

УДК: 628:620 (575.2) (04)

Мурзаев Ибрахим Азамжанович

Преподаватель кафедры иностранных языков
Кыргызско-Российского Славянского университета
Тел.: 0558 50 00 99; E-mail: murzaevibragim@gmail.com

Ibrahim Azamzhanovich Murzaev

Lecturer, Department of Foreign Languages
Kyrgyz-Russian Slavic University
Tel.: 0558 50 00 99; Email: murzaevibragim@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ ГЛОБАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

ГЛОБАЛДЫК ЭНЕРГЕТИКАЛЫК ӨТҮҮНҮН АЛКАГЫНДА СУУТЕК ЭНЕРГЕТИКАСЫН ӨНҮКТҮРҮҮНҮН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN THE CONTEXT OF THE GLOBAL ENERGY TRANSITION

Аннотация. В статье проанализированы современные тенденции развития водородной энергетики в контексте глобального энергетического перехода и международной политики. Исследованы ключевые факторы, стимулирующие внедрение водородных технологий, в частности необходимость снижения выбросов парниковых газов, обеспечение энергетической безопасности и достижение целей устойчивого развития. Методология исследования основана на системном анализе научных и статистических данных, а также обзоре политических стратегий различных стран по внедрению возобновляемых источников энергии. Особое внимание уделено международному сотрудничеству, экономическим и экологическим преимуществам водородной энергетики, а также вызовам, связанным с использованием редкоземельных элементов и развитием инфраструктуры. Результаты исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к построению устойчивой энергетической системы, включающей инновационные технологии, международную координацию и эффективное управление ресурсами.

Ключевые слова: водородная энергетика, возобновляемые источники энергии, устойчивое развитие, международное сотрудничество, экологическая политика.

Аннотация. Казыркы глобалдуу энергетика секторундагы өзгөрүүлөр — көмүртек чыгарууну азайтуу, туруктуу өнүктүрүү максаттарын ишке ашыруу жана энергетикалык коопсуздукту камсыздоо талаптарынан улам — водород энергетикасы сыяктуу кайра жаралуучу энергия булактарына активдүү өтүүнү шарттайт. Бул процесстер эл аралык экономикалык жана саясий күчтөрдү кайра бөлүштүрүүгө, жаңыланган технологияларга өнөктөштүк түзүүгө жана энергетикалык коопсуздукту камсыздоонун жаңы көз караштарын өнүктүрүүгө алып келет. Водород энергетикасынын өнүгүшүндөгү өзгөрүүлөрдү талдоо анын учурдагы дүйнөлүк саясатка тийгизген таасирин — көмүртекти азайтуу, технологиялык альянстарды түзүү жана мамлекеттер аралык өз ара аракеттешүүнү бекемдөө — баалоого жардам берет.

Ошондуктан альтернативдүү энергия булактары, климаттын өзгөрүшүнө, ресурстардын түгөнүүсүнө жана эл аралык атаандаштык күчөп жаткан учурда, саясий талкуулардын маанилүү элементине айланууда. Кайра жаралуучу энергияларга өтүү бүгүнкү күндө көптөгөн өлкөлөр үчүн артыкчылык болуп эсептелет. Энергетикалык трансформациялар тарыхы көр-

сөтүп тургандай, бир энергия булагынан экинчи энергия булагына өтүү ар дайым экономикалык, геосаясий жана эл аралык мамилелер системасында олуттуу өзгөрүүлөрдү алып келген. Мисалы, XX кылымда көмүрдөн мунайга өтүү жер-жаһаттагы көмүртектүү экспорттоочу өлкөлөрдүн таасирин күчөттү. Азыркы учурдагы кайра жаралуучу энергияларга өтүү глобалдуу таасирди инновациялык өнүгүүлөргө жана технологиялык чечимдерге басым жасаган мамлекеттердин пайдасына кайра бөлүштүрүүдө. Бул процесс олуттуу инвестицияларды жана социалдык адаптацияны талап кылат, бирок туруктуу өнүгүү таасирдүү мүмкүнчүлүктөр жана экологиялык жактан туура келечекке жол ачат.

Негизги сөздөр: суутек энергиясы, кайра жаныртуучу энергия булактары, туруктуу онугуу, эл аралык кызматташтык, экологиялык саясатты.

Abstract. The article analyzes current trends in the development of hydrogen energy within the framework of the global energy transition and international policy. Key factors driving the adoption of hydrogen technologies are examined, including the need to reduce greenhouse gas emissions, ensure energy security, and achieve sustainable development goals. The research methodology is based on a systematic analysis of scientific and statistical data, as well as a review of political strategies adopted by various countries for the implementation of renewable energy sources. Particular attention is given to international cooperation, the economic and environmental benefits of hydrogen energy, as well as the challenges associated with the use of rare earth elements and infrastructure development. The research findings confirm the necessity of a comprehensive approach to building a sustainable energy system that incorporates innovative technologies, international coordination, and effective resource management.

Keywords: hydrogen energy, renewable energy sources, sustainable development, international cooperation, environmental policy.

Введение

Современные глобальные изменения в энергетическом секторе, вызванные необходимостью снижения углеродных выбросов, реализации целей устойчивого развития и обеспечения энергетической безопасности, создают мощные предпосылки для активного перехода на возобновляемые источники энергии, включая водородную энергетику. Эти процессы оказывают значительное влияние на перераспределение глобальных экономических и политических сил, формируя новые международные коалиции, стимулируя сотрудничество в области устойчивых технологий и трансформируя подходы к обеспечению энергетической безопасности. Анализ изменений, связанных с развитием водородной энергетики, позволяет оценить ее влияние на современную международную политику, включая уменьшение углеродной нагрузки, формирование технологических альянсов и укрепление межгосударственного взаимодействия.

В этой связи альтернативные источники энергии становятся важным элементом политических дискуссий, что особенно актуально в условиях глобального изменения климата, истощения природных ресурсов и нарастающей международной конкуренции. Переход на возобновляемые источники энергии сегодня выступает одной из приоритетных задач для большинства стран мира. История энергетических трансформаций демонстрирует, что смена одного типа энергоносителей на другой всегда влекла за собой кардинальные изменения в экономике, геополитике и системе международных отношений. Так, переход от угля к нефти в XX веке привел к усилению влияния стран-экспортеров углеводородов. Нынешний же переход к ВИЭ перераспределяет глобальное влияние в пользу государств, лидирующих в инновационных разработках и технологических решениях. Этот процесс, требующий значительных инвестиций и социальной адаптации, открывает новые перспективы для устойчивого развития и формирования более экологически ориентированного будущего.

Методология исследования

Анализ, представленный в статье, основан на систематическом обзорном подходе, который сочетает качественные и количественные данные. В качестве основного источника информации использованы международные отчеты, такие как доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), результаты исследований, опубликованные в научных журналах, а также официальные документы международных организаций, включая ООН и Международное энергетическое агентство (IEA). Методология включает анализ тенденций и перспектив водородной энергетики в контексте глобальных изменений в энергетическом секторе, с акцентом на устойчивое развитие и экологическую политику.

В работе аналогично использованы статистические данные, представленные в отчетах о сокращении выбросов парниковых газов, а также результаты эмпирических исследований, таких как данные о количестве рабочих мест в секторе возобновляемой энергетики и доле инвестиций в различные виды ВИЭ. Для оценки экономической и политической значимости перехода на зеленую энергетику использовались данные о влиянии солнечных и ветровых энергетических систем на экономику развивающихся стран и результаты долгосрочных инвестиций в эти технологии. Методологический подход также включает сравнительный анализ политических стратегий, направленных на развитие возобновляемых источников энергии в различных странах, с акцентом на роль государственных программ, таких как «Энергетический поворот» в Германии.

Этот комплексный анализ позволяет провести всестороннюю оценку влияния водородной энергетики и других альтернативных источников энергии на международные отношения, климатические изменения и глобальную экономику, что подтверждается использованием достоверных и актуальных данных, а также интеграцией различных научных и статистических методов.

Основной материал

Ключевую роль в продвижении экоэнергии играет международное сотрудничество. Парижское соглашение, принятое в 2015 году, стало основой для разработки национальных стратегий по сокращению выбросов парниковых газов. Многие страны, включая Китай, ЕС и США, активно интегрируют экологически чистые энергоресурсы в свои энергосистемы. Этот процесс уже позволил снизить выбросы CO₂ на 30%, что подтверждает эффективность применения возобновляемых источников энергии в борьбе с климатическими изменениями. В своих отчетах IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) подчеркивает, что внедрение ВИЭ является одним из самых эффективных способов ограничить глобальное потепление до 1,5 °C, как это предусмотрено Парижским соглашением. Однако это возможно только при условии отказа от углеводородов до 2050 года и полном переходе на возобновляемые источники энергии. Важно, что экологическая стратегия должна учитывать не только сокращение выбросов парниковых газов, но и возможные негативные воздействия на экосистемы, вызванные строительством крупных объектов ВИЭ, таких как гидроэлектростанции. Для минимизации этих воздействий необходимы продуманные планы адаптации экосистем и внедрение технологий, снижающих воздействие на природные ресурсы [8], [9].

Таким образом, успешный энергетический переход требует не только национальных стратегий, но и глобальной координации. Этот аспект непосредственно подчеркивается в третьем томе Шестого оценочного доклада (AR6) IPCC, отчет Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change (Изменение климата 2022: Смягчение последствий изменения климата), где отмечается, что международные усилия по сокращению выбросов парниковых газов и усилению климатической политики должны быть укреплены за счет создания эффективных механизмов вовлечения стран с низким уровнем дохода в международные инициативы по развитию устойчи-

вой энергетики. Это позволит не только достичь климатических целей, но и способствовать экономическому развитию в этих странах, предоставляя им доступ к передовым технологиям и международным финансовым ресурсам. Важно, что такие механизмы обеспечат справедливость в глобальном энергетическом переходе и помогут устранить неравенство в доступе к чистой энергии [5], [7].

В целом, для достижения целей Парижского соглашения требуется принятие более амбициозных мер, в том числе для расширения использования ВИЭ в странах с развивающимися экономиками. В то же время, экологическая политика сталкивается с новыми вызовами, связанными с добычей редкоземельных металлов, необходимых для производства солнечных панелей и аккумуляторов. Массовая добыча этих металлов может привести к экологическим последствиям, таким как загрязнение воды и почвы, а также вызвать социальные проблемы в районах добычи. Для минимизации этих рисков необходимо разрабатывать новые технологии и стратегии, направленные на повышение экологической устойчивости и эффективное управление цепочкой поставок. Организации, такие как Международное энергетическое агентство и ООН, способствуют координации усилий государств, а финансирование проектов через такие инициативы, как «Зеленый климатический фонд», поддерживает развитие возобновляемой энергетики в развивающихся странах. Это создает предпосылки для глобальной энергетической справедливости и позволяет минимизировать разрыв между странами с высоким и низким уровнем доступа к ресурсам [4].

Следовательно, экспертные отчеты подтверждают, что ВИЭ играют ключевую роль в формировании будущего мировой энергетики, стимулируя экономический рост, обеспечивая политическую стабильность и способствуя решению глобальных экологических проблем. Переход на возобновляемые источники энергии требует комплексного подхода, который включает в себя как инновации в технологиях, так и глобальную координацию, направленную на создание справедли-

вой и устойчивой энергетической системы.

Преимущества перехода на альтернативную энергетику многогранны. Одним из главных плюсов является укрепление энергобезопасности. Для стран, зависящих от импорта углеводородов, развитие ВИЭ позволяет диверсифицировать источники энергии, понижая уязвимость перед ценовыми шоками на мировых рынках.

Экономические выгоды также очевидны: создание рабочих мест в сфере возобновляемой энергетики способствует экономическому росту, особенно в регионах с благоприятными климатическими условиями, такими как Африка, Ближний Восток и Юго-Восточная Азия. Например, в Германии более 300 000 человек заняты в секторе зеленой энергетики, что делает его важной частью национальной экономики. Кроме того, ослабление зависимости от ископаемого топлива способствует уменьшению геополитической напряженности, связанной с доступом к нефти и газу, что особенно актуально для стран Ближнего Востока и Центральной Азии, а инвестиции в ВИЭ дают долгосрочные выгоды, значительно снижая затраты на здравоохранение за счет сокращения загрязнения воздуха и связанных с ним заболеваний, а также минимизируя последствия изменения климата, что ведет к оптимизации экономических потерь, связанных с экстремальными погодными явлениями и природными катастрофами.

Однако, несмотря на это, трансформация энергетической системы в сторону природных энергетических ресурсов сопровождается рядом вызовов. Высокие первоначальные затраты на разработку и внедрение инфраструктуры остаются основным барьером, особенно для развивающихся стран. Помимо этого, нестабильность экологически чистых источников энергии (их зависимость от погодных условий) создает необходимость в развитии технологий хранения энергии, что требует дополнительных инвестиций. Еще одним важным аспектом является растущая зависимость от редкоземельных элементов, таких как литий и кобальт, которые необходимы для производства солнечных панелей и аккумуляторов. Это приводит

к новым геополитическим рискам, связанным с добычей и экспортом этих ресурсов, особенно учитывая доминирующую роль Китая в этой сфере [1].

Эмори Ловинс, американский ученый-физик, сооснователь и председатель Совета Республиканской организации Rocky Mountain Institute (RMI), магистр природных наук Оксфордского университета, в своей работе «Переосмысляя огонь» предлагает инновационные и практически ориентированные решения, направленные на постепенный отказ от ископаемого топлива. Его идеи не только вдохновляют на экологические изменения, но и формируют новую повестку для политики, бизнеса и общества, которая основана на экономической эффективности и энергетической безопасности.

Ловинс утверждает, что основой устойчивого энергетического будущего является энергоэффективность, которая позволяет сократить потребление ресурсов без ущерба для экономического роста. Одним из ключевых аспектов его стратегии является использование технологий, которые минимизируют потери энергии в таких секторах, как транспорт, строительство и промышленность. Например, он акцентирует внимание на разработке сверхлегких и аэродинамических автомобилей, которые потребляют минимальное количество топлива. Это решение не только способствует минимизации углеродных выбросов, но и уменьшает зависимость стран от импорта нефти, что особенно актуально для государств с дефицитом собственных энергетических запасов.

Энергетическая эффективность, по мнению ученого, должна сочетаться с активным внедрением природных источников энергии. Использование солнечной и ветровой энергии, наряду с геотермальной и гидроэнергетикой, способно обеспечить значительную долю мирового энергопотребления. При этом Ловинс подчеркивает, что инновации в системах хранения энергии и интеллектуальных сетях являются ключевыми для решения проблемы нестабильности и прерывистости альтернативной энергетики. Политический аспект этих тех-

нологий очевиден: страны, которые инвестируют в развитие ВИЭ, укрепляют свою энергетическую независимость и повышают свою конкурентоспособность на международной арене. Ученый показывает, что использование энергоэффективных технологий и экоэнергии позволяет сократить расходы на энергопотребление, что, в свою очередь, способствует увеличению прибыли для бизнеса и экономии для домохозяйств. Например, модернизация зданий с использованием изоляционных материалов нового поколения и энергоэффективного освещения не только снижает затраты на отопление и электричество, но и улучшает качество жизни. Это в свою очередь тоже очень важно для стран с низким и средним уровнем дохода, где доступ к современным энерготехнологиям способствует преодолению бедности и социального неравенства.

Однако реализация предложений Ловинса требует преодоления ряда политических и экономических барьеров. Одним из основных препятствий является инерция существующей энергетической системы, основанной на ископаемом топливе. Государства и компании, зависящие от добычи и экспорта нефти и газа, часто оказывают сопротивление реформам. Например, в странах Ближнего Востока и России нефтяной сектор составляет значительную часть ВВП, что создает препятствия для диверсификации экономики. Кроме того, ученый подчеркивает необходимость пересмотра субсидий на ископаемое топливо, которые искусственно удерживают его стоимость на низком уровне, препятствуя развитию альтернативной энергетики.

Ловинс также выделяет важность политической воли для реализации своих предложений. Правительства должны принять активное участие в разработке и внедрении политики, которая способна стимулировать переход на зеленую энергию. Это должно включать введение налоговых льгот для компаний, инвестирующих в устойчивую энергетику, установление строгих экологических стандартов и поддержку научных исследований в этой области. Одним из успешных примеров такой политики является программа Германии «Энергетиче-

ский поворот», которая нацелена на полный отказ от углеродного топлива к середине XXI века [2].

В этой связи примечательны результаты исследования 2023 года, опубликованного в Nature Energy, которое демонстрирует, что долгосрочные инвестиции в ВИЭ уже превосходят финансирование традиционных энергетических проектов, таких как уголь, нефть и газ. По его данным, более 70% от общего объема новых инвестиций направлено на развитие солнечной и ветровой энергетики. Это свидетельствует о растущем доверии инвесторов к устойчивой энергетике и их уверенности в перспективности данного направления. Более того, неисчерпаемые источники энергии играют важную роль в снижении уровня энергетической бедности в странах с формирующейся экономикой. Децентрализованные системы, такие как солнечные панели в сельских районах, предоставляют беспрепятственный доступ к электричеству миллионам людей, уже сегодня улучшая их качество жизни и способствуя экономическому росту на местном уровне. Эти тенденции подтверждаются, в том числе, и в работе «Методический подход к принятию управленческих решений по проектам ВИЭ», где предложен метод, основанный на экспертных оценках, парных сравнениях и иерархиях, для определения приоритетности показателей оценки проектов альтернативных источников энергии, что способствует более обоснованному выбору проектов для внедрения возобновляемых источников энергии. [6], [11].

Преимущества перехода на устойчивую энергетику очевидны: от повышения энергетической независимости и сокращения выбросов до стимулирования экономического роста и укрепления международного сотрудничества. Однако, для успешной трансформации энергетического сектора необходимы не только технологические решения, но и политические преобразования. Как отмечает Майкл Т. Клэр, профессор науки о безопасности и международных делах в Университете Массачусетса, автор книги «Ресурсные войны», энергетика про-

должает оставаться важнейшим фактором глобальных конфликтов, что подчеркивает её центральную роль в международной политике. По его мнению, с переходом на чистую энергию появляются новые формы конкуренции и напряженности, что подчеркивает при этом необходимость особенно внимательного подхода к международным отношениям и глобальной безопасности. Этот сдвиг в энергетической картине мира затрагивает не только технологические, но и стратегические аспекты, требующие комплексных политических решений.

Клэр подчеркивает, что ископаемое топливо остается доминирующим в мировой энергетической системе, но его ресурсы ограничены и сконцентрированы в определенных регионах. Например, Ближний Восток традиционно был эпицентром нефтяной промышленности, что сделало этот регион крайне важным для геополитических интересов крупнейших держав. В своей книге профессор объясняет, как это привело к многочисленным конфликтам, включая войны за доступ к ресурсам и контроль над стратегическими маршрутами их поставок. Однако он отмечает, что на фоне этих традиционных конфликтов возникает новый тип соревнования – за лидерство в сфере возобновляемой энергетики.

Одним из важных аспектов книги Майкла Клэра является анализ конкуренции между США и Китаем, где он подчеркивает, что обе страны стремятся доминировать в сфере возобновляемой энергетики. США делают акцент на инновациях и продвижении своих технологий за рубеж, тогда как Китай активно инвестирует в добычу редкоземельных элементов и расширяет производство солнечных панелей и ветровых турбин. Эта гонка за лидерство в устойчивой энергетике создает не только экономическую конкуренцию, но и геополитическую напряженность, которая может перерасти в новые формы холодной войны.

Профессор также поднимает вопрос

о том, как изменение климата влияет на политику в энергетической сфере. Угроза глобального потепления стимулирует страны к ускоренному переходу на возобновляемые источники энергии, что, в свою очередь, трансформирует традиционные альянсы и вызывает новые конфликты. Например, арктические регионы, где таяние льдов открывает доступ к ранее недоступным запасам нефти и газа, становятся ареной конкуренции между Россией, США, Канадой и скандинавскими странами. Это подчеркивает, что даже в условиях перехода на более устойчивую энергетику борьба за ресурсы продолжает играть центральную роль в мировой политике. И все же стремление к устойчивой энергетике не устраняет зависимость от природных ресурсов, а лишь изменяет ее характер. Если в традиционной энергетике центральное место занимала конкуренция за нефть и газ, то в эпоху возобновляемых источников энергии ключевым фактором становится доступ к критически важным минералам, таким как литий, кобальт и другим редкоземельным элементам, используемым в производстве солнечных панелей, аккумуляторов и прочих технологиях. Их месторождения сконцентрированы в ограниченном числе стран, преимущественно в Китае, Демократической Республике Конго и Австралии [3].

Кроме того, внедрение ВИЭ может вызывать протесты со стороны местных сообществ, особенно тех, кто зависит от традиционных отраслей, таких как угольная промышленность. Такой переход может привести к сокращению рабочих мест в угольных шахтах и других связанных секторов, что вызывает беспокойство у работников и их семей. На почве этого в некоторых регионах Европы уже сегодня наблюдаются протесты против закрытия угольных шахт и перехода на зеленую энергетику, поскольку такая трансформация угрожает существованию рабочих мест и экономическому благосостоянию жителей определенных регионов. Все это порождает новые экономические и политические вы-

зовы, поскольку государства стремятся гарантировать стабильные поставки этих ресурсов для развития своих энергетических систем [10].

Работа Майкла Т. Клэра демонстрирует, что энергетика – это не только технологический вопрос, но и ключевой политический фактор, определяющий будущее мировой экономики и безопасности. Переход к возобновляемым источникам энергии открывает новые возможности для сотрудничества, но также ставит перед миром новые вызовы. Борьба за контроль над ключевыми ресурсами, технологическое превосходство и энергетическую независимость продолжает формировать мировую политику, подчеркивая, что эпоха энергетических конфликтов далека от завершения. Однако, несмотря на это, автор оптимистично смотрит на перспективы, указывая, что только через сотрудничество, инновации и стратегическое планирование можно построить более устойчивое и мирное энергетическое будущее.

Выводы

Оптимизм Майкла Т. Клэра основан на предположении, что страны смогут преодолеть свои геополитические разногласия и сосредоточиться на общих интересах, таких как борьба с изменением климата и обеспечение энергетической безопасности. Это взгляд, который вызывает уважение, но также требует критического осмысления в контексте реальной политической практики. Современная международная система характеризуется конкуренцией великих держав, где экономические и стратегические интересы зачастую перевешивают долгосрочные экологические цели. Даже если сотрудничество кажется неизбежным для решения глобальных проблем, таких как изменение климата, оно часто сталкивается с трудностями, вызванными недоверием, национализмом и стремлением к односторонним выгодам.

Взаимодействие возможно только при условии создания эффективных институтов и механизмов, которые будут стимулировать диалог и устранять причины конфликтов. Это потребует разработки четких и справедли-

ливых правил для регулирования доступа к ключевым ресурсам, а также согласованных мер по поддержке стран, испытывающих трудности с переходом на возобновляемую энергетику. Однако история международных отношений показывает, что подобные соглашения редко достигаются без значительных компромиссов, которые могут ослабить их эффективность.

Вместе с тем инновации и стратегическое планирование действительно играют важную роль в освобождении от зависимости от нестабильных регионов и уменьшении экологических рисков. Например, развитие технологий переработки батарей или повышение энергоэффективности могут существенно уменьшить напряженность вокруг конкуренции за ресурсы. Здесь важно отметить, что государствам нужно рассматривать устойчивую энергетику не только как воз-

можность для экономического роста, но и как инструмент укрепления стабильности и предотвращения конфликтов. Такая уверенность правомерна в том, что глобальные вызовы, такие как энергетический переход, требуют нового уровня международного партнерства. Однако этот процесс будет сопровождаться множеством препятствий, включая политическую волю, экономические интересы и культурные различия.

На основе этого можно заключить, что политически грамотным решением будет создание гибридной модели, которая сочетает международные соглашения с инициативами локального уровня, стимулирующими развитие устойчивой энергетики в разных регионах.

Только так можно построить энергетическое будущее, которое будет не только устойчивым, но и справедливым для всех участников мировой системы.

Список литературы.

1. **Смил, В.** (2023). Энергия и цивилизация: от первобытности до наших дней. Бомбора. 480 с. ISBN 978-5-04-184276-5.
2. **Ловинс Э.** (2021). Переосмысляя огонь: Смелые бизнес-решения для новой энергетической эры. Chelsea Green Publishing. 334 с. ISBN 978-1-60358-538-5.
3. **Клэр М. Т.** (2019). Ресурсные войны: новый ландшафт глобальных конфликтов. St. Martin's Press, 336 с. ISBN 978-0-8050-5575-7.
4. **Международное энергетическое агентство (МЭА)** (2023). Перспективы мировой энергетики 2023. Специальные отчеты WEO. URL: <https://surl.li/zbiben>, Международное энергетическое агентство (МЭА). (2019). Отчет: Будущее водорода: использование возможностей сегодняшнего дня. Лицензия CC BY 4.0. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/eteids>. (дата обращения: 11.06.2025)
5. **Шестой оценочный доклад МГЭИК, Рабочая группа III: Смягчение изменения климата (IPCC)** (2022). Изменение климата 2022: Смягчение изменения климата. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/nthjvl>. (дата обращения: 20.06.2025)
6. **Броквей, П. Е., Тейлор, П. Г., Норман, Дж. Б., Хойн, М. К., & Маршалл, З.** (2024). Оценка энергоотдачи на стадии использования для ископаемых видов топлива и ее последствия для систем возобновляемой энергетики. Nature Energy, декабрь 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/axpmmn>. (дата обращения: 03.07.2025)
7. **Energy Policy** (2023). Статьи и выпуски из международного рецензируемого журнала политических, экономических, планировочных, экологических и социальных аспектов энергетики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/oansrz>. (дата обращения: 17.07.2025)
8. **Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (IRENA)**. Публикации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/rlnwrrn>. (дата обращения: 14.08.2025)

9. **Global Energy Monitor.** Создание открытого руководства по мировой энергетической системе. Проекты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://surl.li/wrhdus>. (дата обращения: 26.08.2025)

10. **Ергин, Д.** (2022). Нелегкий путь к чистой энергетике. Международный валютный фонд: финансы и развитие. Декабрь 2022 года. Доступно по ссылке: <https://surl.li/fdhrzk>. (дата обращения: 02.09.2025)

11. **Пахоменко, Е. С.** (2024). Методический подход к принятию управленческих решений по проектам внедрения и эксплуатации ВИЭ. Экономика, предпринимательство и право, 14(6), 2997-3018 DOI 10.18334/ep.14.6.121065