

## Рынок углеводородов и альтернативная энергетика



**Валерий Гончаров,**  
директор Центра системного  
анализа и стратегических  
исследований НАН Беларуси,  
кандидат экономических наук



**Наталья Янкевич,**  
заведующий отделом Центра  
системного анализа и стратегических  
исследований НАН Беларуси,  
кандидат технических наук

Перед многими странами сегодня стоит сложная задача: найти сбалансированное решение по декарбонизации, одновременно повысив конкурентоспособность экономики и стратегическую автономию промышленности. На фоне проблем последнего времени – от резких скачков цен на энергоносители до усиления геополитических рисков – требуется переосмысление энергетической политики в контексте продвижения «зеленого» курса, возможности которого, невзирая на применение новейших технологий, все чаще осознаются как ограниченные.

Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), к 2030 г. глобальное потребление электричества может возрасти на 18%, а к 2050 г. – на 39% (прирост – более 1% в год) [1]. Важность этого фактора, определяющего рост экономики и технологического прогресса, все более очевидна: например, добыча и переработка редкоземельных металлов, используемых в автомобильной индустрии, требует значительных энергозатрат.

В мировом балансе потребления энергии среди ее источников лидируют нефть (31,2%), уголь (27,2%) и природный газ (24,7%). На возобновляемые источники энергии (ВИЭ) (ветровая, солнечная и гидроэнергетика) приходится около 12,6%, на атомную энергетику – 4,3% [2]. Именно распределение ресурсов выступает причиной экологических проблем и глобального неравенства.

### НЕФТЬ

Около 90 млн баррелей нефти ежедневно расходуют во всем мире транспорт (70,0%, в том числе автомобильный – 55,3%, авиация – 10%), промышленность (25%) и другие отрасли (5%). Наиболее важны производимые из нее топливо (бензин, дизельное, авиационное (керосин), судовое, мазут) и смазочные материалы.

Несмотря на ежегодный рост объемов производства и потребления, постепенно он замедляется. Если за 1950–1980 гг. использование сырой нефти в мире увеличилось в 6 раз (прирост более 6% в год), то за последние 3 года – всего на 3,1%: в 2019 г. – 100,7 млн баррелей в сутки, в 2024–2026 гг. – 103,8 млн баррелей в сутки (рис. 1).

Важно отметить, что кроме подтвержденных запасов существует значительное количество таких, извлечение которых невозможно или затруднено при нынешнем уровне развития технологий либо финансово неоправданно, а также есть неразведанные месторождения (неподтвержденные ресурсы).

Различные виды нефти отличаются по своим характеристикам, влияющим на их цену и востребованность, и классифицируются по плотности (легкая – ценится выше, так как ее проще перерабатывать, и тяжелая) и содержанию серы (sweet – низкое, sour – высокое).

Сорта нефти, на которые ориентируются при ценообразовании на мировом рынке:

- Brent – эталон для европейского и азиатского рынков;
- WTI (West Texas Intermediate) – американского;
- Dubai Crude – ближневосточного, азиатско-тихоокеанского.

В России добывают 7 сортов нефти, каждый из которых имеет свою специфику применения: Urals (70%), ESPO (около 25%, считается высококачественной), Sokol, Vityaz, Sahalin Blend (малосернистые и легкие сорта), Siberian Light (близка к WTI и Brent) и ARCO (нефть с шельфа Арктики).

Почти треть (29%) мировых доказанных запасов приходится на легкую нефть, основная их масса (57%) – среднетяжелые сорта и только 14% – тяжелые, близкие по свойствам к асфальту и содержащие серу. К последним относится Urals, поставляемый в Европу, – основа для работы европейского нефтеперерабатывающего и химического производства (технологические процессы ориентированы на данную марку), а также близкая к нему по составу

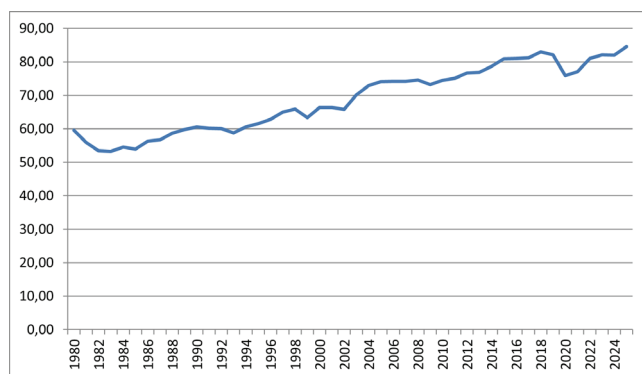


Рис. 1. Рост добычи нефти в мире, млн баррелей/сутки

| Наименование страны | Объем доказанных запасов, млрд бар [5,6] | Объем добычи в год, млрд бар/год [6] | Количество лет, на которые хватит доказанных запасов при установленном уровне добычи |
|---------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Венесуэла           | 303,01                                   | 0,438                                | 691,80                                                                               |
| Саудовская Аравия   | 267,23                                   | 3,460                                | 77,23                                                                                |
| Иран                | 208,60                                   | 1,191                                | 175,15                                                                               |
| Канада              | 163,12                                   | 1,241                                | 131,44                                                                               |
| Ирак                | 145,02                                   | 1,378                                | 105,24                                                                               |
| ОАЭ                 | 113,0                                    | 1,138                                | 99,30                                                                                |
| Кувейт              | 101,51                                   | 0,913                                | 111,18                                                                               |
| США                 | 83,73                                    | 4,959                                | 16,88                                                                                |
| Россия              | 80,0                                     | 3,332                                | 24,01                                                                                |
| Ливия               | 48,36                                    | 0,501                                | 96,53                                                                                |
| <b>Всего в мире</b> | <b>1572,459</b>                          | <b>27,321</b>                        | <b>57,55</b>                                                                         |

Таблица 1. Страны с крупнейшими доказанными запасами нефти (2025 г.)

нефть Венесуэлы BCF 17 (являясь конкурентами на рынке, обе марки испытывают ценовое давление из-за своих характеристик).

В России в 2022 г. более 95% нефти добывалось на месторождениях, эксплуатируемых свыше 5 лет. Многие из них прошли пик добычи, на большинстве наблюдалось естественное снижение коэффициента извлечения нефти (КИН). За последние 30 лет доля разрабатываемых трудноизвлекаемых запасов в структуре нефтяных ресурсов страны возросла с 10 до 45% [3].

По оценкам экспертов, хотя ежегодно обнаруживаются новые залежи нефти, их освоение значительно отстает от темпов истощения уже «работающих». Средний коэффициент замещения – всего 1 новый баррель на 2 использованных. Однако технологический прогресс позволяет расширять доступ к ресурсам даже в арктических регионах и глубоководных зонах. При этом стоимость освоения такой нефти будет значительно выше существующей. Согласно расчетам, если продолжатся нынешние тенденции, традиционные мировые запасы этого углеводорода обеспечат потребности человечества примерно до конца текущего столетия (табл. 1).

В 2024 г., по данным Energy Institute, мировой объем нефтедобычи достиг рекордных 96,9 млн баррелей в сутки; почти половина суммарно пришлась на 4 государства: США, Саудовскую Аравию, Россию и Канаду [4]. Лидером в отрасли остаются США (около 20% мировой добычи), чему способствовало активное развитие технологий по извлечению сланцевой нефти и применение горизонтального бурения. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к сланцевой нефти, общий объем которой – примерно 345 млрд баррелей (табл. 2). Однако ее промышленная разработка становится выгодной лишь при определенных условиях: толщине слоя не менее 30 м и содержании нефти более 90 л на 1 т породы. Несмотря на первенство США по количеству потенциально пригодных месторождений, крупнейший резервуар сланцевой нефти находится в России.

| Тип ресурса        | Запасы, баррелей |
|--------------------|------------------|
| Традиционная нефть | 1,7 трлн         |
| Сланцевая нефть    | 345 млрд         |
| Битумные пески     | 170 млрд         |

Таблица 2. Доказанные объемы некоторых мировых ресурсов

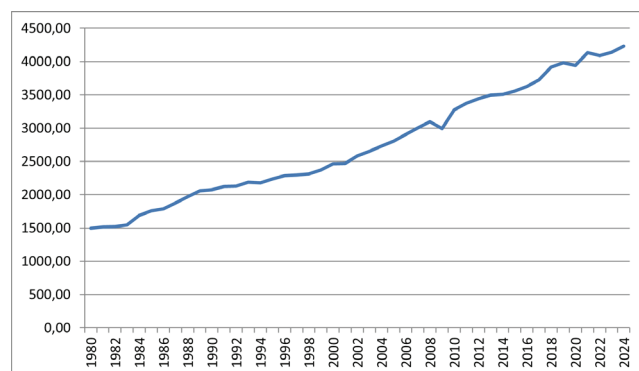


Рис. 2. Потребление природного газа в мире, млрд м³/год

При этом разработка сланцевых пластов сопровождается серьезными экологическими рисками, заставляющими задуматься о долгосрочной устойчивости такого подхода. Только ограниченность ресурсов и развитие технологий делают его привлекательной альтернативой. Современные оценки мировых запасов говорят о том, что при текущих темпах потребления традиционная нефть будет доступна человечеству примерно в течение ближайших 35–53 лет; более точный прогноз зависит от ряда факторов:

- открытия новых крупных месторождений, в том числе в труднодоступных регионах Арктики, Гренландии и Антарктиды;
- разработки инноваций в области добычи трудноизвлекаемых запасов углеводородов, расширяющих ресурсную базу;
- изменений в динамике глобального спроса на нефть, способных замедлить темпы истощения ресурсов.

Ряд экспертов полагает, что при реализации первых двух пунктов возможно продлить сроки доступности традиционной нефти вплоть до 80 лет. При этом ее доля в общемировом энергобалансе сокращается (за последние 50 лет – с 43 до 33%); основная причина – рост потребления природного газа. Большинство аналитиков сходятся во мнении, что эта тенденция сохранится и в дальнейшем.

## ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Для его освоения нужны особые технологии добычи и переработки, что сопряжено с определенными проблемами для экологии. Но снижение затрат на разработку месторождений и повышение эффективности эксплуатации делают этот ресурс не только востребованным (рис. 2), но и инвестиционно привлекательным. Мировые запасы природного газа – около 206,4 трлн м³, но они могут «закрыть»

| Наименование страны | Объем доказанных запасов, млрд м³ [7] | Объем добычи в год, млрд м³/год [8] | Количество лет, на которые хватит доказанных запасов при установленном уровне добычи |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Россия              | 47 800                                | 630,0                               | 75,87                                                                                |
| Иран                | 34 000                                | 262,0                               | 129,77                                                                               |
| Катар               | 23 800                                | 175,0                               | 136,0                                                                                |
| США                 | 13 400                                | 1033,0                              | 12,97                                                                                |
| Туркменистан        | 11 300                                | 76,5                                | 147,7                                                                                |
| Саудовская Аравия   | 9400                                  | 125,0                               | 75,2                                                                                 |
| ОАЭ                 | 6700                                  | 60,0                                | 111,67                                                                               |
| Нигерия             | 5900                                  | 43,0                                | 137,21                                                                               |
| Венесуэла           | 5700                                  | 22,0                                | 259,09                                                                               |
| Алжир               | 4500                                  | 106,0                               | 42,45                                                                                |
| <b>Всего в мире</b> | <b>202 969</b>                        | <b>4 230,0</b>                      | <b>47,98</b>                                                                         |

Таблица 3. Страны с крупнейшими доказанными запасами природного газа (2025 г.)

потребности человечества в топливе примерно на 50–60 лет (табл. 3).

Активное развитие новых способов извлечения газа, в том числе из сланцевых залежей, значительно увеличивает этот потенциал – от 130 до 250 лет. Однако методы добычи оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Наиболее распространенная современная технология – гидроразрыв пласта – предполагает бурение глубоких вертикальных и горизонтальных скважин, куда под высоким давлением закачивают смесь воды, песка и специальных добавок, способствующих образованию мелких трещин в породе, что увеличивает площадь проникновения газа. Когда давление снижается, жидкость постепенно выходит обратно, оставляя трещины открытыми (песчаная смесь препятствует закрытию каналов). Обеспечивается эффективная эксплуатация месторождения, но при бурении газовых скважин возникают следующие трудности:

- недостаточная доступность водных ресурсов в районах разработки месторождений, высокий риск загрязнения водоемов и подземных вод;
- возможность безвозвратной утраты значительных участков земель сельскохозяйственного назначения;
- деформации земной поверхности, снижение устойчивости к землетрясениям;
- экологические последствия совместного действия ряда факторов: применение новых технологий разведки и добычи, деятельность добывающих и химических предприятий и глобальные изменения климата (увеличение интенсивности и частоты осадков, наводнений и т.д.);
- риск выхода газа (от 4 до 8% общего объема) в атмосферу в процессе строительства и эксплуатации скважин.

Кроме того, мировые эксперты указывают на угрозу попадания токсичных соединений в геосферу и интенсивное их распространение внутри горных пород.

## УГОЛЬ

Сегодня доля ископаемого угля в мировом энергобалансе составляет около 40%, а всемирная мощность работающих на нем электростанций превышает 2 ТВт. Более 3/4 его мировых доказанных запасов сосредоточены в США (248,9 млрд т), России (162,2 млрд т), Австралии (150,2 млрд т), Китае (143,2 млрд т) и Индии (порядка 111 млрд т). Ежегодное мировое производство угля – примерно 8,975 млрд т. Лидируют в нем Китай (4,83 млрд т,

| Наименование страны | Объем доказанных запасов, млн т | Объем добычи в год, млн т | Количество лет, на которые хватит доказанных запасов при установленном уровне добычи |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| США                 | 248 900                         | 479,0                     | 519,62                                                                               |
| Россия              | 162 200                         | 440,0                     | 368,64                                                                               |
| Австралия           | 150 200                         | 465,0                     | 323,01                                                                               |
| Китай               | 143 200                         | 4 830,0                   | 29,65                                                                                |
| Индия               | 111 100                         | 1 042,0                   | 106,62                                                                               |
| Германия            | 35 900                          | 790,0                     | 45,44                                                                                |
| Индонезия           | 34 900                          | 91,5                      | 381,42                                                                               |
| Украина             | 34 400                          | 19,7                      | 1746,19                                                                              |
| Польша              | 28 500                          | 80,8                      | 352,72                                                                               |
| Казахстан           | 28 500                          | 115,0                     | 247,82                                                                               |
| <b>Всего в мире</b> | <b>1 074 000</b>                | <b>8 975,0</b>            | <b>119,67</b>                                                                        |

Таблица 4. Страны с крупнейшими доказанными запасами антрацита, каменного и бурого угля и объем добычи (2025 г.)

более 40% мирового объема), Индия (1042 млн т), Индонезия (800 млн т), США (479 млн т), Австралия (465 млн т) и Россия (429 млн т) (табл. 4); список стран по доказанным запасам угля основан на данных «Статистического обзора мировой энергетики» (Statistical Review of World Energy), который ранее публиковался компанией British Petroleum, а с 2023 г. выпускается Energy Institute. Последние доступные полные данные по доказанным запасам угля по странам относятся к концу 2020 г., так как в последующих отчетах за 2024–2025 гг. эти таблицы не обновлялись.

Только 20% добытого угля поступает на международный рынок: основная масса направляется на внутренние нужды стран-производителей. Значительная его часть перерабатывается в кокс, используемый в металлургии (около 80% – в доменном производстве; почти 75% всей выплавляемой в мире стали выпускается с его помощью). Наиболее востребованы твердые марки: горят жарче и дольше, меньше воздействуют на металл и оставляют отходов. Важный компонент выплавки стали – пылеугольное топливо (ПУТ), применяемое для поддержания стабильности доменных процессов и снижения расхода кокса.

На долю крупнейших потребителей (Китая, Индии и США) приходится более 70% угля, России в общемировом объеме – 2,1% [8]. Сжигается же

основная часть в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Для ТЭЦ, транспортного и жилищного хозяйства используются и длиннопламенные угли с антрацитами. Уголь служит сырьем для добычи ванадия, серы, свинца, цинка. Зола, получаемую при его сжигании, применяют в производстве строительных материалов. Уголь активно используется для улучшения качества нефти путем добавления углерода (3 кг на 1 т). Но основное его назначение остается традиционным – отопление и выработка электроэнергии (около 65%). Большая часть добываемого в мире угля (около 85%) представлена каменным углем различного типа (энергетическим и коксующимся). Бурый уголь занимает значительно меньшую долю рынка – всего 15% (основные производители – Германия, Россия, Турция и США).

Именно этот ресурс признан наиболее экологически неблагоприятным видом ископаемого топлива, негативно воздействующим на окружающую среду, здоровье людей и изменения климата [8]. Но, несмотря на экологические устремления ряда стран, многие предприятия продолжают зависеть от угля и нуждаются в его стабильных поставках (рис. 3). Красноречив пример Китая, руководство которого в 2022 г. утвердило проект строительства угольных электростанций общей мощностью 106 ГВт, что превысило аналогичный показатель предыдущего года почти в 4 раза и стало рекордным значением с 2015 г. Ранее заявлялось о намерении постепенно сокращать потребление угля, позиция была скорректирована из-за возникшего энергетического дефицита [9]. И этот пример не единственный. Так, президент США Дональд Трамп подписал 4 распоряжения, направленные на активизацию добычи и использования угля внутри страны, признав его важнейшим сырьевым источником для нужд промышленности и других сфер жизнедеятельности [10].

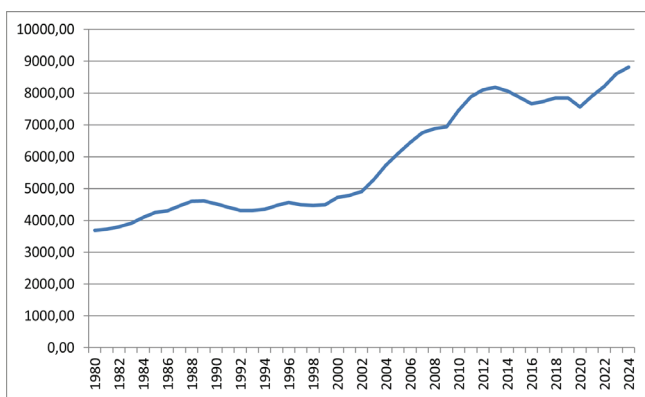


Рис. 3. Потребление угля в мире, млн т/год

Все это показывает, насколько важно развитие инновационных методов добычи трудноизвлекаемых ресурсов для глобального энергобаланса. Вместе с тем многие государства стремятся уменьшить зависимость от нефтепродуктов, природного газа и угля посредством увеличения доли атомной энергетики, условно относимой к «зеленой».

## УРАН

Отсутствуя в природе в чистом виде, он содержится в составе таких минералов, как настуран, уранинит, карнотит и др., и представлен несколькими изотопами (наиболее значимы U-238, U-235 и U-234; особенность второго – способность к расщеплению).

Процесс переработки и выделения чистого урана, весьма трудоемкий и дорогостоящий, требует применения современных технологий и особых условий производства. Обогащение значительно расширяет его потенциальное использование, превращая в стратегический ресурс, от которого зависят энергетическая безопасность и обороноспособность государств. В энергетике уран применяется в качестве топлива атомных электростанций, обеспечивающих около 4,3% мировой электроэнергии.

Несмотря на широкое распространение в земной коре, концентрация элемента незначительна, а разведанные месторождения сосредоточены в отдельных регионах мира. Общее его количество можно оценить лишь приблизительно ввиду закрытого характера стратегической статистической информации (табл. 5). Наиболее распространенные типы месторождений включают песчаники и породы, содержащие уран и ванадий. Объем ежегодной добычи урана определяется спросом со стороны предприятий атомной отрасли и соответствующими решениями правительств разных стран, оказывая влияние на стоимость уранового сырья. Особую актуальность атомная энергетика приобрела в связи с развитием электромобильности и «зеленого» курса.

Среди основных производителей выделяются Казахстан, Канада, Австралия и Россия, обеспечивающие значительную долю глобального рынка урана. Страны с высокоразвитыми ядерными программами, несмотря на высокую потребность в этом элементе, предпочитают закупать его извне. Например, Китай ведет активную политику накопления его стратегических запасов, заключая длительные соглашения с такими поставщиками, как Казахстан и Узбекистан [11].

| Наименование страны | Объем доказанных запасов, тыс т [6] | Объем добычи в год, тыс. т/год [6] | Количество лет, на которые хватит доказанных запасов при установленном уровне добычи |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Австралия           | 3 600                               | 4,598                              | 782,9                                                                                |
| Казахстан           | 2 900                               | 25,839                             | 112,23                                                                               |
| Канада              | 1 700                               | 14,309                             | 118,81                                                                               |
| Россия              | 490                                 | 2,738                              | 178,96                                                                               |
| Намибия             | 470                                 | 7,333                              | 64,09                                                                                |
| Нигер               | 450                                 | 1,0                                | 450,0                                                                                |
| ЮАР                 | 320                                 | 0,313                              | 1022,36                                                                              |
| Китай               | 190                                 | 1,65                               | 115,15                                                                               |
| Бразилия            | 210                                 | 0,043                              | 4883,72                                                                              |
| <b>Всего в мире</b> | <b>7 900</b>                        | <b>61,0</b>                        | <b>129,51</b>                                                                        |

Таблица 5. Страны с крупнейшими доказанными запасами урана (2025 г.)

Основными потребителями урана для ядерной энергетики выступают:

- **США:** атомные станции обеспечивают примерно 1/5 всего объема производимой в стране электроэнергии, что выводит ее в лидеры мирового потребления. Большая часть сырья импортируется, включая поставки из Канады, Австралии, Казахстана и России (в 2024 г. временно ограничила экспорт обогащенного урана в США);
- **Франция:** почти 70% электричества генерируется на АЭС. Французские компании, такие как EDF (Électricité de France, более 57 ядерных реакторов), Orano (добыча, обогащение и переработка урана, производство топливных сборок) осуществляют закупки как для внутреннего рынка, так и для экспорта. Источниками традиционно были месторождения Нигерии, позже ключевое значение приобрела Россия – основной поставщик в 2023–2024 гг.; помимо нее это Казахстан, Канада, Австралия и др., а диверсификация стратегии закупок предполагает разработку новых месторождений в Африке (например, Чаде) и Азии (Монголии);
- **Китай:** в 2024 г. китайские АЭС выработали порядка 444–451 млрд кВт·ч электричества (приблизительно 4,6–4,7% от общегосударственного объема); их установленная мощность достигла 61 ГВт – страна стала мировым лидером по мощностям действующих и строящихся реакторов.

К 2035 г. китайское правительство намерено существенно нарастить показатели отрасли, превращаясь, таким образом, в привлекательного покупателя урана, который импортирует преимущественно из России и Казахстана;

- **Россия:** атомная отрасль требует постоянного снабжения природным ураном, необходимым как для отечественных атомных объектов, так и для зарубежных проектов (в Турции, Венгрии, Египте и ряде других государств). Поэтому корпорация «Росатом» занимается производством уранового топлива не только для внутренних нужд, но и для международного сотрудничества с партнерами по всему миру;
- **Индия:** власти наращивают импорт природного урана, основная масса которого поступает из Казахстана, Канады и России.

Казахстан в последние годы стабильно удерживает позицию лидера добычи (около 40% мирового рынка) и вместе с Канадой и Австралией занимает доминирующее положение, контролируя при этом большую часть мировых поставок. Россия обладает не только значительными запасами урана, но и технологиями его обогащения, активно используя их в том числе в политических интересах. Поставляя обогащенный уран ряду стран, она при этом активно развивает свою атомную инфраструктуру. Важнейшими его импортерами остаются Индия и Южная Корея (около 50% рынка в 2024 г.), которые в значительной степени зависят от импорта и стремятся снизить риски путем диверсификации поставщиков и наращивания собственных перерабатывающих мощностей. Доля российских поставок низкообогащенного урана в Европейский союз значительно сократилась, составив в 2024 г. лишь 15% (достигала более 50% в отдельные периоды до 2022 г.). После отказа ключевых европейских покупателей от закупок российского сырья в 2023 г. основными его потребителями стали США и Китай. При этом первые заняли лидирующую позицию, увеличив объем импорта на 19%. Но несмотря на существенный рост зависимости американского энергетического сектора от российских поставок (около 20%), Палата представителей Конгресса США в конце декабря 2023 г. утвердила проект закона, вводящего ограничения на импорт низкообогащенного урана из РФ до 2040 г. И вместе с тем он предусматривает гибкость: министр энергетики вправе временно отменить запреты, если альтернативные источники станут недоступны либо поставки будут признаны соответствующими американским национальным интересам.

Таким образом, Россия остается ключевым игроком на мировом рынке ядерного топлива, обеспечивая

значительную долю потребностей зарубежных покупателей, несмотря на политические ограничения и изменения структуры спроса. Страна поддерживает тесные экономические связи и укрепляет свое положение на глобальном рынке энергоресурсов. Поскольку Китай активно совершенствует собственную атомную энергетику, сотрудничество с РФ становится критически важным фактором для поддержания энергетической безопасности и основной участия в международных проектах по добыче и обогащению, что также укрепляет его влияние на рынке.

Зависимость от импортного урана заставляет государства искать пути снижения рисков, связанных с перебоями поставок, например, инвестировать в переработку и хранение ядерных отходов. Это создает дополнительные преимущества в условиях возможного обострения геополитического напряжения и введения санкций против ключевых производителей урана. Так, Китай, наряду с Индией, Южной Кореей и Японией являющийся крупным потребителем урана, необходимого для стабильного функционирования АЭС, развивает международные проекты его добычи и обогащения, стремясь повысить уровень своей автономии и расширить цепочки поставок.

Интересным решением является использование урана-238 в реакторах на быстрых нейтронах и тория-232, запасы которого в несколько раз превышают запасы урана. Однако ториевое топливо нуждается в расщепляющемся материале для поддержания цепной реакции (обычно в качестве него выступают U-233, U-235 или Pu-239). Возможно разработать ториевое топливо, которое производит больше U-233 в тепловых реакторах, чем потребляет расщепляющегося материала (бридинг).

В мире нет промышленных атомных электростанций, работающих полностью на тории. Но действующие и строящиеся экспериментальные объекты, использующие данный элемент, имеются в некоторых странах:

- **Китае (провинция Ганьсу, пустыня Гоби):** в Увэйском районе работает экспериментальный жидкосолевой реактор (TMSR-LF1) тепловой мощностью 2 МВт. В 2025 г. ученые успешно подтвердили реакцию превращения тория в уран-233 в рабочем цикле. На базе этого опыта разрабатывается более крупная промышленная установка;
- **Индии (Калпаккам):** в эксплуатации находится исследовательский мини-реактор

KAMINI. Кроме того, страна развивает масштабную ядерную программу, используя собственные запасы тория для тяжелых реакторов (AHWR).

Несмотря на растущую популярность возобновляемых источников энергии, важность урана в обеспечении человечества электроэнергией сохраняется: он остается не только наиболее эффективным топливом, но и ресурсом, доступным в наиболее продолжительной временной перспективе (табл. 1, 2, 5). Многие государства наращивают производственные мощности для обработки ядерного топлива, осознавая возможные угрозы глобального масштаба, такие как конфликты и санкции.

## ВОЗМОЖНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВЫ И ПЕРЕХОД НА ВИЭ

Несмотря на относительно большие запасы урана по сравнению с углеводородами, энергетический сектор будущего может быть значительно преобразован. Уже сейчас можно выделить следующие ключевые тенденции:

- **альтернативная энергетика:** прогресс в технологиях, применяемых при разработке, производстве и установке солнечных панелей и ветряков, способен сделать их экономически выгодными источниками экологически чистой энергии;
- **водородная энергетика:** нуждается в строительстве необходимой инфраструктуры, с которой возможно превращение водорода в перспективный ресурс для промышленных предприятий и транспортных сетей. Однако только поддерживаемые государством инициативы могут сделать его альтернативой традиционной энергетике;
- **энергия термоядерного синтеза:** если технологии по созданию термоядерных реакторов окажутся успешными, это приведет к значительному изменению структуры энергетики;
- **геотермальные ресурсы:** многообещающее решение для надежного и экологичного снабжения энергией, особенно в регионах с активным вулканизмом;
- **биотопливо для транспорта:** хотя электрификация и стала основой декарбонизации для большинства стран, альтернативное решение – применение возобновляемых видов горючего, способных снизить выбросы парниковых газов и одновременно достичь

экологических и экономических целей. Ряд исследователей подчеркивает необходимость оценки потенциала такого топлива (например, биоэтанола) посредством строгого научного анализа полного цикла его производства и использования.

Динамика развития альтернативной энергетики весьма противоречива: в условиях постоянного совершенствования технологий и быстро меняющейся социополитической обстановки обеспечить устойчивый прогресс весьма непросто. Так или иначе, пока она занимает незначительный объем в общем балансе потребления энергии, уступая традиционным видам топлива. Этому способствуют следующие причины:

- **экологическая неопределенность:** некоторые технологии могут нанести больший вред экологии, чем предполагалось изначально, включая загрязнение почв, водоемов и атмосферы токсичными материалами (например, широкое внедрение электромобильности оказалось сопряжено с рядом рисков [12–15]);
- **высокая стоимость имплементации:** инвестиции в инфраструктуру и оборудование для альтернативной энергетики остаются значительными, особенно учитывая трудности с хранением и передачей энергии;
- **политическое давление и неэффективное распределение ресурсов:** государственное вмешательство в поддержку альтернативной энергетики иногда приводит к неравномерному распределению средств, что может создать экономические диспропорции;
- **поиск новых источников ископаемого топлива:** открытие крупных месторождений углеводородов и технологий их эффективного извлечения и эксплуатации способны привлечь к ним внимание инвесторов и правительств, отвлекая от развития ВИЭ.

В то же время ряд факторов свидетельствует об актуальности использования альтернативных источников энергии, а именно:

- **Четвертая промышленная революция:** совершенствование цифровых технологий, ИИ, умные сети и IoT создают условия для эффективного управления ВИЭ;
- **новые достижения в хранении энергии:** прогресс в создании аккумуляторов позволит устранить проблему нестабильности поставок энергии от солнечных панелей и ветрогенераторов;
- **интеграция альтернативной энергетики в культурный и общественный контексты:**

рост числа проектов в этой сфере, связанных с экологически чистой энергией, способствует популяризации ее идей и расширению социальной базы сторонников;

- **идеологическое обоснование:** энергоэффективность, защита окружающей среды и желание сохранить природу становятся важными компонентами мировоззрения;
- **научно-технические прорывы:** ожидается появление новых типов генераторов и хранилищ энергии, таких как термо-ядерные установки, способных решить многие существующие проблемы отрасли.

При этом альтернативная (возобновляемая) и «зеленая» (экологичная) энергетики представляют собой близкие, но не тождественные понятия. Несмотря на их схожесть, существует различие в акцентах: термин «альтернативная» подчеркивает инновационность технологий добычи энергии (солнечная, ветровая, геотермальная), а «зеленая» – безопасность для природы, снижение уровня загрязнений. При этом возобновляемая энергетика ориентирована на отказ от традиционных видов топлива (уголь, нефть, природный газ) и охватывает солнечные панели, ветряные и геотермальные установки, использование энергии морских волн и биоэнергетику. «Зеленая» же предполагает получение электроэнергии исключительно из ВИЭ, практически не загрязняющих окружающую среду. Вместе с тем отнесение тех или иных энергетических объектов к экологичным во многих случаях происходит условно. Так, хотя крупные гидроустановки служат достойной заменой работающим на углеродном сырье, они редко попадают в категорию «зеленых» из-за негативного воздействия на природные экосистемы. Да и атомная энергетика часто остается вне категории экологически чистых решений, поскольку требует особых мер утилизации отходов.

Так или иначе, ограниченные запасы углеводородов уже сейчас заставляют задуматься о приемлемом балансе между традиционной и альтернативной энергетикой. Германия уже генерирует более 46% электричества от ВИЭ (стремясь к полному отказу от ископаемого топлива к 2030 г.), однако в целом по Евросоюзу данный показатель – только 22%. Страны ЕС планируют довести эту долю до 45% к 2030 г., а к 2050 г. создать углеродно-нейтральную экономику. Китай также ставит амбициозные цели по увеличению своей энергетической базы на основе солнечных панелей и ветровых турбин, пытаясь упразднить угольную промышленность к середине XXI в.

США намерены удвоить мощность ВИЭ к 2030 г. В 2024 г. зафиксирован рост рынка возобновляемой энергетики на 25% (она уже составляет 40,9% мировой). Согласно отчету International Renewable Energy Agency (IRENA), по итогам 2025 г. ВИЭ приблизились к рубежу почти половины мировой установленной мощности электроэнергетики – до 49,4% (в 2024 г. – 46,3%) [16].

Эти процессы сопровождаются резким увеличением расходов на инфраструктуру: строительство линий электропередачи, расширение сетей хранения энергии, модернизацию распределительных систем – некоторые аналитики считают, что затраты на обеспечение энергией будут расти быстрее, чем сама потребность в ней.

В действительности вся «зеленая» энергетика в целом глубоко убыточна, причем правительства субсидируют около половины расходов на нее за счет налогоплательщиков. Идея остается востребованной, однако внедрение ее принципов носит ограниченный характер.

На этом фоне все большую вероятность приобретает признание того факта, что ни одна технология не может адекватно и эффективно решить проблему безуглероживания транспортного сектора. Хотя электрификация остается краеугольным камнем стратегии многих стран по декарбонизации, возобновляемые виды топлива – вариант, который может обеспечить сокращение выбросов парниковых газов при одновременном достижении более широких экологических и экономических целей. Но, как утверждают некоторые эксперты, они должны оцениваться по объективным, научно обоснованным критериям потенциального вклада в снижение уровня выбросов за весь жизненный цикл.

Внедрение экологических видов энергии – не преграда для дальнейшего использования машин с двигателями внутреннего сгорания. Такой подход отражает практическую реальность автомобильного парка и поможет избежать преждевременного устаревания существующих активов, что было бы особенно актуально для семей с низким уровнем дохода и малого бизнеса. Производство биоэтанола также представляет собой важный рынок для сельскохозяйственного сектора. Более высокий уровень внедрения возобновляемых видов топлива отечественного производства укрепил бы стратегическую автономию во многих аспектах: снижение зависимости от импорта энергоносителей, усиление продовольственной безопасности за счет производства сопутствующих продуктов, под-

держка конкурентоспособности сельского хозяйства и промышленности.

Хотя перспектива быстрого сокращения выбросов парниковых газов выглядит привлекательной, реальная ситуация требует комплексного подхода. Таким образом, будущее энергетики представляется сбалансированным сочетанием инновационных решений и традиционного опыта эксплуатации существующих ресурсов. Важнейшим условием устойчивого развития станет интеграция современных технологий и постепенный отказ от чрезмерного использования невозобновляемых источников энергии. ■

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Electricity 2026 // <https://www.iea.org/reports/electricity-2026>.
2. Energy Institute Statistical Review of World Energy // <https://kpmg.com/be/en/insights/industries/energy-natural-resources-insights/energy-institute-statistical-review-of-world-energy.html>.
3. Роль нефти в жизни разных стран (Россия) // <https://status-arms.ru/blog/rol-nefti-v-zhizni-raznykh-stran-rossiya>.
4. Мировой объем добычи нефти бьет рекорды: названы топ-10 стран // <https://turantimes.kz/ekonomika/62307-mirovoj-obem-dobychi-nefti-bet-rekordy-nazvany-top-10-stran.html>.
5. Запасы нефти по странам (2025) // <https://www.worldometers.info/ru/%D0%B%D0%B5%D1%84%D1%82%D1%8C/%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%8B-%D0%BD%D0%B5%D1%84%D1%82%D0%B8-%D0%BF%D0%BE-%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BC/>.
6. ASB от ОПЕК. Добыча нефти в мире в 2025 г. выросла на 2,2 млн барр./сутки, доля ОПЕК+ составила почти 56% // <https://nangs.org/news/upstream/asb-ot-opek-dobycha-nefti-v-mire-v-2025-g-vyroslo-na-2-2-mln-barr-sutki-dolya-opek-sostavila-pochti-56>.
7. Мировые запасы природного газа // [https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5\\_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%8B\\_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0](https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%9C%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D1%81%D1%8B_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%B0).
8. Как устроен мировой рынок угля // <https://gazprombank.investments/blog/market/coal-market/>.
9. Уголь в мире: добыча, экспорт, импорт, запасы, применение, перспективы // <https://lindeal.com/trends/ugol-v-mire-dobycha-ehksport-import-zapasy-primenenie-perspektivy>.
10. Trump Signs Orders to Expand Coal Power, Invoking AI Boom // <https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-04-08/trump-order-seeks-to-tap-coal-power-in-quest-to-dominate-ai>.
11. Настоящая «зеленая энергетика»: расклад сил на рынке урана // [https://roscongress.org/materials/nastoyashchaya-zelenaya-energetika-rasklad-sil-na-rynke-urana/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://roscongress.org/materials/nastoyashchaya-zelenaya-energetika-rasklad-sil-na-rynke-urana/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F).
12. Гончаров В.В., Янкевич Н.С. Технологические аспекты электромобильности. Ч. 1 // Наука и инновации. 2024. №3. С. 45–49.
13. Гончаров В.В., Янкевич Н.С. Технологические аспекты электротромобильности. Ч. 2 // Наука и инновации. 2024. №4. С. 67–73.
14. Гончаров В.В., Янкевич Н.С. Риски для развития электромобильности // Наука и инновации. 2024. №12. С. 61–66.
15. Гончаров В.В., Янкевич Н.С. Экономика электромобильности: исследование будущего // Наука и инновации. 2025. №8. С. 42–47.
16. Доля возобновляемой энергетики в мире достигла почти 50% в 2025 году // <https://hightech.plus/2026/04/01/dolya-vozobnovlyaemoi-energetiki-v-mire-dostigla-pochti-50-v-2025-godu>.