

Александр СИМОНОВ
Сергей ЛАВРОВ

ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭНЕРГОПЕРЕХОД: ФОРМИРОВАНИЕ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

Дата поступления в редакцию: 26.11.2022

Для цитирования: *Симонов А. Г., Лавров С. Н., 2022. Глобальный энергопереход: формирование нового технологического уклада. – Геоэкономика энергетики. № 4 (20). С.16-35. DOI: 10.48137/26870703_2022_20_4_16*

В статье представлен комплексный анализ ретроспективы развития мировой энергетики. Особое внимание уделено технологическим и географическим особенностям на предшествующем и текущем этапах. На базе имеющейся статистики ведущих аналитических центров и с учетом идей коллег-исследователей рассматриваются наиболее вероятные направления дальнейшего развития глобальных и региональных топливно-энергетических систем, включая потенциал традиционных и новых технологий, а также роль отдельных источников энергии и способов их использования. Авторы статьи стараются не только проанализировать специфические показатели отдельных энергетических направлений, но и рассмотреть их как альтернативные, что в наибольшей степени учитывает взаимное влияние и, как следствие, отражает реальный механизм принятия решений экономическими агентами. В заключении статьи авторами предложен прогноз по наиболее значимым для России сценариям и выработаны оптимальные меры экономического характера для долгосрочного укрепления международной конкурентоспособности.

СИМОНОВ Александр Геннадьевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры международных экономических отношений РУДН. Адрес: Российская Федерация, г. Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, 6. E-mail: simonov-ag@rudn.ru. SPIN-код: 3285-8930. ORCID: 0000-0002-8497-9564.

ЛАВРОВ Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор. Адрес: Российская Федерация, г. Москва, 117198, ул. Миклухо-Маклая, 6. E-mail: lavrovsn@mail.ru. SPIN-код: 7521-1788.

Ключевые слова: энергетический переход, технологический уклад, санкции, конкурентоспособность, энергетический баланс, возобновляемые источники энергии, структурная перестройка экономики, импортозамещение, внешнеэкономическая стратегия.

Ретроспектива проблемы и международная практика

История развития энергетики, начиная с промышленной революции, демонстрирует, что наиболее доступные источники энергии, выигрышные технологии ее добычи, передачи и использования, принципы оптимального построения энергосистем распространяются с высокой скоростью и в конечном счете приобретают общие черты во всех странах. Корректировка структуры энергетического баланса всегда сопровождалась как количественными, так и качественными изменениями.

С точки зрения основных пропорций энергетика наиболее развитых (по классификации ООН) и развивающихся стран по-прежнему обладает общим фундаментом — ископаемыми энергоносителями (рис. 1). При этом роль возобновляемых источников энергии (ВИЭ) была и остается весьма скромной. Отличаются в некоторых пределах пропорции, используются различные по стоимости технологии и оборудование, но ключевые источники весьма устойчиво сохраняют свою роль и значение.

Потребление энергии в целом по миру демонстрирует крайне стабильную динамику: рост практически линейен на протяжении последних десятилетий. Более 80 % энергии человечество получает из нефти (31 %), угля (27 %) и газа (23 %), на ядерную энергию приходится 5 %, на гидроэнергетику — 2–3 %, еще порядка 9–10 % обеспечивают биомасса и отходы, ветряная и солнечная энергетика покрывает около 2 %. Однако анализ структуры энергобалансов крупных стран позволяет выявить как общие черты, так и принципиальные различия (рис. 1, 2).

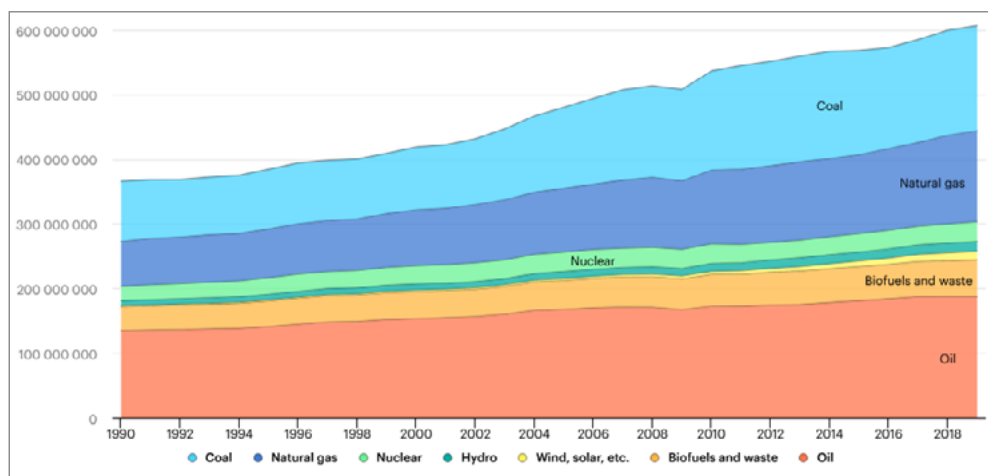


Рис. 1. Структура поставок первичной энергии в мире (ТДж)**

* Источники рис. 1–9: Международное энергетическое агентство (МЭА).

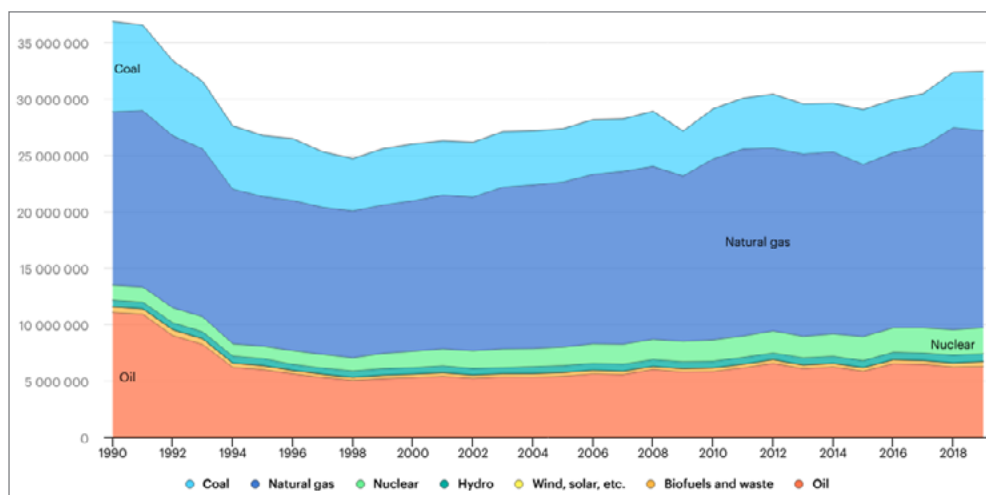


Рис. 2. Структура поставок первичной энергии в России (ТДж)

В США, если сравнить визуально (рис. 3), структура поставок первичной энергии выглядит практически идентично мировой (снижение в последнем году объясняется задержкой с выходом данных в период пандемии в США). По некоторым странам этих данных еще нет, поэтому мировая статистика обрывается 2019 г. То есть США — ведущая экономика мира, на долю которой приходится почти шестая часть глобального потребления энергии (и в зависимости от методологии расчета 16–25 % мирового ВВП), — представляет картину, близкую к среднемировой [Международные газовые проекты России..., 2014]. Однако и в этой стране проявился ряд особенностей, на которых предлагается заострить внимание. В последние годы рост энергопотребления в Штатах почти остановился. Принципиально это проявилось в пандемию: существенно просело потребление нефти (основной энергоноситель для автотранспорта, в пандемию меньше ездили) и угля, а вот потребление газа почти не изменилось, что привело к увеличению его доли в энергобалансе страны до рекордных 35 %. То есть без влияния политических факторов, под давлением исключительно экономических вызовов сверхдержава делает выбор в пользу газовой энергетики.

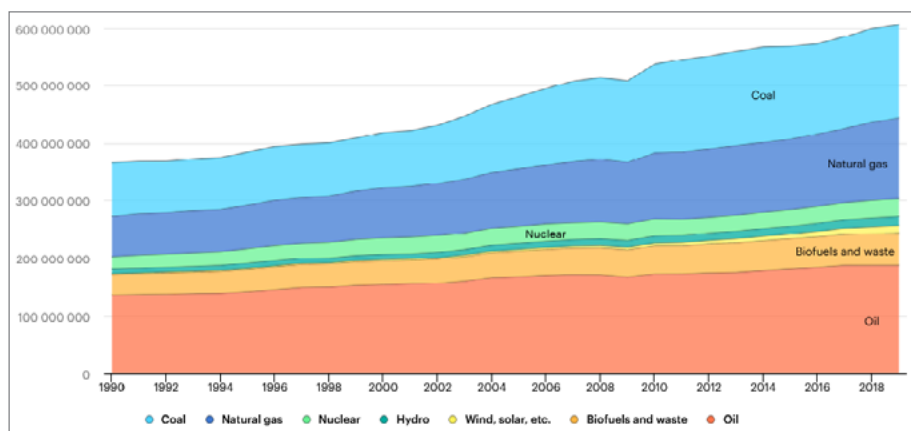


Рис. 3. Структура поставок первичной энергии в США (ТДж)

Аналогичная ситуация — в ЕС, Японии, Республике Корея и многих других развитых странах: в период одного из самых жестких экономических кризисов потребление газа почти не изменилось, его доля в балансах существенно возросла.

В ЕС за последние 30 лет произошло незначительное (менее 3 %) сокращение общего объема использования энергоресурсов (рис. 4). При этом без учета угля (на графике можно мысленно удалить верхнюю голубую область) общее потребление возросло, причем возросло за счет природного газа. Ситуация с нефтью аналогична ситуации с углем: снижение потребления едва компенсируется энергетическим применением отходов и биомассы. Абсолютные и относительные значения по ядерной энергетике относительно стабильны (в основном за счет Франции). Доля ВИЭ в поставках первичной энергии ЕС, позиционирующего себя как лидер в этой сфере, не превышает 4 %.

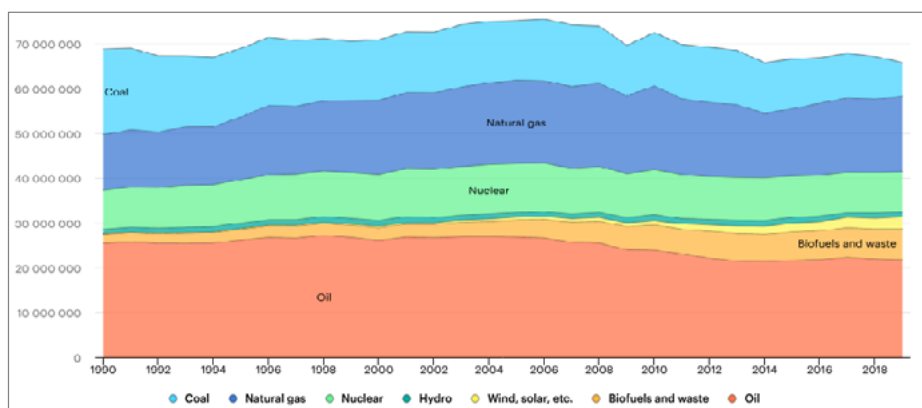


Рис. 4. Структура поставок первичной энергии в ЕС (ТДж)

В Республике Корея наметилась стабилизация энергопотребления. При сохранении общего объема поставок первичной энергии наблюдается изменение структуры энергобаланса: выбывающие объемы угля и нефти компенсируются природным газом, ядерной энергетикой и в значительно меньшей степени биомассой и отходами, доля ВИЭ ничтожно мала (рис. 5).

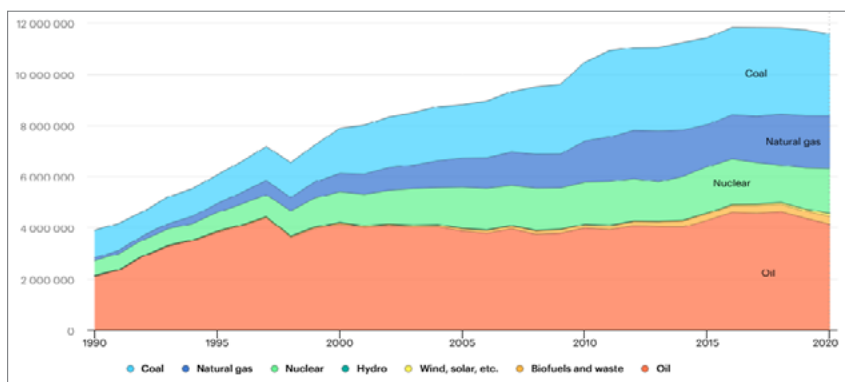


Рис. 5. Структура поставок первичной энергии в Южной Корее (ТДж)

Отдельного внимания заслуживает ситуация в Японии, являющейся одним из мировых производственных и финансовых центров, а также одним из наиболее маржинальных рынков сбыта энергоносителей. За счет эффективных мер в области регулирования производства и эксплуатации автомобильного транспорта стране удалось значительно снизить потребление нефти (рис. 6). В остальных энергетических секторах ставка делается на уголь и газ. Особенно это проявилось при остановке всех АЭС страны после аварии на «Фукусиме». Буквально в течение одного года мощности остановленных атомных станций были полностью замещены газовой (в первую очередь) и угольной генерацией.

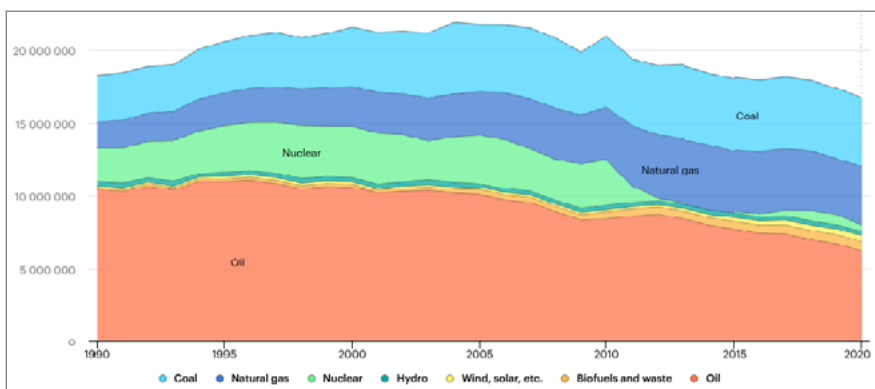


Рис. 6. Структура поставок первичной энергии в Японии (ТДж)

Ситуация с такими крупными индустриальными странами Азии, как Индия и Китай (в совокупности — более трети мирового населения), еще более однозначна: нет и намека на снижение энергопотребления.

Китай, на долю которого приходится более половины мирового потребления угля, находится в активном поиске новых базовых энергоносителей, ими, судя по всему, будет выступать комбинация газовой и ядерной энергетики (рис. 7). Однако потребление угля, начавшее снижаться к 2016 г., вновь демонстрирует тенденцию к росту (в условиях постпандемийного скачка отложенного спроса на большинство товаров обрабатывающей промышленности этот энергоноситель является для КНР исторически наиболее доступным).

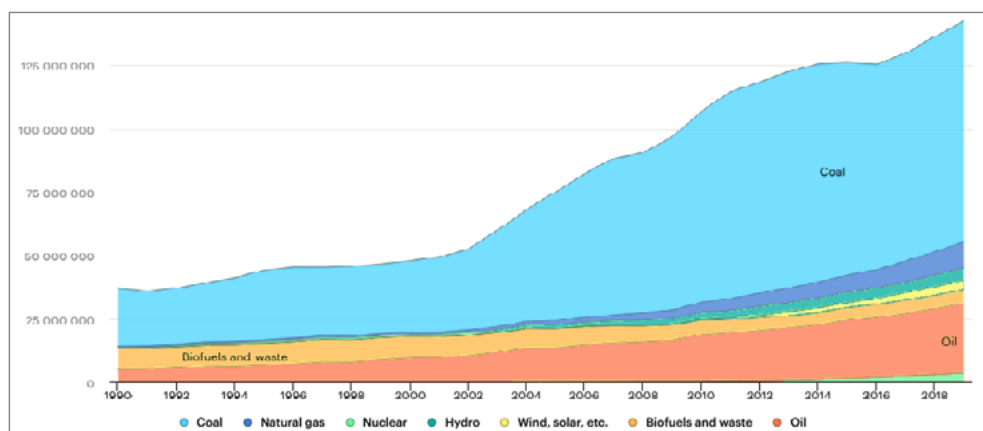


Рис. 7. Структура поставок первичной энергии в КНР с учетом Гонконга (ТДж)

Индийская энергетическая модель похожа на китайскую и демонстрирует аналогичные тренды, но с некоторым запаздыванием (10–15 лет): потребление всех энергоресурсов продолжает расти, особенно велики доли угля и биомассы, пока количественные потребности доминируют над необходимостью качественной селекции (рис. 8). С достаточно большой вероятностью можно прогнозировать, что индийская энергетика в силу схожих экономических условий будет развиваться с учетом китайского опыта, перенимая наиболее успешные решения своего соседа.

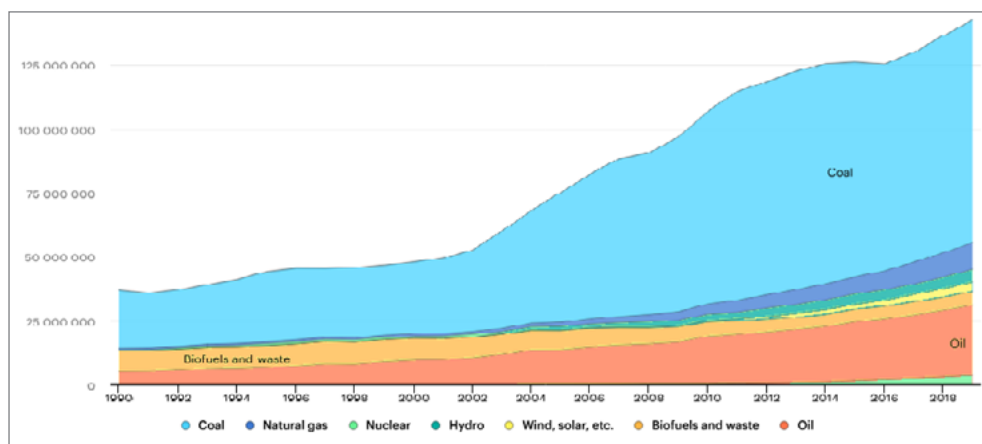


Рис. 8. Структура поставок первичной энергии в Индии (ТДж)

Государственная политика в развивающихся странах вслед за развитыми начинает учитывать экологическую необходимость снижать потребление угля [Telegina, Khalova, 2022]. В текущих условиях это возможно сделать в первую очередь при помощи природного газа. ВИЭ (ветряная и солнечная энергетика) не могут обеспечить энергобезопасность (в самом примитивном понимании), так как полностью зависят от природы.

В качестве ориентира можно привести данные по США за последние 10 лет наблюдений [EIA. *Electric Power Monthly*]: коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) находился в диапазоне 35–43 % для ГЭС, для солнечных электростанций – 20–26 % (фотоэлектрическая генерация) и 17–24 % (гелиотермальная генерация), для ветряных электростанций этот показатель был в пределах 31–35 %. В Европе в силу геоклиматических различий эти значения еще более скромные. В дополнение нужно упомянуть, что не существует возможности приурочить скачки потребления к непредсказуемой ветреной активности. Аналогична ситуация и с солнечной энергетикой: суточное потребление электроэнергии традиционно имеет два пика – утром и вечером, т. е. находится в противофазе с солнечным циклом. Единственным надежным альтернативным источником является геотермальная энергетика, однако в силу географических различий она доступна крайне ограниченному количеству стран (наиболее успешный пример – Исландия, хороший потенциал есть в некоторых районах США и России).

Таким образом, ставка на ВИЭ не может быть ядром современной энергетической политики, она обречена как по технологическим (невозможность обеспечивать генерацию в нужное время), так и по экономическим (отсутствие стабильного денежного потока, увеличение и непредсказуемость периода окупаемости) причинам. Логично предположить, что провозглашение идеи перехода к ВИЭ было для Старого Света элементом не

собственной экономической, а в первую очередь внешнеполитической повестки. В силу активно развивавшихся последние 20–30 лет процессов глобализации происходил перенос наиболее ресурсоемких производственных мощностей из развитых стран в развивающиеся [Волгина, 2020]. Именно этот процесс сделал современный Китай крупнейшим экспортером товаров обрабатывающей промышленности и одним из крупнейших потребителей энергоресурсов. Также в силу интернационализации товарно-сбытовых цепочек многие условно грязные (в т. ч. сопровождающиеся выбросами парниковых газов) этапы создания добавленной стоимости (а не ценности) были перенесены в Китай, Индию, отчасти СНГ.

Географические и технологические направления развития

Вновь зазвучавшие в 2021 г. разговоры относительно повестки *ESG* и все громче провозглашаемые со стороны ЕС намерения ввести дополнительные налоги на углеродный след в этом контексте могут иметь только одно реальное объяснение: в условиях ускорившегося перемещения центра глобального экономического роста в Азию и усилившихся перекосов в мировой торговле (по итогам 2021 г. дефицит торговли товарами США побил очередной рекорд — 1 трлн долл.) западные экономики (в первую очередь *G7*) предпринимают попытки угнаться сразу за тремя зайцами: во-первых, искусственно снизить конкурентоспособность развивающихся экономик, увеличив их издержки, во-вторых, улучшить собственные госфинансы (значительная часть новых сборов пойдет через бюджеты развитых стран) и, в-третьих (в случае с ЕС), искусственно создать рынок электролизных установок (основа «чистой» водородной энергетики) и аналогичного оборудования, которые будут вынуждены использовать многие экспортеры, что переведет их экономики из категории обеспечивающих в категорию зависимых от ЕС. В 2022 г. вопросы экологичности энергетики уходят на второй план, во главу угла вновь встает надежность и экономическая эффективность [Мастепанов, 2022].

Говоря о перспективах использования различных источников энергии в качестве базовых для развития современных национальных энергосистем, следует отметить, что их построение и развитие могут быть только централизованными (как в силу эффекта масштаба, так и в силу организационно-административных причин). Это ограничивает круг поиска углем, газом и ядерной энергетикой. Реальный выбор еще уже: ядерная энергетика не может обеспечивать колеблющийся спрос, во всех странах ядерная генерация имеет более высокий приоритет диспетчеризации даже по отношению к ВИЭ (работа АЭС в маневренных режимах крайне нежелательна в первую очередь по соображениям технической безопасности). Таким образом, на сегодняшний день остается только газ и менее экологичный уголь [Лавров, Симонов, 2021].

Отбросив условности, можно подойти сугубо прагматично и оценить только экономическую эффективность использования базовых энергоносителей (рис. 9). По данным МЭА (организации, объединяющей крупнейших импортеров энергоносителей и созданной в качестве противовеса *ОПЕК*), себестоимость выработки электроэнергии на современных газовых электростанциях ниже, чем на угольных, при *любом* КИУМ, такой же низкий уровень издержек может быть достигнут на АЭС только при КИУМ более 75 %. Аналогичная ситуация и со ставкой дисконтирования: уголь может конкурировать с газом только при околонулевой ставке дисконтирования, чего при текущем росте инфляции, увеличении рисков и «любви» финансовых институтов к традиционной энергетике вряд ли следует ожидать.

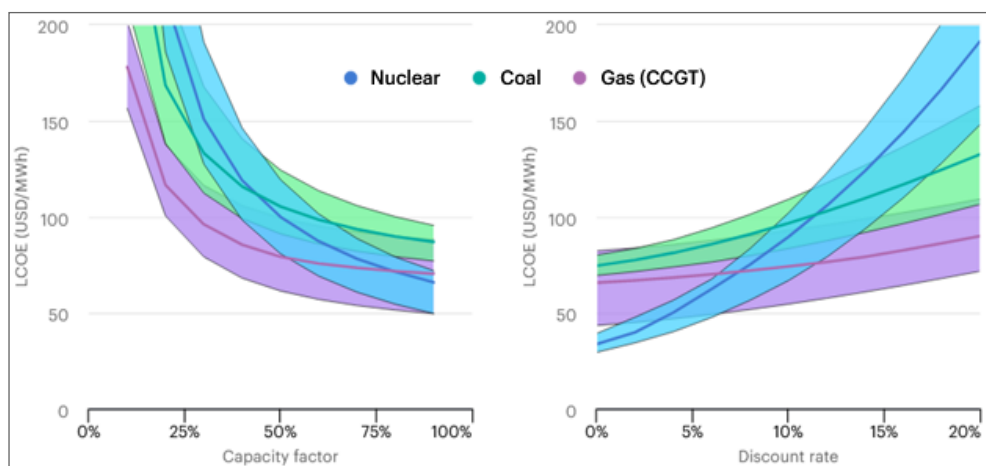


Рис. 9. Анализ чувствительности: нормированная стоимость электроэнергии ядерной, угольной и газовой генерации в зависимости от КИУМ (слева) и ставки дисконтирования (справа) (долл/МВт·ч)

Однако такой подход при анализе разворачивающегося энергоперехода упускает из вида еще один важный сектор энергетики — топливное обеспечение транспорта. Учитывая, что транспорт потребляет до трети первичной энергии, данное направление может само по себе стать локомотивом энергоперехода и определить его направление. В настоящее время львиная доля топлива, потребляемого транспортными средствами (автомобили, тепловозы, водные и воздушные суда), представлена нефтепродуктами. Однако существуют и альтернативные технологии: электродвигатели, двигатели на водородных топливных элементах, спиртовые двигатели, двигатели на пропан-бутановой смеси, двигатели на природном газе. Указанные пути отказа от бензина и дизельного топлива имеют свои преимущества и недостатки.

Пропан-бутановая смесь, являясь третьим по массовости топливом, не рассматривается в качестве альтернативы в силу своего происхождения — производство при добыче и переработке нефти или при осушке природного газа. Тем не менее расширение ее использования может быть важным фактором повышения экономической эффективности использования углеводородных ресурсов и снижения объема вредных выбросов.

Спиртовое топливо может в полной мере считаться альтернативным возобновляемым ресурсом в контексте отказа от ископаемых углеводородов. Однако более глубокий анализ свидетельствует о наличии ряда сопутствующих проблем. Производство биотоплива требует отчуждения значительных земельных ресурсов, что является серьезным препятствием для стран с высокой плотностью населения и/или низкими природно-климатическими качествами территории. Более того, в силу конкурентного использования земельных ресурсов продовольственными отраслями сельского хозяйства увеличение производства топливного этанола означает отказ от производства значительного количества продовольствия. Данные обстоятельства привели к тому, что в текущих условиях только две страны могут производить существенные объемы биотоплива — США и Бразилия (соответственно 14 млрд и 8 млрд галлонов из 26 млрд галлонов по миру, т. е. на две страны приходится 85 % производства). К тому же в сравнении с углеводородным топливом этанол обладает более низкой калорийностью и накладывает некоторые ограничения на использование в холодном климате (давление паров критически падает, что затрудняет запуск двигателя без системы предварительного подогрева). В среднем биотопливо покрывает около 10 % энергетических потребностей транспорта, данный уровень стабилен на протяжении последних 10 лет. Значительное увеличение производства не может быть достигнуто без изъятия земель из-под продовольственного использования. При росте численности населения и глобальном повышении цен на продукты питания сценарий массового перехода на биотопливо не представляется реализуемым.

Электродвигатели являются перспективным направлением отказа от использования углеводородного топлива на транспорте. Но переход на электричество в одном секторе неминуемо вызывает вопрос о первичных источниках этой энергии. Таким образом, суть проблемы энергообеспечения транспорта заключается не в замене нефтепродуктов электроэнергией, а в определении способов и ресурсов для генерации этой энергии, что снова возвращает нас к поиску оптимальных методов промышленной электрогенерации.

Автомобили на водородном топливе требуют отдельного внимания. Принципиально существует две перспективные технологии производства водорода — электролиз воды (электрохимическое разложение воды на водород и кислород, требующее специфического оборудования и

больших затрат электрической энергии) и риформинг метана (выделение водорода из природного газа при помощи относительно простых установок, не требующих дополнительных внешних источников энергии). Именно на электролиз упирает политика ЕС, так как это позволяет создать целую отрасль, связанную с производством и эксплуатацией электролизных установок. Данное оборудование и продуктовые цепочки на его базе будут сертифицированы как «чистые», что, по задумке европейских стратегов, снизит конкурентоспособность импортируемых традиционных энергоресурсов и энергоемких товаров, в отношении которых будут вводиться дополнительные экологические сборы. Однако сравнительный анализ энергетической эффективности транспорта на различных видах топлива обнаруживает ряд логических противоречий подобного подхода. Автомобили, работающие на электричестве и использующие полученный при помощи электролиза водород, обладают разной эффективностью: для электромобилей до 90 % электрической энергии преобразуется в механическое движение (потери связаны с передачей энергии по ЛЭП, зарядкой/разрядкой аккумулятора, трением деталей), для авто на водородном топливе КПД не превышает 35 %, то есть почти в три раза меньше (рис. 10). Дополнительные потери связаны с избыточными технологическими преобразованиями (вместо использования электроэнергии напрямую она используется для выработки водорода, который затем необходимо сжигать, перевозить, хранить, заправлять и снова преобразовывать в электрическую энергию, которая в конечном итоге используется двигателем). Эти неустранимые различия признаются европейскими автомобильными концернами (вышеприведенные показатели являются официальной информацией концерна *Volkswagen*), но в их презентациях фигурирует смелое предположение об использовании исключительно возобновляемых источников. Их сложно упрекать в таком допущении, так как фактически оно не влияет на себестоимость и эксплуатационные качества их продукции, а в большей степени остается на совести политиков, гарантирующих европейцам достаточность возобновляемой энергетики. Как было отмечено выше, невозможно полностью полагаться на солнечную и ветряную энергетику, поэтому при массовом производстве водорода для транспортных нужд неизбежно использование электроэнергии, полученной от традиционных энергоносителей. То есть предлагаемый сейчас путь таит дополнительные потери и на этом этапе, что снижает итоговый КПД преобразования первичной энергии в механическое движение до 15–20 % по верхней границе. По-другому ситуация может складываться, если использовать водород, полученный в результате риформинга метана, так как в этом случае отсутствуют излишние трансформации, однако в этом случае придется также базироваться на ископаемом топливе.

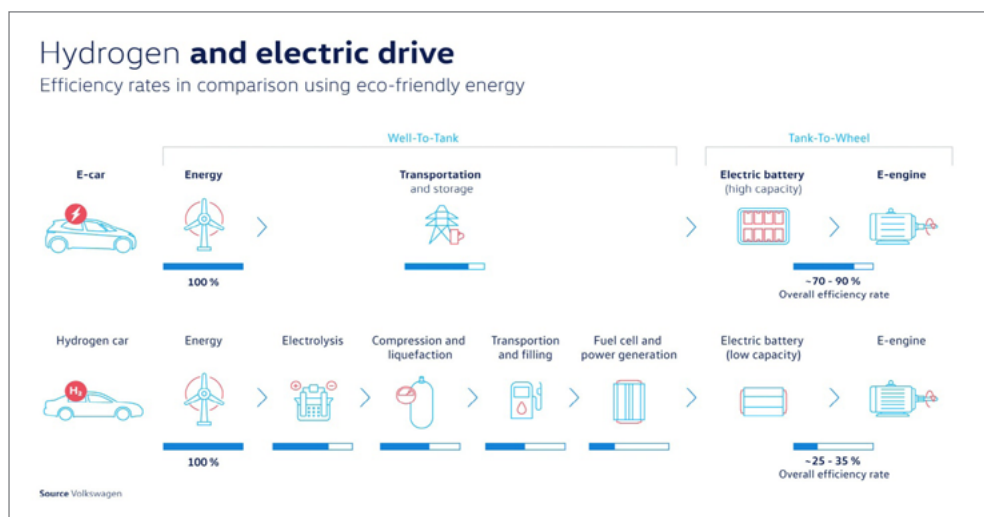


Рис. 10. Сравнительный анализ формирования КПД электроавтомобилей и автомобилей на водородных топливных элементах

Источник: Volkswagen Newsroom

Непосредственное использование компримированного (КПГ) и сжиженного (СПГ) природного газа представляет альтернативу бензиновому и дизельному топливу. При близких значениях КПД газовый двигатель выигрывает за счет более дешевого топлива, а также значительно меньшего объема выбросов выхлопных газов. Ведущиеся НИОКР могут значительно повысить эффективность данного вида двигателей. Также имеющаяся газотранспортная инфраструктура потребует значительно меньших капитальных затрат на дооборудование и настройку в сравнении с массовым внедрением водородного топлива.

Практика внедрения и использования различных технологий на транспорте свидетельствует о начале широкого распространения альтернатив бензинового и дизельного топлива. Конкуренция технологий происходит как в реальном секторе экономики, так и в политическом измерении при выработке государственной энергетической политики [Пусенкова, 2022].

В странах Западной Европы разворачивается экономико-политическая дискуссия в основном относительно трех направлений: электродвигателей, двигателей на водородных топливных элементах и двигателей на природном газе (КПГ и СПГ).

По данным доклада [Alternative fuel vehicle..., 2021], представленного в конце 2021 г. Европарламенту, инфраструктура и состав транспорта на альтернативных видах топлива имеют крайне неоднородные контуры как в рамках интеграционного образования, так и в сравнении с другими мировыми лидерами в этой сфере.

В части электротранспорта Китай является лидером по количеству пунктов зарядки (808 тыс.), ЕС занимает второе место (208 тыс.), на третьем месте США (100 тыс.), суммарная доля других стран по этому показателю менее 5 %. Аналогичная ситуация — и с количеством электромобилей: 4,5 млн в Китае, 2,1 млн в ЕС, 1,8 млн в США.

Ситуация с водородным транспортом выглядит несколько иначе. По количеству автомобилей на водородных топливных элементах мировым лидером является Республика Корея (10 тыс.), за ней следуют США (9,2 тыс.), Япония (4,1 тыс.), суммарно ЕС располагается на четвертом месте (1,8 тыс.). Причем в ЕС более 80 % водородных автомобилей приходится на три страны — Германию, Францию, Нидерланды.

Распространение транспортных средств, использующих природный газ, в ЕС значительно шире. В частности, таких машин всех типов (автобусы, грузовики, личный транспорт) в ЕС насчитывается более 1,4 млн, из них около 1,3 млн — это пассажирские автомобили.

Подытоживая анализ применимости технологий энергообеспечения транспорта и обзор практики ведущих стран в области автомобилестроения и автомобилепользования, можно сделать однозначный вывод: природный газ является перспективным газомоторным топливом, его применение уже продемонстрировало высокую экономическую эффективность на грузовом и пассажирском транспорте; в Европе среди лидеров по переходу на газомоторное топливо — такие страны, как Германия, Испания, Италия, Нидерланды, Франция, Чехия, то есть экономическое и политическое ядро ЕС. Учитывая технологические и экономические ограничения, других конкурентоспособных альтернатив бензину и дизельному топливу пока не предвидится.

Страны, обладающие запасами природного газа, технологиями его добычи, развитой газотранспортной и газоэнергетической инфраструктурой, могут претендовать на роль экономических лидеров как минимум по всем базовым экономическим направлениям (первичный и вторичный сектора, сфера энергоемких услуг). В полной мере этим критериям отвечают только США и России. Во многом именно этим фактом объясняется многолетняя конкуренция между американскими и российскими поставщиками, окончательно вышедшая за экономические рамки.

Вместо заключения: прогноз и предложения для России

Анализ динамики мирового энергобаланса и энергетики различных стран показывает, что в развитых странах происходит замедление, или стагнация, роста энергопотребления, в результате межтопливной конкуренции наметилось планомерное увеличение доли газа и в меньшей степени — ВИЭ. В развивающихся странах быстрый рост энергопотребления

продолжается, государства пытаются отдавать предпочтение газу, но в целом можно констатировать увеличение потребления всех традиционных энергоносителей.

Таким образом, реально происходящий в настоящий момент энергопереход представлен межтопливной конкуренцией и планомерным вытеснением угля и нефти природным газом. Именно газ будет играть ключевую роль в энергетике на протяжении ближайших десятилетий [Симонов, Лавров, 2022]. Этому будет способствовать оптимальность данного энергоносителя по ряду ключевых параметров: экономичности, экологичности, технологичности, надежности. Роль ядерной энергетики и альтернативных источников может быть увеличена в долгосрочной перспективе, но балансирующим энергоносителем (гарантирует покрытие пиковых потребностей) может быть только газ (уголь будет параллельно уходить из энергобалансов по экологическим, технологическим и, самое главное, экономическим причинам).

Для Российской Федерации открывается окно возможностей: в отличие от большинства развитых стран, исчерпавших свои природные ресурсы (почти полная вырубка европейских лесов к XIX в., истощение традиционных нефтегазовых и угольных месторождений Европы и Северной Америки), мы по-прежнему обладаем крупнейшими запасами. Россия имеет важное преимущество — возможность применять передовые технологии добычи, транспортировки, переработки, основанные в т. ч. на опыте стран, опустошивших свои недра. То есть у России есть что добывать, есть способы доведения коэффициента извлечения до 90 % и более, есть развитая энергетическая инфраструктура, создаются и могут быть созданы энергетические предприятия с КПД 60 % и более (современное серийное оборудование парогазового цикла уже достигает отметки 65 %). Данное сочетание выводит энергетику России на новый уровень конкурентоспособности. Себестоимость единицы полезной работы может быть на порядок меньше в сравнении с большинством стран. Фактически открытым остается только вопрос оптимального использования имеющегося энергетического задела — ориентация на экспорт или применение в рамках собственной экономики.

Сложившаяся структура российской энергетики как нельзя лучше отвечает возможностям и вызовам, создаваемым происходящим энергетическим переходом: более половины поставок первичной энергии обеспечивается природным газом, экспортные поставки составляют примерно половину внутреннего потребления (то есть из всего добываемого объема газа две части используются внутри страны, одна часть идет на экспорт).

Наличие базовых активов (богатые месторождения, развитая магистральная сеть газопроводов, крупные электростанции) предоставляет возможность выстраивания гибкой экономической политики, отталки-

вающейся от собственных потребностей, а не от условий внешней среды. В частности, становится возможным независимо конструировать на национальном уровне цепочки создания ценности — от первичных извлекаемых ресурсов до промежуточной продукции (в случае экспорта) и/или готовой продукции в рамках замкнутого или полужамкнутого комплекса. Необходимо не только обеспечить оптимальность данной пропорции, но и сохранять гибкость для ее возможной адаптации к новым вызовам. В том числе в силу наличия целого ряда отрицательных эффектов, которые сохранялись долгие годы: зависимости от экспортных поступлений, несбалансированного развития отраслей экономики, практически одностороннего влияния конъюнктуры международных сырьевых рынков на российскую экономику, разрывов в производственно-сбытовых цепочках (экспорт сырья и материалов, зависимость от импорта товаров обрабатывающей промышленности и технологий).

Трансформация системы международных экономических отношений из-за влияния санкций позволяет ожидать развития транспортных коридоров и увеличения товарооборота, в первую очередь между Россией и Китаем. Важной особенностью существующей и создаваемой транспортной инфраструктуры является возможность использования ее в двустороннем порядке, то есть она может использоваться для поставок товаров как из Китая в Россию, так и в обратном направлении. Последнее особенно важно, так как в перспективе Китай является оптимальным рынком сбыта отечественной продукции, в том числе энергоемкой. Принимая во внимание полное или частичное перекрытие газопроводов в европейском направлении и полную загрузку мощностей по производству СПГ, российская экономика получает возможность пойти по пути качественного развития. Так как реализация новых проектов по экспорту природного газа и создание промышленных производств на базе данного энергоносителя требуют сопоставимых временных и финансовых ресурсов, созданы все условия для размещения современных обрабатывающих производств непосредственно в России. Спрос на данную продукцию гарантирован: по причине роста потребности Азиатского региона в природном газе возможно ее удовлетворение не напрямую, а посредством поставок энергоемкой продукции. Выстраивая сотрудничество таким образом, Азиатский регион не столкнется с энергетическим дефицитом, а отечественная экономика получит возможность снизить зависимость от сырьевого экспорта и реализовать свой производственный и научный потенциал.

Высвобождаемые экспортные энергоресурсы могут быть инициативно направлены на развитие существующих и новых энергоемких кластеров в российских регионах с соответствующим экономическим потенциалом [Карпова, 2016]. В силу сложившейся социально-экономической системы к таким регионам относятся Республика Карелия (бумажная промышлен-

ность, мебельное производство, металлургия, кораблестроение, туризм), Ленинградская область (тяжелое и специальное машиностроение, кораблестроение, транспорт и связь, электронная промышленность), Курская область (сельское хозяйство, цветная и специальная металлургия, робототехника), Ростовская область (сельское хозяйство, фармацевтика, машиностроение), Краснодарский край (сельское хозяйство, пищевое производство, телекоммуникации, туризм).

В результате предлагаемых мер на северо-западе может быть повышена загрузка всех портов Ленинградской области, что, в свою очередь, приведет к более интенсивному использованию Северного морского пути, снижению удельных издержек на содержание и использование этого стратегического маршрута, а значит, к повышению экономической эффективности производственно-сбытовых цепочек на его основе. На юге России представляется целесообразным опираться на ряд международных морских портов: Азов, Геленджик, Новороссийск, Ростов-на-Дону, Кавказ. Именно эти морские ворота могут стать надежным каналом глобальных поставок отечественной экспортной продукции, в основе которой будет лежать российская газовая энергетика. На востоке страны уже существует развитая портовая инфраструктура, способная пропускать значительный грузопоток (как экспортный, так и импортный).

Следует признать, что наращивание морских транспортных мощностей (портовая инфраструктура и, в особенности, морской флот), а также нефте- и газоперерабатывающих производств является в случае ориентации на экспорт взаимосопреженными составляющими [Лусенкова, 2018]. Более того, в случае исключительной ориентации на экспорт выпадение хотя бы одного из этих звеньев неминуемо приводит к провалу всего направления. Однако, как показала практика, не менее драматично ситуация может разворачиваться и в случае значительного снижения или полного прерывания экспортных потоков.

Развивающиеся геополитические процессы не создают благоприятных условий даже для среднесрочного стратегического планирования. В этом контексте представляется целесообразным пойти по оптимальному (с точки зрения вероятности наступления рисков и их последствий) пути развития: не выбирать из, а совместить наиболее выгодные стороны импортозамещения и ориентации на экспорт.

В настоящее время Россия, обладая всеми необходимыми ресурсами и потенциалом в переработке нефти и газа, импортирует значительные объемы продукции нефте- и газохимии. Стратегическим козырем российской экономической политики может стать размещение/наращивание перерабатывающих мощностей вдоль существующих и реализуемых транспортных коридоров — только в этом случае мы можем гарантировать целый ряд факторов конкурентоспособности:

1) отечественные поставки базовых для современной экономики химических продуктов, в т. ч. полимеров: метанола, формалина, муравьиной и уксусной кислот, аммиака, карбамида, полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и др.;

2) снижение зависимости от экспорта (в отличие от текущей ситуации, выпадающие экспортные поставки смогут оперативно размещаться для внутреннего использования и переработки);

3) комплексное развитие российских территорий Сибири, Севера, Дальнего Востока: транспортная инфраструктура, новые производства, рабочие места, формирующие благоприятные социально-демографические условия.

Список литературы

Пусенкова Н. Н., 2022. Национальные нефтяные компании в новых реалиях мировой энергетики / ИМЭМО РАН. Москва: Идея-Пресс. 400 с.

Волгина Н. А., 2020. Внутренняя добавленная стоимость в экспорте нефтегазодобывающих стран // Сборник научных трудов участников XI Международной Кондратьевской конференции / Под ред. В. М. Бондаренко. С. 513–514.

Карпова Н. С., Лавров С. Н., Симонов А. Г., 2014. Международные газовые проекты России: европейский альянс и стратегические альтернативы / Под общ. ред. С. Н. Лаврова; науч. ред. С. Н. Лавров. М.: ТЕИС.

Lavrov S. N., Simonov A. G., 2021. Gas industry – a factor of international competitiveness // RUDN Journal of Economics. Vol. 29. №. 1. Pp. 164–172. DOI: 10.22363/2313-2329-2021-29-1-164-172.

Simonov A. G., Lavrov S. N., 2020. Controlled Energy Transition: Economic War Among Global Stakeholders // Imitation Market Modeling in Digital Economy: Game Theoretic Approaches / Eds. E. G. Popkova // Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 368. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-93244-2_11.

Telegina E., Khalova G., 2022. Geoeconomic and Geopolitical Challenges of Energy Transition. Implications for World Economy // World Economy and International Relations. Vol. 66. No. 6. Pp. 26–34. DOI: 10.20542/0131-2227-2022-66-6-26-34.

Карпова Н. С., 2016. Вызовы мировой экономики и смена парадигмы развития России // Международная экономика. Т. 3. С. 7–23.

Мастепанов А. М., 2022. Энергетическая безопасность в период геополитической и экономической неопределенности // Бурение и нефть. № 1. С. 6–9.

Пусенкова Н. Н., 2018. От нефтехимии до судостроения: роль нефтяных компаний в развитии российских регионов // Экологический вестник России. № 11. С. 10–17.

Международное энергетическое агентство (МЭА) // <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020>, дата обращения 01.11.2022.

Alternative fuel vehicle infrastructure and fleets: State of play, 2021 // [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698794/EPRS_BRI\(2021\)698794_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698794/EPRS_BRI(2021)698794_EN.pdf), дата обращения 01.11.2022.

US Energy Information Agency. Electric Power Monthly // https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_07_b, дата обращения 01.11.2022.

Volkswagen Newsroom // <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/battery-or-fuel-cell-that-is-the-question-5868>, дата обращения 01.11.2022.

SIMONOV Alexander G., Candidate of Economical Science, Associate Professor of the Department of International Economic Relations of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University).

Address: 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation.

E-mail: Simonov-AG@rudn.ru

SPIN-code: 3285-8930

ORCID: 0000-0002-8497-9564

LAVROV Sergey N., D. Sc. (Economics), Professor

Address: 6, Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russian Federation.

E-mail: LavrovSN@mail.ru

SPIN-code: 7521-1788

GLOBAL ENERGY TRANSITION: FORMATION OF A NEW TECHNOLOGICAL PARADIGM

DOI: 10.48137/26870703_2022_20_4_16

Received: 26.11.2022

For citation: *Simonov A. G., Lavrov S. N.*, 2022. Global Energy Transition: The Formation of a New Technological Order. – *Geoeconomics of Energetics*. № 4 (20). P.16-35. DOI: 10.48137/26870703_2022_20_4_16

Keywords: energy transition, technological paradigm, sanctions, competitiveness, energy balance, renewables, structural economic adjustment, import substitution, foreign economic policy.

Abstract

The article presents a comprehensive retrospective analysis of global energy sector development. The author pays special attention to technological and geographical aspects of the current and previous stages of development. The article studies the most probable vectors of global and local fuel and energy sector development, including potential of traditional and innovative technologies, as well as role of different energy sources and ways of their utilization. The study is based on available statistical data and with due consideration of the other researchers' insights. The authors endeavor not only to consider specific indicators of energy sector development, but to contemplate alternatives which would take into account mutual effects and reflect actual mechanisms of decision-making by economic agents. The authors offer a prognosis of the most significant scenarios for Russia and develop optimal economic measures for the long-term strengthening of international competitiveness.

References

Pusenkova N. N., 2022. National Oil Companies in New Realities of World Energetics / IMEMO RAS. Moscow: Idea-Press. 400 p. (In Russ.)

Volgina N. A., 2022. Domestic value added in oil and gas producing states // Collection of Studies XI International Kondratiev Conference. 2020. Pp. 513–514. (In Russ.)

Karpova N. S., Lavrov S. N., Simonov A. G., 2014. Russia's International Gas Projects: The European Alliance and Strategic Alternatives / Under the general ed.: S. N. Lavrov; scientific ed.: S. N. Lavrov. M.: THEIS. (In Russ.)

Lavrov S. N., Simonov A. G., 2021. Gas industry – a factor of international competitiveness // RUDN Journal of Economics. Vol. 29. №. 1. Pp. 164–172. DOI: 10.22363/2313-2329-2021-29-1-164-172. (In Eng.)

Simonov A. G., Lavrov S. N., 2020. Controlled Energy Transition: Economic War Among Global Stakeholders // Imitation Market Modeling in Digital Economy: Game Theoretic Approaches / Eds E. G. Popkova // Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 368. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-93244-2_11. (In Eng.)

Telegina E., Khalova G., 2022. Geoeconomic and Geopolitical Challenges of Energy Transition. Implications for World Economy // World Economy and International Relations. Vol. 66. No. 6. Pp. 26–34. DOI: 10.20542/0131-2227-2022-66-6-26-34. (In Eng.)

Karpova N. S., 2016. The challenges of the global economy and a paradigm shift in the development of Russia // The World Economics. Vol. 3. Pp. 7–23. (In Russ.)

Mastepanov A. M., 2022. Energy security in a period of geopolitical and economic uncertainty // Oil and Drilling. No. 1. Pp. 6–9. (In Russ.)

Pusenkova N. N., 2018. From petrochemical Industry to Building Ships: Role of Oil Companies in Development of Russian Regions // Russian Ecological Reporter. No. 11. Pp. 10–17. (In Russ.)

International Energy Agency // <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2020>, accessed 01.11.2022. (In Russ.)

Alternative fuel vehicle infrastructure and fleets: State of play, 2021 // [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698794/EPRS_BRI\(2021\)698794_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698794/EPRS_BRI(2021)698794_EN.pdf), accessed 01.11.2022. (In Eng.)

US Energy Information Agency // https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_6_07_b, accessed 01.11.2022. (In Eng.)

Volkswagen Newsroom // <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/battery-or-fuel-cell-that-is-the-question-5868>, accessed 01.11.2022. (In Eng.)