



ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМ ИСТОЧНИКАМ ЭНЕРГИИ

Аллаберенов Чарыгулы

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Безиргенов Максат

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Дурдымырадов Кувват

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Хажиев Режеп

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Джумайев Умыт

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени
Ягшыгелди Какаева
г. Ашхабад Туркменистан

Актуальность темы исследования обусловлена высокой ролью электроэнергетики в мировом социально-экономическом развитии. Надежность и безопасность энергоснабжения является значимым фактором при принятии экономических, политических и социальных решений. Кроме того, тренды развития мировой электроэнергетики оказывают существенное влияние на многие промышленные отрасли, а также на конъюнктуру многих сырьевых рынков.

Несмотря на то, что проблемы развития электроэнергетики, в особенности ее отдельных подотраслей, таких как, возобновляемые источники энергии, накопители энергии, распределенная энергетика находятся в фокусе исследований многих авторитетных российских и зарубежных ученых, проблемы комплексного развития всей мировой электроэнергетики представлены достаточно узко.

Целью статьи является комплексная оценка перспектив развития мировой электроэнергетики в контексте развития возобновляемых источников энергии. Научная новизна исследования заключается в обобщении и актуализации трендов развития мировой электроэнергетики. Гипотеза исследования: под влиянием четвертого энергетического перехода мировая электроэнергетика и ее смежные отрасли подвергаются трансформации.

В статье применены методы статистического анализа, дедукции. Проведен контент-анализ документов, связанных с реализацией энергетической политики в области перспективных направлений развития электроэнергетики развитых и развивающихся стран.

На сегодняшний день электроэнергетика играет важную роль в экономическом развитии любой страны, на нее приходится около 60% спроса на уголь, 40% на газ. Развитие различных технологий в электроэнергетике провоцирует рост спроса на металлы. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), возобновляемые источники энергии и такие сегменты, как линии электропередачи, накопители электроэнергии, электротранспорт, обеспечат до 40% общего мирового объема спроса на медь и редкоземельные металлы, до 60% — на никель и кобальт и почти 90% — на литий.

На современном этапе рынок электроэнергии находится в фокусе нескольких глобальных долгосрочных трендов. Ключевыми из них являются рост спроса на электроэнергию, широкое внедрение цифровых технологий, декарбонизация и децентрализация.

Основным направлением развития мировой электроэнергетики является четвертый энергетический переход, то есть переход от массового использования углеводородов к широкому внедрению возобновляемых источников энергии. При этом, характерной особенностью текущего энергетического перехода является преобладающая роль энергетической политики государств, направленной на сокращение выбросов парниковых газов.

В 2022 году, по данным МЭА, мировое производство электроэнергии составило 28 334 ТВт/ч. Большинство производимой в мире электроэнергии все еще генерируется из ископаемых видов топлива, которые составили 61% общего производства (уголь - 36%, газ - 23%, другие виды ископаемых топлив – 2%). На долю остальных источников, таким образом, приходилось 39% общей генерации, из них первое место занимает гидроэнергетика - 15%, а второе – атомная энергетика (10%). Наиболее значительным изменением в мировом производстве электроэнергии в 2022 году стал рекордный рост доли солнечной и ветровой энергии (на их долю приходится 11% производства электроэнергии), увеличившись на 179 ТВт/ч и 280 ТВт/ч соответственно по сравнению с уровнем 2020 года. В 2022 году также наблюдалось рекордное сокращение доли атомной генерации – почти на 4% по сравнению с предыдущим годом, что связано, в основном, с проблемами с техническим обслуживанием атомных электростанций во Франции, а также закрытием заводов в Германии и Бельгии. С помощью биоэнергетики было произведено 3% мировой электроэнергии, а на другие возобновляемые источники пришлось 0,4% общего объема генерации. Доля ископаемого топлива в мировом производстве электроэнергии снизилась примерно с 65% в 2018 году до 61% в 2022 году, что отражает быстрый рост использования солнечной энергии и ветра в производстве электроэнергии за последнее десятилетие. Основные показатели производства электроэнергии в мире и прогнозные данные на 2030 и 2050 годы представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Фактические и прогнозные данные по мировому производству электроэнергии

	2010	2020	2022	2030	2050	2022,%	2030,%	2050,%
Общий объем генерации (ТВт/ч)	21 414	26539	28272	34 748	49 574	100%	100%	100%
ВИЭ, в том числе:	4 164	7 430	7 946	14 838	31 639	28%	43%	65%
СЭС	32	824	1003	4 011	12 188	4%	12%	25%
ВЭС	342	1 597	1870	4604	10691	7%	13%	22%
ГЭС	3449	4343	4327	5078	6809	15%	15%	14%
Биоэнергетика	341	666	746	1145	1951	3%	3%	4%
АЭС	2756	2673	2776	3351	4260	10%	10%	9%
ТЭС, в том числе:	14494	16436	17435	16324	12862	61%	47%	26%
уголь	8670	9439	10201	9044	5892	36%	26%	12%
Природный газ	4855	6333	6552	6848	6658	23%	20%	13%
нефть	969	664	682	432	312	2%	1%	1%

екущие рыночные условия, а именно рост цен на газ, нефть и уголь также являются движущей силой изменений. С одной стороны, резкий рост цен на газ в некоторых случаях привел к временному возвращению к производству электроэнергии на угле, но также он вызвал стремление некоторых стран усилить поддержку возобновляемой энергетики и ускорить достижение углеродной нейтральности.

Технологии накопления электроэнергии очень разнообразны и используют различное множество физико-химических процессов. При этом, они различаются по принципу хранения энергии: электрические, механические и химические. К электрическим относят в основном конденсаторы, суперконденсаторы и сверхпроводниковые магнитные аккумуляторы, к механическим относятся гидроаккумулирующие электростанции и супермаховики, а к химическим относят аккумуляторные батареи и топливные элементы.

В течение долгого времени гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС) остаются единственной освоенной технологией аккумулирования электроэнергии. ГАЭС преобразуют электроэнергию в потенциальную энергию запаса воды, которая используется в качестве обычной гидроэлектростанции в нужное время. При этом, ГАЭС являются системно-ориентированными накопителями, крупнейшие ГАЭС расположены в США (Бат Каунти мощностью 3033 МВт, Лудингтон мощностью 1872 МВт), Китае (Хойчжоу мощностью 2448 МВт, Гуандун мощностью 2400 МВт), России (Загорская мощностью 2040 МВт), Японии (Окутатараги мощностью 1932 МВт), Франции (Плотина Гранд Мезон мощностью 1800 МВт, Великобритания (Динорвиг мощностью 1728 МВт).

Однако для нового поколения технологий производства и небольших потребителей требуются распределенные системы накопления, позволяющие обеспечивать управляемую выдачу мощности преимущественно от ветровых и солнечных электростанций.

В целом, по оценке Bloomberg, суммарная емкость накопителей электроэнергии (за исключением ГАЭС) к 2024 г. составит 81 ГВт/ч, увеличившись в 16 раз по сравнению с уровнем 2022 г. (5 ГВт/ч), однако это все же по-прежнему будут очень незначительные объемы относительно общего производства электроэнергии на базе ветровых и солнечных электростанций.

Отдельно стоит отметить перспективы развития водородных топливных элементов. Водород, используемый в топливных элементах, обладает значительным потенциалом для обеспечения чистой, эффективной и возобновляемой энергии.

При этом ключевым фактором успеха является не только научно-техническое развитие технологий водорода, но и правильно сформулированная государственная политика, способствующая развитию водородной энергетики. С каждым годом водород все больше рассматривался как ключевой элемент в стремлении к углеродной нейтральности во многих странах. ЕС, Китай, Япония и другие крупные экономики объявили о своих планах по увеличению производства и использования водорода.

Другим важным трендом развития мировой электроэнергетики является цифровизация. Главное преимущество этого процесса - возможность максимально точного, детального контроля за энергосетями, осуществляемого в реальном масштабе времени. Этот подход дает возможность существенно оптимизировать энергопотребление, повысить эффективность и безопасность использования существующей энергетики, создавать сложные многоуровневые энергосети, системы когенерации энергии и внедрять ВИЭ

Одним из ключевых направлений цифровой трансформации в электроэнергетике можно назвать создание «цифровых двойников». «Цифровой двойник» — это виртуальный прототип реальных производственных активов (скважины, турбины, энергетической установки, подстанции и т.д.). Такие технологии позволяют менять параметры работы оборудования в цифровой модели и вносить улучшения гораздо быстрее и безопаснее, чем при экспериментах на реальных объектах.

Другим важным направлением цифровизации в электроэнергетике является массовое внедрение технологий интеллектуального учета (Smart Metering). Смарт-счетчики позволяют энергоснабжающим компаниям управлять потреблением энергии на основе реального времени и получать данные о потреблении от каждого дома. Это помогает снизить нагрузку на энергосистемы в периоды пикового спроса и улучшить эффективность энергоснабжения. По данным Еврокомиссии в 2022 году в регионе ЕС + Великобритания насчитывалось почти 163 миллиона интеллектуальных электросчетчиков, то есть на них перешли более 56% потребителей электроэнергии. Планируется, что к 2024 году в ЕС будет установлено около 225 миллионов интеллектуальных счетчиков электроэнергии и 51 миллион – газа, то есть почти 77% европейских потребителей будут использовать смарт-счетчики. Стоимость установки интеллектуального счетчика в ЕС составляет в среднем от 180 до 200 евро, при этом они обеспечивают экономию в размере 230 евро для газа и 270 евро для электричества на одну точку учета.

Исследование зарубежных практик компаний *Enel*, *Iberdrola*, *EDF* и *E.ON* показывает, что внедрение цифровых технологий позволяет повысить энергетическую безопасность систем и может обеспечить повышение надежности электросетей на 70%, увеличение энергоэффективности на 15 % и снижение аварийности до 30%.

Согласно оценкам Bloomberg размер рынка цифровых технологий в энергетике оценивается в пределах \$54 млрд и в ближайшие 5 лет будет увеличиваться.

Отказ от ископаемого топлива и переход на электрический транспорт, стремительный рост телекоммуникационной отрасли, рост уровня жизни - все эти факторы формируют быстро увеличивающийся спрос на электроэнергию. Этот фактор является основой для различных технологических решений развития энергетических систем. Развитие малой распределённой генерации лежит в основе концепции децентрализованного развития энергетики.

Использование технологий малой распределенной энергетики позволяет снизить стоимости электроэнергии для промышленных предприятий во многих странах, а возможность работы оборудования на разных видах топлива позволяет устанавливать такие объекты на территориях с обширной географией и различными климатическими условиями.

К основным факторам увеличения темпов роста рынка малой генерации можно отнести: значительный рост стоимости тарифов на генерацию и распределение, дорогостоящее и длительное технологическое присоединение, необходимость замены устаревшего оборудования и удаленное расположение потребителей.

Малая распределенная энергетика представляет собой различные технологии, которые вырабатывают электроэнергию вблизи места потребления. При этом, распределенная генерация может обслуживать как одного единственного потребителя (домашнее хозяйство или предприятие) так и может быть частью микросети (меньшая сеть, которая также подключена к более крупной системе подачи электроэнергии), например, на крупном промышленном объекте, военной базе или в кампусе крупного университета. При подключении к распределительным линиям низкого напряжения электросетевого предприятия распределенная генерация может помочь обеспечить поставку чистой и надежной электроэнергии дополнительным потребителям и снизить потери электроэнергии на линиях передачи и распределения.