т. 11. № 1. С. 157–176.
4. Кокорин А. О. Ущерб и прямые риски от изменения климата как основа Парижского соглашения ООН // Экологический ежегодник. 2017. С. 14–26.
5. Липка О. Н., Кокорин А. О. Адаптация к изменениям климата для сохранения биоразнообразия // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2016. № 1. С. 54–60.
6. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; NY: Cambridge University Press, 2013.
7. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; NY: Cambridge University Press, 2014a.
8. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; NY: Cambridge University Press, 2014b.
9. Farid M., Keen M., Papaioannou M., Parry I., Pattillo C., Ter-Martirosyan A. After Paris: Fiscal, Macroeconomic, and Financial Implications of Climate Change. IMF Staff Discussion Note. SDN/16/01. 2016.
10. Korsbakken J. I., Peters G. P., Andrew R. M. Uncertainties Around Reductions in China's Coal Use and CO₂ Emissions // Nature Climate Change. 2016. Vol. 6. No 7. P. 687–690.
11. Lanskina T. A., Laitner J. A., Potashnikov V. Yu., Barinova V. A. The Slow Expansion of Renewable Energy in Russia: Competitiveness and Regulation Issues // Energy Policy. 2018. Vol. 120. P. 600–609.
12. Qi Y., Stern N., Wu T., Lu J., Green F. China's Post-Coal Growth // Nature Geoscience. 2016. Vol. 9. No 8. P. 564–566.
13. Shearer C., Ghio N., Myllyvirta L., Yu A., Nac T. Boom and Bust 2016. Tracking the Global Coal Plant Pipeline. CoalSwarm, Greenpeace, and Sierra Club, 2016.
14. The Emissions Gap Report 2015. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2015.
15. The Emissions Gap Report 2017. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2017.
16. Trends in Global CO₂ Emissions; 2016 Report, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: Joint Research Centre, European Commission, 2016.
17. Turn Down the Heat. Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided. Washington: Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics, 2012.
18. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. N. Y.: United Nations, 2015.

Alexey O. KOKORIN, Cand. Sci. (Phys.-Math.). World Wide Fund for Nature (WWF Russia) (19, str. 3, Nikoloyamskaya ul., Moscow, 109240, Russian Federation).

E-mail: akokorin@wwf.ru

Vladimir Yu. POTASHNIKOV, Institute for Applied Economic Research, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (82, Vernadskogo pr., Moscow, 119571, Russian Federation).

E-mail: potashnikov@ranepa.ru

Global Low Carbon Trend of Development as a Driving Force for Paris Agreement Implementation

Abstract

The paper discusses the reasons for the stabilization of global CO₂ emissions from fossil fuel combustion and industrial processes. The decrease in emissions cannot be explained by economic reasons. Interannual temperature variations do not have a strong impact on the global dynamics of CO₂, because energy consumption for air conditioning and heating in the world almost neutralize each other. Stabilizing emissions does not mean that they will go down — it is more likely that global emissions will be around the same level until 2030. Thus, the assessment of global dynamics according to the 3°C pathway (based on the country's current national goals — INDC/NDC) remains valid. The active process of replacement of coal with gas, renewables and nuclear generation in China and the United States is the main reason of this stabilization. The decoupling of economic growth and carbon emissions is already clearly demonstrated across the world, except some underdeveloped countries, despite the fact that a definite correlation between economic growth and carbon emissions is expected to be observed for a long time. Obviously, decoupling for developing countries is still far away. It is too early to judge the global dynamics of emissions after 2030, but with some confidence we can say that until 2030, international payments for emissions will most likely not be introduced. The situation will depend both on climate change risks and possible damage caused by the consequences of climate change for the largest countries, and on the economic parameters of the use of various energy sources.

Keywords: climate policy, UN Paris Agreement on Climate, greenhouse gas emissions, adaptation to climate change.

JEL: Q54, Q58, Q47.

References

1. *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii [The Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation]*. Moscow, Roshydromet, 2014.
2. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2016 god [A Report on Climate Features on the Territory of the Russian Federation in 2016]*. Moscow, Roshydromet, 2017.
3. Kokorin A. O. Novye faktory i etapy global'noy i rossiyskoy klimaticheskoy politiki [New Factors and Stages of the Global and Russian Climate Policy]. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy]*, 2016, vol. 11, no. 1, pp. 157-176.

4. Kokorin A. O. Ushcherb i pryamye riski ot izmeneniya klimata kak osnova Parizhskogo soglasheniya OON [The Environmental Damage and Direct Risks of Climate Change as a Basis of the United Nations Paris Agreement]. *Ekologicheskij ezhegodnik [Environmental Yearbook]*, 2017, pp. 14-26.
5. Lipka O. N., Kokorin A. O. Adaptatsiya k izmeneniyam klimata dlya sokhraneniya bioraznoobraziya [Adaptation to Climate Change for the Conservation of Biodiversity]. *Ispol'zovanie i ohrana prirodnkh resursov v Rossii [Use and Protection of Natural Resources in Russia]*, 2016, no. 1(145), pp. 54-60.
6. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, NY, Cambridge University Press, 2013.
7. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, NY, Cambridge University Press, 2014a.
8. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, NY, Cambridge University Press, 2014b.
9. Farid M., Keen M., Papaioannou M., Parry I., Pattillo C., Ter-Martirosyan A. After Paris: Fiscal, Macroeconomic, and Financial Implications of Climate Change. *IMF Staff Discussion Note*, SDN/16/01, 2016.
10. Korsbakken J. I., Peters G. P., Andrew R. M. Uncertainties Around Reductions in China's Coal Use and CO₂ Emissions. *Nature Climate Change*, 2016, vol. 6, no. 7, pp. 687-690.
11. Lashina T. A., Laitner J. A., Potashnikov V. Yu., Barinova V. A. The Slow Expansion of Renewable Energy in Russia: Competitiveness and Regulation Issues. *Energy Policy*, 2018, vol. 120, pp. 600-609.
12. Qi Y., Stern N., Wu T., Lu J., Green F. China's Post-Coal Growth. *Nature Geoscience*, 2016, vol. 9, no. 8, pp. 564-566.
13. Shearer C., Ghio N., Myllyvirta L., Yu A., Nac T. *Boom and Bust 2016. Tracking the Global Coal Plant Pipeline*. CoalSwarm, Greenpeace, and Sierra Club, 2016.
14. *The Emissions Gap Report 2015*. Nairobi, United Nations Environment Programme, 2015.
15. *The Emissions Gap Report 2017*. Nairobi, United Nations Environment Programme, 2017.
16. *Trends in Global CO₂ Emissions: 2016 Report*. The Hague, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Ispra, European Commission, Joint Research Centre, 2016.
17. *Turn Down the Heat. Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided*. Washington, Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics, 2012.
18. *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables*. N. Y., United Nations, 2015.