

Электронный научный журнал «Век качества» ISSN 2500-1841 <https://www.agequal.ru>

2025, №4 https://www.agequal.ru/pdf/2025/AGE_QUALITY_4_2025.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:

Емельянова Е.А., Володина Е.Е. Энергетический переход и геоэкономика: экологические инициативы и новая конфигурация мировых энергетических рынков // Электронный научный журнал «Век качества». 2025. №4. С. 104-132. Режим доступа: <https://www.agequal.ru/pdf/2025/425005.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 330.15

**Энергетический переход и геоэкономика: экологические инициативы
и новая конфигурация мировых энергетических рынков**

Емельянова Екатерина Алексеевна,

студент группы ОБ-9602-22

Российская академия народного хозяйства и государственной службы

при Президенте Российской Федерации,

119571, Россия, г. Москва, пр. Вернадского, д. 82

katerinaemelianovaa@yandex.ru

Володина Елена Евгеньевна,

профессор кафедры

«Цифровая экономика, управление и бизнес-технологии»,

Московский технический университет связи и информатики,

111024, Россия, г. Москва, Авиамоторная ул., д. 8А

e.e.volodina@mtuci.ru

В статье исследуются ключевые аспекты современного энергетического перехода и его влияние на геоэкономическую конфигурацию мировых энергетических рынков. Рассматриваются отличительные черты четвертого энергетического перехода, связанные с масштабным внедрением возобновляемых источников энергии, и анализируются политические, технологические и экологические факторы, определяющие его динамику. Особое внимание уделено роли международных объединений, таких как ОЭСР, БРИКС+ и ОПЕК+, в трансформации глобальных энергетических потоков. Исследуются последствия декарбонизации для мировой торговли, включая введение пограничного углеродного налога в ЕС, и оцениваются риски для российского топливно-энергетического комплекса. Отдельный раздел посвящен анализу роли атомной энергетики в условиях декарбонизации, рассматриваются внутриевропейские противоречия и стратегические позиции России как одного из мировых лидеров в этой сфере. На основе прогнозных данных представлены

сценарии адаптации и рекомендации по укреплению позиций России в условиях структурных изменений мировой энергетики.

Ключевые слова: энергетический переход; геοэкономика; возобновляемые источники энергии; декарбонизация; мировые энергетические рынки; зелёный курс; пограничный углеродный налог; международные объединения; атомная энергетика; топливно-энергетический комплекс; структурная трансформация.

Введение

Современный этап развития мировой энергетики характеризуется глубокой структурной перестройкой, обусловленной сочетанием технологических инноваций, климатических императивов и геοэкономических стратегий. Четвертый энергетический переход, в отличие от предыдущих, инициирован не столько экономической целесообразностью, сколько политическими решениями, направленными на достижение углеродной нейтральности. Ускоренное развитие возобновляемых источников энергии, усиление роли международных экологических инициатив и перераспределение влияния между ключевыми игроками формируют новую конфигурацию глобальных энергетических рынков. В этом контексте особую актуальность приобретает дискуссия о месте атомной энергетики, которая, с одной стороны, рассматривается как стабильный низкоуглеродный источник, а с другой – становится предметом острых геοэкономических и политических разногласий.

В этих условиях актуальным становится комплексный анализ последствий энергетического перехода для стран с ресурсной экономикой, в том числе России. Целью настоящей статьи является исследование современных тенденций энергетического перехода и их геοэкономических последствий, включая переоценку роли атомной генерации, а также разработка рекомендаций по адаптации российского топливно-энергетического комплекса к меняющимся условиям.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи исследования:

- 1) выявить отличия четвертого энергетического перехода от предыдущих этапов трансформации энергетических систем;
- 2) проанализировать влияние геоэкономических факторов на расстановку сил на мировых энергетических рынках, включая изменение роли ОЭСР, БРИКС+ и ОПЕК+;
- 3) оценить последствия декарбонизации и экологических инициатив, таких как Европейский зеленый курс, включая пограничный углеродный налог и зелёные облигации, для российской и международной торговли и энергетической безопасности;
- 4) определить перспективы атомной энергетики в контексте низкоуглеродного развития, провести анализ раскола внутри ЕС по данному вопросу и оценку стратегических позиций России как глобального игрока на рынке ядерных технологий;
- 5) на основе проведенного анализа предложить сценарии адаптации и рекомендации по снижению рисков для российского топливно-энергетического комплекса в условиях глобальной трансформации.

Методологическую основу исследования составляют системный и сравнительный подходы. В работе применены методы экономико-статистического анализа, позволившие количественно оценить структурные сдвиги в глобальном энергопотреблении и долях ключевых игроков на мировых рынках углеводородов и низкоуглеродной энергетики. Для анализа использованы актуальные статистические данные и прогнозные показатели из авторитетных источников: прогнозы Института энергетических исследований Российской академии наук, отчеты Евростата, Европейского парламента, Счётной палаты Российской Федерации, а также аналитические обзоры российских и международных экономических центров.

Проведен контент-анализ экспертных позиций и научных публикаций, представленных в трудах таких авторов, как Д. Ергин и К. Шваб, и в специализированных изданиях, что позволило выявить ключевые

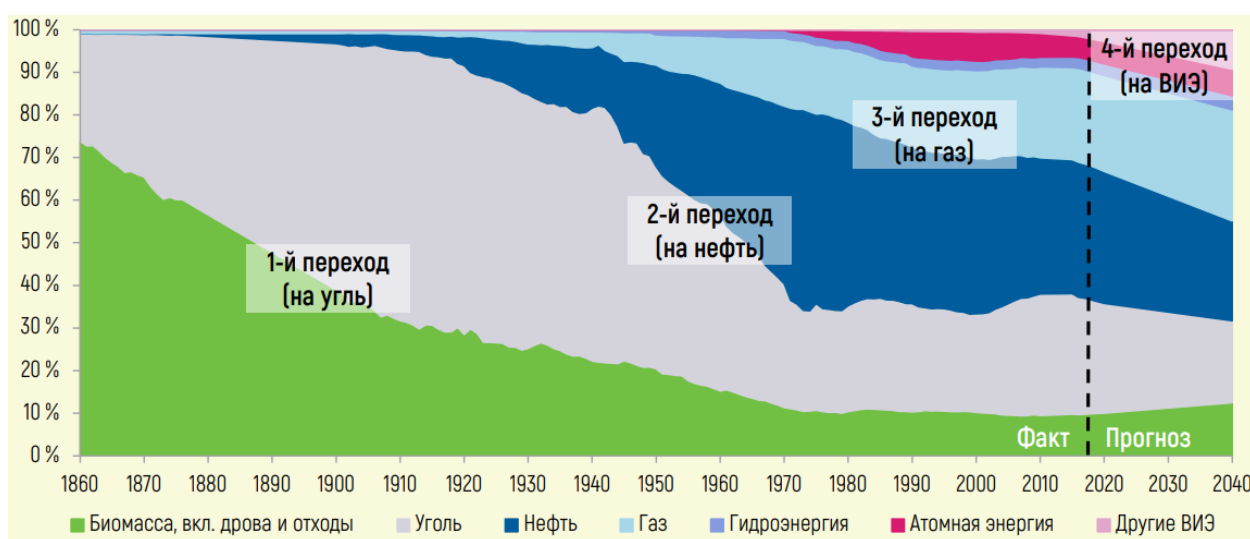
дискуссионные моменты и различные оценки перспектив энергетического перехода. Методологической базой послужили теория энергетических переходов и концепция геоэкономики, включая представления о стратегическом использовании ресурсов и рыночных механизмов для укрепления позиций государств в мировой экономике.

Для оценки рисков и перспектив российской экономики применялся сценарный анализ: рассмотрены возможные траектории трансформации мировых энергетических рынков и их влияние на российский топливно-энергетический комплекс на основе отчета ИНЭИ РАН с применением ряда аналитических методов: от эконометрического и кластерного анализа до оптимизационного, имитационного и многокритериального моделирования.

Отличие четвертого перехода от предыдущих энергетических переходов

Понятие «энергетический переход», введенное в научный оборот В. Смилом, обозначает процесс структурной перестройки системы энергопотребления, в ходе которой сложившаяся модель постепенно сменяется качественно новой. Современный этап трансформации является четвертым по счету в череде кардинальных изменений глобального энергосектора. С точки зрения статистики, ключевым индикатором такого перехода служит устойчивое снижение доли того или иного энергоносителя на рынке на 10% в течение десятилетия [5].

Классическая модель этапов энергетического развития, являющаяся на сегодняшний день общепризнанной, была систематизирована В. Смилом (рис. 1).



Источник: ИНЭИ РАН, Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО [5]

Рис.1. Изменение структуры мирового первичного энергопотребления по видам топлива и четыре энергетических перехода

Согласно концепции В. Смита, можно выделить четыре последовательных энергетических перехода:

1. Первый переход стал прямым следствием Промышленной революции и заключался в замещении традиционной биомассы углем. Это привело к резкому снижению роли древесины в энергобалансе: если в 1840 г. на неё приходилось около 95% энергии, то к 1900 г. этот показатель упал до 50%. Существенным фактором, ускорившим данную трансформацию в Европе, стал острый дефицит топлива, вызванный масштабным обезлесением. В результате именно уголь стал фундаментом энергетики индустриализировавшегося мира.

2. Стремительное распространение нефти ознаменовало второй энергетический переход. Её доля в мировом энергопотреблении возросла с 3% в 1915 г. до 45% к 1975 г. Наиболее активная фаза замещения угля нефтепродуктами пришлась на послевоенные десятилетия, что положило начало так называемому «веку моторов» и глобальному доминированию нефти. Этот период продолжался вплоть до нефтяного кризиса конца 1970-х гг.

3. Третий энергетический переход характеризовался масштабным внедрением природного газа, который постепенно вытеснял как уголь, так и

нефть. Его доля демонстрировала устойчивый рост: с 3% в 1930 г. до 23% в 2017 г., что свидетельствует о его растущей значимости в глобальной энергетической системе.

4. Четвертый энергетический переход находится на начальной стадии. Его основу составляют технологии, которые принято объединять под термином «современные возобновляемые источники энергии» (ВИЭ), такие как солнечная и ветровая генерация, появившиеся в 1980-х гг. [18]. В последние десятилетия был достигнут значительный прогресс в коммерциализации целого спектра инновационных решений, включая ветропарки, фотоэлектрические панели, системы накопления энергии и др. По данным на 2021 г., на долю ВИЭ приходилось примерно 15% мирового потребления первичной энергии, причем этот вклад был практически равномерно распределен между электроэнергетикой и секторами конечного потребления. В структуре генерации на основе ВИЭ гидроэнергия занимала около 40%, биоэнергетика (биогаз, твердая биомасса, отходы) – 25%, а новые ВИЭ (солнечные, ветровые, геотермальные электростанции, энергия океана и др.) обеспечивали примерно треть. Примечательно, что именно новые ВИЭ демонстрируют наиболее впечатляющие темпы роста среди всех видов генерации за последнее десятилетие, включая ископаемые топлива. Прогнозы предполагают сохранение этой динамики: к 2050 г. ожидается увеличение объемов производства солнечной энергии в 5-9 раз, ветровой – в 3-7 раз, а прочих видов новых ВИЭ – в 3-4 раза [6].

Согласно утверждениям доктора Д. Ергина, нынешний переход совершенно отличается от предыдущих трех: в отличие от современных процессов все исторические смены энергетических парадигм были, прежде всего, результатом их технологической и экономической целесообразности. Сегодня же доминирующим фактором является политика. Прежние переходы, по мнению Д. Ергина, растягивавшиеся на сто и больше лет, носили постепенный, эволюционный характер, тогда как нынешний план предполагает

революционное преобразование. Его задача – не просто дополнить, а фундаментально перестроить энергетический фундамент глобальной экономики объёмом 100 трлн долл., уложившись всего примерно в 25 лет. Масштаб подобной задачи не имеет прецедентов в истории [3].

Прогноз ИНЭИ РАН и Центра энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО также показывает, что темпы изменений энергетики и скорость перехода связаны с высокой неопределённостью. Однако основными драйверами энергоперехода стали качественно новые факторы – развитие новых технологий и изменения в энергополитике, включая декарбонизацию, борьбу с глобальным изменением климата и стремление повысить энергетическую безопасность [5].

Анализ трансформаций в сфере энергетических ресурсов, представленный на рис. 1, поддерживает теории Д. Ергина, поскольку в настоящее время в энергетической отрасли продолжается использование обычного биотоплива. Сложность в формулировке четкого определения энергетического перехода связана с асинхронным и протяженным характером глобального экономического роста. Эта неравномерность приводит к тому, что замещение одних энергоносителей другими представляет собой крайне длительный процесс. Внешне он проявляется не столько в вытеснении предыдущих источников, сколько в общем увеличении объемов потребления с добавлением новых. Ярким примером служит традиционная биомасса: несмотря на продолжающееся использование, её доля в мировом энергобалансе демонстрирует устойчивое снижение – с 98,28% в 1800 г. до 6,3% в 2021 г. [4]. Это наглядно иллюстрирует исключительно низкую скорость, с которой происходит сокращение роли устаревающих ресурсов.

Геоэкономика как фактор трансформации мировых энергетических отношений

Современная конфигурация глобальных энергетических рынков претерпевает фундаментальные изменения, обусловленные усилением геоэкономической составляющей в международных отношениях. Термин «геоэкономика», введенный американским стратегом Э. Люттваком в конце 1980-х гг., описывает новую реальность, в которой экономические инструменты становятся основным средством достижения государствами глобального доминирования, оттесняя традиционные военно-политические методы [8, 13]. Хотя данная научная дисциплина оформилась относительно недавно, её теоретические корни уходят в классическую политэкономия и геополитику. В фокусе её внимания находится стратегическое использование пространственных факторов – контроля над ресурсами, транспортными коридорами и ключевыми рынками – для укрепления национальных позиций в мировой экономике [8, 13].

Применительно к энергетической сфере геоэкономический подход позволяет анализировать действия ведущих держав через призму борьбы за устойчивые конкурентные преимущества. Так, на протяжении десятилетий страны Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) сохраняли статус доминирующего игрока на мировой энергетической арене. В период создания Международного энергетического агентства в 1970-х гг. государства-члены организации концентрировали свыше 70% мирового потребления первичной энергии, достигая пиковых значений в сегментах нефтепродуктов (80%), природного газа (90%) и угля (70%). При этом их производственные возможности существенно уступали внутреннему спросу: на долю ОЭСР приходилось лишь 30% глобальной добычи нефти, около 60% газа и половина угледобычи. Сложившаяся диспропорция закрепила за объединением роль крупнейшего в мире импортной энергетической коалиции [6].

На сегодняшний день структурные изменения принципиально повлияли на расстановку сил. Несмотря на расширенный состав организации, демонстрирующий значительный экономический потенциал (46% мирового ВВП при 17% населения), удельный вес ОЭСР в глобальном энергопотреблении сократился до 36%. Особенно заметным стало снижение доли в потреблении нефтепродуктов и природного газа (до 45% по каждому направлению), а спрос на уголь уменьшился до 17% от общемирового показателя. Внутри самой организации сформировались диверсифицированные кластеры: экспортноориентированные экономики Северной Америки и Австралии противостоят традиционным импортерам в лице Европы и азиатских стран, включая Японию и Южную Корею [6].

Прогнозируемая ИНЭИ РАН динамика подтверждает усиление геоэкономической трансформации. К середине столетия ожидается дальнейшее сокращение влияния ОЭСР при сохранении значительного экономического веса (37% глобального ВВП). Доля в мировом потреблении первичной энергии снизится до 27-28%, а в структуре топливных рынков не превысит трети по нефтепродуктам и газу, опустившись до 12% в угольном сегменте. Существенное сокращение роли объединения прогнозируется и в низкоуглеродной энергетике: его вклад в мировую атомную генерацию уменьшится с 67% до 50%, а доля в потреблении возобновляемых источников энергии снизится с 30% до 25%. Производственные показатели также демонстрируют нисходящий тренд: на организацию будет приходиться четверть мировой нефтедобычи, 30% газа и 14% угля. При этом сохранится географическая специализация внутри блока, где Северная Америка и Австралия останутся ключевыми экспортными платформами, а экономики стран Европы, Японии и Южной Кореи продолжат выполнять функции центров импорта [6].

Возрастает геоэкономическая роль БРИКС+ в трансформации мировых энергетических рынков. Страны БРИКС+, объединяющие 46% мирового

населения и формирующие 35% глобального ВВП, превратились в системообразующий элемент мировой энергетической архитектуры. По данным на 2021 г., на долю объединения приходилось 47% как мирового потребления, так и производства первичной энергии. Прогнозируется, что к 2050 г. при доле в 41% мирового населения и 42% глобального ВВП страны БРИКС+ будут обеспечивать 49-50% мирового энергопотребления и энергопроизводства, что свидетельствует об их растущем геоэкономическом влиянии [6].

Уже сегодня БРИКС+ практически полностью определяет конфигурацию мирового угольного рынка, обеспечивая 70% глобальной добычи и потребляя 74% от общемировых объемов. К середине века сохранится их ключевая роль в этом сегменте: прогнозируемая доля в потреблении составит 74-75%, в добыче – 72-75%. Присоединение к объединению ключевых экспортеров, таких как Иран, ОАЭ и Саудовская Аравия, усилило его позиции на мировом нефтяном рынке. На страны БРИКС+ сегодня приходится 42% мировой добычи нефти при потреблении 37% нефтепродуктов. К 2050 г. эти показатели достигнут 41-42% и 39-41% соответственно. На газовом рынке объединение демонстрирует сбалансированную структуру, включая как крупных производителей (Россия, Иран), так и значительных потребителей. В 2021 г. на страны БРИКС+ приходилось 37% мировой добычи и 36% потребления газа, тогда как к 2050 г. потребление газа в странах БРИКС+ составит 43-47% от общемирового, а добыча – 42-43% [6].

Существенно возрастает роль объединения в атомной и возобновляемой энергетике. Доля в потреблении атомной энергии увеличится с 27% в 2021 г. до 44% к 2050 г., а в потреблении ВИЭ – с 39% до 45% [6]. Это подтверждает комплексный подход БРИКС+ к энергетическому переходу и укреплению технологического суверенитета.

Таким образом, к середине века страны БРИКС+ будут обеспечивать около половины мирового производства и потребления энергоресурсов, что

закрепляет их статус одного из ключевых центров формирования новой геоэкономической реальности в глобальной энергетике.

В контексте геоэкономической трансформации мировых энергетических отношений альянс ОПЕК+ сохраняет статус ключевого регулятора глобального нефтяного рынка. Согласно прогнозам, на протяжении всего рассматриваемого периода до 2050 г. страны-участницы данного объединения будут обеспечивать стабильные 55-56% общемировой нефтедобычи [6]. Эта сохраняющаяся доминирующая позиция позволяет альянсу не только определять ценовую конъюнктуру на международных рынках, но и использовать энергетические ресурсы в качестве стратегического инструмента геоэкономического влияния. Поддерживая такой значительный уровень добычи, ОПЕК+ продолжает выполнять функцию балансирующего поставщика, от решений которого зависит стабильность глобального энергоснабжения. Указанная доля в мировой добыче подчеркивает, что, несмотря на энергетический переход и политику декарбонизации, альянс остается системообразующим игроком, чьи действия продолжают оказывать решающее воздействие на перераспределение потоков нефти и формирование новых векторов энергетической безопасности.

Декарбонизация экономики и экологические инициативы

В настоящее время промышленно развитые страны снова сталкиваются с волной экологического движения. Прорыв в третьем этапе защиты окружающей среды, вероятно, был вызван событием апреля 1986 г., когда произошла катастрофа на Чернобыльской АЭС. Этот инцидент, в результате которого реактор частично разрушился, вызвал распространение радиоактивных веществ по всей Европе. Чернобыль с его невидимым, но фатальным угрозами стал ярким напоминанием о рисках технологического прогресса, выходящего из-под контроля, и подтолкнул к возрождению экологического движения. Чернобыль помог развернуться движению «зеленых» в Европе.

При этом начало 1990-х гг. было отмечено не экологической повесткой, а очередным витком геоэкономического противостояния вокруг нефтяных запасов Персидского залива, сохранявших статус стратегического ресурса мирового значения. Возникший кризис вновь вывел проблему энергетической безопасности на первый план, побудив государства сосредоточиться на гарантиях стабильного доступа к энергоресурсам. Растущая третья волна экологического активизма, набравшая к тому моменту значительную силу, начала все активнее пересекаться с задачами энергобезопасности, нередко порождая между ними прямые противоречия [3].

Началось всё с подписания Киотского протокола, который стал первым международным документом, установившим количественные обязательства по сокращению парниковых газов, заложил основы современной системы климатического регулирования. Подписанное в 1997 г. соглашение стимулировало развитие национальных экологических программ, способствовало технологическим прорывам в области возобновляемой энергетики и укрепило механизмы международной экологической кооперации. Как отметила исполнительный секретарь Рамочной конвенции ООН об изменении климата К. Фигерес, протокол продемонстрировал принципиальную возможность выстраивания глобального сотрудничества для противодействия экологическим угрозам. К 2014 г. благодаря реализации его положений удалось достичь сокращения атмосферных выбросов на 22,6% относительно уровня 1990 г., хотя этот результат стал следствием комплекса факторов [2].

Однако соглашение имело системные ограничения – отсутствие действенных механизмов принуждения для стран-нарушителей и провал инициатив по экологической компенсации ущерба. Несмотря на продление действия протокола на конференции в Дохе (2012 г.), эти структурные недостатки предопределили замену протокола на 21-й конференции Парижским соглашением 2015 г., которое сместило акцент на сдерживание глобального

потепления в пределах 2°C через обязательства 195 участников, подписавших договор.

Парижское соглашение определяет целевые ориентиры по ограничению роста средней глобальной температуры до 2050 г. В рамках его реализации начал формироваться новый сегмент мирового финансового рынка – так называемое «зелёное» финансирование, включающее в себя специализированные механизмы кредитования и инвестирования в низкоуглеродные проекты. По экспертным оценкам, за последние десять лет объём данного рынка увеличился в 80-100 раз. Согласно данным BNP Paribas, в 2012 г. его объём составлял 5,2 млрд долл., а к 2021 г. достиг 540,6 млрд долл. Подобная динамика объясняется не только ростом интереса к устойчивым проектам, ориентированным на климатическую повестку, но и изменением структуры распределения капитала: финансовые потоки перераспределяются от традиционных, не соответствующих экологическим критериям отраслей в пользу «зелёных» инициатив [1]. Следовательно, проводя политику экологического развития, государства будут обуславливать выделение стимулирующих пакетов за счет принятия бизнесом конкретных «зеленых» обязательств. Это означает, что доступ к масштабному финансированию окажется напрямую зависим от углеродного следа компании. В практическом плане это означает, что наиболее щедрые субсидии, кредиты и налоговые льготы получают те игроки, чьи бизнес-модели изначально ориентированы на низкий уровень выбросов парниковых газов [14].

Основатель и президент Всемирного экономического форума (ВЭФ) К. Шваб в своей книге, написанной в соавторстве с французским журналистом Т. Маллере, утверждает, что «зеленая экономика охватывает целый ряд возможностей – от более зеленой энергетики до экотуризма и экономики замкнутого цикла» [14]. Европейский план «Зеленый курс», утвержденный Европейской комиссией, представляет собой комплексную антикризисную программу, направленную на преодоление последствий пандемии COVID-19

через структурную трансформацию экономики. В рамках данной инициативы предусмотрено мобилизовать инвестиции объемом 1 трлн евро для решения двух взаимосвязанных задач: достижения углеродной нейтральности к 2050 г. и обеспечения устойчивого экономического роста отдельно от использования ресурсов [14]. Европейская комиссия оценивает необходимые ежегодные вложения в 260 млрд евро для достижения целей 2030 г. [10]. Ключевой особенностью «Зеленого курса» является ориентация на создание циркулярной экономики с многократным использованием продукции, что отличает его от традиционных антикризисных программ. Стратегической целью проекта является закрепление за Европой статуса первого в мире климатически нейтрального континента, что позволит региону занять лидирующие позиции в формировании новой парадигмы глобального развития.

Реализация Европейского зеленого курса окажет значительное воздействие на мировую торговлю, обусловленное структурной перестройкой энергетических рынков и сокращением поставок углеродоемкой продукции в ЕС. В соответствии с прогнозами, к 2030 г. импорт угля сократится на 71-77% относительно уровня 2015 г., тогда как ввоз нефти и газа уменьшится на 23-25% и 13-19% соответственно. В период после 2030 г. ожидается кардинальная трансформация энергобаланса: практически полный отказ от угля будет сопровождаться сокращением импорта нефти на 78-79% и природного газа на 58-67% по сравнению с базовым 2015 г. Данная динамика свидетельствует о формировании новой парадигмы внешнеторговых отношений ЕС с поставщиками энергоресурсов [10].

В рамках Европейского зеленого курса в июле 2021 г. был введен пограничный углеродный налог (Boarder Carbon Tax, BCT), который функционирует как компенсационный инструмент для производителей ЕС, несущих затраты на декарбонизацию. Ставка налога рассчитывается на основе двух ключевых параметров: уровня углеродоемкости ввозимой продукции и доли её импорта в общем объеме рынка Европейского союза [10]. Данный

механизм призван нивелировать конкурентные преимущества иностранных компаний, не соблюдающих экологические стандарты ЕС. При этом ЕС подчеркивают историческую ответственность ЕС за накопленные выбросы парниковых газов, которые оцениваются в 22% от общемирового объема за период 1751-2017 гг., в то время как у США показатель составляет 25%, а у России – 6% [19].

Важным аспектом стратегии является диверсификация источников энергоснабжения. В 2019 г. доля России в поставках природного газа в ЕС достигала 44,7%, а нефти – 28%, что создавало риски для энергетической безопасности объединения. Пандемия COVID-19 и последовавший экономический спад на 6,2% ускорили реализацию зеленой трансформации, поскольку восстановление экономики было увязано с достижением климатических целей [20]. Развитие экологического сектора уже демонстрирует положительную динамику: его валовая добавленная стоимость достигла 287 млрд долл. в 2017 г., что составило 2,2% ВВП Евросоюза [16].

Проведение Европейского зеленого курса сопряжено с комплексом внутренних вызовов для государств-членов ЕС. Уже на начальном этапе трансформации отмечается рост потребительских цен, обусловленный увеличением стоимости углеродных единиц и перераспределением издержек декарбонизации в цепочках создания стоимости. Эта тенденция создает социально-экономические риски, включая потенциальное снижение уровня жизни наиболее уязвимых категорий населения [10].

Парадоксальным образом климатическая стратегия порождает новые угрозы энергетической безопасности. Масштабное развертывание возобновляемых мощностей требует критических объемов специальных металлов и минералов, используемых в производстве солнечных панелей, ветрогенераторов и систем накопления энергии. Поскольку ЕС импортирует до 95% редкоземельных металлов и 100% графита, необходимого для

аккумуляторов, формируется новая зависимость от ограниченного круга поставщиков, преимущественно из третьих стран [10].

Международно-правовой аспект также содержит значительные риски. Внедрение пограничного углеродного механизма (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) может спровоцировать торговые споры в рамках ВТО, несмотря на заявленное соответствие правилам организации. Исторический прецедент 2012 г., когда ЕС отказался от распространения углеродного сбора на авиаперевозчиков под давлением международной коалиции во главе с США и Китаем, демонстрирует уязвимость односторонних экологических инициатив [10]. Современная геоэкономическая конъюнктура увеличивает вероятность координации ответных мер со стороны основных торговых партнеров Евросоюза.

Для России ключевыми вызовами становятся потенциальная потеря рынков сбыта углеводородов и применение ВСТ к экспортной продукции. Оценки потерь российских экспортеров варьируются от 3 до 5 млрд долл. в год. Сокращение мирового спроса на углеводороды в рамках глобальной декарбонизации создает системные риски для российской экономики, где нефтегазовые доходы традиционно формируют значительную часть бюджетных поступлений. В предпандемийный период их доля достигала 46% (2018 г.) и 39% (2019 г.), снизившись до 28% в 2020 г. под влиянием ценового шока и ограничений ОПЕК+ [10]. В январе-июне 2025 г. консолидированный бюджет России столкнулся со снижением нефтегазовых поступлений на 19,5% [9]. Данная динамика сложилась под влиянием комплекса внешнеэкономических факторов, включая сохранение жёстких санкционных ограничений и эскалацию региональных конфликтов, в частности, на Ближнем Востоке. Таким образом, особую уязвимость представляет европейское направление, на которое приходится 45% экспорта российских энергоносителей.

В среднесрочной перспективе до 2030 г. сохранение текущих объемов поставок выглядит вероятным, однако последующая фаза энергоперехода

предполагает структурное сокращение импорта ископаемого топлива в ЕС. Это ставит под вопрос конкурентные позиции российских энергоресурсов на фоне поставщиков с меньшим углеродным следом, таких как Саудовская Аравия. Дополнительным фактором давления выступает распространение механизмов углеродного регулирования, обсуждаемое в формате сотрудничества США-Китай-ЕС [10].

В контексте глобальной декарбонизации особую актуальность приобретают механизмы финансирования низкоуглеродных проектов выделением «зеленых» облигаций [7]. «Зеленые» облигации открывают доступ к международным рынкам капитала и укрепляют экологический имидж эмитентов, однако требуют соблюдения строгих стандартов и несут повышенные административные издержки.

Опыт реализации подобных механизмов в России включает в себя как проектное финансирование ветропарков, так и выпуск первых «зеленых» облигаций Сбербанком в 2018 г. Международные практики, такие как выпуск Европейским инвестиционным банком облигаций в 2007 г. и налоговые льготы для производителей ВИЭ в Китае, демонстрируют эффективность комплексного подхода, сочетающего экономические стимулы с экологическими приоритетами [7]. Для успешной реализации климатических инициатив необходима интеграция различных финансовых инструментов с учетом национальных особенностей и глобальных трендов.

Таким образом, непредсказуемость темпов глобальной декарбонизации не отменяет необходимости адаптации национальной климатической политики. Своевременная диверсификация экономики и модернизация топливно-энергетического комплекса становятся неотъемлемой частью для сохранения позиций России в трансформирующейся архитектуре мировых энергорынков.

Атомная энергетика в парадигме энергоперехода: климатические императивы и новые векторы геоэкономического соперничества

Отсутствие углеродных выбросов в сочетании с относительно равномерным географическим распределением ресурсной базы обуславливает растущий интерес к ядерной энергетике как к стратегическому направлению решения ключевых проблем современной энергетической политики. Данная отрасль демонстрирует значительный потенциал для преодоления двух системных вызовов: во-первых, чрезмерной зависимости мировой энергосистемы от ископаемого топлива, являющегося основным источником парниковых газов, и во-вторых, рисков для безопасности энергоснабжения, возникающих из-за высокой концентрации запасов нефти и природного газа в ограниченном числе государств.

В современной структуре мировых выбросов парниковых газов наблюдается значительная региональная асимметрия. Согласно актуальным статистическим данным, на Европейский союз приходится лишь 8% от общемирового объема эмиссии, что существенно ниже показателей основных эмитентов – Китая (29%) и Соединенных Штатов (15%). Такая диспропорция отражает различную степень вовлеченности ключевых игроков в процесс декарбонизации и свидетельствует о различных подходах к реализации климатической политики [17]. Атомная энергетика играет ключевую роль в энергосистеме ЕС, обеспечивая около 30% генерации, что сравнимо с вкладом ВИЭ. Данный баланс сил напрямую определяет энергетическую стратегию Брюсселя и Парижа. Несмотря на прогноз МЭА о выводе почти половины мощностей к 2040 г., наблюдается ренессанс атомной программы: новые блоки сооружаются в Словакии, Финляндии и Франции, а восемь государств-членов разрабатывают подобные проекты, что обостряет полемику с Германией [12].

Правовая база ЕС закрепляет суверенитет стран в выборе энергокорзины, что было подтверждено на саммите в 2019 г. Сценарии развития сектора варьируются: стратегия «Чистая планета для всех» прогнозирует сохранение

доли атома на уровне 10-16%, тогда как оценки МАГАТЭ указывают на возможное снижение до 3,2-5,2%. При этом европейский «Зеленый курс», утвержденный в 2019 г., не предполагает полного вывода атомных мощностей до середины XXI в. Стратегия рассматривает ядерную энергетику как переходный низкоуглеродный источник на пути к климатической нейтральности 2050 г., что демонстрирует прагматичный подход к энергопереходу [21].

Тем не менее, раскол внутри Евросоюза углубляется: Австрия, Германия и Люксембург проводят курс на сворачивание АЭС и в 2019 г. добились исключения атома из «зелёной» таксономии ЕС. Однако это решение вызвало значительные разногласия и не получило единодушной поддержки среди политических и общественных структур ЕС. Оно оспаривается Францией, которая активно лоббирует признание ядерной энергии устойчивым источником финансирования. В результате, консенсус на уровне ЕС достигнут не был, что демонстрирует непоколебимую приверженность Франции лоббированию интересов атомной отрасли в общеевропейском масштабе.

Данная стратегия Парижа спровоцировала серьёзную напряжённость в диалоге с Берлином, который решительно выступает против использования средств общеевропейского бюджета для субсидирования французской ядерной программы. Позиция Франции в вопросах атомной энергетики имеет объективные экономические основания. По состоянию на 2021 г., доля атомной генерации в энергобалансе страны превышала 70%, тогда как в Германии этот показатель после аварии на Фукусиме сократился с 25% до 12% [11]. От ядерной энергетики Германия начала отказываться в 2011 г., и этот процесс был завершён в 2023 г. остановкой последних реакторов.

Подводя итоги, в 2022 г. Европейская комиссия признала атомную энергетику «зелёной» формой инвестиций. Комиссар ЕС по внутреннему рынку Т. Бретон подчеркнул её «ключевую роль» в процессе энергетического перехода от ископаемых ресурсов. Параллельно президент Франции Э. Макрон выдвинул концепцию «ядерного ренессанса» как основы низкоуглеродного будущего

Европы. Тем не менее, роль атомной энергетики в рамках климатической политики остаётся предметом острых дискуссий внутри Европейского союза.

Согласно прогнозу развития энергетики мира и России в 2024 г. от Института энергетических исследований РАН, глобальная выработка электроэнергии на атомных станциях возрастет на 32-57% к середине XXI в. При этом Европейский регион станет единственным, где произойдет сокращение использования атомной генерации [6]. Несмотря на более высокую себестоимость производства электроэнергии по сравнению с другими видами безуглеродной генерации и потребность в значительных первоначальных инвестициях, атомная энергетика обладает ключевым системным преимуществом. В отличие от солнечной и ветровой энергетики, АЭС обеспечивают стабильную выработку без суточных и сезонных колебаний, что существенно снижает потребность в резервных мощностях и дорогостоящих системах накопления энергии [6]. Данная характеристика делает атомную энергетику стратегически важным элементом надежной низкоуглеродной энергосистемы.

Теме временем Российская Федерация к 2023 г. утвердилась в качестве одного из мировых лидеров в сфере ядерных энергетических технологий, осуществляя масштабную программу строительства энергоблоков как на внутреннем рынке, так и за рубежом. Стратегическое развитие российской атомной энергетики базируется на принципах, сформулированных ещё в 2000 г. и получивших дальнейшее развитие в «Стратегии развития ядерной энергетики России до 2050 года и перспективы на период до 2100 года». Документ предусматривает трансформацию атомной энергетики в фундамент низкоуглеродной энергетической системы страны и определяет ключевые ориентиры: максимальное использование энергетического потенциала уранового сырья, обеспечение безусловной безопасности АЭС, решение проблемы отработавшего ядерного топлива и рациональное использование ископаемого топлива [1].

Реализация атомной стратегии напрямую взаимосвязана с достижением целей низкоуглеродного развития России до 2050 г. и выполнением поручения Президента РФ по увеличению доли атомной генерации в энергобалансе до 25% к 2045-2050 гг. Критически важным направлением признаётся замещение ТЭС на ископаемом топливе, в том числе угольной генерации, в сибирских регионах, где сосредоточены основные мощности тепловой энергетики, что предполагает расширение строительства АЭС за пределы европейской части России [1]. Это создаёт предпосылки для укрепления геоэкономических позиций страны через экспорт высокотехнологичных решений в сфере атомной энергетики и потенциальное формирование новых международных кооперационных связей в условиях глобального энергоперехода.

Новая конфигурация мировых энергетических рынков: сценарии адаптации к новым вызовам и усиления позиций российского топливно-энергетического комплекса

Глобальная трансформация энергетических рынков формирует принципиально новые условия для развития российского топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Анализ сценариев развития мирового энергетического рынка позволяет оценить потенциальные траектории адаптации и определить стратегические приоритеты для укрепления позиций России в меняющейся архитектуре мировой энергетики.

В электроэнергетике сохранится доминирование природного газа, который к 2050 г. будет обеспечивать 45-48% генерации при росте абсолютных объемов выработки (47% в 2021 г.). Атомная энергетика демонстрирует значительный потенциал с приростом производства на 20-60% к 2050 г., а генерация на основе возобновляемых источников увеличится в 4-14 раз, во многом благодаря программам государственной поддержки. Совокупная доля низкоуглеродной генерации (атомные, гидроэлектростанции и возобновляемые источники) в энергобалансе возрастает с 10% в 2021 г. до 11-14% в прогнозном

периоде. Потребление электроэнергии в стране возрастет на 13-40% в зависимости от сценария, достигнув 13-15 трлн кВт·ч к 2050 г. [6].

В нефтяном секторе прогнозируется переориентация экспортных потоков. При сохранении общих объемов экспорта жидких углеводородов произойдет существенное изменение их региональной и товарной структуры. Поставки в Европу сократятся более чем на 60% от уровня 2021 г., тогда как экспорт в страны развивающейся Азии, Африку, Южную и Центральную Америку будет наращиваться. Налоговые поступления от нефтяной отрасли могут сократиться в 1,5-2 раза из-за необходимости поддержки сложных проектов.

Газовая отрасль сохраняет стратегическое значение, при этом внутреннее потребление газа к 2050 г. достигнет 520-574 млрд куб. м. Основной прирост добычи будет обеспечен за счет разработки месторождений Восточной Сибири, Дальнего Востока и арктических регионов. Экспортный потенциал превысит 270 млрд куб. м при сохранении поставок в Европу, а в сценарии формирования глобального консенсуса может достичь 300 млрд куб. м. Ключевым условием развития станет адаптация налогового регулирования и интеграция газотранспортных систем восточных регионов в Единую систему газоснабжения.

Угольная промышленность столкнется со снижением внутреннего спроса и необходимостью реструктуризации экспорта. Добыча угля к 2050 г. сократится на 27-50% в зависимости от сценария, при этом произойдет смещение добывающих мощностей в восточные регионы страны. Экспортная стратегия должна строиться на принципах гибкого реагирования на рыночную конъюнктуру с возможностью варьирования объемов поставок в 2-3 раза.

Общим трендом для всех секторов ТЭК становится смещение фокуса на азиатские рынки, необходимость технологической модернизации и адаптации налоговых механизмов для поддержания конкурентоспособности в условиях усложнения ресурсной базы. Успешная интеграция в новую конфигурацию мировых энергетических рынков потребует от России реализации

сбалансированной стратегии, сочетающей диверсификацию экспортных потоков с глубокой структурной перестройкой внутреннего энергетического комплекса.

Рекомендации по снижению рисков российского топливно-энергетического комплекса от глобальной трансформации

Современная перестройка мировых энергетических рынков, вызванная климатической повесткой и геоэкономическими сдвигами, формирует принципиально новые вызовы для российского энергетического сектора. Вне зависимости от реализации того или иного сценария глобального развития – будь то фрагментация международной торговли или поиск консенсусных решений – ключевым приоритетом для России становится формирование адаптивной и устойчивой модели развития ТЭК [6].

В сфере внешнеэкономической деятельности необходим стратегический переход от традиционных форматов торговли к гибким механизмам взаимодействия. Особое значение приобретает диверсификация экспортных маршрутов с акцентом на быстрорастущие рынки Азиатско-Тихоокеанского региона. Перспективным направлением является развитие портфельных поставок, не привязанных к конкретной ресурсной базе, а также активное участие российских компаний в зарубежных энергетических проектах. В условиях формирования региональных торговых блоков целесообразно способствовать созданию прозрачных ценовых индикаторов на ключевых рынках сбыта. Одновременно требуется формирование альтернативных финансовых и страховых институтов, способных обеспечить стабильность внешнеторговых операций в обход санкционных ограничений.

На внутреннем направлении императивом становится технологическая модернизация и повышение эффективности функционирования всего энергетического сектора. Необходима реализация комплексной программы импортозамещения критических технологий и программного обеспечения в

сегментах добычи, транспортировки и генерации. Модернизация производственной инфраструктуры должна осуществляться с широким внедрением цифровых решений и систем искусственного интеллекта отечественной разработки. Требуется оптимизация системы ценообразования и налогообложения, направленная на поэтапный отказ от перекрестного субсидирования и создание условий для здоровой рыночной конкуренции. Стимулирование энергоэффективности через технологические стандарты и программы обновления основных фондов позволит оптимизировать внутреннее энергопотребление. Кадровое обеспечение отрасли требует пересмотра образовательных программ с ориентацией на перспективные компетенции в тесной координации с бизнес-сообществом.

Перспективным направлением адаптации является технологическая модернизация и развитие низкоуглеродных производств, включая водородную энергетику. Своевременное внедрение системы углеродного регулирования в России может смягчить последствия применения пограничного углеродного налога и обеспечить доступ к климатическому финансированию в рамках международного сотрудничества.

В контексте геополитической нестабильности традиционная парадигма энергетической безопасности претерпевает существенную трансформацию. Классическая трилемма «доступность-надежность-экологичность» дополняется четвертым измерением – геополитической составляющей, которая зачастую вступает в противоречие с экономической целесообразностью. Это обуславливает необходимость поиска новых балансов и компромиссов при формировании энергетической политики. В этих условиях успешная адаптация российского ТЭК будет определяться способностью синхронизировать усилия по укреплению внешних позиций через диверсификацию рынков сбыта и одновременной глубокой внутренней модернизацией, нацеленной на технологическую самостоятельность и рост операционной эффективности.

Заключение

Проведенное исследование позволяет констатировать, что современный энергетический переход представляет собой сложный многомерный процесс, кардинально отличающийся от предыдущих исторических трансформаций. Сегодня ключевым драйвером выступает политическая воля, направленная на достижение климатических целей. Это придает нынешнему переходу беспрецедентные масштабы и сжатые сроки, ставя задачу фундаментальной перестройки энергетического фундамента мировой экономики в течение ближайших десятилетий.

Геоэкономический анализ выявил значительную переконфигурацию глобальных энергетических рынков, характеризующуюся снижением влияния традиционных центров силы в лице ОЭСР и одновременным укреплением позиций новых игроков, прежде всего стран БРИКС+. К середине XXI в. именно это объединение будет формировать почти половину мирового энергопотребления и производства, что свидетельствует о смещении центра тяжести в глобальной энергетической архитектуре. При этом такие институты, как ОПЕК+, сохраняют статус ключевых регуляторов нефтяного рынка, используя энергоресурсы в качестве инструмента стратегического влияния.

Декарбонизация мировой экономики как результат таких инициатив, как Киотский протокол, Парижское соглашение, Европейский зеленый курс, формирует принципиально новые вызовы и возможности. Внедрение пограничного углеродного налога и развитие механизмов «зеленого» финансирования создают дополнительные барьеры для традиционных поставщиков углеводородов, но одновременно открывают перспективы для технологической модернизации и диверсификации экономик.

В этом контексте атомная энергетика демонстрирует значительный потенциал в качестве стабильного низкоуглеродного источника, способного обеспечить базовую нагрузку энергосистемы. Однако её развитие сопровождается острыми геоэкономическими и политическими

противоречиями, что наглядно демонстрирует раскол внутри Евросоюза. Для России это направление представляет стратегический интерес как с точки зрения внутренней безуглеродной генерации, так и в аспекте укрепления позиций на мировом рынке высоких технологий.

Для российского топливно-энергетического комплекса адаптация к новой реальности требует реализации сбалансированной стратегии, сочетающей диверсификацию экспортных потоков в сторону быстрорастущих рынков Азиатско-Тихоокеанского региона с глубокой структурной перестройкой внутреннего энергетического сектора. Ключевыми элементами такой стратегии должны стать технологическая модернизация, развитие низкоуглеродных производств и формирование гибких механизмов реагирования на вызовы глобальной декарбонизации.

Успешная интеграция в новую конфигурацию мировых энергетических рынков будет определяться способностью России синхронизировать усилия по укреплению внешнеэкономических позиций с масштабной внутренней трансформацией, нацеленной на технологическую самостоятельность и повышение операционной эффективности всего энергетического сектора.

Список литературы

1. Адамов Е.О. Зеленая книга ядерной энергетики / под ред. Е.О. Адамова. – М.: Изд-во АО «НИКИЭТ», 2024. – 232 с.
2. Васильева Г.М. Киотский протокол в глобальном историческом контексте / Г.М. Васильева // Вестник Томского государственного университета. – 2019. – № 439. – С. 120-127.
3. Ергин Д. Добыча. Всемирная история борьбы за нефть, деньги и власть: монография/ Д. Ергин. – М.: Альпина Паблишер, 2011. – 944 с.
4. Еремин В.В. Четвертый энергетический переход – барьеры и пути преодоления / В.В. Еремин // Экономика. Налоги. Право. – 2023. – №16 (3). – С. 35-45.

5. Макаров А.А. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина; ИНЭИ РАН; Московская школа управления СКОЛКОВО – М., 2019. – 210 с.
6. Макаров А.А. Прогноз развития энергетики мира и России 2024 / под ред. А.А. Макарова, В.А. Кулагина, Д.А. Грушевенко, А.А. Галкиной; ИНЭИ РАН – М., 2024. – 208 с.
7. Мироносцев Г.К. Развитие альтернативных энергетических ресурсов: перспективы и эффективность // Электронный научный журнал «Век качества». – 2025. – № 2. – С. 274-300. – Режим доступа: <https://www.agequal.ru/pdf/2025/225013.pdf> (дата обращения: 06.10.2025).
8. Никитина М.Г. Геоэкономика как сфера научного знания: аналитико-библиографический обзор / М.Г. Никитина, И.Н. Буценко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. – 2023. – Т. 9 (75). – № 3. – С. 74-86.
9. Опердоклад за январь – июнь 2025 года // Счётная палата Российской Федерации. 2025 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ach.gov.ru/audit/oper-II-2025> (дата обращения: 06.10.2025).
10. Пискулова Н.А. «Зеленая сделка»: риски и возможности для ЕС и России // Российский совет по международным делам. 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiancouncil.ru/analytics-and-comments/analytics/zelenaya-sdelka-riski-i-vozmozhnosti-dlya-es-i-rossii/> (дата обращения 05.10.2025).
11. Секачева А.Б. Тенденции, особенности и проблемы развития атомной энергетики Франции / А.Б. Секачева // Мир новой экономики. – 2021. – Т. 15. – № 3. – С. 85-96.
12. Тарлтон С. Перспективы развития ядерной генерации в Европе // Атомная энергетика 2.0 – 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.atomic-energy.ru/articles/2015/05/22/57088> (дата обращения: 25.08.2025).

13. Черная И.П. Геоэкономика: Учеб. пособие / И.П. Черная. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. – 248 с.
14. Шваб К. COVID-19: Великая перезагрузка / К. Шваб, Т. Маллере. – Женева: Всемирный экономический форум, 2020. – 280 с.
15. Andersson, J.J. Industrial Policy and Decarbonization: The Case of Nuclear Energy in France / J.J. Andersson, J.J. Finnegan // Stockholm School of Economics, University College London. – June 2024. – 54 p.
16. Environmental economy – statistics by Member State // Eurostat. – 2025 [Electronic resource]. – URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_economy_-_statistics_by_Member_State (дата обращения: 06.10.2025).
17. EU energy in figures. Statistical pocketbook 2023 // European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2023. – 268 p.
18. Ritchie H. Energy Mix / H. Ritchie, P. Rosado // Our World in Data. – 2024 [Electronic resource]. – URL: <https://ourworldindata.org/energy-mix#citation> (дата обращения: 25.09.2025).
19. Ritchie H. Who has contributed most to global CO2 emissions? / H. Ritchie // Our World in Data. – 2019. [Electronic resource]. – URL: <https://ourworldindata.org/contributed-most-global-co2> (дата обращения: 05.10.2025).
20. Sabol M. EU economic developments and projections / M.Sabol, G. Loi and L. Antonini // ECTI | Economic Governance and EMU Scrutiny Unit. – 2025. [Electronic resource]. – Access mode: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/645716/IPOL_BRI\(2020\)645716_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/645716/IPOL_BRI(2020)645716_EN.pdf) (дата обращения: 05.10.2025).
21. The European Green Deal. Striving to be the first climate-neutral continent. // European Commission – 2025: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата обращения: 24.08.2025).

Energy transition and geo-economics: environmental initiatives and the new configuration of global energy markets

Emelianova Ekaterina Alekseevna,
student of the group OB-9602-22,
Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
119571, Russia, Moscow, Vernadsky Avenue, 82
katerinaemelianovaa@yandex.ru

Volodina Elena Evgenievna,
Professor of the Department of Digital Economy,
Management, and Business Technologies,
Moscow Technical University of Communications and Informatics,
8A Aviamotornaya Street, Moscow, 111024, Russia
e.e.volodina@mtuci.ru

The article examines the key aspects of the modern energy transition and its impact on the geo-economic configuration of global energy markets. The distinctive features of the fourth energy transition associated with the large-scale introduction of renewable energy sources are considered, and the political, technological and environmental factors determining its dynamics are analyzed. Special attention is paid to the role of international organizations such as the OECD, BRICS+ and OPEC+ in the transformation of global energy flows. The effects of decarbonization on global trade, including the introduction of a border carbon tax in the EU, are being investigated, and the risks to the Russian fuel and energy complex are being assessed. A separate section is devoted to the analysis of the role of nuclear energy in the context of decarbonization, examines intra-European contradictions and Russia's strategic position as one of the world leaders in this field. Based on the forecast data, adaptation scenarios and recommendations for strengthening Russia's position in the context of structural changes in the global energy sector are presented.

Keywords: energy transition; geoeconomics; renewable energy sources; decarbonization; global energy markets; green deal; border carbon tax; international associations; nuclear energy; fuel and energy complex; structural transformation.