

**Коновалов Юрий Васильевич,**

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: yrvaskon@mail.ru

**Буякова Наталья Васильевна,**

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: bn\_900@mail.ru

**Малинин Николай Константинович,**

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
обучающийся группы ЭЭ-22-1, e-mail: nikolaymalinin@gmail.com

**Терехова Анна Андреевна, Хухрянская Александра Сергеевна,**

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
обучающиеся группы ЭЭ-22-1, e-mail: annaandreevnaterehova@mail.ru

**Марченко Дмитрий Александрович,**

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
обучающийся группы ЭЭ-23-1, e-mail: d.mch@rambler.ru

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Konovarov Yu.V., Buyakova N.V., Malinin N.K., Terekhova A.A., Khukhryanskaya A.S.,  
Marchenko D.A.**

## **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF WORLD ENERGY IN THE MODERN CONDITIONS**

**Аннотация.** Рассмотрены тенденции развития мировой энергетики в современных условиях при внедрении широкого комплекса энергоэффективных технологий в связке с цифровизацией всех этапов производства, передачи и преобразования электрической энергии.

**Ключевые слова:** тенденции развития мировой энергетики, современные условия, энергоэффективные технологии, цифровизация.

**Abstract.** The trends in the development of global energy in modern conditions are considered with the introduction of a wide range of energy-efficient technologies in conjunction with the digitalization of all stages of production, transmission and conversion of electrical energy.

**Keywords:** global energy development trends, modern conditions, energy efficient technologies, digitalization.

В настоящее время быстрыми темпами происходит внедрение широкого комплекса энергоэффективных технологий в связке с цифровизацией всех этапов производства, передачи и преобразования электрической энергии. При этом наблюдается замедление темпов роста энергопотребления за счет роста энергоэффективности у потребителей в процессах преобразовании энергии, но не уменьшается потребление электроэнергии в целом, и даже наблюдается ее рост в связи с расширением и развитием производств в мировом масштабе.

В мировом масштабе глобальное потребление электрической энергии к 2040 г. увеличится на 17-27 %. При этом наблюдается тенденция, что развитые страны преимущественно сокращают энергопотребление, а развивающиеся – наращивают [1, 2].

Вклад нетопливных (безуглеродных) источников энергии вырастет с 19 % в 2015 г. до 25-31% к 2040 г. в зависимости от сценария, которые можно определить как консервативный и инновационный. Ископаемые топлива до 2040 г. останутся преобладающими в структуре мирового энергопотребления, но на горизонте 2050-2060 годов это доминирование уже может быть утрачено.

Углубление электрификации всех секторов потребления будет стимулировать опережающий спрос на электроэнергию во всех регионах для обоих сценариев. За прошедшую четверть века наибольший прирост в абсолютном выражении показала угольная генерация. Однако в перспективе безусловным лидером по абсолютным объемам увеличения выработки будут нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ).

От 43% до 71% прироста производства электроэнергии обеспечат возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Сильнее всего к 2040 г. снизит свою роль в генерации уголь (с 39% до 22-29%). Доля газа увеличится с 23% до 25-27%, но самые значительные перемены продемонстрируют НВИЭ, которые нарастят свой вклад с 7% до 21-26% к 2040 г.

Возобновляемые источники энергии в настоящее время обеспечивают около 15% мирового первичного энергопотребления, но при этом 13% – это гидроэнергия и традиционная биомасса, а доля НВИЭ лишь 2%

За последние 10 лет НВИЭ показали впечатляющую динамику: мощности ветроэнергетики выросли в 6 раз, а солнечной энергетики – в 8 раз. В перспективе до 2040 г. НВИЭ продемонстрируют самые высокие темпы роста – 6,3-8,3% в год в зависимости от сценария.

Наиболее диверсифицировано использование ВИЭ будет в электроэнергетике. Если для развивающейся Азии и ближнего востока основные перспективы связаны с солнечной энергетикой, то в северной Америке и Европе – с ветряной. А в Африке и южной и центральной Америки ключевую роль продолжит играть биомасса.

Наблюдается существенная корректировка стратегий по развитию атомной энергетики в различных странах. Растет число государств, планирующих сокращать количество энергоблоков и объемы производства. Одной из ключевых проблем атомной энергетики остаются решения по старым энергоблокам. Странам организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) не всегда удастся заменять действующие мощности на новые, для многих государств не входящих в ОЭСР этот вопрос будет еще не актуален 20-30 лет. Достаточно остро стоит вопрос об использовании украинских реакторов.

К 2035 г. производство электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС) развивающихся стран превысит объемы в развитых. Наибольшие объемы прироста мощностей АЭС ожидаются в Китае и Индии. Только в консервативном сценарии прирост спроса в странах, не входящих в ОЭСР превысит

снижение этого показателя в странах ОЭСР, что приведет к общему росту мирового потребления.

Рост энергетической эффективности транспортных средств к 2040 г. уже в консервативном сценарии обеспечивает сокращение спроса на нефть на 600 млн. т. В инновационном еще на 300, а переключение на альтернативные топлива обеспечивает к 2040 г. вытеснение еще от 300 до 925 млн. т. нефти в зависимости от сценария [3, 4].

В Европе и США стоимости владения электромобилем и машиной с двигателем внутреннего сгорания уже сравнялись, в Китае владеть электромобилем даже дешевле. Ключевой вопрос – насколько быстро паритет в стоимости владения будет достигнут в развивающихся странах Азии.

Легковые автомобили - крупнейший, но не единственный сегмент транспорта, где происходит электрификация. Учет двух и трехколесных транспортных средств критически важен при прогнозировании спроса на энергию, в первую очередь из-за их высокой доли в транспортном парке развивающихся стран. К 2040 г. доля нефтяных топлив в транспортном секторе может сократиться до 40%. Рост конкурентоспособности электромобилей, а как следствие – их доли в общем автопарке, влияет не только на потребление нефтепродуктов, но и на перспективы потребления других топливных альтернатив транспортного сектора.

Проекты по разработке нефти низкопроницаемых коллекторов в перспективе до 2040 г. выигрывают у традиционных. Тяжелые нефти и сверхлегкие нефти низкопроницаемых коллекторов взаимно дополняют друг друга на стадии переработки и совместно конкурируют с традиционными производителями. Мировая нефтепереработка будет вынуждена адаптироваться как к изменениям со стороны спроса, так и со стороны предложения. Импорт на американском рынке почти исчезает, а в Европе сокращается. Цены на нефть в среднесрочном периоде преимущественно определяются политическим фактором.

Соглашения, заключаемые ОПЕК (Organization of the Petroleum Exporting Countries) - хороший инструмент поддержания благоприятного уровня цен нефти на рынке в среднесрочной перспективе, но в долгосрочной перспективе он может привести к ухудшению условий работы нефтеэкспортеров. В долгосрочном периоде цены нефти в сценариях варьируются в широком диапазоне, но практически не видно предпосылок, чтобы цены поднимались выше уровня консервативного сценария.

Газ единственный из ископаемых топлив увеличит долю в мировом энергопотреблении с текущих 22% до 25-27% к 2040 г. В консервативном сценарии мировой спрос на газ в 2040 г. достигнет 5,15 трлн. м<sup>3</sup> (абсолютный прирост более чем на 1,5 трлн. м<sup>3</sup>), в инновационном сценарии объемы потребления газа к 2040 г. превысят 5,34 трлн. м<sup>3</sup>. В ответ на рост спроса мировая добыча газа к 2040 г. увеличится на 39-48 % до 4,9-5,3 трлн. м<sup>3</sup>.

Предложение газа диверсифицируется как географически, так и по видам. Наиболее быстрыми темпами добыча сланцевого газа, в основном в США, будет увеличиваться (до 700 млрд. м<sup>3</sup>) в период до 2025 г. Затем темпы роста добычи в США заметно снизятся, а мировая добыча сланцевого газа будет расширяться за счет других стран до 100 млрд. м<sup>3</sup>. Прогнозируется увеличение добычи в Канаде. Мексика и Аргентина добавят более 50 млрд. м<sup>3</sup> к общим объемам добычи, чуть более 100 млрд. м<sup>3</sup> – страны Азии во главе с Китаем.

Экспорт сжиженного природного газа (СПГ) будет расти опережающими темпами, и его доля в международной торговле газом достигнет к 2040 г. 60-65%. Приняты инвестиционные решения по новым проектам более чем на 88 млн. т производственных мощностей, при успешном вводе которых мировые объемы производства увеличатся еще на 21 % уже в 2024 г. В течение ближайшего времени ожидается рассмотрение новых проектов ещё примерно на 102 млн. т.

Ценовая зависимость газового рынка от нефтяного постепенно исчезает. Потребление газа характеризуется все большей неравномерностью из-за сочетания сезонного спроса на электроэнергию и тепло, а также сезонного и дневного дисбаланса, формируемого использованием ВИЭ. В результате цены газа обретают явную сезонную окраску и становятся все более волатильными.

Для большинства стран мира уголь – вынужденный выбор, когда отсутствуют другие более экономически и экологически приемлемые альтернативы. В период до 2030 г. во всех сценариях мир пройдет пик потребления угля. Китай будет сокращать использование угля, но другие развивающиеся страны Азии продолжают наращивать его потребление. Азиатский рынок укрепляет свой статус главного мирового центра потребления угля. Объемы торговли и цены на рынке будут зависеть, прежде всего, от действий двух игроков – Индии и Китая, что делает весь рынок очень неустойчивым и зависимым от точечных политических решений. Ожидать существенного роста цен на уголь не проходит. Китай на протяжении всего прогнозного периода останется как крупнейшим производителем, так и крупнейшим потребителем энергоресурсов в мире. За ним следуют США (второе место по объемам производства и потребления). Третье место в производстве во всех сценариях сохранится за Россией.

В обоих сценариях до 2040 г. мир проходит пик выбросов CO<sub>2</sub>, связанных с антропогенной энергетикой. Страны ОЭСР сократят выбросы на 17-33% в зависимости от сценария, а в странах, не входящих в ОЭСР выбросы вырастут на 7-27%.

Применительно к России наблюдаются следующие тенденции [5, 6].

После пика в 2024-2028 годов суммарный экспорт энергоресурсов начнет снижаться, рост экспорта газа частично компенсирует снижение объемов вывоза жидких углеводородов. Но переход на более сложные условия добычи угле-

водородов неизбежно приведет к необходимости расширения льгот и снижения налоговой нагрузки, следствием чего станет уменьшение выплат в бюджет.

Без осуществления мер по адаптации Россия неминуемо замедлит темпы роста экономики в обоих сценариях. Суммарная потребность страны в первичных энергоресурсах увеличится по сравнению с 2018 годом в 2040 году на 12–13 %.

В России, как и во всем мире, будет идти опережающая электрификация экономики. Самые высокие темпы роста выработки покажут НВИЭ. Но основой российской электроэнергетики останутся тепловые электростанции (около 62–65 % от общего производства электроэнергии в 2040 г.)

Доля в производстве электроэнергии увеличится к 2040 г. с менее чем 1 % до 2,5–6 % в зависимости от сценария. Среди НВЭИ основной потенциал в России имеют солнечные и ветряные электростанции, а также тепловые электрические станции (ТЭС) на биомассе и отходах. Заметный вклад могут внести и незаслуженно забытые малые гидроэлектростанции (ГЭС).

Ключевые производственные показатели нефтяной отрасли снижаются по обоим сценариям. После 2024 года потребуются существенный прирост ресурсной базы за счет внедрения новых технологий и новых запасов. Спад переработки в текущих регуляторных условиях даже опередит спад добычи. В современных условиях Россию ожидает снижение валового объема экспорта нефти и нефтепродуктов. Ожидается, что к 2040 г. объем экспорта нефтяного сырья на внешние рынки составит всего 215 млн. т только из-за сокращения мирового спроса на нефть и нефтепродукты, даже без учета реалий настоящего время.

Рост конкуренции на газовом рынке и межтопливной конкуренции в совокупности с неопределенностью спроса на отдельных рынках предопределяют значительные сценарные расхождения в части прогнозируемых экспортных возможностей. Восточные регионы смогут обеспечить только 20% добычи к 2040 г., несмотря на хороший потенциал для экспорта.

Основным ограничением дальнейшего роста добычи является емкость внешнего рынка и конкурентоспособность по цене. В зависимости от глобальных сценариев, в перспективе до 2040 г. возможен как рост экспорта в страны азиатско-тихоокеанского региона (АТР), ближнего востока и Африки, так и сокращение экспорта угля не только на европейском, но и в азиатском направлении.

Под влиянием изменения конъюнктуры мировых энергетических рынков роль топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в экономике России продолжит снижаться с 20–23% до 14–17%.

Снижение энергоемкости – ключевой фактор адаптации России к трансформации мировой энергетики и современных условий. Реализация экономически оправданных в условиях России мер интенсификации энергосбережения

позволит с учетом мультипликативных эффектов увеличить внутренний валовой продукт (ВВП) страны на 30% к 2040 г.

Заключение. Основное направление развития мировой энергетики уже видно: под влиянием изменений в энергополитике и развития новых технологий, мир входит в этап перехода к широкому использованию возобновляемых источников энергии и вытеснению ископаемых видов топлива. Однако темпы этих изменений и скорость перехода связаны с высокой неопределенностью.

Рост мирового первичного энергопотребления существенно замедлится к 2040 г., в том числе за счет энергоэффективности.

Быстрое развитие ВИЭ позволит им уже к 2040 г. обеспечивать 35-50% мирового производства электроэнергии и 19-25% всего энергопотребления. Из ископаемых топлив только газ сможет нарастить свою долю в мировом энергобалансе с 22% до 24-26%. Уголь снизит свою долю с 28% до 19-23%.

Мир так и не дождется широко анонсированных пиков производства ископаемых топлив из-за исчерпания запасов. Пики приходят, но причиной становятся ограничения вовсе не на стороне добычи, а на стороне спроса. Вслед за угольным пиком уже приближается пик потребления нефти.

От 870 до 1800 млн. т потенциального потребления потеряет нефтяной рынок из-за роста эффективности транспортных средств и распространения транспорта на альтернативных источниках энергии. Главной альтернативой становится электротранспорт.

Мир вошел в эпоху широкой технологической и межтопливной конкуренции. Для всех сфер потребления появляется много перспективных конкурирующих между собой решений, готовых при росте цен доминирующего топлива оперативно предложить альтернативу и отвоевать рынок

Электроэнергетика стремительно преобразуется. Быстро развивается децентрализованная генерация, потребители из пассивных превращаются в активных игроков системы, идет энергичный поиск решений в области накопления электроэнергии и начинается трансформация электроэнергетических рынков.

Электромобили сжимают нефтяной рынок, но дают новый импульс спросу на электроэнергию. Это открывает дополнительные возможности для источников ее производства.

Бюджетные поступления России от экспорта энергоресурсов неизбежно будут снижаться. Рост экспорта газа частично компенсирует снижение объемов вывоза жидких углеводородов. Но переход на более сложные условия добычи углеводородов неизбежно приведет к необходимости расширения льгот и снижения налоговой нагрузки, следствием чего станет уменьшение выплат в бюджет.

Трансформация энергетики и снижение бюджетных поступлений от экспорта ведут к уменьшению вклада нефтегазового сектора, являющегося важнейшей составляющей экономики России. Но именно ТЭК и происходящие в

нем преобразования могут дать стране новый импульс для развития и роста ВВП за счет реализации огромного потенциала энергосбережения и создания дополнительного спроса на промышленную продукцию для модернизации ТЭК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. Институт энергетических исследований РАН. Аналитический центр при Правительстве РФ [Электронный ресурс] URL: <https://www.hse.ru/data/2014/01/23/1325658082/prognoz-2040.pdf> (обращение 08.04.2024 г.).

2. **Горячева А.О., Грушевенко Е.В.** Оценка влияния потенциальных шоков на мировой нефтяной рынок с использованием модели WOM // Нефть, газ и бизнес № 5, 2013. С. 37-42.

3. **Грушевенко Е.В., Грушевенко Д.А.** Нетрадиционная нефть: перспективы и развитие. ТЭК. Стратегии развития. 2012, № 1, с. 58-63

4. **Жуков С.В., Золина С.А., Копытин И.А., Sinitsyn M., Рева А.Р., Крамской М.В.** Мировой рынок нефти в процессе перемен. ИМЭМО РАН М.: 2017. 82 с.

5. **Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А.** Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России. // Экономический журнал ВШЭ, № 2, 2012 г. С. 172-204.

6. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [Электронный ресурс] URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4lgsApssm6mZRb7wx.pdf>. (обращение 08.04.2024 г.).