

ОТРАСЛЕВЫЕ РЫНКИ И РЫНОЧНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА SECTORAL MARKETS AND MARKET INFRASTRUCTURE

УДК 332.1

DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813

Анализ тенденций глобального энергоперехода и его влияния на развитие промышленности

¹Авилова В.В., ²Владыка М.В.

¹Казанский национальный исследовательский технологический университет
Россия, 420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет
Россия, 308015, Белгородская область, г. Белгород, ул. Победы, д. 85

E-mail: avilovavv@mail.ru, vladyka@bsuedu.ru

Аннотация. Целью исследования является анализ протекающего в глобальном масштабе и на уровне отдельных регионов процесса энергоперехода, обоснованность концепции ускоренного распространения альтернативных источников энергии для нашей страны, обладающей мощной ресурсной базой, выбор оптимальных видов генерации на основе сопоставления преимуществ и недостатков возобновляемых ресурсов. Для выработки стратегии развития энергетического комплекса важен баланс между инновационностью альтернативных технологий, экологической чистотой, отсутствием зависимости от природного потенциала, с одной стороны, и дороговизной эксплуатации для промышленных предприятий в сочетании с высоким уровнем рисков, с другой. Мировой рост объемов промышленного производства, составляющий около 3,2 % в год, послужил причиной опережающего роста энергопотребления, оцениваемого в размере ежегодного роста на 5 % и сочетающегося с изменениями структуры мировой энергосистемы. Применяемыми методами исследования являются экосистемный, структурно-логический, методы экспертных оценок, системный, прогнозный. Результаты исследования могут использоваться при выработке программ развития промышленного комплекса в целом и его взаимовлияния с энергетическим блоком для определения потенциальных точек роста новых видов энергогенерации, объемах их применения, оптимальных для каждого региона видах. Научная новизна исследования заключается в выборе инновационных драйверов развития промышленности за счет применения новых производственных ресурсов в области альтернативных источников энергии и обоснования конфигурации обеспечивающей их инфраструктуры на мезоуровне. Практическое значение может иметь система рекомендаций, выработанных для региональных властей по обоснованному распространению видов и масштабов возобновляемых источников энергии исходя из специфики регионов.

Ключевые слова: промышленный комплекс в условиях энергоперехода, риски и преимущества альтернативной энергетики, выбор возобновляемых энергоресурсов на мезоуровне

Для цитирования: Авилова В.В., Владыка М.В. 2024. Анализ тенденций глобального энергоперехода и его влияния на развитие промышленности. Экономика. Информатика, 51(4): 805–813. DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813



Analysis into the Trends of Global Energy Transition and Its Impact on Industrial Development

¹Vilora V. Avilova, ²Marina V. Vladyka

¹Kazan National Research Technological University
68 K. Marx St, Kazan, Tatarstan, 420015, Russia

²Belgorod State National Research University
85 Pobedy St., Belgorod, Belgorod Region, 308015, Russia
E-mail: avilovavv@mail.ru, vladyka@bsuedu.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze the ongoing global and regional energy transition process, to validate the concept of accelerated expansion of alternative energy sources for our country which has a powerful resource base, and to choose optimal power generation types based on a comparison of the advantages and disadvantages of renewable resources. To work out a strategy for the development of the energy complex, it is important to strike a balance between the innovativeness of alternative technologies, environmental friendliness, and nondependence on nature's potential, on the one hand, and the high cost of operation for industrial enterprises combined with a high level of risks, on the other. The global growth in industrial production, amounting to about 3.2 % per year, has caused an accelerated growth in energy consumption, estimated at an annual growth of 5 % and combined with changes in the structure of the global energy system. The research methods used include the ecosystemic one, structural and logical methods, expert assessment method, the systemic method, and forecasting. The results of the study can be used in designing programs for the development of the industrial complex as a whole and its interaction with the energy sector to determine potential growth points for new types of energy generation, the volumes of their application, and the types that are optimal for each region. The scientific novelty of the study lies in the selection of innovative drivers for industrial development through the use of new production resources in the field of alternative energy sources and the justification of the configuration of the infrastructure that provides them at the meso level. A system of recommendations on justified distribution of types and scale of renewable energy sources has been developed for regional authorities, which is based on the regions' specifics and holds a practical significance.

Keywords: industrial complex in the context of energy transition, risks and advantages of alternative energy, choice of renewable energy resources at the meso level

For citation: Avilova V.V., Vladyka M.V. 2024. Analysis into the Trends of Global Energy Transition and Its Impact on Industrial Development. Economics. Information technologies, 51(4): 805–813 (in Russian). DOI 10.52575/2687-0932-2024-51-4-805-813

Введение

Промышленность, являясь основным потребителем энергоресурсов, входит в область тотального перехода на новые виды их генерации, порождая процессы увеличения удельного веса инновационных источников энергии при сокращении доли традиционных. Но при изменении соотношения видов внутри энергосистемы мировое потребление традиционных основных источников – угля, нефти и газа, продолжает доминировать в глобальном масштабе, что иллюстрирует рис. 1 [Friedlingstein, 2019].

Тем не менее анализ происходящих процессов позволяет говорить о прохождении 4-го энергоперехода, то есть об изменении состояния всей энергетической системы, а не только о появлении новых видов генерации или совершенствовании отдельных технологий. Основными предпосылками структурных сдвигов являются необходимость минимизации климатических изменений, снижения зависимости от природных ресурсов, используемых в производстве, вхождение в фазу построения нового технологического уклада, ярко проявляющегося в топливно-энергетической сфере, где внедряются новые технологии, стандарты и принципы работы [Авилова, 2021]. Глобальный энергопереход ориентирован на реализацию дополнительных возможностей устойчивого роста в течение длительного периода, например, таких как распределенный доступ к важнейшим факторам производства

для широкого круга пользователей за счет использования альтернативных источников энергии. Технологические инновации в исследуемой отрасли внедряются с нарастающими темпами, и эта тенденция проявляется длительное время. Мировое энергетическое агентство приводит следующие данные: в 2020 году удельный вес альтернативной энергетики составил 289 Вт, то есть 45 % мирового энергетического рынка. В том же году государства, входящие в Евросоюз, 37 % энергоресурсов производили на основе угля и газа, а 38 % получали за счет возобновляемых источников [Меджидова, 2021]. Из рис. 2 следует, что наиболее перспективные возобновляемые источники энергии (биотопливо, энергия из отходов, ветровая, солнечная) имеют большой потенциал развития, но пока находятся в начальной стадии использования.

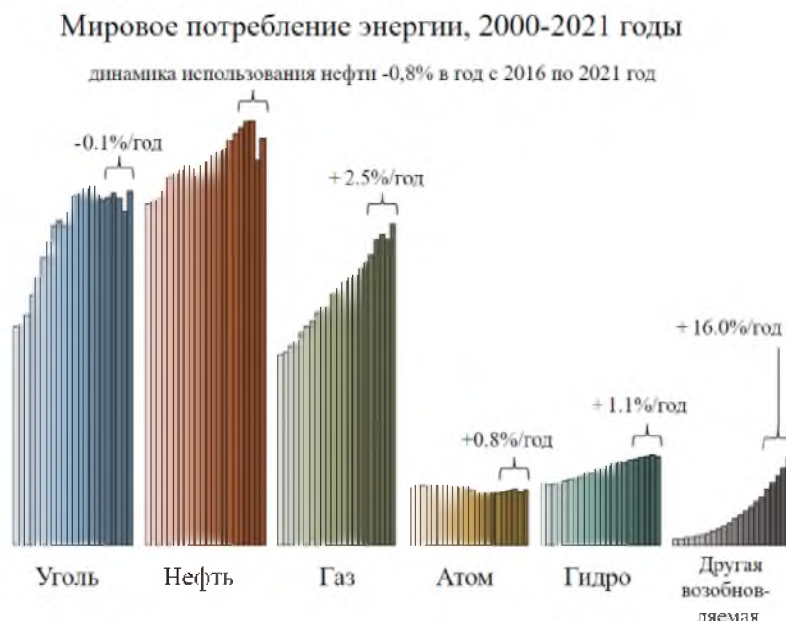


Рис. 1. График мирового энергетического баланса
Fig. 1. The world energy balance chart

Доли в % различных источников в мировом производстве электроэнергии в 2019 году (IEA, 2021)

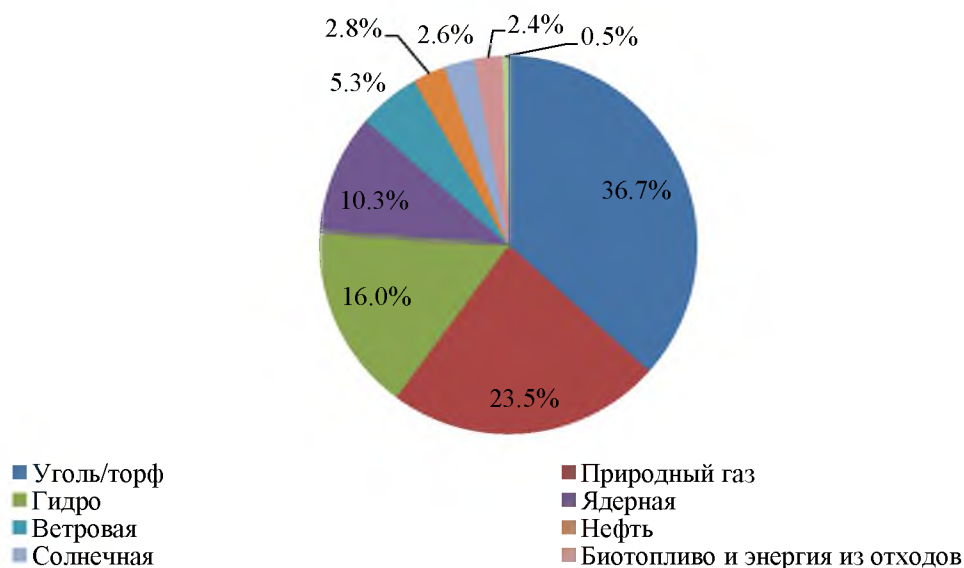


Рис. 2. Структура мировых источников электроэнергии
Fig. 2. Structure of the world electricity sources



Перелом на глобальном энергетическом рынке датируется 2008 годом. В этот период вложения в добычу нефти и угля составили 110 млрд долларов, а в развитие возобновляемых источников энергии – 140 млрд долларов. В рамках глобальных масштабов энергоперехода его распространение по группам государств весьма неравномерно [Авилова, 2023]. Лидируют по переходу на альтернативную энергетику страны Евросоюза, инвестировавшие в нее 50 млрд долларов, затем следуют США с 30 млрд долларов. С большим отрывом третье место занимает КНР (15,6 млрд долларов). Четвертое место принадлежит Индии с 4,1 млрд долларов. Данная структура инвестиций определила и пропорции на энергетических рынках отдельных стран, среди которых лидирует по удельному весу инновационных энергоресурсов ФРГ (56 %). В то же время мировой прирост мощностей возобновляемых источников энергии на 40 % обеспечивается одним государством – Китаем. Более того, эта страна наращивает собственное машиностроение, предназначенное для изготовления оборудования для солнечной и ветряной энергетики [Пискулова, 2022]. Промышленный комплекс в индустриально развитых государствах активизирует систему инноваций, складывающуюся не только из развития новых видов генерации, но и из совершенствования классических технологий. Инновации, связанные с альтернативной энергетикой, имеют следующие ориентиры: удешевление производства энергии, снижение затрат при ее использовании, возможность увеличения мощностей, минимизация всех видов рисков (экологических, климатических, технологических, финансовых), появление новых видов и обоснованный выбор из них наиболее адекватных ресурсной базе отдельных регионов. В научном понятийном обороте описание происходящих трансформаций связывается с понятиями устойчивой и зеленой энергетики в связи с проникновением альтернативных источников энергии в промышленность и в потребительский сектор. В то же время альтернативная энергетика должна удовлетворять и общим требованиям, предъявляемым к энергогенерации [Шапсугова, 2021]. Это бесперебойность, надежность, доступность, способность концентрировать мощности при реализации крупных проектов, предсказуемость финансовых результатов. Важным является требование встраивания в национальные и даже международные системы, которые становятся все более взаимоувязанными, содержащими дополняющие друг друга элементы. Включенность экономики Российской Федерации в глобальные мировые процессы делает безальтернативной стратегию осуществления 4-го энергоперехода [Голов, 2022]. В то же время 2 отличительные особенности нашей страны – богатство природными ресурсами и дифференциация развития отдельных регионов – ставят перед экономической наукой вопрос о выборе драйверов инновационного развития в этой сфере и оптимальных масштабах и темпах запуска новых видов генерации [«Татнефть» еще верит в энергопереход]. Материал табл. 1 иллюстрирует отставание российской энергетики от мировых лидеров по использованию возобновляемых источников энергии.

Таблица 1
Table 1

Мощность и выработка возобновляемых источников энергии (ВИЭ)
 в России по итогам 2022 года
 Electric power industry and production of renewable energy sources (RES)
 in Russia at the end of 2022

Установленная мощность электростанций, ГВт	247,6
Мощность объектов ВИЭ-генерации, ГВт	5,78
Доля ВИЭ в энергосистеме, %	2,3
Генерация, кВт/ч	$1,167 \cdot 10^{12}$
ВИЭ-генерация, кВт/ч	$7,7 \cdot 10^9$
Доля ВИЭ в объеме генерации, %	0,66

В структуре возобновляемых источников энергии прослеживается большой потенциал распространение малых ГЭС, признанных перспективным ресурсом энергогенерации, что отражено в материале табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Структура мощности возобновляемых источников энергии в России в 2022 году
Structure of renewable energy sources in Russia in 2022

Ветряные электростанции, ГВт	2,3
Электростанции на основе биомассы, биогаза, свалочного газа, энергии приливов и геотермальной энергии, МВт	>100
Солнечные электростанции, ГВт	2,1
Малые ГЭС, ГВт	1,2

Данная деятельность в настоящее время сосредоточена на уровне регионов и крупнейших компаний. В этой связи важен анализ лучших региональных практик с последующими рекомендациями о возможности их переноса на другие территории, исходя из специфики ресурсной, производственной, кадровой и научной базы [Перская, 2022].

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является формирующийся инновационный инфраструктурный контур, сопровождающий развитие новых видов энергогенерации и их вхождение в промышленный процесс. Наполняющие его элементы содержат региональную специфику, а их иерархия демонстрирует динамичное видоизменение под влиянием научных разработок, позволяющих как совершенствовать традиционные технологии, так и апробировать прорывные. В этой связи для комплексного исследования целесообразно применять экосистемный метод, позволяющий оценить как общий энергетический ландшафт и его влияние на развитие промышленности, так и выделить точки роста, а также меры их поддержки. Для этого применялись также методы системного анализа, метод экспертных оценок, прогнозный, структурно-логический и другие. Классическая трактовка экосистемного развития строится на предположении о возможности поэтапного саморегулирования и совершенствования наполнения крупномасштабных организационных структур, к которым могут относиться и целые отрасли. Перечисленные процессы выявляются и в инфраструктуре промышленного комплекса, в частности, в развитии энергетических ресурсов.

Результаты и их обсуждение

Представляется, что инновационными драйверами, обеспечивающими проведение энергоперехода в Российской Федерации, являются 2 вида экономических агентов – региональные органы управления и крупные компании. Функции между ними целесообразно распределить следующим образом – разработку конфигурации инфраструктуры на мезоуровне и ее наполнение закрепить за управленческими органами, а создание собственно источников альтернативной энергии и их использование в промышленности делегировать ведущим предприятиям регионов. Ярким примером создания объектов альтернативной энергетики крупнейшей компанией Республики Татарстан является программа строительства 3 ветропарков ПАО «Татнефть». Сам факт вхождения в сферу альтернативной энергетики корпорацией, сосредотачивающей в своих руках добычу и переработку нефти в крупных масштабах, свидетельствует о стратегии диверсификации бизнеса в направлении углеродной нейтральности. ПАО «Татнефть» запланировала построить ветропарки в трех районах республики – Спасском, Камско-Устьинским и Рыбно-Слободском. Проведенный в



Татарстане мониторинг ветроизмерения выявил именно на указанных территориях наличие «коммерческого ветра» и целесообразность развития альтернативной энергетики именно здесь. ПАО «Татнефть» провела анализ логистической и сопутствующей инфраструктуры, среднегодовой скорости ветра. Мощность запланированных объектов составит от 50 до 75 МВт. На эти цели компания заложила инвестиции в размере 19 миллиардов рублей. Этот проект является пилотным для реализации достижения ПАО «Татнефть» углеродной нейтральности к 2050 году, о чем заявлено в стратегии фирмы. На втором этапе нефтяники планируют строительство ветровых электростанций мощностью в 900 МВт в других регионах Российской Федерации и даже в ряде дружественных государств, прежде всего, в Казахстане, где татарстанцы построили шинное производство. Кроме того, компания озвучила планы строительства малых ветряков по 12 МВт. Таким образом, ветрогенерацию планируется развивать как в автономном, так и в сетевом режиме на основе применения «умных» сетей. Именно ПАО «Татнефть» заявляется от Татарстана на отбор в конкурсе госпрограммы стимулирования развития генерации из возобновляемых источников энергии ДПМ ВИЭ 2.0. Основной причиной инвестиций компании в альтернативную энергетику является то, что 50 % ее продукции экспортируется, а международные требования к экологическому регулированию ужесточаются. Эти процессы усиливаются и в государствах Азиатско-Тихоокеанского региона, куда и направляется большая часть продукции ПАО «Татнефть». Требования упомянутого выше конкурса предусматривают высокую степень локализации применяемой техники. Пороговое значение ее доли составляет 87 баллов. Компания приняла радикальное решение – отказаться от использования зарубежных технологий и разработать отечественную интеллектуальную собственность, запросив у правительства субсидии на проведение научно-исследовательских работ [Патент № 2660744, 2016]. Вторым радикальным решением стал старт собственного изготовления оборудования для альтернативной энергетики, которое до введения санкций на территории России производили датская компания Vestas и немецкая Siemens. В результате компания создаст собственное производство, охватывающее все стадии технологической цепочки, что обеспечит ее неуязвимость для санкционных рисков [Якунин, 2022]. По оценкам экспертов, данный проект обеспечит рост машиностроительной промышленности страны. В настоящее время анализ выявил, что создание отечественной интеллектуальной собственности потребует для запуска инновационных источников энергии 3–5 лет, а при условии приобретения зарубежных патентов – 2–3 года. Республика Татарстан выбрала 1 вариант сценария, позволяющий добиться технологического суверенитета в важнейшей сфере за счет использования потенциала такого инновационного драйвера реальных проектов, как крупнейшая компания региона.

Важнейшим условием внедрения в промышленность альтернативных источников энергии является формирование властями инновационной инфраструктуры на основе выбора адекватных потенциалу региона ее особенностей. Скажем, атомную энергетику в Российской Федерации нельзя развивать равномерно по всем территориям из-за географического положения регионов и различия их климатических условий. Правительство страны, начиная с августа 2021 года, когда была утверждена концепция развития водородной энергетики, поддерживает регионы и компании, внедряющиеся в эту сферу. На среднесрочную и на долгосрочную перспективу концепция определяет меры по созданию соответствующей отрасли, инициативы, цели, конфигурацию профильных кластеров, пилотные проекты по производству водорода. Поддерживается создание производств и запуск инновационных технологий, позволяющих применять этот ресурс в различных отраслях промышленности [Salikhov, 2020]. Результатом реализации концепции должно стать формирование новой отрасли – водородной энергетики, ориентированной не только на внутренний спрос, но и на экспорт с перспективой получения 20 % доли мирового рынка водородной энергии. Для достижения данного результата намечены меры по стимулированию инвестиций в создание источников водородной генерации [Вахитов, 2013].

В большинстве регионов нашей страны в настоящее время трендом развития выбраны водородная и атомная энергетика. Главным преимуществом их по сравнению с прочими видами генерации являются неисчерпаемость ресурсной базы. Вторым по значимости достоинством является небольшой экологический вред [Лаврикова, 2022]. В то же время промышленное производство водорода пока проходит только свою начальную фазу, сопряженную со значительной себестоимостью энергии. Более того, используемые технологии потребляют больше энергии, чем получается при ее использовании, что означает применимость водорода в качестве средства для доставки энергии и ее хранения, но не ее источника. Ведущиеся в сфере водородной энергетики научные исследования позволили экспертам дать прогностическую оценку на перспективу, согласно которой в 2050 году удельный вес потребляемой водородной энергии составит 18 % мирового рынка. В этих условиях достижение технологического суверенитета предполагает форсирование научно-исследовательских работ по водородной энергетике, строительство первых профильных комплексов [Салихов, 2022].

Правительство Республики Татарстан приступило к реализации инновационного для России проекта в данной сфере. Намечено строительство первой комбинированной электростанции, генерирующей как водородную, так и атомную энергию. Инициатива такого решения, выбор разработчиков интеллектуальной собственности, оценка эффектов и рисков принадлежат руководству региона. Водородная энергетика Татарстана демонстрирует успешное развитие. Так, 23 сентября 2024 года на судостроительном заводе города Зеленодольска было спущено первое в республике водородное судно. Вдоль новой трассы М-12 устанавливаются заправки для автомобилей, работающие на водородном топливе. Для развития инфраструктуры альтернативной энергетики наряду с общим руководством ведется мощная работа по поддержке научных исследований, подготовке кадров, внедрению цифровых решений, разрабатываемых в созданных ИТ-парках. Кроме научных разработок, проводимых Казанским энергетическим университетом, нефтяники республики учатся производить водород под землей в ходе добычи нефти и транспортировать по уже существующей системе трубопроводов. Ученые Казанского аграрного университета разработали экономически выгодный и экологически чистый способ производства биоводорода из соломы. Внедрение этого способа не только позволит уменьшить использование невозобновляемых природных ресурсов, но и решит проблему утилизации сельскохозяйственных отходов, снизив нагрузку на окружающую среду.

Заключение

Развитие альтернативной энергетики представляет собой сформировавшийся тренд построения нового технологического уклада. Для его реализации важен выбор эффективных драйверов инновационного развития с наделением их конкретными задачами. Дифференциация условий регионального развития Российской Федерации и различие потенциала отдельных территорий приводят к выводу о необходимости делегирования полномочий по реализации проектов на уровень субъектов Федерации. При этом конфигурация инфраструктуры инновационной энергосистемы должна выполняться местными органами власти, включая поддержку в создании отечественной интеллектуальной собственности в этой сфере, локализации производства энергетического оборудования, отбора мест дислокации новых объектов по объективным критериям, выработку мер стимулирования, формирования потребительских предпочтений при выборе энергоресурсов, подготовке кадров, обеспечении передового цифрового сопровождения [Голов, 2023]. Необходимо подчеркнуть, что наработанный региональный опыт не всегда транспарентен, а передовые практики в основном носят уникальный характер.

Реальные проекты в сфере альтернативной энергетики осуществляются крупнейшими компаниями с целью достижения устойчивого развития на длительную перспективу и поддержания конкурентоспособности на внешних рынках, ужесточающих экологические и



климатические требования к игрокам. Примеры диверсификации нефтяными компаниями своего бизнеса в сферу альтернативной энергетики ПАО «Татнефть», Лукойла, Газпрома связаны с тем, что эффективность производства и потребления энергоресурсов является важнейшим фактором роста национальных экономик и влияют на качество жизни населения.

Список источников

Патент № 2660744 Российская Федерация, МПК F04B 17/04. Поршневый насос (изобретение): № 2016127671: заявл. 08.07.2016 / М. Р. Вахитов, М. Г. Кузнецов, Е. Ю. Ермакова [и др.]; заявитель Казанский государственный аграрный университет.
«Татнефть» еще верит в энергопереход. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.business-gazeta.ru/article/586477#comments586477> (дата обращения: 03.09.2024).

Список литературы

- Авилова В.В., Вахитов М.Р. 2021. Инновационная трансформация промышленности на принципах циркулярной экономики: монография. Казань: Изд-во «Печать – Сервис XXI век», 87 с.
- Авилова В.В., Вахитов М.Р. 2023. Развитие промышленного потенциала России на основе принципов декарбонизации и технологического суверенитета в условиях новой климатической доктрины: монография. Казань: Изд-во «Печать – Сервис XXI век», 89 с.
- Вахитов М.Р., Шуваева Г.П., Николаев А. Н. 2013. Очистка газовых выбросов в аппаратах с пористым вращающимся распылителем. Вестник Казанского технологического университета, 16(1): 187–189.
- Голов Р.С., Мыльник А.В. 2023. Основные направления развития концепции «Энергопереход 4.0» в условиях современного промышленного производства. СТИН, 1: 50–52.
- Голов Р.С. 2022. Теоретические основы реализации концепции «Энергопереход 4.0» в сфере российской промышленности. Научные труды Вольного экономического общества России, 233(1): 199–210. DOI 10.38197/2072-2060-2022-233-1-199-210.
- Лаврикова Ю.Г., Бучинская О.Н., Вегнер-Козлова Е.О. 2022. Зеленый энергопереход российской промышленности: барьеры и пути преодоления. AlterEconomics, 19(4): 638–662. DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5.
- Меджидова Д.Д. 2021. Энергопереход и трансформация специфичности европейского газового рынка. Вестник международных организаций: образование, наука, новая экономика, 16(3): 161–182. DOI 10.17323/1996-7845-2021-03-07.
- Перская В.В. 2022. Стратегии ESG и энергопереход бизнеса в современных условиях. Экономические стратегии, Т. 24, 6(186): 76–85. DOI 10.33917/es-6.186.2022.76-85.
- Пискулова Н.А. 2022. Энергопереход 4.0: влияние на экономические отношения России и ЕС. Российский внешнеэкономический вестник, 1: 27–38. DOI 10.24412/2072-8042-2022-1-27-38.
- Салихов И.Ф. 2022. Четвертый энергопереход в Российской Федерации: предпосылки и перспективы. Экономические науки, 212: 140–144.
- Шапсугова М.Д. 2021. Энергопереход как фактор экономического кризиса мировой энергетики. Финансовая экономика, 12: 289–292. DOI 10.25997/FIE.2021.95.12.005.
- Якунин В.И. 2022. Энергопереход и санкции как вызовы государственной политике в сфере транспортного машиностроения. Союз криминалистов и криминологов, 2: 58–61. DOI 10.31085/2310-8681-2022-2-208-58-61.
- Friedlingstein P., Jones M. W., O’Sullivan M. et al. 2019. Global Carbon Budget 2019, Earth Syst. Sci. Data., 11: 1783–1838.
- Salikhov I., Avilova V., Fazylov R. 2020. Alternative energy in Russia and Tatarstan: challenges and prospects. International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019), 124, 05084. DOI: 10.1051/e3sconf/202012405084.

References

- Avilova V.V., Vakhitov M.R. 2021. Innovative transformation of industry based on the principles of circular economy: a monograph. Kazan: Publishing house "Print – Service XXI century", 87 p (in Russian).
- Avilova V.V., Vakhitov M.R. 2023. The development of Russia's industrial potential based on the principles of decarbonization and technological sovereignty in the context of a new climate doctrine: monograph. Kazan: Publishing house "Print – Service XXI century", 89 p (in Russian).

- Vakhitov M.R., Shuvaeva G.P., Nikolaev A. N. 2013. Cleaning of gas emissions in devices with a porous rotating spray gun. *Bulletin of Kazan Technological University*, 16(1):187–189 (in Russian).
- Golov R.S., Mylnik A.V. 2023. The main directions of the development of the concept of "Energy Transfer 4.0" in the conditions of modern industrial production. *STEEN*, 1:50–52 (in Russian).
- Golov R.S. 2022. Theoretical foundations of the implementation of the concept of "Energy Transition 4.0" in the field of Russian industry. *Scientific Proceedings of the Free Economic Society of Russia*, 233(1):199–210 (in Russian). DOI 10.38197/2072-2060-2022-233-1-199-210.
- Lavrikova Yu.G., Buchinskaya O.N., Wegner-Kozlova E.O. 2022. Green energy transition of the Russian industry: barriers and ways to overcome. *AlterEconomics*, 19(4): 638–662 (in Russian). DOI 10.31063/AlterEconomics/2022.19-4.5.
- Medzhidova D. D. 2021. Energy transition and transformation of the specificity of the European gas market. *Bulletin of International Organizations: Education, Science, New Economy*, 16(3):161–182 (in Russian). DOI 10.17323/1996-7845-2021-03-07.
- Perskaya V. V. 2022. ESG strategies and business energy transition in modern conditions. *Economic Strategies*, vol. 24, 6(186): 76–85 (in Russian). DOI 10.33917/es-6.186.2022.76-85.
- Piskulova N.A. 2022. Energy transition 4.0: impact on economic relations between Russia and the EU. *Russian Foreign Economic Bulletin*, 1:27–38 (in Russian). DOI 10.24412/2072-8042-2022-1-27-38.
- Salikhov I.F. 2022. The fourth energy transition in the Russian Federation: prerequisites and prospects. *Economic Sciences*, 212:140–144 (in Russian).
- Shapsugova M.D. 2021. Energy transition as a factor in the economic crisis of the global energy sector. *Financial Economics*, 12:289–292 (in Russian). DOI 10.25997/FIE.2021.95.12.005.
- Yakunin V.I. 2022. Energy transfer and sanctions as challenges to state policy in the field of transport engineering. *Union of Criminologists and Criminologists*, 2:58–61 (in Russian). DOI 10.31085/2310-8681-2022-2-208-58-61.
- Friedlingstein P., Jones M. W., O'Sullivan M. et al. 2019. Global Carbon Budget 2019, *Earth Syst. Sci. Data*, 11: 1783–1838 (in Russian).
- Salikhov I., Avilova V., Fazylov R. 2020. Alternative energy in Russia and Tatarstan: challenges and prospects. *International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019)*, 124, 05084. DOI: 10.1051/e3sconf/202012405084.

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

Поступила в редакцию 05.09.2024

Поступила после рецензирования 14.10.2024

Принята к публикации 29.10.2024

Received September 05, 2024

Revised October 14, 2024

Accepted October 29, 2024

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Авилова Вилора Вадимовна, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Татарстан, почетный работник высшего образования Российской Федерации, профессор кафедры бизнес-статистики и экономики, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Владыка Марина Валентиновна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экономики и экономической безопасности, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vilora V. Avilova, Doctor of Economics, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, Honorary Worker of Higher Education of the Russian Federation, Professor of the Department of Business Statistics and Economics, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

Marina V. Vladyka, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Applied Economics and Economic Security, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia