

# НА ПУТИ К НУЛЕВЫМ ВЫБРОСАМ

Достичь чистого нулевого объема выбросов и ограничить глобальное потепление 1,5 градусами Цельсия можно при условии принятия быстрых и всеобъемлющих мер политики

Кристоф Бертрам, Оттмар Эденхофер и Гуннар Лудерер

**В**печатляющий прогресс в развитии важнейших «зеленых» технологий дает надежду на достижение цели, состоящей в беспрецедентном сокращении выбросов, для того чтобы ограничить глобальное потепление 1,5 градусами Цельсия, как это предусмотрено Парижским соглашением по климату. Но для этого необходима полная реструктуризация мировой энергетической системы и системы землепользования с применением грамотного набора политических стимулов. Директивные органы могут опираться на все более обширные знания и опыт в деле содействия внедрению существующих экологически чистых технологий и ускорения разработки более современных технологий.

Достижение намеченной цели в 1,5°C позволит не только значительно снизить риски, связанные с изменением климата, но и принесет ряд важных дополнительных выгод — от улучшения качества воздуха до модернизации инфраструктуры

и экономики, а также повышения занятости в энергетическом секторе и создания рабочих мест с более оптимистичными долгосрочными перспективами.

## Безуглеродная электроэнергия

Поскольку выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>) сохраняются в атмосфере в течение нескольких сотен лет, совокупные выбросы этого парникового газа в значительной степени являются причиной потепления. Это означает, что масштабы сокращения выбросов в ближайшей перспективе более важны, чем то, в каком именно году эти выбросы будут полностью ликвидированы. Для обеспечения средней вероятности достижения целевого показателя в 1,5°C необходимо сократить выбросы немедленно. Достичь этого целевого показателя с наименьшими затратами можно, снизив объем выбросов примерно наполовину к 2030 году по сравнению с уровнем 2020 года.

В первую очередь, необходимо обратить внимание на электроэнергетический сектор, на который в настоящее время приходится порядка трети всех выбросов CO<sub>2</sub> (см. график). Хотя основными видами топлива для выработки электроэнергии по-прежнему служат уголь и газ, объем новых мощностей, использующих ветряную и солнечную энергию, растет все быстрее мощностей, основанных на ископаемых видах топлива.

Пандемия показала, что электроэнергетические системы становятся все более экологически чистыми при снижении спроса, так как в первую очередь отключаются более затратные угольные и газовые электростанции, а солнечные, ветряные, атомные и гидроэлектростанции продолжают производить столько электроэнергии, сколько нужно рынкам (Bertram et al., 2021). Очевидно, что более эффективное использование электроэнергии может в значительной степени способствовать более быстрому снижению выбросов, не принося в жертву производственные мощности. Это будет особенно ценно в ближайшее десятилетие, когда большая доля электроэнергии будет по-прежнему вырабатываться из высокоуглеродных ископаемых видов топлива.

Еще важнее повысить эффективность потребления жидких, твердых и газообразных видов топлива в промышленности, на транспорте и в зданиях, поскольку рост эффективности сопровождается немедленным сокращением выбросов.

Недостаток экологически чистых энерготехнологий уже не является препятствием в деле отхода от углеродной энергетики (решения в области интеграции также совершенствуются), чего нельзя сказать о медленном выводе из эксплуатации мощностей на основе ископаемых видов топлива. Для перенаправления инвестиций в «зеленые» энерготехнологии и создания стимулов для поэтапного закрытия электростанций необходимо регулирование выбросов парниковых газов, в идеале в виде тарифов на выбросы углерода. Если мировое сообщество с успехом использует возможности, связанные с быстрой декарбонизацией энергосистемы, выбросы в энергетическом секторе можно будет сократить более чем на две трети к 2030 году, как показано в сценарии «Чистый ноль к 2050 году» на графике.

А как быть с землепользованием, в контексте приведения выбросов к чистому нулевому показателю? В этом секторе в настоящее время присутствуют как поглотители (виды использования, поглощающие углерод из атмосферы, например, новые лесопосадки), так и источники CO<sub>2</sub> — в первую очередь, обезлесение, но также и другие процессы землепользования. Изменение методов землепользования может даже нейтрализовать выбросы CO<sub>2</sub> в этом секторе к 2030 году, хотя землепользование (в первую очередь сельское хозяйство) неизбежно будет и далее вносить вклад в потепление за счет выбросов метана и закиси азота.

Таким образом, основным источником выбросов CO<sub>2</sub> в результате использования ископаемых видов топлива в 2030 году и далее остается спрос в промышленности, строительстве и на транспорте, согласно сценариям, соответствующим целевому показателю в 1,5°C. Согласно этим сценариям,

для достижения углеродной нейтральности примерно к 2050 году совокупные выбросы в этих секторах необходимо сократить более чем наполовину к 2040 году и довести их приблизительно до четверти сегодняшних уровней к 2050 году.

Для компенсации даже этого сравнительно низкого уровня остаточных выбросов требуется очень быстрое и амбициозное расширение использования методов удаления CO<sub>2</sub>, таких как лесопосадки, прямое улавливание углерода из воздуха — улавливание CO<sub>2</sub> из атмосферы с последующим его хранением в геологических породах, — а также биоэнергетических технологий с улавливанием и хранением углерода (BECCS), позволяющих вырабатывать экологически чистую энергию из биомассы при одновременном улавливании и постоянном хранении CO<sub>2</sub>.

Многие технологии, необходимые для декарбонизации секторов-потребителей, предусматривают прямую или косвенную электрификацию с применением видов топлива на основе водорода, например, технология с использованием топливных элементов и синтетические виды топлива (Ueckerdt et al., 2021). Кроме того, эти технологии еще не полу-

Существуют различные способы перехода к «чисто нулевой» мировой энергетической системе, то есть к системе, в которой весь углерод, выбрасываемый в атмосферу, компенсируется углеродом, удаленным из нее.

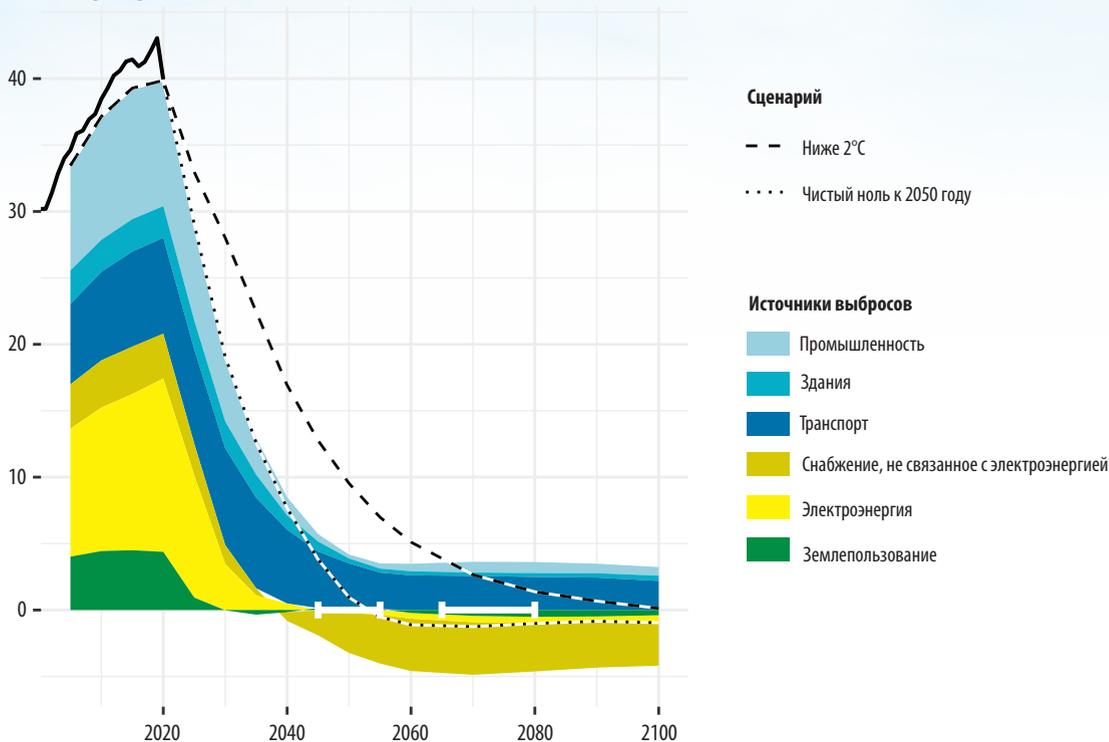
чили широкого распространения на рынках, и их внедрение, вероятно, будет сопряжено с трудностями организационного и природоохранного порядка. Таким образом, в отношении их будущей эффективности и связанных с ними затрат гораздо меньше ясности, чем в отношении уже внедряемых технологий (например, возобновляемые источники энергии и электромобили на аккумуляторах).

Эта неопределенность предполагает наличие различных способов перехода к «чисто нулевой» мировой энергетической системе, то есть к системе, в которой весь углерод, выбрасываемый в атмосферу, компенсируется углеродом, удаленным из нее. Если все эти способы будут разрабатываться более благоприятным, чем ожидается, образом, то может также оказаться возможным (и полезным) достичь еще более амбициозной цели — чистых отрицательных выбросов (удаляется больше углерода, чем выбрасывается), — что позволит снизить среднемировую температуру после того, как она достигнет максимума. Если какие-либо технологии будут развиваться быстрее, чем ожидается, а другие — отставать, то набор вариантов может отличаться от прогнозируемого, но в целом чистый нулевой целевой показатель по-прежнему будет достижим. Переход к «чисто нулевым» энергосистемам

## Как достичь нулевых выбросов

Различные секторы должны внести вклад в сведение выбросов CO<sub>2</sub> к нулю к 2050 году в соответствии с целью ограничить глобальное потепление 1,5 градусами Цельсия, а через несколько десятилетий — 2 градусами Цельсия к 2100 году.

(Выбросы CO<sub>2</sub>, Гт CO<sub>2</sub> в год)



**Источник:** оценки авторов на основе данных сценариев Сети по «озеленению» финансовой системы и данных за прошлые периоды Глобального проекта по углероду.

**Примечание.** Питание, не связанное с электроэнергией, включает выбросы в ходе производства топлива, в основном с нефтеперерабатывающих заводов. Белые линии показывают требуемые даты достижения углеродной нейтральности согласно Межправительственной группе по изменению климата SR1.5 (2018). Гт CO<sub>2</sub> в год = гигатонн углекислого газа в год.

будет намного труднее, чем прогнозируется сейчас, только в том случае, если все варианты будут разрабатываться не так быстро, как ожидается, или если возникнут непредвиденные и непреодолимые препятствия или затруднения (например, проблемы устойчивости, связанные с биоэнергетикой).

## Упорядоченный переход

Для успешного осуществления преобразований, необходимых для ограничения глобального потепления 1,5 градусами Цельсия, с приемлемой долей вероятности, они должны быть быстрыми и всеобъемлющими. Однако при наличии грамотного набора политических стимулов этот процесс может быть относительно упорядоченным. По сути дела, необходимым политическим условием для продолжительного оказания политической поддержки является инклюзивный и справедливый переход, в ходе которого никто не будет забыт. Поэтому директивные органы должны осторожно применять набор политических мер, основанных на подходящих инструментах.

Основным инструментом для этого перехода может быть тариф на выброс углерода в виде либо рынка разрешений наподобие системы торговли выбросами Европейского союза, либо «налога на углерод», растущего с течением времени. Согласно сценариям «Чистый ноль к 2050 году», разработанным Сетью по «озеленению» финансовой системы (NGFS, 2021), тарифы на выбросы углерода оцениваются в 100–200 долларов США за тонну CO<sub>2</sub> в 2030 году с резким повышением до 2050 года. Однако в долгосрочной перспективе тарифы на выбросы углерода могут быть ниже, если декарбонизация будет способствовать вспомогательные меры политики, как демонстрирует, например, сценарий «Чистый ноль к 2050 году» Международного энергетического агентства (IEA, 2021), в котором регулирующим мерам политики отводится гораздо более заметная роль, а тарифы на выбросы углерода не превышают 250 долларов США до 2050 года. (Набор сценариев NGFS, разработанный в партнерстве с научным консорциумом во главе с Потсдамским институтом по изучению последствий изменения климата, включает

## Перспективным вариантом содействия сотрудничеству между странами является создание «климатических клубов» с дифференцированными минимальными тарифами на выбросы углерода.

дополнительные сценарии с высоким уровнем риска, но сценарии «чистого нуля к 2050 году» в большинстве аспектов сопоставимы со сценариями IEA).

Главное преимущество тарифов на выбросы углерода заключается в том, что они могут сыграть роль координатора усилий во всех секторах (и, в будущем, во всех странах) для обеспечения их сбалансированности. Более того, тарифы способствуют крайне необходимой нормативно-правовой определенности, стимулируют достаточные долгосрочные инвестиции и обеспечивают мобилизацию ресурсов, позволяющих правительствам осуществлять дополнительные меры политики, требующие государственного финансирования.

Одной из важных составляющих этого инструмента должно быть перераспределение доходов в пользу граждан в какой-либо форме, с тем чтобы никто не остался на обочине преобразований. Хотя единый тариф на выбросы углерода во многих странах играет регрессивную роль, ответственное перераспределение доходов превращает его в прогрессивную меру политики, способную содействовать социальной сплоченности и политической поддержке. Кроме того, доходы можно использовать для оказания поддержки таким перспективным инфраструктурным проектам, как зарядные станции для электромобилей. Такие проекты являются важнейшим способом стимулирования зарождающихся рынков новых технологий, которые терпят крах в связи с устаревшей инфраструктурой в сочетании с избытком технологий.

### Важность международного сотрудничества

Некоторые страны успешно реализуют программу действий для обеспечения чистых нулевых выбросов к середине нынешнего века, однако в глобальном масштабе ситуация остается неутешительной. Для преодоления глубинных препятствий на пути к коллективным действиям (например, проблем распределения) необходимо коренное изменение процесса международного сотрудничества, с тем чтобы все страны шли по одинаковой траектории восстановления после пандемии.

Для достижения этой цели обязанности глобальных Юга и Севера различаются. Один из ключевых выводов, сделанных нами в результате анализа сценариев в отношении целевого показателя в 1,5°C (NGFS, 2021), состоит в том, что эта цель не предусматривает существенной разницы сроков декарбонизации (Bauer et al., 2020). Все крупнейшие страны, находящиеся в процессе перехода, должны пройти пик выбросов в ближайшее время, а затем сокращать их, что возможно с технологической точки зрения бла-

годаря последним преобразованиям в энергетическом секторе. Страны с высокими доходами, в свою очередь, должны признать, что в ходе этих преобразований они обязаны оказывать другим странам дополнительную поддержку, особенно учитывая их историческую ответственность за изменение климата. Помощь можно оказывать путем облегчения доступа к технологиям и финансированию, а также увеличения прямых инвестиций.

Перспективным вариантом содействия сотрудничеству между странами является создание «климатических клубов» с дифференцированными минимальными тарифами на выбросы углерода. Страны с низкими и средними доходами начнут с более низких минимальных тарифов и воспользуются частью доходов, полученных за счет более высоких тарифов в странах с высокими доходами. В свою очередь, более богатые страны выиграют, будучи уверенными в том, что производство, торговля и выбросы попросту не переместятся на нерегулируемые рынки в ущерб им. Это обеспечит как эффективность их деятельности по смягчению последствий, так и справедливые условия торговли. Несмотря на то что осуществление такой программы, несомненно, является сложной задачей для политических систем в обеих группах стран, достигнутый результат — процветающая модернизированная экономика и более здоровое и жизнеспособное общество — безусловно, стоит потраченных усилий. **ФР**

**КРИСТОФ БЕРТРАМ** — руководитель группы по международной политике в отношении климата, а **ОТТМАР ЭДЕНХОФЕР** — директор и главный экономист Потсдамского института по изучению последствий изменения климата. **ГУННАР ЛУДЕРЕР** — заместитель руководителя Департамента исследований путей преобразований этого института.

*Стивен Бай, Жером Илер и Эльмар Криглер также приняли участие в исследованиях, использованных при подготовке данной статьи.*

### Литература

- Bauer, Nico, Christoph Bertram, Anselm Schultes, David Klein, Gunnar Luderer, Elmar Kriegler, Alexander Popp, and Ottmar Edenhofer. 2020. "Quantification of an Efficiency—Sovereignty Trade-off in Climate Policy." *Nature* 588 (7837): 261–66.
- Bertram, Christoph, Gunnar Luderer, Felix Creutzig, Nico Bauer, Falko Ueckerdt, Aman Malik, and Ottmar Edenhofer. 2021. "COVID-19-Induced Low Power Demand and Market Forces Starkly Reduce CO<sub>2</sub> Emissions." *Nature Climate Change* 11 (3): 193–96.
- International Energy Agency (IEA). 2021. "Net Zero by 2050—A Roadmap for the Global Energy Sector." Paris.
- Network for Greening the Financial System (NGFS). 2021. Scenarios portal. Paris.
- Ueckerdt, Falko, Christian Bauer, Alois Dirnmaichner, Jordan Everall, Romain Sacchi, and Gunnar Luderer. 2021. "Potential and Risks of Hydrogen-Based e-Fuels in Climate Change Mitigation." *Nature Climate Change* 11 (5): 384–93.