IRENA
International Renewable Energy Agency

СТОИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В 2023 ГОДУ

КРАТКИЙ ОБЗОР

© IRENA 2024

Если не указано иное, материалы, представленные в настоящей публикации, можно свободно использовать, распространять, копировать, воспроизводить, печатать и (или) хранить при условии надлежащей ссылки на агентство IRENA как на источник и владельца авторских прав. К материалам в настоящей публикации, которые относятся к третьим лицам, могут применяться отдельные условия использования и ограничения, и, прежде чем использовать эти материалы, может понадобиться соответствующее разрешение от таких третьих лиц.

Цитирование: IRENA (2024), *Стоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников в 2023 году*, Международное агентство по возобновляемым источникам энергии, Абу-Даби.

Данный документ является переводом краткого отчёта из публикации «Стоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников в 2023 году» ISBN: 978-92-9260-621-3 (2024). В случае расхождений между настоящим переводом и оригиналом на английском языке преимущественную силу имеет текст на английском языке.

Об агентстве IRENA

Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (агентство IRENA) — это межправительственная организация, которая помогает странам переходить на модель устойчивого энергетического будущего и служит основной платформой для международного сотрудничества, центром передового опыта и источником информации о политике, технологиях, ресурсах и финансах в сфере возобновляемой энергетики. Агентство IRENA продвигает повсеместное внедрение и устойчивое использование всех видов возобновляемой энергии, включая биоэнергетику, геотермальную энергетику, гидроэнергетику, океанскую, солнечную и ветровую энергетику, с целью обеспечения устойчивого развития, доступа к энергии, энергетической безопасности, а также экономического роста и процветания в условиях низкоуглеродной экономики. **www.irena.org**

Благодарности

Данный доклад был подготовлен под руководством Роланда Роша (Roland Roesch) (Директор Центра инноваций и технологий агентства IRENA), Норелы Константинеску (Norela Constantinescu) (агентство IRENA) и Майкла Тейлора (Michael Taylor) (бывший сотрудник агентства IRENA).

Доклад был составлен авторами Деборой Айрес (Deborah Ayres) и Лурдес Замора (Lourdes Zamora) (агентство IRENA). Авторы выражают благодарность Адриану Гонсалесу (Adrian Gonzalez), Бину Партану (Binu Parthan), Назику Эль-Хассану (Nazik Elhassan), Джарреду Маккарти (Jarred McCarthy), Мохаммеду Набаба (Mohammed Nababa) (агентство IRENA) и Ольге Сорокиной (European Energy Link Group) за ценный вклад в подготовку данного исследования.

Авторам доклада помогли отзывы и комментарии многочисленных экспертов, среди которых Алана Бильбао (Alana Bilbao) (Международное энергетическое агентство (International Energy Agency, IEA)), Ана Андраде (Ana Andrade) (Управление по вопросам энергетики и геологии (Direção Geral de Energia e Geologia, DGEG)), Гордон Эдж (Gordon Edge) (Международная ассоциация гидроэнергетики (International Hydropower Association, IHA)), Гай Бриндли (Guy Brindley) (Ассоциация WindEurope), Джаретт Зубой (Jarett Zuboy) (Национальная лаборатория по изучению возобновляемой энергии, National Renewable Energy Laboratory (NREL)), Йорден Дёрш (Jorden Dersch) (Немецкий центр авиации и космонавтики, Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt (DLR)), Маттео Бьянчиотто (Matteo Bianciotto) (IHA), Молли Морган (Molly Morgan) (Комиссия по регулированию в сфере коммунальных услуг, Commission for Regulation of Utilities (CRU)) и Ребекка Эллис (Rebecca Ellis) (IHA).

Поддержку в подготовке публикации, редактировании и связях с общественностью предоставили Фрэнсис Филд (Francis Field), Стефани Кларк (Stephanie Clarke), Николь Бокстоллер (Nicole Bockstaller) и Дария Гаццола (Daria Gazzola). Издательская подготовка была выполнена Джонатаном Горветтом (Jonathan Gorvett), а технический анализ — Полом Комором (Paul Komor). За графический дизайн отвечал Начо Санс (Nacho Sanz). Русский перевод этого резюме был проверен Ольгой Сорокиной.

Получить дополнительную информацию, а также направить замечания и пожелания можно по адресу: **publications@irena.org**

Данный доклад доступен для скачивания на сайте: **www.irena.org/publications**

Отказ от ответственности

Настоящая публикация и материалы в ней предоставляются «как есть». Агентство IRENA предприняло все разумные меры, чтобы обеспечить достоверность материалов в настоящей публикации. Однако ни агентство IRENA, ни кто-либо из его сотрудников, агентов, источников данных или иных сторонних материалов не предоставляют каких-либо официальных или подразумеваемых гарантий, и они отказываются от какой-либо ответственности или обязательств в отношении последствий использования данной публикации или содержащихся в ней материалов.

Информация, содержащаяся в настоящей публикации, может не отражать позицию всех членов агентства IRENA. Упоминание конкретных компаний, проектов или продуктов не означает, что они поддерживаются или рекомендуются агентством IRENA вместо других компаний, проектов или продуктов подобного характера, которые здесь не упомянуты. Используемые обозначения и способ предоставления материалов в настоящей публикации не указывают на какие-либо суждения со стороны агентства IRENA в отношении юридического статуса каких-либо регионов, стран, территорий, городов или районов либо их властей, а также в отношении демаркации границ.

Goami © Shutterstock.com

КРАТКИЙ ОБЗОР

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- В 2023 году был установлен рекорд по вводу новых мощностей на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — 473 ГВт, что на 54% выше, чем в 2022 году, и представляет собой наивысший ежегодный прирост с 2000 года.
- Общий объём мощностей на основе ВИЭ в 2023 году увеличился на 14% с 3 391 ГВт в 2022 году до 3 865 ГВт в 2023 году.
- В 2023 году показатель мировой средневзвешенной стоимости электроэнергии упал для всех недавно введённых в эксплуатацию промышленных установок на основе ВИЭ: солнечных фотоэлектрических (ФЭ) установок, наземных и морских ветровых электростанций, систем концентрированной солнечной энергии (КСЭ) и гидроэлектростанций (таблица S1).
- В 2023 году Китай представлял собой крупнейший рынок солнечной фотоэлектрической энергетики (63%), наземной (66%) и морской (65%) ветровой энергетики и гидроэнергетики (44%). Причиной этому стал значительный ввод новых мощностей на основе ВИЭ в 2023 году, что повлекло за собой снижение мировой средневзвешенной стоимости таких технологий.
- В 2023 году проекты возобновляемой электроэнергетики, введённые в эксплуатацию по всему миру с 2000 года, в совокупности привели к экономии на стоимости топлива 409 млрд долл. США в электроэнергетическом секторе.
- Ежегодный прирост мощностей аккумуляторного накопления электроэнергии увеличился с 0,1 ГВт-ч полной генерирующей мощности в 2010 году до 95,9 ГВт-ч полной генерирующей мощности в 2023 году. За период с 2010 по 2023 год стоимость проектов по аккумуляторному накоплению электроэнергии сократилась на 89% с 2 511 долл. США за кВт-ч до 273 долл. США за кВт-ч.
- Технологии возобновляемой энергетики сохраняют конкурентоспособность, несмотря на возвращение цен на ископаемые виды топлива ближе к их уровню в период с 2010 года.
- В 2010 году мировая средневзвешенная нормированная стоимость электроэнергии (LCOE) в сфере наземной ветроэнергетики превышала показатель средневзвешенной LCOE ископаемых видов топлива на 23%. В 2023 году этот показатель для новых наземных ветровых электростанций был на 67% ниже, чем у тех же систем, работающих на ископаемых видах топлива.
- В 2010 году мировая средневзвешенная LCOE ФЭ установок была на 414% выше, чем у самого экономичного варианта с использованием ископаемых видов топлива; однако благодаря впечатляющему снижению издержек в 2023 году они стали стоить на 56% меньше, чем самое экономичное решение на основе ископаемых видов топлива.

Таблица S1. Тенденции в сфере общей стоимости с учётом затрат на монтаж, коэффициента использования и показателя LCOE в зависимости от технологии в 2010 и 2023 годах.

	Общая стоимость с учётом затрат на монтаж			Коэффициент использования			Нормированная стоимость электрической энергии		
	(долл. США/кВт 2023 г.)			(%)			долл. США/кВт-ч 2023 г.		
	2010 г.	2023 г.	Изменение в процентах	2010 г.	2023 г.	Изменение в процентах	2010 г.	2023 г.	Изменение в процентах
Биоэнергия	3 010	2 730	−9%	72	72	0%	0,084	0,072	−14%
Геотермальная энергия	3 011	4 589	52%	87	82	−6%	0,054	0,071	31%
Гидроэнергетика	1 459	2 806	92%	44	53	20%	0,043	0,057	33%
Солнечная фотоэлектрическая энергия	5 310	758	−86%	14	16	14%	0,460	0,044	−90%
КСЭ	10 453	6 589	−37%	30	55	83%	0,393	0,117	−70%
Наземная ветровая энергия	2 272	1 160	−49%	27	36	33%	0,111	0,033	−70%
Морская ветровая энергия	5 409	2 800	−48%	38	41	8%	0,203	0,075	−63%

Примечания. КСЭ — концентрированная солнечная энергия; кВт — киловатт.

ГОДОВОЙ ПРИРОСТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МОЩНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ВИЭ ДОСТИГ РЕКОРДНОГО УРОВНЯ В 2023 ГОДУ, ОБЩИЙ ОБЪЁМ УСТАНОВЛЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ ВЫРОС НА 14% ПО СРАВНЕНИЮ С ПРЕДЫДУЩИМ ГОДОМ.

В 2023 году доля солнечных фотоэлектрических систем и наземных ветровых электростанций превысила 95% в общем объёме прироста мощностей на основе ВИЭ, который составил 473 ГВт[1]. Прирост солнечных фотоэлектрических систем в 2023 году составил 73% (346 ГВт), а наземных ветровых электростанций — 104 ГВт, что на 48% выше, чем в предыдущем году. В то же время прирост морских ветровых электростанций составил 11 ГВт, что на 27% выше по сравнению с 2022 годом. Однако этот показатель всё же был ниже рекордного уровня по приросту мощностей на основе этой технологии в 2021 году.

Прирост мощностей на основе прочих ВИЭ, а именно: систем концентрированной солнечной энергии (КСЭ), геотермальных и биоэнергетических энергоустановок и гидроэлектростанций, был менее выдающимся. В совокупности они составили 12 ГВт в 2023 году, 7 ГВт из которых пришлось на гидроэнергетику. Годовой прирост систем КСЭ и геотермальных установок за последние годы оставался неизменным, в то время как в гидроэнергетике и биоэнергетике в 2023 году наблюдалось сокращение по сравнению с 2022 годом. Прирост электроэнергетических мощностей на основе ВИЭ отражает глобальное стремление к увеличению доли возобновляемых источников энергии в электроэнергетическом секторе. Несмотря на это, ввод в эксплуатацию новых мощностей остаётся на более низком уровне, чем требуется для достижения целевой задачи по утроению мощностей, согласованной в «Консенсусе ОАЭ» на 28-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (КС-28). Утроение электроэнергетических мощностей на основе ВИЭ прежде всего должно сопровождаться ключевыми факторами развития, в частности расширением электросетевой инфраструктуры и мощностей по накоплению энергии. Тем не менее неотъемлемая роль ВИЭ в достижении целевых климатических показателей подтверждается данными *Базы данных по стоимости производства электроэнергии из возобновляемых источников*

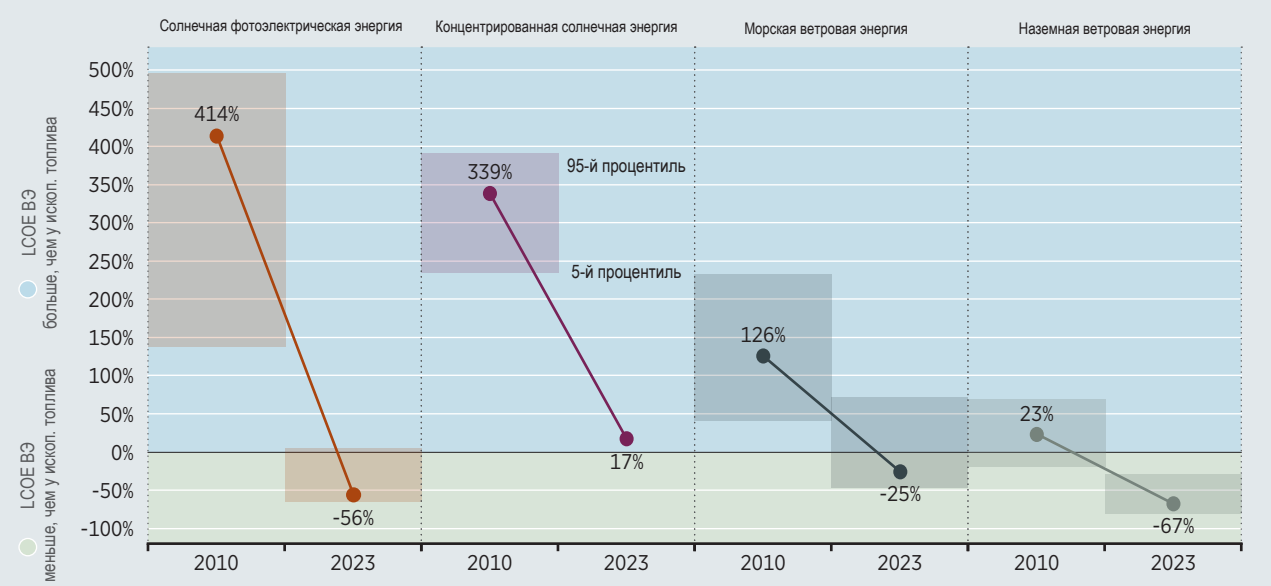
[1] *В данном докладе термин «мощности на основе возобновляемых источников энергии» означает генерируемую мощность нетто электростанций и прочих установок, использующих возобновляемые источники энергии для производства электроэнергии, введённые в эксплуатацию в соответствующем году.*

IRENA и анализом последних тенденций в электроэнергетическом секторе; эти данные также подтверждают экономическую эффективность таких технологий по сравнению с ископаемыми видами топлива.

После десятилетий падения стоимости и повышения эффективности солнечных и ветровых технологий экономическая выгода от производства электроэнергии из ВИЭ (помимо их социальных, научно-производственных и экологических преимуществ) стала убедительным фактом.

В 2010 году мировая средневзвешенная LCOE наземных ветроэлектростанций составляла 0,111 долл. США/кВт-ч. Это на 23% выше средневзвешенной стоимости новых добавленных мощностей на основе ископаемых видов топлива[2], составлявшей 0,090 долл. США/кВт-ч. Тем не менее к 2023 году мировая средневзвешенная LCOE новых наземных ветровых проектов составила 0,033 долл. США/кВт-ч, что на 67% ниже средневзвешенной стоимости ископаемых видов топлива, которая выросла до 0,100 долл. США/кВт-ч (рисунок S2). За тот же период мировая средневзвешенная LCOE в морской ветроэнергетике, прежде превышавшая этот показатель по ископаемым видам топлива на 126%, опустилась настолько, что стала ниже его на 25%. Стоимость упала с 0,203 долл. США/кВт-ч до 0,075 долл. США/кВт-ч.

Рисунок S1. Изменение мировой средневзвешенной LCOE солнечной и ветровой энергетики по сравнению с ископаемыми видами топлива, 2010–2023 гг.



Примечание. ВЭ — возобновляемая энергетика.

Тем временем для КСЭ мировая средневзвешенная LCOE также упала: если в 2010 году она превышала показатель средневзвешенной стоимости ископаемых видов топлива на 339%, то в 2023 году превышение составило лишь 17%. Мировая средневзвешенная LCOE промышленных солнечных фотоэлектрических систем в 2010 году составляла 0,460 долл. США/кВт-ч, что на 414% превышало средневзвешенную стоимость вариантов на основе ископаемых видов топлива. Однако к 2023 году благодаря впечатляющему снижению издержек — до 0,044 долл. США/кВт-ч — мировая средневзвешенная LCOE солнечной фотоэлектрической энергии стала на 56% ниже средневзвешенной стоимости вариантов на основе ископаемых видов топлива.

Действительно, на фоне сокращения издержек выработки электроэнергии из ископаемых видов топлива в 2023 году по сравнению с показателями за 2022 год (рисунок 1.6 и рисунок 1.7), стоимость электроэнергии из возобновляемых источников оставалась ниже, чем при производстве электроэнергии из ископаемых видов топлива. В случае примерно 81% (382 ГВт) новых промышленных проектов, введённых в эксплуатацию в 2023 году и вырабатывающих электроэнергию из возобновляемых источников, стоимость

[2] *Примечание. В данном докладе средневзвешенная LCOE электроэнергии из возобновляемых источников сравнивалась со средневзвешенной LCOE ископаемых видов топлива, в то время как в предыдущие годы в этой серии докладов использовалась LCOE самого «дешёвого» варианта на основе ископаемых видов топлива. Это обусловлено снижением цен на ископаемые виды топлива в последнее время.*

электроэнергии была ниже, чем средневзвешенные издержки по стране/региону при производстве электроэнергии из ископаемых видов топлива.

В целом в период с 2010 по 2023 год было введено в эксплуатацию 1 690 ГВт электрогенерирующих мощностей на основе ВИЭ с более низким показателем LCOE, чем средневзвешенная LCOE для производства электроэнергии из ископаемых видов топлива.

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВАЖНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ.

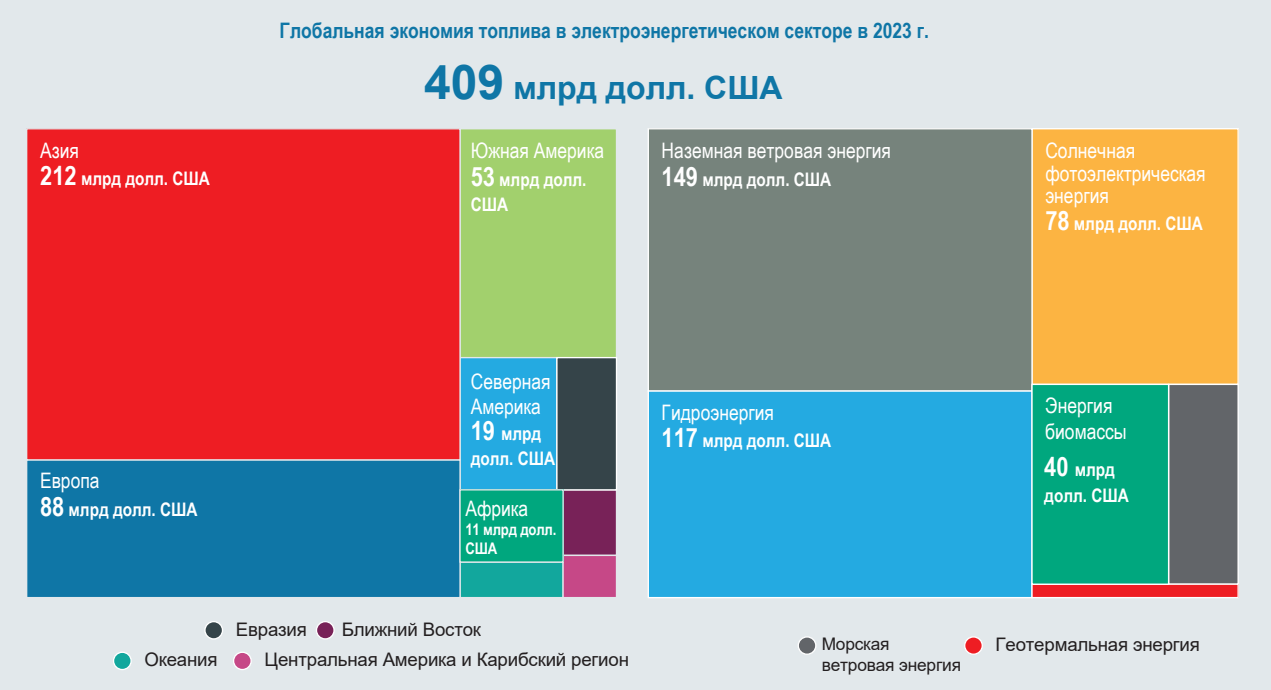
В 2023 году в девяти из 20 стран[3], по которым агентство IRENA располагает подробными данными, конкурентоспособность[4] их промышленных солнечных фотоэлектрических систем повысилась в большей степени, чем снизилась мировая средневзвешенная LCOE. В 2022 году такое улучшение наблюдалось в восьми странах.

В период с 2022 по 2023 год проводилось исследование наземной ветроэнергетической отрасли 19 стран, и в 16 из них конкурентоспособность данной технологии повысилась в большей степени, чем снизилась мировая средневзвешенная стоимость электроэнергии. Наземная ветроэнергетика продемонстрировала бóльшую конкурентоспособность на всех рынках по сравнению с вариантами на основе ископаемых видов топлива.

Возобновляемые источники энергии продолжают обеспечивать экономию затрат на ископаемые виды топлива в электроэнергетическом секторе. Темп повышения конкурентоспособности солнечной и ветровой электроэнергетики оставался позитивным, хотя он и снизился по сравнению с 2022 годом по причине падения цен на ископаемые виды топлива.

Согласно оценкам, в 2023 году электроэнергетические мощности на основе ВИЭ, введённые в эксплуатацию с 2000 года по всему

Рисунок S2. Глобальная экономия затрат на ископаемые виды топлива в электроэнергетическом секторе в 2023 году за счёт мощностей на основе ВИЭ, добавленных с 2000 года



[3] *На рисунке 1.10 представлены подробные данные по следующим 20 странам: Австралия, Аргентина, Бразилия, Вьетнам, Германия, Индия, Индонезия, Италия, Канада, Китай, Малайзия, Мексика, Республика Корея, Соединённое Королевство, США, Турция, Филиппины, Франция, Южная Африка, Япония.*

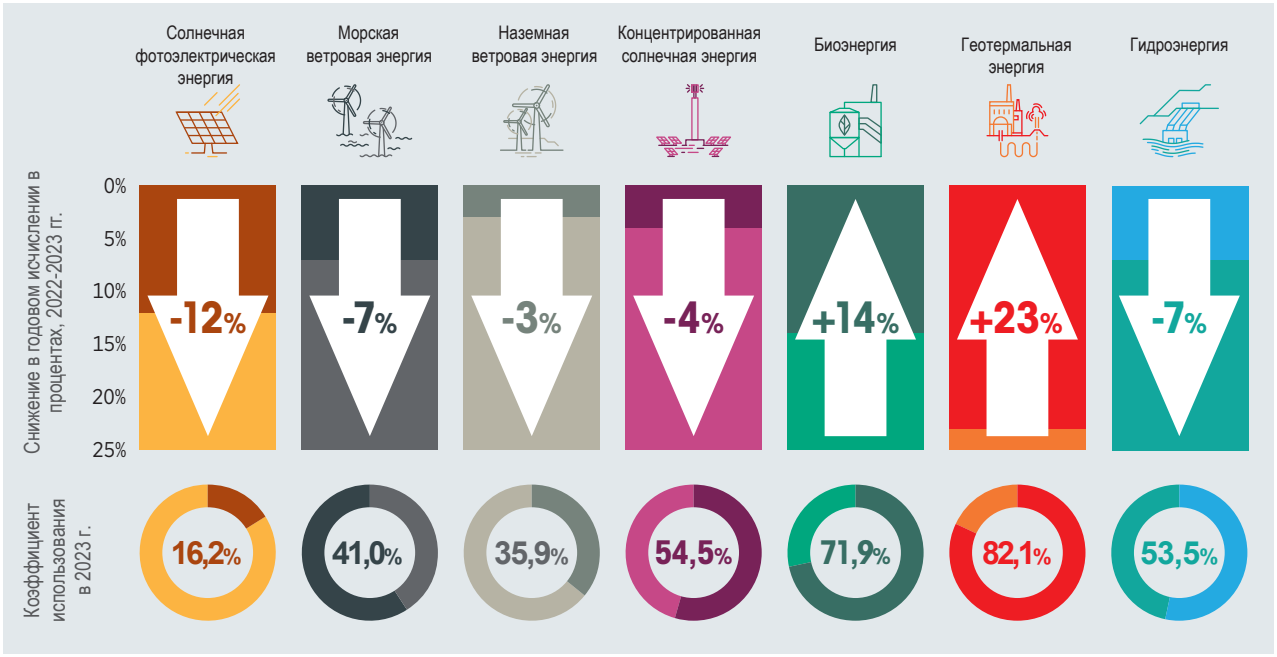
[4] *Агентство IRENA рассчитало показатель конкурентоспособности для 20 стран. Он основан на средневзвешенной стоимости нового ископаемого топлива, рассчитанной на основе данных о капитальных затратах на уровне проекта и базовых ценах на ископаемый газ и угольное топливо для производителей электроэнергии в конкретной стране. Для расчёта показателя конкурентоспособности средневзвешенная нормированная стоимость электроэнергии (LCOE), вырабатываемой на основе ископаемых видов топлива в конкретной стране, вычитается из LCOE для электроэнергии из возобновляемых источников; так что отрицательные значения означают, что LCOE у возобновляемой электроэнергетики ниже, чем у вариантов на основе ископаемых видов топлива.*

миру, обеспечили экономию 409 млрд долл. США за счёт связанных с топливом издержек только в электроэнергетическом секторе (рисунок S3). За период с 2000 по 2010 год наибольший показатель по совокупной экономии затрат был зафиксирован в странах Азии и, согласно оценкам, составил 212 млрд долл. США. В Европе этот показатель составил 88 млрд долл. США, далее шла Южная Америка, где, по оценкам, совокупная экономия составила 53 млрд долл. США.

С разбивкой по технологиям наибольший показатель экономии затрат отмечался в наземной ветроэнергетической отрасли — 149 млрд долл. США. На втором месте находилась гидроэнергетика — 117 млрд долл. США, а на третьем — солнечная фотоэлектрическая энергетика, где экономия составила 78 млрд долл. США.

С 2022 по 2023 год мировая средневзвешенная стоимость с учётом затрат на монтаж новых введённых в эксплуатацию проектов по использованию ветровой энергии на суше упала на 13% — с 1 322 долл. США/кВт до 1 154 долл. США/кВт. За тот же период мировая

Рисунок S3. Сокращение мировой средневзвешенной LCOE и коэффициента использования новых внедрённых промышленных возобновляемых электроэнергетических технологий, 2023 г.



Примечание. Сокращение LCOE в процентном выражении (увеличение или сокращение) по сравнению с предыдущим годом выделено цветом, с нижней (0%) до верхней оценки (25%).

средневзвешенная LCOE таких проектов упала на 3% — с 0,035 долл. США/кВт-ч до 0,033 долл. США/кВт-ч (рисунок S4).

В 2023 году первое место по показателю новых добавленных наземных ветровых мощностей снова занял Китай, его доля в мировом объёме новых мощностей выросла с 50% до 66% по сравнению с предыдущим годом. В результате доля рынков с более высокой стоимостью с учётом затрат на монтаж сократилась по сравнению с 2021 годом. Если исключить Китай, кривая изменения мировой средневзвешенной LCOE наземной ветроэнергетики вырастет на 15%.

В период с 2022 по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE новых введённых в эксплуатацию промышленных солнечных фотоэлектрических систем снизилась на 12% до 0,044 долл. США/кВт-ч. Это было обусловлено 17-процентным снижением мировой средневзвешенной общей стоимости этой технологии с учётом затрат на монтаж: с 908 долл. США/кВт в 2022 году до 758 долл. США/кВт для проектов, реализованных в 2023 году.

В целом общая стоимость с учётом затрат на монтаж в сфере солнечной фотоэлектрической энергетики на крупнейших рынках в

2023 году сократилась. Это было обусловлено упрощением цепочки поставок и снижением уровня товарной инфляции. Наибольшее сокращение стоимости с учётом затрат на монтаж отмечалось в странах Европы: в Греции снижение составило 48%, в Нидерландах — 41%, а в Германии — 29%. На крупнейших рынках наблюдалась та же тенденция, в том числе в Китае (10-процентное снижение), США (4%) и Бразилии (5%). Исключением стала Индия, где в 2023 году был отмечен 7-процентный рост.

На рынке морской ветровой энергии в 2023 году было введено в эксплуатацию 11 ГВт новых мощностей — второй по величине рекорд с 2021 года. На Китай пришлось 65% всех новых добавленных мощностей в сфере морской ветровой энергетики. Стоит отметить, что на фоне доли Китая в объёме новых добавленных мощностей и введённых в эксплуатацию проектов на новых рынках мировая средневзвешенная стоимость электроэнергии новых проектов в 2023 году снизилась на 7% по сравнению с 2022 годом — с 0,080 долл. США/кВт-ч до 0,075 долл. США/кВт-ч.

В период с 2022 по 2023 год мировая средневзвешенная общая стоимость морской ветровой электроэнергии с учётом затрат на монтаж сократилась с 3 478 долл. США/кВт до 2 800 долл. США/кВт, в то время как средневзвешенный коэффициент использования новых введённых в эксплуатацию проектов незначительно снизился — с 42% в 2022 году до 41% в 2023 году.

В 2023 году был завершён только один проект КСЭ. Это привело к тому, что мировая средневзвешенная LCOE для этой технологии снизилась на 4% по сравнению с 2022 годом, до 0,117 долл. США/кВт-ч.

Мировая средневзвешенная LCOE новых введённых в эксплуатацию биоэнергетических проектов по выработке электроэнергии выросла на 14% — с 0,063 долл. США/кВт-ч до 0,072 долл. США/кВт-ч в период с 2022 года по 2023 год.

В сфере геотермальной электроэнергетики в период с 2022 года по 2023 год было реализовано семь проектов; их мировая средневзвешенная LCOE выросла на 23%, до 0,071 долл. США/кВт-ч.

В гидроэнергетике же, напротив, в период с 2022 по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE новых реализованных проектов сократилась на 7%, с 0,061 долл. США/кВт-ч до 0,057 долл. США/кВт-ч. За это же время мировая средневзвешенная общая стоимость гидроэнергетических проектов с учётом затрат на монтаж сократилась на 8%, с 3 053 долл. США/кВт до 2 806 долл. США/кВт.

СУЩЕСТВЕННОЕ СОКРАЩЕНИЕ ЗАТРАТ В СФЕРЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С 2010 ПО 2023 ГОД СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ЗНАЧИТЕЛЬНОМ ТЕМПЕ ДЕФЛЯЦИИ.

С 2010 года затраты в сфере солнечной фотоэлектрической энергетики снижались самыми быстрыми темпами. В период с 2010 года по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE новых реализованных промышленных проектов в сфере солнечной фотоэлектрической энергии снизилась с 0,460 долл. США/кВт-ч до 0,044 долл. США/кВт-ч, т.е. на 90% (рисунок S5). Такое снижение LCOE было в первую очередь обусловлено падением цен на модули. С декабря 2009 года по декабрь 2023 года их цена упала примерно на 93%. В период с 2018 года по 2023 год также наблюдалось значительное снижение административных и проектных затрат (59%), расходов на модули и инвертеры (46%), аппаратное обеспечение (39%) и монтаж (36%). С 2022 года по 2023 год медианные затраты на комплексную эксплуатацию и техническое обслуживание (ЭиТО) промышленных солнечных фотоэлектрических систем также сократились на 5%.

Что касается проектов в сфере наземной ветровой энергетики, здесь в период с 2010 по 2023 год мировая средневзвешенная стоимость электроэнергии упала на 70%, с 0,111 долл. США/кВт-ч до 0,033 долл. США/кВт-ч. Снижение затрат в наземной ветроэнергетике было обусловлено двумя ключевыми факторами: снижением стоимости ветряных турбин и ростом коэффициента использования за счёт совершенствования турбинных технологий.

СТОИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ В 2023 ГОДУ

В период с 2010 по 2023 год цены на ветряные турбины за пределами Китая упали на 41–64%, в зависимости от индекса цен на них, тогда как в Китае цена снизилась на 73% за этот же период. В то же время мировой средневзвешенный коэффициент использования новых введённых в эксплуатацию проектов в сфере наземной ветровой энергетики вырос с 27% в 2010 году до 36% в 2023 году. Это подтверждает, что совершенствование технологии и сокращение затрат обеспечило конкурентоспособность цен на турбинные установки даже в регионах с менее благоприятными ветровыми ресурсами.

В период с 2010 по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE новых введённых в эксплуатацию проектов в сфере морской ветроэнергетики снизилась на 63%, с 0,203 долл. США/кВт-ч до 0,075 долл. США/кВт-ч. В 2010 году в Китае и Европе были реализованы новые проекты в сфере морской ветроэнергетики со средневзвешенной LCOE 0,196 долл. США/кВт-ч и 0,205 долл. США/кВт-ч, соответственно. Впоследствии, в особенности в 2021 году, показатели средневзвешенной LCOE этих двух групп разошлись: средневзвешенная стоимость новых введённых в эксплуатацию проектов в Европе составляла 0,057 долл. США/кВт-ч, что меньше 0,085 долл. США/кВт-ч в Китае за этот же год. В 2023 году средневзвешенная LCOE в Европе выросла до 0,066 долл. США/кВт-ч вследствие завершения ряда более дорогих проектов, в том числе на новых рынках. Однако величина LCOE в Европе оставалась примерно на 6% ниже, чем в китайских проектах, реализованных в 2023 году, где средневзвешенная стоимость составила 0,070 долл. США/кВт-ч. Эта разница обусловлена характером ветровых ресурсов в каждом регионе: скорость ветра в Европе выше, чем в Китае.

Развёртывание КСЭ продолжает стагнировать: в 2023 году было добавлено лишь 300 МВ, а общемировая мощность на конец 2023 года составила 7 ГВт. В период с 2010 по 2023 год мировая средневзвешенная стоимость новых введённых в эксплуатацию проектов на основе КСЭ упала на 70%, с 0,39 долл. США/кВт-ч до 0,117 долл. США/кВт-ч. Несмотря на ежегодные колебания, показатель LCOE для КСЭ быстро падал в период с 2010 года по 2020 год. Однако с 2020 года мировая средневзвешенная стоимость электроэнергии, вырабатываемой по этой технологии, стагнирует в связи с введением в эксплуатацию проектов, которые либо затягивались, либо использовали инновационные проектные решения.

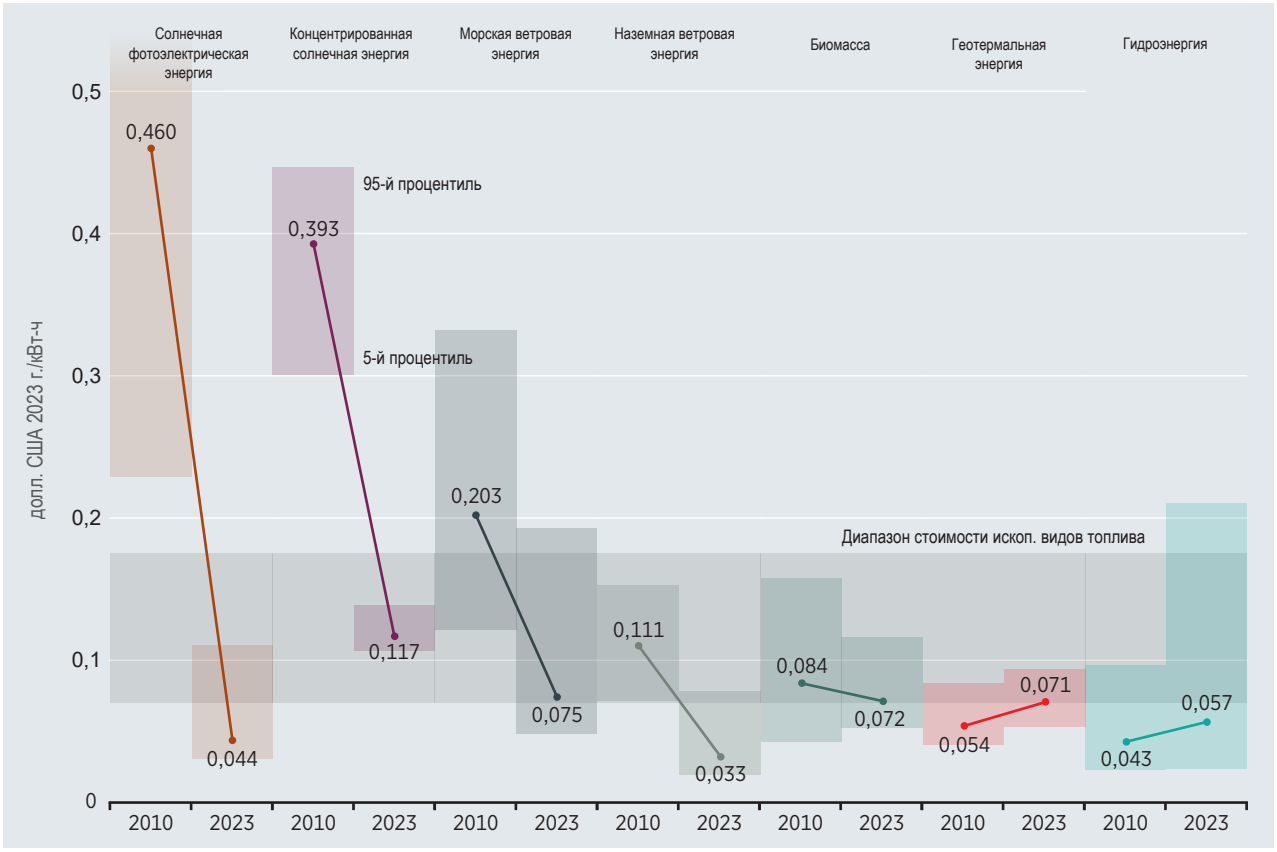
Мировая средневзвешенная LCOE проектов по использованию биоэнергии для электрогенерации в 2023 году составила 0,072 долл. США/кВт-ч, что на 14% выше показателя за 2022 год и на 14% ниже показателя за 2010 год, достигавшего 0,084 долл. США/кВт-ч. Увеличение обусловлено изменением доли на рынке с 2022 года, а именно увеличением доли на более дорогих рынках. Более того, за период с 2010 по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE проектов по использованию биоэнергии для электрогенерации испытывала определённые колебания, без заметных тенденций к повышению или понижению.

Для геотермальных проектов мировая средневзвешенная LCOE в 2023 году выросла на 23% по сравнению с 2022 годом и достигла 0,071 долл. США/кВт-ч. Этот показатель всё ещё находится в пределах диапазона от 0,077 долл. США/кВт-ч до 0,074 долл. США/кВт-ч за период с 2017 по 2021 год.

В период с 2010 по 2023 год мировая средневзвешенная LCOE новых реализованных гидроэнергетических проектов выросла на 33%, с 0,043 долл. США/кВт-ч до 0,057 долл. США/кВт-ч. Этот показатель всё равно был ниже средней стоимости выработки электроэнергии на основе ископаемых видов топлива в 2023 году. С 2022 по 2023 год мировая средневзвешенная стоимость сократилась на 7%. Резкое увеличение стоимости в 2022 году было обусловлено вводом в эксплуатацию ряда проектов, в которых имел место весьма значительный перерасход средств, особенно в Канаде и США.

Что касается аккумулирования электроэнергии, в период с 2010 по 2023 год стоимость аккумуляторного накопления энергии сократилась на 89%, с 2 511 долл. США/кВт-ч до 273 долл. США/кВт-ч. Сокращение стоимости было обусловлено укрупнением масштабов производства, повышением эффективности материалов и усовершенствованием производственного процесса. Более того, годовой прирост мощностей увеличился с 0,1 ГВт-ч полной генерирующей мощности в 2010 году до 95,9 ГВт-ч полной генерирующей мощности в 2023 году, при этом доля Китая составила почти половину (46,5 ГВт-ч) в общем мировом приросте мощностей.

Рисунок S4. Мировая LCOE новых внедрённых промышленных возобновляемых электроэнергетических технологий, 2010 и 2023 год



Примечание. Эти данные приведены для года ввода в эксплуатацию. Жирными линиями показано значение мировой средневзвешенной LCOE отдельных электростанций, введённых в эксплуатацию в течение каждого года. LCOE рассчитывается на основе стоимости конкретного проекта с учётом затрат на монтаж и коэффициентов его использования, в то время как другие предполагаемые показатели, включая средневзвешенную стоимость капитала (WACC), подробно изложены в Приложении I. Серая полоса представляет стоимость производства электроэнергии на основе ископаемых видов топлива в 2023 году, а полосы для каждой технологии и года представляют 5- и 95-процентильные диапазоны для проектов с использованием ВИЭ.

IRENA
International Renewable Energy Agency

www.irena.org

© IRENA 2024