

# Прогноз развития энергетики мира и России до 2050 года

Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Галкина А.А.

**Кулагин Вячеслав Александрович** — заведующий отделом исследования энергетического комплекса мира и России ИНЭИ РАН.

SPIN-РИНЦ: 4140-6845  
ORCID: 0000-0001-8847-8882  
Researcher ID: Z-5621-2019  
Scopus Author ID: 56274242400

**Грушевенко Дмитрий Александрович** — старший научный сотрудник ИНЭИ РАН.

SPIN-РИНЦ: 7801-4079  
ORCID: 0000-0002-8660-2576  
Researcher ID: AAD-4257-2019  
Scopus Author ID: 57039179500

**Галкина Анна Александровна** — старший научный сотрудник ИНЭИ РАН.

SPIN-РИНЦ: 2474-7057  
Researcher ID: M-9885-2013  
Scopus Author ID: 56607057900

**Для цитирования:** Кулагин В.А., Грушевенко Д.А., Галкина А.А. Прогноз развития энергетики мира и России до 2050 года // Современная мировая экономика. Том 2. 2024. №1(5).

**DOI:** <https://doi.org/10.17323/2949-5776-2024-2-1-6-22>

**Ключевые слова:** энергетические рынки, долгосрочное прогнозирование, спрос на энергию, рынки нефти и газа, возобновляемые источники энергии.

## **Аннотация**

В статье представлены основные результаты выполненного ИНЭИ РАН сценарного прогноза развития энергетики мира и России до 2050 года. Рассмотренные сценарии не нормативные, а дескриптивные — они показывают развитие мировой энергетики при заданных предпосылках.

В рамках исследования выполнены прогнозы объемов и структуры энергопотребления стран и регионов мира по видам энергии и секторам конечного потребления, производства электроэнергии, выбросов парниковых газов, объемов добычи энергоресурсов, мировой торговли и цен топлив.

На фоне замедления экономического роста (в 1,4–1,8 раз в 2022–2050 гг. в сравнении с 1990–2021 гг.) и замедления роста численности населения (в 2 раза от уровня 2021 г.) во всех рассмотренных сценариях ожидается сокращение темпов роста потребления первичной энергии (в 2,5–3 раза) и электроэнергии (в 1,3–2,5 раза). Наиболее значительные приросты объемов потребления энергоресурсов обеспечат развивающиеся страны Азии, где в прогнозном периоде будут самые высокие темпы роста душевого ВВП.

Стремительно трансформируется электроэнергетика, где доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и атомной энергии к концу прогнозного периода увеличится до 57–70%. Постепенно электрифицируются секторы конечного потребления энергии. Начинается эпоха активной межтопливной конкуренции в транспортном секторе. Из ископаемых топлив только газу удастся показывать относительно стабильную долю в мировом энергобалансе с растущими объемами потребления; доли угля и нефти будут сокращаться. Мировые выбросы парниковых газов от сжигания топлив, включая биотопливо, без учета улавливания и захоронения, пройдут пик во всех рассмотренных сценариях в середине прогнозного периода. Во многом к 2050 г. энергоемкость мировой экономики, удельные выбросы энергетики, прогресс в достижении Целей устойчивого развития, включая уровень энергетической бедности, будут определяться способностью государств координировать усилия между собой, а также политикой в области торговых барьеров и технологического трансфера.

Расширение использования ВИЭ с нестабильной выработкой в электроэнергетике приведет к росту волатильности цен на газ и уголь и повышению потребности в системах резервирования и накопления электроэнергии. Ключевыми производителями нефти и газа в мире останутся Ближний Восток, Северная Америка и СНГ, суммарно обеспечивая свыше 70% мировой добычи.

## **Введение**

Мировая энергетика входит в новый этап своего развития, который будет характеризоваться несколькими ключевыми особенностями:

- активной конкуренцией на межтопливном уровне и внутри каждого производственного сегмента, что будет стимулироваться быстрым научно-технологическим прогрессом (НТП);
- увеличением воздействия на энергетiku со стороны государственной энергетической политики и регулирования выбросов, которые влияют на приоритеты в выборе решений по энергоснабжению и на торговые потоки;

- переходом от монотопливных рынков отдельных энергоресурсов к единому энергетическому рынку с высокой взаимозависимостью между источниками энергии;
- изменением структуры энергобалансов с электрификацией секторов конечного потребления и расширением использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), особенно в электроэнергетике.

Работа мировой энергетики будет достаточно сильно зависеть от геополитики, которая определит возможности в трансфере технологий, наличие ограничений в торговых потоках, способность вырабатывать совместные подходы к регулированию рынков.

От корректного определения перспективных изменений в энергетике зависит эффективность принимаемых сегодня решений по инвестициям в объекты ТЭК, направлениям НИОКР, заказу на подготовку специалистов, задачам развития одних территорий и перепрофилирования других.

Описанные в статье результаты исследования позволяют определить характер трансформации энергетики до 2050 г. в различных экономических, технологических и геополитических условиях развития.

## 1. Сценарные предпосылки и методология расчетов

Представленный в работе долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России выполнен Институтом энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН) с использованием собственного постоянно развивающегося модельного инструментария, который совмещает различные экономико-математические методы, включая эконометрический, кластерный анализ, оптимизационное, имитационное и многокритериальное моделирование. Оптимизационные модели по топливным рынкам детализованы более чем по 200 узлам, содержат информацию о свыше 2000 месторождений и групп месторождений углеродных топлив, а также об объектах переработки, транспортной инфраструктуры. В них целевая функция основана на минимизации затрат на удовлетворение мирового спроса, и более чем по 5000 маршрутов рассчитываются поставки энергоресурсов [Грушевенко 2023; Системные исследования в энергетике... 2018; Перспективы развития мировой энергетики... 2020].

В прогнозе рассмотрены три сценария развития мировой энергетики, в которых, кроме экономического роста, приоритетов госэнергополитик и хода НТП, учитываются условия торговли. Более мотивированными к повышению торговых барьеров (например, в виде пограничного компенсационного углеродного механизма) в настоящее время преимущественно являются развитые страны [Макаров 2023]. В сценарии *Туман* предполагается, что мировая торговля продолжает вестись с определенными ограничениями, вопросы глобального развития являются второстепенными, усилия по развитию международного регулирования низкопродуктивны, в климатической политике страны преимущественно исходят из собственных интересов. Трансфер технологий ограничен. Основным приоритетом энергетической политики является доступность энергии (экономическая и физи-

ческая). Цены  $\text{CO}_2$  в развитых странах повышаются низкими темпами и к 2050 г. составляют 120–135 долл. 2023/т, в развивающихся — 35–60 долл. 2023/т. В сценарии *Раскол* формируются существенные торговые ограничения между двумя полюсами, внутри которых торговля ведется без ограничений. Часть стран остается вне полюсов. Цены  $\text{CO}_2$  в развитых странах к 2050 г. составляют 100–150 долл. 2023/т, в развивающихся странах остаются на нулевых отметках. В сценарии *Ключ* государствам удастся найти механизмы, которые позволяют выходить на согласованные действия по вопросам глобального развития, включая климатические. Цены  $\text{CO}_2$  в развитых странах к 2050 г. составляют 180–200 долл. 2023/т, в развивающихся — 70–150 долл. 2023/т [Прогноз развития энергетики мира и России 2024]

Для всех сценариев принят единый прогноз численности населения — средний сценарий прогноза ООН [UN 2022], по России — средний сценарий демографического прогноза Росстата до 2046 г. с продлением [Росстат 2023].

Предполагаются достаточно сдержанные темпы экономического роста: на уровне 1,9% в сценарии *Туман*, 2,2% в сценарии *Раскол* и 2,5% в сценарии *Ключ* в перспективе до 2050 г., что соответствует замедлению в 1,4–1,8 раз в сравнении с предыдущим 30-летним периодом (в 1990–2021 гг. мировая экономика росла в среднем на 3,5% в год, в 2023 г. — на 3%). В некоторых исследованиях, выполненных, например, Всемирным банком [Kose et al. 2024] и МВФ [Bolhuis et al. 2023] указывается на риски еще большего замедления мировой экономики уже до конца этого десятилетия, а также моделируются потери экономического роста, связанные с возможной фрагментацией мировой экономики.

В расчетах была использована статистика МВФ по ВВП [IMF 2023], энергетическая статистика МЭА [IEA 2023], национальная статистическая отчетность стран, агрегированная в базах данных модельного комплекса.

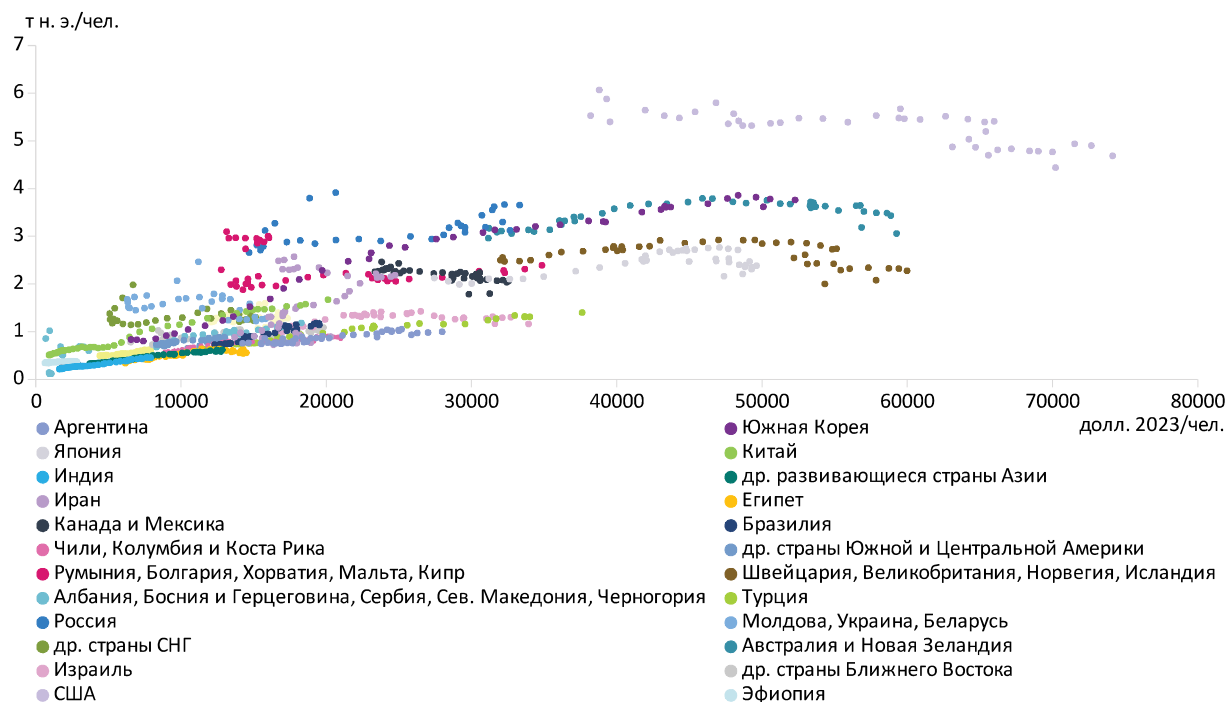
## 2. Основные результаты сценарных расчетов долгосрочного развития энергетики мира и России

### Потребление энергии в конечных секторах

Стремительное технологическое развитие постоянно преобразовывает все сферы энергетики, включая сегменты конечного потребления. Решения для этого сектора становятся удобнее, эффективнее, экологичнее и легче управляемыми, общим трендом становится электрификация. Удешевление технологий накопления электроэнергии позволит дополнительно стимулировать ее использование конечными потребителями. Объем энергопотребления при этом коррелирует с уровнем благосостояния: душевое потребление конечной энергии склонно повышаться по мере роста душевого ВВП, далее проходит пик и сокращается (см. рисунок 1 на с. 10). Многие страны ОЭСР прошли пик душевого потребления конечной энергии на довольно высоких уровнях душевого ВВП (40–50 тыс. долл. 2021/чел.) и уровнях душевого потребления конечной энергии (3–6 т н.э./чел.). Развитие технологий позволяет другим государствам проходить насыщение на более низком уровне. Но, учитывая что уровень душевого ВВП в странах, не входящих в ОЭСР, по сценариям

составит 20–25 тыс. долл. 2021/чел. с сильной дифференциацией внутри группы, спрос на энергию в значительной степени остается неплатежеспособным.

**Рисунок 1.** Душевое потребление конечной энергии и душевой ВВП в 1980–2021 гг. по странам мира и группам стран



Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

В течение прогнозного периода конечное потребление энергии будет расти во всех секторах и к 2050 г. достигнет 11,9–12,6 млрд т н.э. (в 2021 г. оно составляло 10,0 млрд т н.э.). Наиболее быстрыми темпами (1,1–1,3% в год) будет расти спрос в транспортном секторе, медленнее всего — потребление коммерческого и бытового сектора (0,1–0,4% в год). В региональном разрезе максимальные приросты потребления конечной энергии в абсолютном выражении обеспечат развивающиеся страны Азии, а максимальные темпы роста потребления конечной энергии — страны Африки. В странах ОЭСР потребление конечной энергии во всех сценариях будет сокращаться.

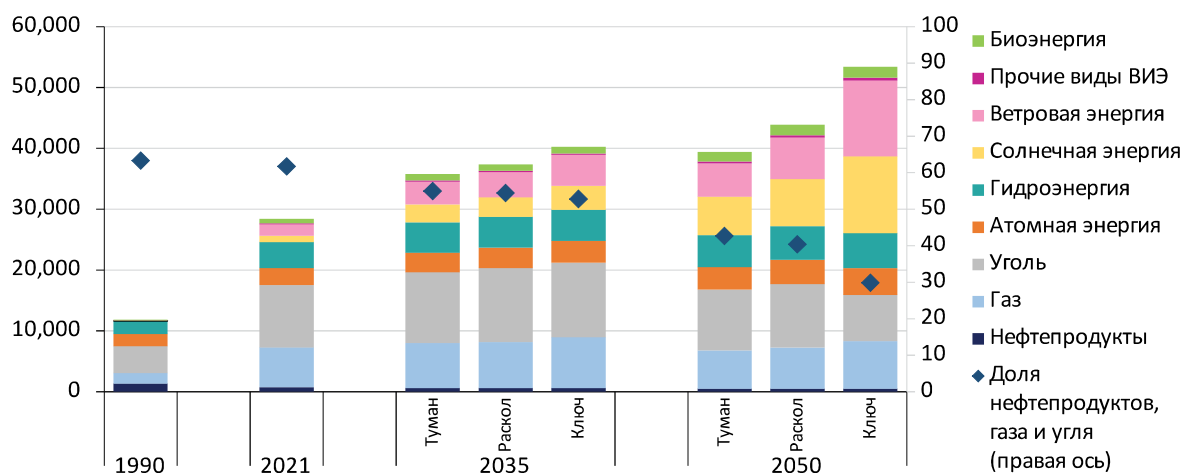
## Потребление и производство электроэнергии

Потребление электроэнергии как наиболее удобной формы энергии для потребителя в большинстве сегментов и яркого индикатора уровня благосостояния оказывается более чувствительным к темпам экономического роста и другим сценарным параметрам: в перспективе оно повышается по сценариям на 0,4–1,5% ежегодно (для сравнения: рост конечного потребления энергии находится в более узком диапазоне и увеличивается по сценариям на 0,6–0,8% ежегодно). Потребление электроэнергии повышается практически повсеместно, но во второй половине про-

гнозного периода все больше развитых стран проходят пики электропотребления. От двух третей до трех четвертей мирового прироста потребления электроэнергии обеспечат развивающиеся страны Азии — регион с наиболее быстрорастущими в прогнозный период темпами роста душевого ВВП.

Электроэнергетика в мире масштабно трансформируется. Активный рост спроса на нее будет поддерживаться не только ростом благосостояния и электрификацией, но и возрастающей доступностью технологий производства электроэнергии, преимущественно на базе ВИЭ. Производство электроэнергии на ветровых и солнечных станциях во многих странах мира становится все более конкурентоспособным, и в большинстве случаев для ВИЭ есть начальные ниши. Средневзвешенная себестоимость производства электроэнергии за 2010–2022 гг. на солнечных станциях сократилась с 0,43 до 0,08 долл. 2023/кВт·ч, и к 2050 г. анализ развития технологий показывает возможность снизить затраты еще на 30%. На береговых ветровых станциях после сокращения затрат с 0,11 до 0,07 долл. 2023/кВт·ч за период 2010–2022 гг. ожидается снижение еще на 10% к 2050 г.; на шельфовых ветровых станциях удешевление произошло с 0,20 до 0,11 долл. 2023/кВт·ч, и прогнозируется снижение еще на 30%. Стоимость производства электроэнергии на крупных ГЭС остается одной из самых низких среди альтернатив и начинается от 0,01 долл. 2023/кВт·ч, однако природный потенциал использования гидроэнергии в мире достаточно ограничен, а затраты на малые, средние и микроГЭС слишком высоки. Определенный потенциал сокращения производственных затрат есть и у атомной энергетики. АЭС в большинстве стран оказываются дороже газа и угля при производстве электроэнергии, в условиях быстрого сокращения затрат на ВИЭ они также начинают показывать лучшие показатели в сравнении с атомной энергией по стоимости производства. Но АЭС, в отличие от ВИЭ, обеспечивают предсказуемую равномерную выработку электроэнергии, что позволяет устойчиво обеспечивать базовое потребление или за счет накопителей с суточными нагрузками встраиваться в основные режимы работы системы. Затраты на угольных и газовых электростанциях имеют потенциал к сокращению за счет повышения КПД станций, но будут зависеть от цен на поставку угля и газа. В результате до середины прогнозного периода объемы производства электроэнергии из газа и угля продолжают повышаться, теряя долю в структуре выработки, а во второй половине прогнозного периода сокращаются и абсолютные объемы генерации на этих электростанциях, все более распространяется их использование в режиме резервирования ввиду неравномерности выработки на ВИЭ-электростанциях. К 2050 г. потребление электроэнергии в мире увеличится на 11000–25000 ТВт·ч (с 28400 ТВт·ч в 2021 г.), в том числе за счет роста выработки на ветровых и солнечных электростанциях (ВЭС и СЭС) — на 8800–22000 ТВт·ч, на АЭС — на 900–1600 ТВт·ч, на ГЭС — на 800–1450 ТВт·ч. К 2050 г. более двух третей производства электроэнергии на АЭС в мире придется на четыре страны: Китай, США, Францию и Россию, в том числе 54% прироста обеспечит Китай. Страны, не входящие в ОЭСР, обеспечат практически весь прирост производства электроэнергии на ГЭС (92–93%), ВЭС (74–75%), СЭС (80%). Доля ВИЭ в производстве электроэнергии к концу прогнозного периода увеличится с 38% до 57–70% (см. рисунок 2 на с. 12).

**Рисунок 2.** Объемы производства электроэнергии в мире по видам энергоресурсов по сценариям, ТВт·ч (левая ось) и доля нефтепродуктов, газа и угля в производстве электроэнергии, % (правая ось)



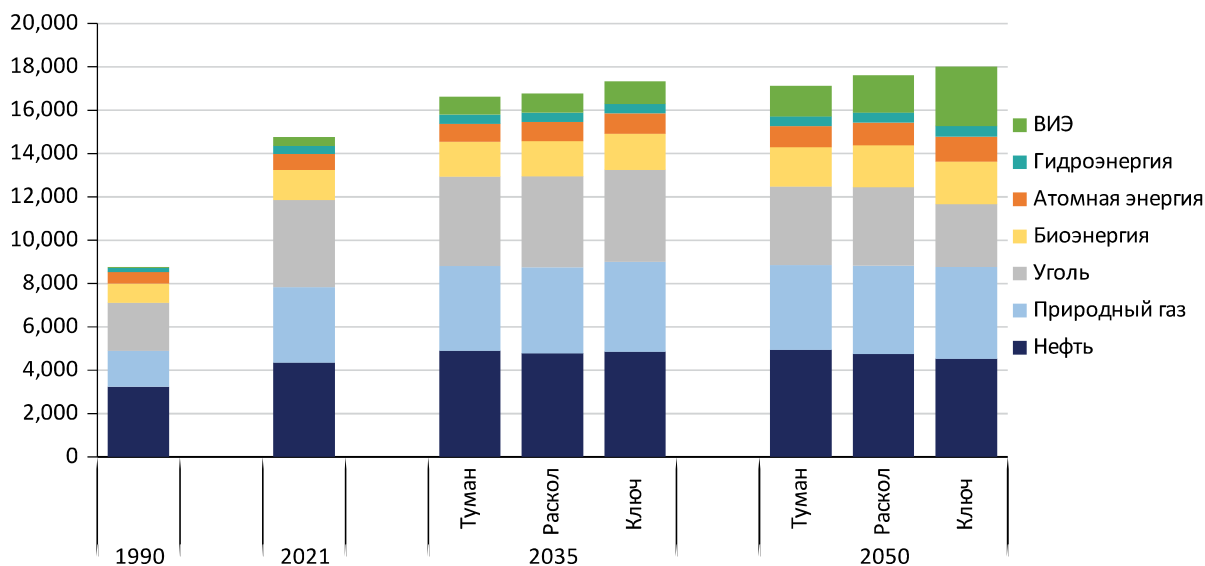
Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

При переходе на исключительно безуглеродные источники производства электроэнергии цифровизация отрасли позволит эффективно управлять более сложно организованной энергосистемой, технически реализуемы решения проблемы неравномерности выработки на ВИЭ-электростанциях, в том числе за счет использования накопителей и водорода для хранения электроэнергии, однако системные затраты на энергоснабжение по мере роста доли ВИЭ быстро повышаются, и в зависимости от региона такой переход может привести к росту затрат на поставку электроэнергии потребителю в 3–7 раз. Складывающаяся в каждой стране структура производства электроэнергии в конечном счете будет в основном определяться доступностью технологий, местных и импортируемых энергоресурсов, в также амбициозностью целей по декарбонизации электроэнергетики.

## Потребление первичной энергии

Прирост совокупного потребления первичной энергии в мире значительно замедляется в сравнении с предыдущим 30-летним периодом (см. рисунок 3 на с. 13). В странах ОЭСР в течение прогнозного периода оно снижается на 0,3% в год, а в странах, не входящих в ОЭСР, повышается на 0,9–1,1%. До середины прогнозного периода мировое потребление угля проходит пик. Потребление нефти пройдет пик в сценариях *Раскол* и *Ключ*. Потребление газа в мире будет расти на протяжении всего рассматриваемого периода, но медленнее мирового энергопотребления. Технологическое развитие позволит задействовать для энергоснабжения все больше безуглеродных источников энергии. Доля ВИЭ и атомной энергии к 2050 г. достигнет 27–35%.

**Рисунок 3.** Объемы потребления первичной энергии в мире по видам энергоресурсов по сценариям, млн т н.э.

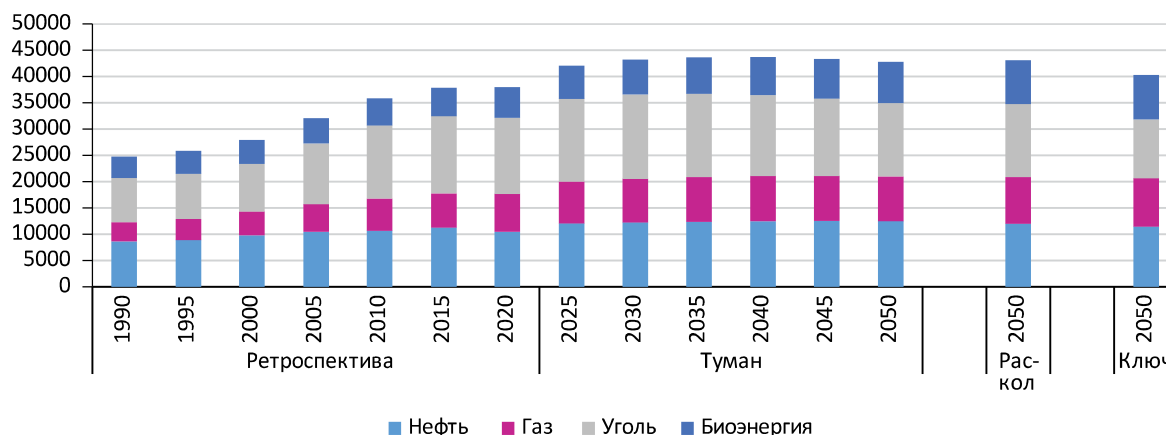


Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

## Выбросы парниковых газов

Мировые выбросы парниковых газов от сжигания топлив во всех рассматриваемых сценариях в 2034–2036 гг. проходят пик. В абсолютном выражении он составит 37–38 млрд т CO<sub>2</sub>-экв., или 44–45 млрд т CO<sub>2</sub>-экв., если учесть сжигание биоэнергии (без учета возможного улавливания, захоронения и утилизации) (см. рисунок 4 на с. 13).

**Рисунок 4.** Объемы выбросов парниковых газов в мире по видам сжигаемых топлив, млрд т CO<sub>2</sub>-экв.



*Примечание:* Показаны выбросы от сжигания топлив без учета возможного улавливания, захоронения и утилизации.

Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

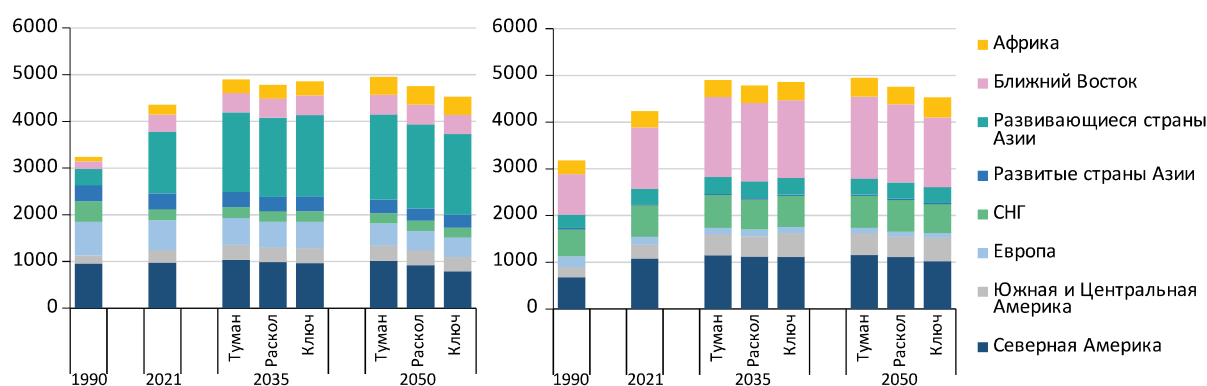


Ключ представляет собой рациональный сценарий с точки зрения балансирования между задачами обеспечения доступности энергоснабжения и сокращения выбросов парниковых газов при заданных параметрах технологического и социально-экономического развития. Углубление декарбонизации требует резкого роста инвестиций и вступает в противоречие со способностью обеспечивать эти темпы мирового экономического роста.

## Рынок жидких топлив

До 2050 г. продолжит расти доля стран, не входящих в ОЭСР, в потреблении жидких топлив на фоне сокращения абсолютных объемов потребления в странах ОЭСР. К 2035 г. Китай обгонит по потреблению США, Индия после 2030 г. будет потреблять жидких топлив больше, чем ЕС, значительно вырастет потребление жидких топлив на Ближнем Востоке, в Африке и других развивающихся странах Азии (см. рисунок 5 на с. 14).

**Рисунок 5.** Потребление нефтепродуктов, включая расходование на собственные нужды отрасли, (слева) и добыча нефтяного сырья (справа) по регионам мира по сценариям, млрд. куб. м



Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

Существенно изменится структура потребления нефтепродуктов по видам: возрастет мировое потребление керосина в воздушном транспорте, автомобильного бензина — в дорожном, останется стабильным спрос на дизельное топливо, а потребление темных нефтепродуктов продолжит снижаться. Эти изменения потребуют значительных инвестиций для модернизации мощностей по переработке нефти. Кроме того, предполагается ограниченное вовлечение пластика в нефтепереработку благодаря программам по снижению отходов.

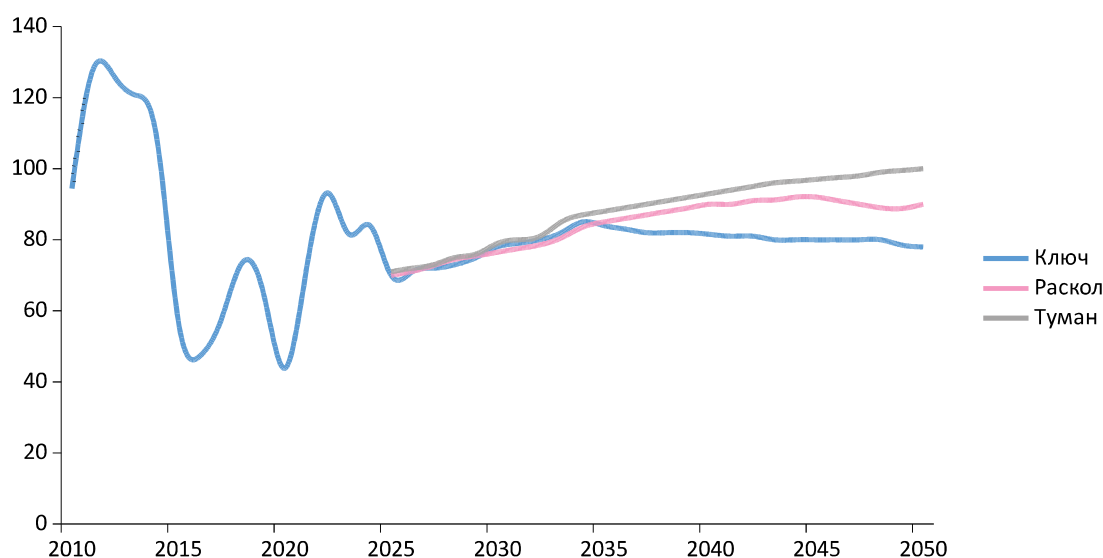
В 2016–2017 гг. мир прошел промежуточный пик добычи традиционной нефти, который был компенсирован ростом добычи нетрадиционной нефти и предложения газового конденсата. В перспективе для поддержания востребованных уровней добычи потребуется вовлекать новые запасы традиционной и нетрадиционной

нефти. Крупнейшим производителем нефти в мире останется Ближний Восток, где добыча увеличится до 1,5–1,8 трлн т (в 2021 г. она составляла 1,3 трлн т). В Северной Америке добыча нефти суммарно будет достаточно стабильна: в первой половине прогнозного периода ее будет составлять в основном сланцевая нефть США и тяжелая нефть Канады, во второй половине падение объемов их добычи будет компенсировано ростом производства на шельфовых месторождениях Мексики, а также на месторождениях на северных побережьях США и Канады.

Добыча в странах СНГ будет чувствительна к сценарным параметрам, в частности, торговым ограничениям и доступности рынков, к 2050 г. в сценарии *Туман* она составит 682 млн т, а в сценарии *Ключ* постепенно снизится до уровня 2021 г. (621 млн т), в *Расколе* выйдет на 675 млн т.

В сценарии *Туман*, который характеризуется наиболее высоким спросом, равновесные цены спроса и предложения нефти достигнут 100 долл. 2023/барр. к 2050 г. В сценарии *Ключ* – сократятся до уровня ниже 80 долл. 2023/барр. В *Расколе* в среднем по миру они окажутся 90 долл. 2023/барр., но будут отличаться по геоэкономическим полюсам в зависимости от доступности предложения в каждом из них (см. рисунок 6 на с. 15). Рыночные цены будут волатильными и могут временно значительно отклоняться от равновесных. В течение прогнозного периода выход равновесных цен нефти на период более 2–3 лет за пределы диапазона 50–120 долл. 2023/барр. маловероятен (за исключением критических внешних факторов), поскольку при пересечении верхней границы ускоряется переход на альтернативные топлива и технологии потребления (например, биотоплива, электротранспорт, вторичная переработка пластика), повышается экономия топлив, а при пересечении нижней границы значительно возрастают риски недоинвестирования в новые проекты по добыче, и экономически неэффективной становится значительная часть добычи нефти, в особенности нетрадиционной.

**Рисунок 6.** Цены нефти по сценариям, долл. 2023/барр.

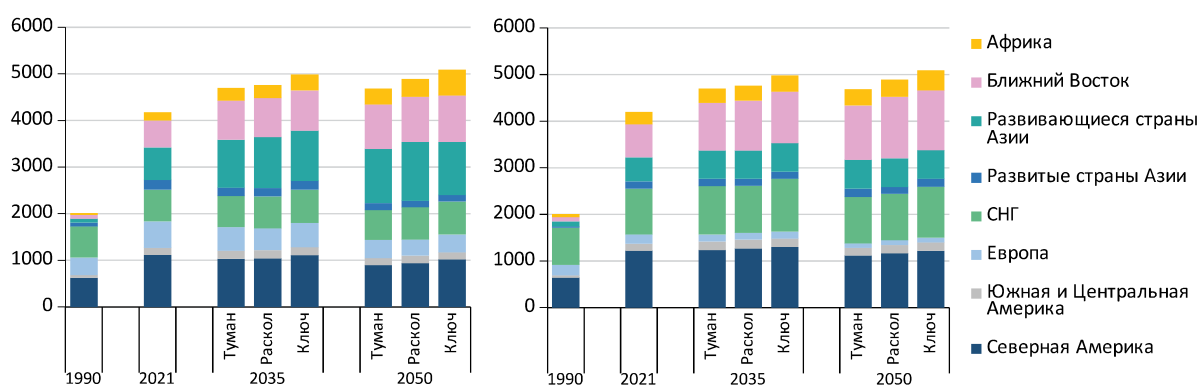


Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

## Рынок газа

Мировое потребление газа к 2050 г. увеличится по сценариям до 4,7–5,1 трлн куб. м (в 2021 г. оно составляло 4,2 трлн куб. м, в 1990 г. — 2,0 трлн куб. м). За предыдущие 30 лет были созданы крупные рынки газа в развивающихся странах Азии, Африке и на Ближнем Востоке (потребление газа в этих регионах за 1990–2021 гг. выросло с 0,2 до 1,4 трлн куб. м), в течение следующих 30 лет они продолжают активно развиваться, и их объем достигнет 2,4–2,7 трлн куб. м. Потребление в странах ОЭСР будет сокращаться на 0,7–0,9% ежегодно. Крупнейшими регионами — производителями газа, как и нефти, останутся СНГ, Ближний Восток и Северная Америка. Наибольший прирост объемов производства газа обеспечат страны Ближнего Востока (Саудовская Аравия, Иран и Катар) как для нужд собственных внутренних рынков, так и для поставок на мировой (см. рисунок 7 на с. 16).

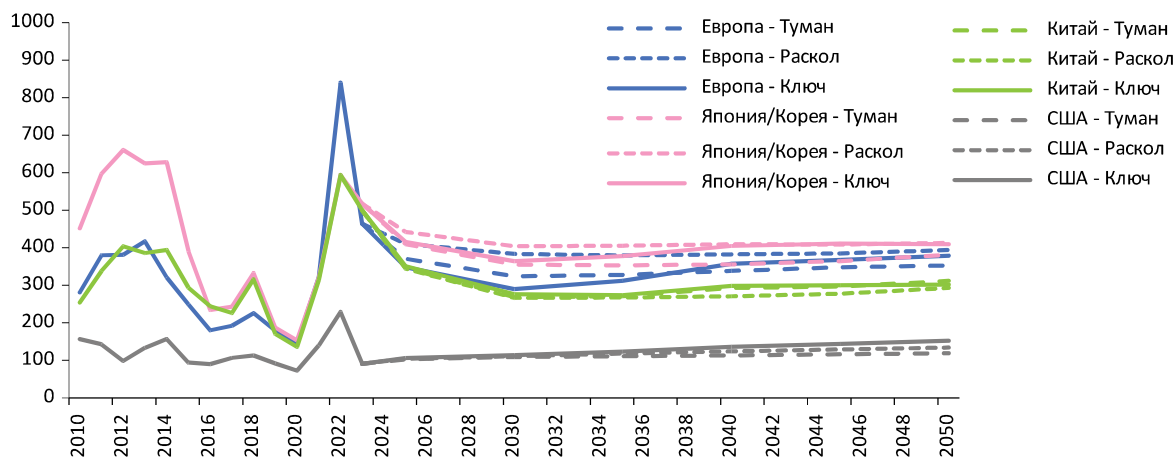
**Рисунок 7.** Потребление (слева) и добыча (справа) газа по регионам мира по сценариям, млрд. куб. м



Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

Результаты оптимизационных расчетов показывают, что удовлетворение прогнозного спроса на газ не потребует существенного роста объемов мировой торговли (которая составляет порядка 1,2 трлн куб. м) в связи с увеличением спроса в странах, обеспеченных собственными ресурсами газа. Однако уже к 2035 г. заметно возрастет доля сжиженного природного газа (СПГ) в мировой торговле, а к 2050 г. она составит около 70%. Более 80% межрегиональных поставок газа обеспечат крупнейшие производители газа: СНГ, Ближний Восток и Северная Америка. Возрастут поставки из Нигерии, Мозамбика и Танзании, высокой неопределенностью характеризуются перспективы экспорта газа из Ирана. Крупнейшими импортерами газа станут Китай и Индия. После ввода в эксплуатацию строящихся в настоящее время мощностей по производству СПГ к 2030 г. ожидается заметное сокращение средневзвешенных цен на газ в ключевых регионах-импортерах — Европе и Азии. Далее цены на газ будут умеренно расти в связи с увеличением производственных затрат из-за необходимости вовлекать в эксплуатацию более сложные запасы (см. рисунок 8 на с. 17).

**Рисунок 8.** Средневзвешенные региональные цены газа по сценариям, долл. 2023/тыс. куб. м

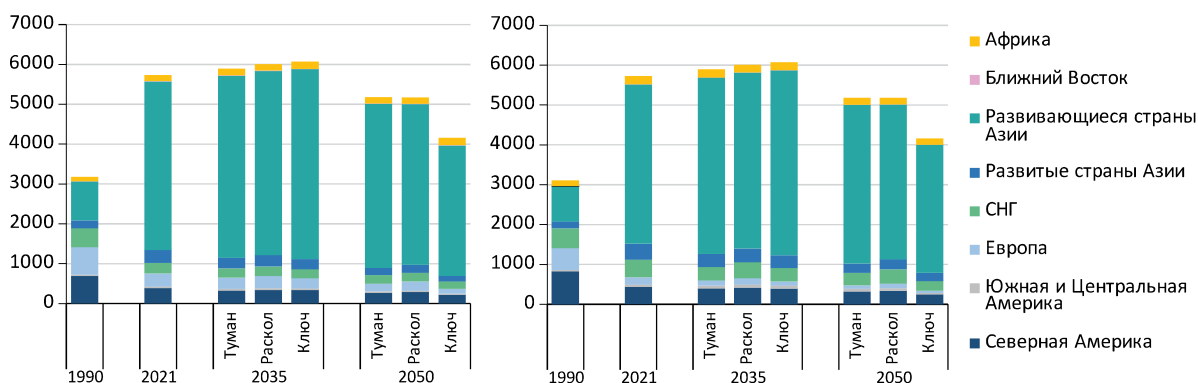


Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

## Рынок угля

Мировой рынок угля стремительно менялся в предыдущие 30 лет. Потребление угля в Европе, Северной Америке и СНГ за 1990–2021 гг. сократилось практически вдвое за счет замещения альтернативами в промышленности и в электроэнергетике и повышения энергоэффективности. За этот период потребление угля в развивающихся странах Азии увеличилось более чем вчетверо, обеспечив энергией их быстрый экономический рост (см. рисунок 9 на с. 17). Практически две трети мирового потребления угля используется для производства электроэнергии. Усиление межтопливной конкуренции в электроэнергетике даже в отсутствие высоких цен на выбросы CO<sub>2</sub> в развивающихся странах приведет к тому, что рост потребления угля до 2035 г. сменится его сокращением после 2035 г. Наиболее быстро будет уменьшаться потребление угля в сценарии *Ключ* за счет ужесточения экологического регулирования и наиболее высоких сценарных цен на выбросы CO<sub>2</sub>.

**Рисунок 9.** Потребление (слева) и добыча (справа) угля по регионам мира по сценариям, млн т у.т.

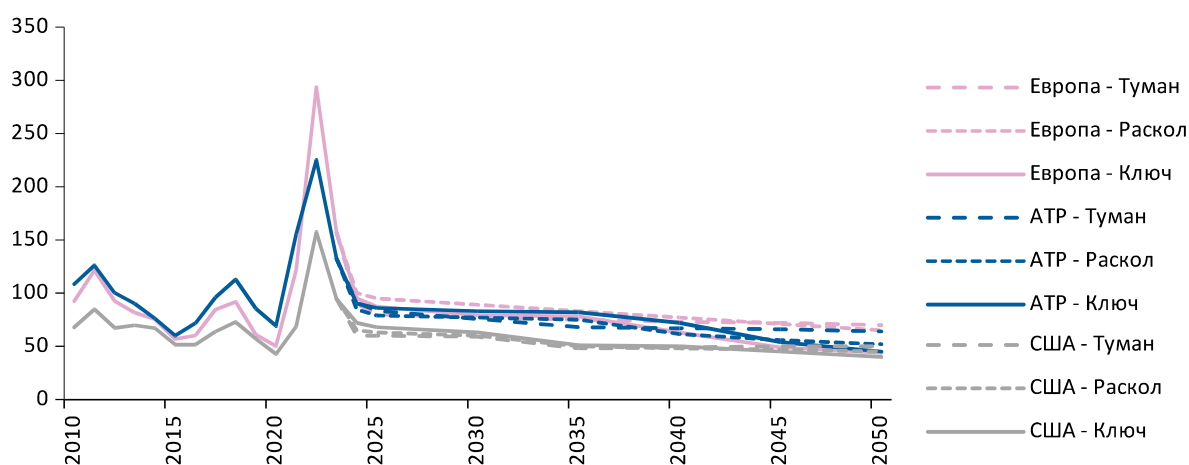


Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

Сокращение потребления угля в ОЭСР и концентрация его использования в странах, в значительной степени обеспеченных собственными ресурсами, приведет к постепенному сокращению мировой торговли — в 1,9–4,5 раза в зависимости от сценария.

Цены угля в регионах — импортерах угля будут сохраняться на достаточно высоком уровне в первой половине прогнозного периода, после чего по мере сокращения спроса будут постепенно снижаться. В сценарии *Раскол* цены на европейском рынке будут формироваться с премией к азиатскому рынку в связи с ограниченным предложением угля из-за сценарных торговых ограничений (см. рисунок 10 на с. 18).

**Рисунок 10.** Средневзвешенные региональные цены угля по сценариям, долл. 2023/т



Источник: расчеты ИНЭИ РАН.

## Развитие энергетики России

Рост ВВП и душевых доходов населения будет требовать энергии. Но эта потребность будет компенсироваться реализацией потенциала по энергосбережению.

Энергопотребление в коммерческом и бытовом секторе будет умеренно повышаться и в середине прогнозного периода на фоне роста энергоэффективности систем энергоснабжения и теплоснабжения пройдет пик. Потребление в транспортном секторе и промышленности будет продолжать увеличиваться, но заметно медленнее предыдущего периода.

Основной прирост потребности в энергоресурсах обеспечит электроэнергетика: потребление электроэнергии увеличится в 1,1–1,4 раз за счет продолжающейся электрификации в секторах конечного потребления. Природный газ в электроэнергетике в рассматриваемых сценариях сохранит ключевую роль, объемы производства электроэнергии на газовых электростанциях, АЭС и ВИЭ-электростанциях будут постепенно повышаться, а на угольных электростанциях — сокращаться (в особенности в сценарии *Ключ* с учетом предпосылок о регуляторных мерах, включая плату за выбросы). К 2050 г. доля ВИЭ и атомной

энергии в производстве электроэнергии по сценариям составит 40–46% (в 2021 г. она была 40%).

Рост суммарного потребления первичной энергии в России в рассматриваемых сценариях до 2050 г. замедлится: среднегодовые темпы составят 0,1–0,3%. Использование отдельных топлив снизится (угля — во всех сценариях, нефти — в сценариях *Туман* и *Ключ* во второй половине прогнозного периода). Доля ВИЭ и атомной энергии в топливно-энергетическом балансе повысится с 10% до 11–14%, доля газа останется стабильной на уровне 54–56%.

Рост спроса на нефтепродукты в России в первой половине прогнозного периода будет поддерживать растущая потребность в мобильности и развитие нефтегазохимической промышленности, а во второй половине прогнозного периода этот рост будет компенсирован расширением парка альтернативного транспорта и повышением энергоэффективности в транспортном секторе, электрификацией в коммерческом и бытовом секторе. В связи с тем, что страны-импортеры начинают ориентироваться на импорт нефти для последующей переработки на собственных мощностях, ниши для экспорта нефтепродуктов во всех сценариях значительно сокращаются. При этом в абсолютном выражении не сокращается спрос на автомобильный бензин на внутреннем рынке. Таким образом, на фоне ожидаемого снижения объемов нефтепереработки в России будет необходимо обеспечить умеренно растущие объемы производства автомобильного бензина — это потребует значительных инвестиций в модернизацию отечественных мощностей НПЗ. Частично может решить задачу переключение спроса с бензина на дизельное топливо, сжиженные углеводородные газы, газомоторное топливо и электроэнергию. Экспорт нефти и газового конденсата из России способен будет компенсировать снижение внешних поставок нефтепродуктов и будет ориентирован преимущественно на рынки стран Азии. В добыче нефти продолжит расти доля сложных запасов. Поддержание необходимых уровней добычи и конкурентоспособности экспорта потребует расширения гибкого регулирования и льготного налогообложения.

В российской угольной отрасли на фоне сокращения использования угля как в электроэнергетике, так и в секторах конечного потребления, объемы добычи станут еще больше зависеть от ниш на экспортных рынках. Объемы экспорта, в свою очередь, могут колебаться в 2–3 раза из-за решений ключевых потребителей угля о структуре их топливной корзины и планов по собственной добыче, а также окажутся чувствительными к динамике мировых цен в связи с длинным транспортным плечом.

Спрос на газ на внутреннем рынке России продолжит умеренно повышаться во всех рассматриваемых сценариях и к 2050 г. достигнет 520–574 млрд куб. м. Наибольший прирост потребности в газе ожидается в сценарии *Ключ* за счет более высокого экономического роста, роста использования газа в электроэнергетике, в том числе на востоке страны, а также расходов на собственные нужды отрасли, связанных с объемами экспортных поставок. Трубопроводные поставки газа на европейский рынок экономически привлекательны и в случае отсутствия геополитических ограничений займут естественную нишу на этом рынке. Трубопроводные поставки газа в Азию будут повышаться в рамках достигаемых договоренностей.

Рост экспорта газа в виде СПГ ожидается из европейской части России и Арктики, а при наличии ресурсов может оказаться целесообразным и с востока страны. Для поддержания необходимых уровней добычи газа потребуются вовлечение новых сложных и удаленных от центров потребления запасов, что будет сопряжено с ростом издержек. Возрастет потребность в адаптации налогового регулирования отрасли — не только для поддержания конкурентоспособности поставок газа на внешние рынки, но и для устойчивого энергоснабжения собственной экономики.

Для активной адаптации российского ТЭК к изменениям на внутреннем и внешних рынках потребуются более гибкая энергетическая политика. На экспортных направлениях основное внимание необходимо уделить созданию инфраструктуры и сопутствующих механизмов (страховых, финансовых и пр.), обеспечивающих работу на перспективных маршрутах поставок, поддержке на международном уровне усилий по формированию ликвидных торговых площадок и обоснованных индикаторов цен в новых крупных центрах потребления, повышению гибкости работы на топливных рынках для реагирования на ценовые и объемные перепады в условиях растущей неравномерности выработки на ВИЭ за счет схем, предполагающих логистическую оптимизацию торговли с использованием различной ресурсной базы. Нельзя забывать, что энергетика не ограничивается только поставками топлива, есть еще большие рынки оборудования, услуг, по финансовым оборотам не уступающие топливным рынкам. Расширение работы на них не только принесет дополнительные доходы, но и обеспечит заказы промышленности, стимулирует НИОКР.

Несмотря на интерес к экспорту, основной задачей российского ТЭК является устойчивое снабжение внутреннего рынка. Здесь необходимо завершение обеспечения технологического суверенитета, как минимум, по ключевому оборудованию и программному обеспечению, проведение модернизации объектов ТЭК и сегментов потребления для повышения эффективности использования ресурсов, синхронизация планов по территориальному развитию с планами запуска новых объектов ТЭК. Крайне важно обеспечить самокупаемость внутренних рынков энергоресурсов, создать условия для развития конкуренции и формирования объективных ценовых индикаторов.

## **Заключение**

В перспективе до 2050 г. мировая энергетика будет трансформироваться на фоне существенного замедления роста объемов потребления первичной энергии. Колоссальный потенциал спроса на энергию в странах с низкими доходами во многом так и останется не реализован из-за недостаточной платежеспособности. В развитых странах, которые характеризуются высокими уровнями душевого энергопотребления, ожидается сокращение абсолютных объемов потребления энергии. Развивающиеся страны со средними и выше средних уровнями душевых доходов будут драйверами роста мирового спроса на энергию. В предстоящие 30 лет мир пройдет суммарный пик потребления ископаемых топлив. К окончанию прогнозного периода нефть, газ и уголь обеспечат 65–73% мирового энергопотребления (в



2021 г. этот показатель составлял 80%), что можно назвать активной качественной трансформацией мировой энергетики с учетом продолжительных сроков эксплуатации значительной части оборудования и инфраструктуры на стороне спроса на энергию. В течение прогнозного периода будут пройдены и пики выбросов парниковых газов от сжигания топлив.

Ежегодные приросты потребления электроэнергии во все большей степени будут обеспечиваться ВИЭ, в частности, в связи с ростом их экономической эффективности: к 2050 г. практически весь прирост электропотребления в мире будет приходиться на ветровую и солнечную генерацию. Доля ВИЭ и атомной энергии достигнет по сценариям 57–70% (в 2021 г. она была 38%). Вместе с ископаемыми источниками они будут составлять взаимодополняющие части будущей энергосистемы. Достижение 100% безуглеродных источников в производстве электроэнергии также технически возможно, однако по мере роста их роли в электроснабжении непропорционально быстро повышаются системные затраты, в частности, в связи с необходимостью использовать системы хранения электроэнергии и наращивать сетевые мощности на разных участках. Конечные системные затраты при переходе на безуглеродные источники зависят от региона, доступности энергоресурсов, возможностей их импорта, динамики и уровня спроса, его платежеспособности, требований к устойчивости электроснабжения, возможностей синхронизации с соседними энергосистемами.

Роль газа и угля в качестве резервирующих топлив в электроэнергетике повысит волатильность цен на них. Ключевой для нефтяной отрасли транспортный сектор вступает в эпоху динамично меняющихся условий межтопливной конкуренции: на морском транспорте будет расти использование СПГ, аммиака и метанола, в дорожном — электроэнергии, газа и биотоплива.

Возможности мира обеспечивать высокий экономический рост и решение глобальных задач, включая климатическую политику и достижение Целей устойчивого развития, во многом будет зависеть от способности стран перейти от практики торговых барьеров и растущих ограничений к согласованным механизмам решения возникающих проблем.

## Библиография

Грушевенко Д. А. Модельный инструментарий для оценки перспектив развития межтопливной конкуренции в мировом транспортном секторе // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России: Сборник трудов XVI Всероссийской научно-технической конференции / под ред. Мартынова В.Г. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2023. С. 489-498.

Макаров И.А. Таксономия торговых барьеров: пять типов протекционизма // Современная мировая экономика. Том 1. №1(1). Январь—март 2023. Режим доступа: <https://cwejournal.hse.ru/article/view/17239>

Перспективы развития мировой энергетики с учетом влияния технологического прогресса / под ред. В.А. Кулагина. М.: ИНЭИ РАН, 2020. Режим доступа: [https://www.eriras.ru/files/monograph\\_2020\\_ed\\_kulagin\\_v\\_a.pdf](https://www.eriras.ru/files/monograph_2020_ed_kulagin_v_a.pdf)



Прогноз развития энергетики мира и России 2024 / Под ред. А.А. Макарова, В.А. Кулагина, Д.А. Грушевенко, А.А. Галкиной. М.: ИНЭИ РАН, 2024. Режим доступа: <https://www.eriras.ru/files/prognoz-2024.pdf>

Росстат, 2023. Демографический прогноз. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>

Системные исследования в энергетике: методология и результаты / Под ред. А.А. Макарова и Н.И. Воропая. М.: ИНЭИ РАН, МЭИ, 2018. Режим доступа: [https://www.eriras.ru/files/sistemnye\\_issledovaniya\\_mch.pdf](https://www.eriras.ru/files/sistemnye_issledovaniya_mch.pdf)

Bolhuis M., Chen J., Kett B. Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities. IMF Working Paper, No. WP 23/73, 2023. Режим доступа: <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/03/24/Fragmentation-in-Global-Trade-Accounting-for-Commodities-531327>

IEA, 2023. World Energy Balances. Режим доступа: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-balances-highlights>

IMF, 2023. World Economic Outlook Database. October 2023. Режим доступа: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October>

Kose A., Ohnsorge F. Falling Long-Term Growth Prospects: Trends, Expectations, and Policies. Washington, DC: World Bank, 2024. Режим доступа: <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/3f6fa335-c843-47c1-b466-74be203875fc/content>, <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-2000-7>

UN, 2022. World Population Prospects. United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division. Режим доступа: <https://population.un.org/wpp/>