

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РЫНОК ПРОДУКЦИИ

ECONOMICS, MANAGEMENT AND PRODUCT MARKET

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 622.271+621.31

DOI: 10.18503/1995-2732-2026-24-2-188-200



ИННОВАЦИОННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДОНБАССА

Григорьев М.Н.¹, Щеглов Д.К.^{1,2}

¹Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия

²АО «Научно-производственное объединение «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз – Антей» – Обуховский завод», Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Воссоединение Донецкой и Луганской Народных Республик, а также Запорожской и Херсонской областей с Российской Федерацией обусловило необходимость разработки новых направлений использования человеческих и природных ресурсов Донбасса в условиях, когда сложившиеся рынки сбыта стали недоступными. Традиционный способ решения проблемы, связанный с консервацией шахт, не исключает расходы по их обслуживанию и лишает значительную часть шахтеров привычной работы, что ухудшает социально-экономический и политический климат в проблемном регионе России. Требуется инновационное техническое решение отмеченных проблем. **Цель работы.** Разработка инновационного подхода к технической проблеме комплексного использования природных, трудовых и длительно не востребованных инфраструктурных ресурсов Донбасса в сфере энергетики, направленного на решение социально-экономических проблем региона путем увеличения его экспортного потенциала. **Используемые методы.** В работе использованы экспертные методы оценки, основанные на инновационно-логистическом подходе к развитию энергетических комплексов с учетом современных мировых технологических тенденций и стратегических ориентиров Российской Федерации. **Новизна.** Авторами предложен ряд комплексных организационно-технических решений, направленных на вовлечение в хозяйственный оборот невостребованных ресурсов региона с использованием технологий накопления энергии и глубокой переработки угля. **Результат.** Проработаны варианты комплексного использования энергетического потенциала Донбасса, позволяющие в ближайшей перспективе использовать природные, человеческие и длительно не востребованные инфраструктурные ресурсы территории, а также гармонизировать интересы вовлеченных в проект сторон. **Практическая значимость.** Предлагаемые организационно-технические решения могут быть оперативно реализованы с опорой на имеющуюся инфраструктуру и трудовые ресурсы.

Ключевые слова: энергетика, горная добыча, Донбасс, террикон, гравитационный накопитель энергии

© Григорьев М.Н., Щеглов Д.К., 2026

Для цитирования

Григорьев М.Н., Щеглов Д.К. Инновационный взгляд на перспективы комплексного использования энергетического потенциала Донбасса // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2026. Т. 24. №2. С. 188-200. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-2-188-200>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

AN INNOVATIVE APPROACH TO THE INTEGRATED USE OF THE ENERGY POTENTIAL OF THE DONBAS

Grigoriev M.N.¹, Shcheglov D.K.^{1,2}

¹ FSBEI HE Baltic State Technical University VOENMEH named after D.F. Ustinov, Saint Petersburg, Russia

² JSC Scientific and production association North-West Regional Center of the Concern VKO Almaz – Antey – Obukhov Plant, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). The reunification of the Donetsk and Luhansk People's Republics, as well as the Zaporizhzhia and Kherson regions, with the Russian Federation has necessitated the development of new approaches to utilizing the human and natural resources of the Donbas under conditions where traditional markets have become inaccessible. The conventional approach to addressing this issue through the conservation and closure of mines does not eliminate maintenance costs and deprives a significant part of miners of their habitual employment, thereby aggravating the socio-economic and political climate in one of Russia's most challenging regions. Therefore, there is a need for an innovative technical solution capable of addressing these challenges. **Objectives.** The purpose of the article is to develop an innovative approach to the technical problem of the integrated use of natural, human, and long underutilized infrastructural resources of the Donbas in the energy sector, aimed at solving the region's social and economic problems by increasing its export potential. **Methods Applied.** The study employs expert assessment methods based on an innovation and logistics approach to the development of energy complexes, taking into account contemporary global technological trends and the strategic priorities of the Russian Federation. **Originality.** The authors have proposed a set of integrated organizational and technical solutions aimed at incorporating the region's underutilized resources into economic circulation through the use of energy storage technologies and advanced coal processing. **Result.** Conceptual designs of integrated schemes for utilizing the energy potential of the Donbas have been developed. These schemes make it possible, in the near future, to employ the region's natural, human, and long-inactive infrastructural resources while harmonizing the interests of all stakeholders involved in the project. **Practical Relevance.** The proposed organizational and technical solutions can be rapidly implemented using the existing industrial infrastructure and labor potential of the region.

Keywords: energy, mining, Donbas, spoil heap, gravity energy storage system

For citation

Grigoriev M.N., Shcheglov D.K. An Innovative Approach to the Integrated Use of the Energy Potential of the Donbas. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2026, vol. 24, no. 2, pp. 188-200. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2026-24-2-188-200>

Введение

В своём обращении 30 сентября 2025 года по случаю Дня воссоединения Донецкой и Луганской Народных Республик (ДНР и ЛНР), Запорожской и Херсонской областей с Российской Федерацией Президент Российской Федерации В.В. Путин подчеркнул ключевое значение энергетического фактора в реализации масштабной программы социально-экономического развития новых регионов. Глава государства выразил уверенность в том, что Российская Федерация обеспечит все необходимые условия для раскрытия колоссального индустриального и природно-ресурсного потенциала Донбасса, придав мощный импульс его восстановлению и дальнейшей интеграции в общенациональную экономическую систему.

Исторически Донбасс выступал опорным промышленным центром юга России, формируя энергетическую и металлургическую основу страны. Здесь зародилась одна из старейших в Европе угледобывающих школ, а уникальные по качеству антрацитовые и коксующиеся угли определяли стратегическую

устойчивость отечественной промышленности. Однако в результате длительного периода экономической дезинтеграции, отсутствия инвестиций и военных действий энергетическая инфраструктура региона оказалась в критическом состоянии, что требует не только восстановления, но и глубокого технологического переосмысления её будущего.

В условиях мирового энергетического перехода и растущей конкуренции на рынке углеводородов акцент на комплексное использование энергетического потенциала Донбасса приобретает особую актуальность. Речь идёт не просто о возобновлении добычи угля, а о необходимости формирования новой энергетической парадигмы региона, основанной на синтезе традиционных и инновационных технологий.

Выступая 16 октября 2025 года на пленарном заседании VIII Международного форума «Российская энергетическая неделя – 2025», президент отметил, что, несмотря на пессимистичные прогнозы ряда экспертов, уголь продолжает занимать значительную долю в мировом энергобалансе и сохранит своё значение на десятилетия вперёд. Глава государства под-

черкнул необходимость повышения эффективности и конкурентоспособности угольной отрасли, а также призвал правительство обеспечить её поддержку в условиях ценовой волатильности. Особое внимание было уделено перспективам использования передовой «чистой» угольной генерации для обеспечения потребностей цифровой экономики, включая центры хранения и обработки данных. Президент отметил, что размещение подобных объектов в угледобывающих регионах создаёт современные рабочие места, способствует диверсификации экономики и формированию новых производственных кластеров. Кроме того, подчеркнута стратегическая роль доступной энергетической инфраструктуры в привлечении инвестиций, технологий и квалифицированных кадров [1].

Современные тенденции развития мировой энергетики демонстрируют, что экономическая эффективность энергетических технологий достигается не за счёт экстенсивного наращивания добычи сырья, а благодаря внедрению интеллектуальных систем управления потоками энергии и повышению её добавленной стоимости. В этом контексте Донбасс может стать экспериментальной площадкой для внедрения передовых энергетических технологий, интегрирующих принципы ресурсосбережения, экологической безопасности и территориального развития.

Таким образом, настоящая работа направлена на формирование системного подхода к использованию энергетического потенциала Донбасса, сочетающего экономическую эффективность, технологическую инновационность и социальную устойчивость, что соответствует стратегическим приоритетам энергетической политики Российской Федерации.

Историко-географическая справка о Донбассе

Донецкий угольный бассейн (Донбасс) был открыт в 1721 году русским горным инженером и геологом Г.Г. Капустиным в районе современного города Лисичанска. С тех пор Донбасс стал ключевым центром угледобычи, сформировав промышленное ядро юга Российской империи, а позднее – Советского Союза. В настоящее время Донбасс представляет собой крупнейшее месторождение каменного угля в Европе [2].

Регион традиционно играл системообразующую роль в обеспечении углём металлургии, энергетики и химической промышленности России. Особое значение имеют коксующиеся угли, являющиеся стратегическим сырьём для чёрной металлургии – прежде всего для доменного и мартеновского производств. Их использование в энергетике ограничено ввиду высокой стоимости и приоритетного использования в металлургическом производстве.

Наиболее ценным видом энергетического угля является антрацит. Он отличается высокой теплотворной способностью и низким содержанием летучих веществ, благодаря чему горит коротким, бездымным, синим пламенем. При этом антрацит явля-

ется редким видом угля – его доля в мировых запасах не превышает 1 %.

На протяжении более двух столетий социально-экономическое развитие Донбасса оставалось неразрывно связанным с угольной промышленностью. В настоящее время основная часть запасов сосредоточена на территориях ДНР и ЛНР. Информация о запасах угля в Донбассе до глубины 1800 м на конец 2014 года приведена в **табл. 1**.

Таблица 1. Запасы угля в Донбассе до глубины 1800 м на конец 2014 года

Table 1. Coal reserves in the Donbas reached a depth of 1800 m at the end of 2014

Вид запасов	Величина запаса, млрд т
Суммарные запасы	140,8
Отвечающих действующим требованиям по мощности пластов и зольности, из них:	108,5
– антрацит	7
– коксующийся уголь	6
Разрабатываемые запасы угля	57,5
Намеченные к освоению	18,3

Как видно из представленных в **табл. 1** данных, угольная промышленность остаётся ключевой основой экономики региона, определяющей уровень занятости, социальной стабильности и качества жизни населения. В этой связи вопросы расширения добычи угля и освоения других полезных ископаемых следует рассматривать не только с позиции текущей рентабельности, но и в контексте долгосрочных стратегических интересов Российской Федерации, направленных на обеспечение устойчивого развития и благополучия граждан страны в средне- и долгосрочной перспективе.

Исторический опыт зарубежных стран свидетельствует о стратегических рисках утраты угольной базы. Так, Великобритания в период реформ правительства М. Тэтчер фактически ликвидировала национальную угольную отрасль. В настоящее время на фоне сокращения доступных запасов природного газа и нестабильности выработки электроэнергии из возобновляемых источников Великобритания вынуждена компенсировать дефицит за счёт импорта сжиженного природного газа из США [3].

С учётом данного опыта при решении вопроса о закрытии либо модернизации угледобывающих предприятий Донбасса требуется рациональный и комплексный подход к использованию минерально-сырьевой базы региона. В результате вооружённого конфликта, начавшегося в 2014 году, из 93-х действовавших шахт прекратили работу 69. С началом СВО из-за мобилизации горняков добыча угля в ДНР и ЛНР значительно сократилась, на фронт ушел практически каждый второй шахтёр.

Если за 2021 год в ДНР подняли на-гора около 4,5 млн т угля, то по итогам 2022 года – только 3,2 млн т,

а в ЛНР 5 и 3 млн т соответственно. Для сравнения – шахтеры РФ в 2021 году добыли 438 млн т угля.

В настоящее время все функционирующие 24 шахты Донбасса нуждаются в глубокой технической модернизации и обновлении горношахтного оборудования. Восстановление законсервированных предприятий или строительство новых возможно при условии рентабельности доработки оставшихся участков шахтных полей. По экспертным оценкам, модернизация одной действующей шахты требует инвестиций в размере от 1 до 2 млрд руб., а восстановление закрытых – от 3 до 5 млрд руб. [4].

По данным Министерства топлива, энергетики и угольной промышленности ЛНР, озвученным 3 сентября 2025 года министром К. Роговенко, восстановление шахт на территориях, освобождённых от украинских вооружённых формирований, в настоящее время не планируется. Вместе с тем обеспечение гидрогеологической безопасности остаётся приоритетной задачей, что требует постоянных затрат даже при отсутствии производственной деятельности.

Несмотря на указанные трудности, запасы высококачественных углей Донбасса при уровнях добычи, сопоставимых с советским периодом, обеспечивают устойчивое развитие отрасли на срок не менее 150 лет. В регионе сохраняются квалифицированные специалисты, развитые научные и инженерные школы, а также богатый производственный опыт. Ключевая задача состоит не столько в наращивании экспорта сырья, сколько в повышении эффективности его использования на месте, включая переработку угля и утилизацию сопутствующих отходов [5].

Интересной особенностью организации угледобывающей отрасли на территории ДНР и ЛНР является различие в формах собственности предприятий. В ДНР значительная часть угледобывающих предприятий функционирует на основе частной формы собственности, тогда как в ЛНР преобладает государственное владение. Подобная структура собственности формирует благоприятные условия для привлечения в угледобывающую и энергетическую отрасли Донбасса как частного, так и государственного капитала – как отечественного, так и зарубежного происхождения. Это открывает возможности для реализации различных форм взаимодействия, включая государственно-частное партнёрство, создание совместных предприятий и развитие своеобразного экономического соревнования между производственными структурами.

В данном контексте особенно актуально звучат слова президента РФ В.В. Путина, произнесённые на заседании VIII Международного форума «Российская энергетическая неделя – 2025»: *«Настоящее партнёрство – это то, в основе которого лежит обмен знаниями, опытом, создание промышленных альянсов. Причём результатами такого партнёрства должны пользоваться все, кто участвует в этой работе»* [1].

Таким образом, развитие энергетического комплекса Донбасса на принципах партнёрства и взаимовыгодного сотрудничества отвечает современным тенденциям интеграции промышленного и инвестиционного потенциала в рамках единого экономического пространства Российской Федерации.

С точки зрения стратегического планирования экспорт коксующихся углей в ближайшей перспективе может оставаться рентабельным направлением, учитывая близость портов и развитую транспортную инфраструктуру. Однако вывоз энергетического угля за пределы страны представляется менее рациональным. Значительно более перспективным направлением является экспорт электроэнергии, произведённой на основе местных угольных ресурсов.

Современное состояние энергетики Донбасса

Современная энергетическая инфраструктура ДНР и ЛНР представлена в основном тепловыми электростанциями (ТЭС), функционирующими на местных угольных ресурсах, а также отдельными объектами возобновляемой энергетики [6].

Старобешевская тепловая электростанция.

Старобешевская ТЭС расположена в посёлке Новый Свет ДНР, в непосредственной близости от границы с Ростовской областью Российской Федерации. Станция введена в эксплуатацию в 1958 году и была построена в течение четырёх лет в советский период. Основным топливом для станции традиционно является антрацитовый штыб, а в летние месяцы, с целью снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, применяется природный газ [6].

Штыб представляет собой мелкодисперсную фракцию угля с размером частиц, как правило, менее 6 мм, образующуюся при дроблении и сортировке угольной массы. Данный материал характеризуется повышенной зольностью, неоднородностью гранулометрического состава и склонностью к самовозгоранию, что затрудняет его хранение и транспортировку. Перевозка штыба на большие расстояния экономически нецелесообразна вследствие высокой доли инертных примесей и низкой насыпной плотности, поэтому основным направлением его использования становится локальная энергетическая переработка.

В советский период исследовательские коллективы уделяли значительное внимание вопросам рационального применения штыба. Были разработаны и внедрены технологии его брикетирования, сжигания в циркулирующем кипящем слое, а также получения водоугольного топлива – устойчивой суспензии, состоящей из угольного порошка, воды и пластифицирующих добавок, обладающей высокой теплотворной способностью и удобством транспортировки [7].

В настоящее время лидерство в промышленном производстве водоугольного топлива принадлежит Китайской Народной Республике (КНР), где годовой объём выпуска достигает порядка 60 млн т [8].

В период нахождения Донбасса под управлением Украины инвестиции в модернизацию энергетической инфраструктуры региона фактически не осуществлялись. В результате на Старобешевской ТЭС из 13-ти турбинных агрегатов эксплуатируются только 10 блоков мощностью по 200 МВт, три агрегата по 100 МВт были демонтированы.

Зуевская тепловая электростанция. Зуевская ТЭС, введенная в эксплуатацию 24 марта 1982 года, является одной из наиболее современных по конструкции станций региона. Она расположена в 40 км восточнее Донецка и неоднократно подвергалась обстрелам в ходе боевых действий. На станции установлены четыре энергоблока мощностью по 300 МВт, три из которых до 2014 года прошли модернизацию.

Зуевская ТЭС является не только значимым объектом энергетики, но и своеобразным символом региона. На внешнюю поверхность одной из градирен высотой 150 м нанесено крупнейшее в мире изображение флага ДНР площадью около 2000 м². Дымовая труба станции высотой 330 м видна на расстоянии до 100 км, что придает объекту высокую визуальную узнаваемость, но одновременно создает определённые риски в условиях вооружённого конфликта.

Новоазовская ветровая электростанция. Новоазовская ветровая электростанция (ВЭС) мощностью 79,3 МВт расположена на северном побережье Азовского моря, вблизи устья реки Безымянной и одноимённого населённого пункта. Строительство станции началось в 1998 году и завершилось в 2012 году. В её состав вошёл 141 бельгийский ветроагрегат.

После 2014 года Новоазовская ВЭС оказалась в непосредственной близости от линии разграничения, в результате чего получила значительные повреждения. Введение международных санкций и прекращение поставок оборудования иностранного производства затруднили проведение восстановительных работ в полном объёме. Тем не менее на сегодняшний день станция в значительной мере восстановлена и вырабатывает до 66,1 МВт электроэнергии, что составляет около половины её проектной мощности.

Перспективы дальнейшего восстановления и модернизации Новоазовской ВЭС оцениваются как благоприятные, несмотря на сохраняющиеся внешние ограничения. Это обусловлено успешным развитием в России компании «Новавинд» – дочернего предприятия Госкорпорации «Росатом». На её производственных мощностях в городе Волгодонске (Ростовская область) выпускаются ключевые компоненты ветроэнергетических установок: генераторы, гондолы, ступицы и основания башен с уровнем локализации порядка 68%. Основной проблемой остаётся производство лопастей, ранее осуществлявшееся в Ульяновской области на заводе датской компании *Vestas*, прекратившей деятельность в России в 2022 году.

В сложившихся условиях решение проблемы импортозамещения лопастей может быть достигнуто за счёт организации их серийного производства на отече-

ственных предприятиях композитной промышленности, а также посредством кооперации с российскими научно-исследовательскими центрами и инженеринговыми компаниями, специализирующимися на разработке полимерных и углеволоконных материалов.

Луганская тепловая электростанция. Ключевым объектом электроэнергетики ЛНР является Луганская ТЭС, расположенная в городе Счастье Луганской области. Станция была введена в эксплуатацию в 1956 году, а к моменту завершения строительства последней очереди (1989 год) её установленная мощность достигла 2300 МВт.

В 2014 году Луганская ТЭС оказалась в зоне активных боевых действий, что привело к частичной остановке и повреждениям инфраструктуры. После перехода станции под контроль ЛНР в феврале 2022 года начались восстановительные работы, позволившие возобновить ограниченную выработку электроэнергии.

Современное состояние энергетики Донбасса можно охарактеризовать как стабильно-функционирующее при высокой степени технологического и инфраструктурного износа. Регион располагает развитой сетью тепловых электростанций, сформированных в советский период, при этом их технический ресурс в большинстве случаев превышает нормативный срок эксплуатации. Наличие квалифицированных инженерно-технических кадров, накопленный опыт эксплуатации энергетического оборудования и развитая угледобывающая база создают предпосылки для поэтапной модернизации и интеграции энергосистемы ДНР и ЛНР в единую энергосистему Российской Федерации.

Ключевыми направлениями дальнейшего развития региона являются:

– модернизация действующих ТЭС с переходом на более эффективные и экологичные технологии сжигания топлива (в том числе в кипящем слое, с применением водоугольного топлива и штыбового угля);

– восстановление и частичное обновление объектов возобновляемой энергетики, включая Новоазовскую ВЭС, с применением российского оборудования;

– создание инфраструктуры распределённой генерации электроэнергии для локальных потребностей промышленности и населения;

– встраивание региональной энергосистемы в российский энергетический контур, что позволит повысить надёжность электроснабжения, сократить потери при передаче и обеспечить устойчивый сбыт электроэнергии за пределами региона.

Технологии экспортной поставки электроэнергии с учетом особенностей Донбасса

Современные технологии транспортировки электроэнергии развиваются в направлении увеличения автономности и гибкости энергетических систем. Од-

ним из наиболее инновационных, хотя пока и сравнительно экзотичных решений, является использование так называемых «энерговозов» – судов-аккумуляторов, предназначенных для перевозки и передачи электрической энергии.

В 2025 году японская компания *PowerX* планирует завершить строительство первого подобного «энерговоза». Он оснащён 96-ю литий-железо-фосфатными (LFP) аккумуляторами, общая ёмкость которых составляет до 240 МВт·ч. По мере совершенствования технологий LFP ожидается увеличение энергоёмкости подобных систем на 30–40% в ближайшие годы.

Параллельно в этом направлении активно работают китайские исследователи. Так, 17 сентября 2025 года в одном из старейших научных журналов мира *Nature* (издаётся с 1869 года) была опубликована статья, посвящённая разработке нового типа гидрид-ионного аккумулятора, отличающегося принципиально иными физико-химическими свойствами.

Группа учёных под руководством Чэнь Пина, Цао Хуцзюня и Чжан Вэйцзиня из Даляньского института химической физики (*Dalian Institute of Chemical Physics*, Китайская академия наук, провинция Ляонин) создала композитный материал на основе тонкого слоя гидрида бария (BaH_2), нанесённого на тригидрид церия (CeH_3), выполняющий функцию электролита. Синтезированный материал сочетает высокую гидрид-ионную проводимость с превосходной термической и электрохимической стабильностью. Экспериментальные исследования показали, что удельная ёмкость нового аккумулятора достигает 984 $mA \cdot ч/г$, а расчётная теоретическая величина составляет до 1200 $mA \cdot ч/г$, что существенно превосходит показатели традиционных литий-ионных аккумуляторов (150–300 $mA \cdot ч/г$) и даже теоретический предел графитового анода (372 $mA \cdot ч/г$).

В отличие от литий-ионных батарей, подверженных образованию дендритов – металлических структур, вызывающих короткие замыкания и деградацию элементов, использование водорода в качестве носителя заряда исключает эти риски и повышает эксплуатационную безопасность.

Таким образом, первые «энерговозы», независимо от типа применяемых накопителей энергии, демонстрируют перспективность концепции мобильного экспорта электроэнергии. Для Донбасса данное направление представляет особый интерес ввиду географической близости региона к российским морским и речным портам, что создаёт возможности для поставок электроэнергии на значительные расстояния в обход транзитных государств.

Следует отметить, что Российская Федерация обладает уникальным опытом создания и эксплуатации плавучих энергетических объектов. Так, 22 мая 2020 года в порту города Певек (Чукотский автономный округ) была введена в эксплуатацию первая в мире плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС)

проекта 20870. Данный объект представляет собой самоходное судно стоечного типа водоизмещением 21 560 т, оснащённое двойным дном и двойными бортами, с развитой надстройкой: в носовой и средней частях размещено энергетическое оборудование, а в кормовой части – жилой модуль. Основные габаритные характеристики станции: длина корпуса – 140 м, ширина – 30 м, высота борта до ватерлинии – 10 м, осадка – 5,5 м.

Энергетическая установка ПАТЭС включает два реактора типа КЛТ-40С общей электрической мощностью 70 МВт и тепловой мощностью 50 Гкал/ч. Межремонтный период их эксплуатации составляет 12 лет, а расчётный срок службы – 40 лет. Реакторы данного типа зарекомендовали себя при длительной эксплуатации на атомном лихтеровозе-контейнеровозе «Севморпуть» и ледоколах «Таймыр» и «Вайгач», продемонстрировав высокий уровень надёжности и безопасности.

Следует отметить, что стоимость строительства ПАТЭС составила около 30,3 млрд руб., при этом стоимость одного киловатта установленной мощности оценивается примерно в 7200 долл. США, что превышает аналогичный показатель для традиционной тепловой генерации примерно в семь раз. Вместе с тем в нашей стране активно ведутся научно-конструкторские и производственные работы, направленные на повышение энергоэффективности, увеличение установленной мощности и снижение удельной стоимости вырабатываемой энергии подобных объектов.

Другим высокотехнологичным направлением является подводная передача электроэнергии по силовым кабелям, технология которой уже получила промышленную реализацию. Так, к началу 2021 года Норвегия завершила строительство в Северном море подводного кабеля длиной 720 км, обеспечивающего передачу мощности 1,4 ГВт при напряжении 515 кВ. Система успешно эксплуатируется, обеспечивая экспорт электроэнергии в Великобританию. Аналогичные проекты реализованы в Греции, где кабель меньшей протяжённости функционирует более десяти лет, а также в Австралии, где ведётся проектирование линии длиной около 3000 км [9].

Следует отметить, что расстояние от Крыма до побережья Турции по морю составляет всего 267 км, что делает экономически и технически обоснованным проект прокладки подводного кабеля. При реализации проекта на паритетных началах с турецкой стороны можно обеспечить высокую степень надёжности и безопасности линии.

Сопоставительный анализ свидетельствует о том, что при перераспределении финансовых ресурсов, предусмотренных для сооружения атомной электростанции «Аккую» в Турции, на строительство современных тепловых электростанций эквивалентной установленной мощности на территории Донбасса, совокупные затраты, включая расходы на прокладку

подводного энергетического кабеля и учёт потерь при передаче электроэнергии, могли бы быть ориентировочно в два раза ниже. При этом предполагаемые сроки реализации аналогичного проекта на базе ТЭС оказались бы примерно вдвое короче, что делает данное направление экономически и организационно более целесообразным.

Помимо экономических преимуществ, данный подход обеспечил бы высокую локализацию производства: занятость российских инженеров и рабочих, поступление налогов в национальный бюджет, а также гарантированный сбыт угольной продукции Донбасса при минимальном транспортном плече.

Перспективы использования гравитационных накопителей энергии на Донбассе

В процессе развития энергетического комплекса Донбасса целесообразно рассматривать возможность внедрения гравитационных накопителей энергии (ГНЭ) – инновационного, но в то же время основанного на классических физических принципах направления. Принцип их действия заключается в преобразовании избыточной электрической энергии в потенциальную энергию массы, с последующим её возвратом в электрическую форму при спуске груза.

Неравномерность суточного потребления электроэнергии остаётся одной из ключевых проблем энергосистемы. Эффективность работы паротурбинных установок и других тепловых источников генерации во многом определяется стабильностью эксплуатационных режимов. Для сглаживания пиков нагрузки и повышения эффективности функционирования энергосистем применяются различные типы накопителей энергии, среди которых ГНЭ представляют собой перспективное направление с точки зрения экологической чистоты и долговечности.

В августе 2023 года швейцарская компания *Energy Vault* завершила на территории КНР строительство первого в мире коммерческого гравитационного накопителя энергии мощностью 25 МВт и энергоёмкостью 100 МВт·ч [10]. Конструкция представляет собой башню высотой около 75 м, внутри которой посредством электрических подъёмных механизмов перемещаются бетонные блоки. При подъёме масса накапливает потенциальную энергию, а при опускании – преобразует её в кинетическую, возвращая энергию в сеть.

Технология компании *Energy Vault* вызвала значительный интерес в КНР, где уже ведутся переговоры о строительстве ещё пяти подобных объектов. В мировом экспертном сообществе гравитационные накопители рассматриваются как неотъемлемый элемент концепции «умного города» (*Smart City*), обеспечивающий гибкость и устойчивость локальных энергосетей [11].

Следует отметить, что возведение подобных конструкций требует значительных капиталовложений и проведения сложных землеотводных и строительных работ. В этом отношении Донбасс обладает рядом

уникальных природно-технических предпосылок для создания аналогичных систем при минимальных капитальных затратах. Речь идёт о терриконах – конических отвалах пустой породы, сформированных при шахтной добыче угля, высотой до 100 м, а также о шахтных стволах глубиной до 1200 м [12].

Применение терриконов в качестве конструктивной основы для ГНЭ открывает принципиально новые технологические возможности их практической реализации. В отличие от швейцарского прототипа, основанного на подъёме и опускании бетонных блоков, в донбасском варианте в качестве движущегося груза может использоваться вагонетка с горной породой, перемещающаяся по специально оборудованным направляющим. Такое инженерное решение обеспечивает адаптацию технологии к региональным условиям, позволяет задействовать существующие техногенные формы рельефа и тем самым существенно снижает капитальные затраты на строительство накопителя.

Дополнительное преимущество заключается в том, что многие отвалы содержат вторичные полезные компоненты, извлечение которых возможно в процессе эксплуатации накопителя. В таком случае процесс накопления и высвобождения энергии можно совместить с обогащением породы – подъёмом на верхнюю площадку отработанного материала и спуском вниз породы, содержащей ценные вещества. Подобная концепция перекликается с идеями, изложенными Чебаном А.Ю. в работе [13], где подчёркивается необходимость комплексного использования техногенных образований.

Ещё более перспективным представляется использование выработанных пространств закрывающихся шахт для размещения ГНЭ. В этом случае энергия аккумулируется за счёт управляемого спуска массы породы из террикона в подземные выработки, что устраняет необходимость подъёма груза и снижает капитальные затраты [14]. Управление процессом спуска синхронно с энергетическим спросом позволит не только аккумулировать энергию, но и повысить эффективность работы подъёмных установок, задействованных при эксплуатации глубоких шахт и техногенных полостей. Аналогичные технические решения рассматриваются в работах отечественных исследователей [15, 16].

Таким образом, Донбасс обладает естественными геотехническими преимуществами для внедрения ГНЭ. Использование существующих терриконов и шахтных стволов как элементов энергетической инфраструктуры может стать экономически эффективным направлением модернизации угольного региона, способствующим переходу к инновационной, малозатратной и экологически устойчивой энергетике.

Внедрение ГНЭ в энергетический комплекс Донбасса представляется экономически и технологически оправданным направлением диверсификации энергетической инфраструктуры региона. Природно-технические особенности территории – наличие терриконов, глубоких шахтных стволов и обширных вы-

рабочих пространств – создают естественную основу для ГНЭ без необходимости масштабного строительства капитальных сооружений.

Использование таких накопителей позволит решать сразу несколько стратегических задач:

- сглаживание суточных колебаний энергопотребления и повышение устойчивости энергосистемы;
- сокращение затрат на пиковую генерацию и повышение коэффициента использования установленной мощности ТЭС;
- вовлечение техногенных объектов (терриконов, шахтных полостей) в хозяйственный оборот с одновременным снижением их экологической нагрузки;
- развитие малых систем распределённой генерации электроэнергии, интегрированных в региональные сети.

С экономической точки зрения ГНЭ обладают высокой капитальной устойчивостью: эксплуатационные расходы минимальны, срок службы конструкций может превышать 40–50 лет, а потребность в редких или токсичных материалах отсутствует. Это делает технологию особенно привлекательной для промышленно развитых угольных регионов, где имеется избыток горнотехнических сооружений и квалифицированных инженерных кадров.

Таким образом, реализация проектов по созданию ГНЭ на базе инфраструктуры Донбасса способна стать одним из направлений технологической трансформации угольного региона – от преимущественно сырьевой специализации к модели инновационного энергетического кластера, обеспечивающего устойчивое развитие, энергетическую автономность и экологическую безопасность территории.

Возможные перспективные схемы использования энергетического потенциала Донбасса

Как уже отмечалось ранее, в современных условиях трансформации энергетического баланса и переориентации экспортных потоков особое значение приобретает разработка интегрированных схем использования энергетического потенциала Донбасса, сочетающих традиционные и инновационные технологии производства, аккумулирования и транспортировки электроэнергии.

Одной из наиболее реализуемых в техническом и организационном отношении является схема, предусматривающая экспорт электроэнергии по подводному кабелю, проложенному по дну Чёрного моря из Крыма в Турцию – страну с устойчивым ростом энергопотребления. Технология прокладки и эксплуатации морских силовых кабелей высокой мощности в мировой практике хорошо отработана. Примеры действующих систем (между Норвегией и Великобританией, Грецией и островными территориями, а также проект «*Australia-Asia Power Link*») подтверждают надёжность и экономическую целесообразность подобного решения.

Российская Федерация располагает необходимыми технологическими и организационными возможностями для реализации проектов по использованию низкосортных углей непосредственно в местах их добычи, что позволяет минимизировать транспортные издержки и экологические риски. При этом для достижения максимальной эффективности целесообразно использование современного оборудования, производимого как на отечественных, так и на дружественных зарубежных предприятиях (например, расположенных в КНР), специализирующихся в области чистых угольных и энергоэффективных технологий.

Таким образом, практическая реализация проекта сводится к обеспечению финансовой поддержки и координации многостороннего взаимодействия между Российской Федерацией, государствами – стратегическими партнёрами по энергетическому сотрудничеству и потенциальными потребителями электроэнергии. В предложенной модели Россия (и, в частности, Донбасс) выступает в качестве поставщика электроэнергии и углеродного топлива, Турция – ключевого потребителя и партнёра по распределению энергетических потоков, а дружественные промышленные государства – как технологические инвесторы и производственные кооперанты.

С учётом устойчивого интереса Турции к расширению взаимодействия с Российской Федерацией в атомной и тепловой энергетике создание энергетического коридора «Донбасс – Крым – Турция» может рассматриваться как часть интегрированного пакета проектов, реализуемого на межгосударственном уровне и направленного на укрепление энергетической безопасности региона.

Финансовое участие России в данной схеме может быть ограничено затратами на модернизацию и восстановление угольных шахт и тепловых мощностей Донбасса, что соответствует стратегическим задачам социально-экономического развития региона.

Неотъемлемой составляющей рассматриваемой схемы является внедрение ГНЭ, способных повысить устойчивость и управляемость энергосистемы Донбасса. Использование ГНЭ позволит сглаживать пиковые нагрузки, обеспечивая оптимальные режимы работы ТЭС и возобновляемых источников. Финансирование НИОКР и пилотных проектов по созданию таких накопителей целесообразно осуществлять за счёт государственных программ экологической реабилитации региона, поскольку терриконы и подземные техногенные полости, образовавшиеся в результате многолетней угледобычи, представляют собой существенные источники экологического риска и одновременно потенциальную основу для инновационных инженерных решений.

Перспективным направлением, требующим дальнейшей научно-исследовательской проработки, является концепция судов-«энерговозов» – автономных плавучих хранилищ электроэнергии, способных доставлять энергию потребителям без участия транзитных государств. Технологически данное направление

сопрягается с развитием аккумуляторных систем большой ёмкости и ГНЭ. В теоретическом и концептуальном плане быстрая зарядка «энерговозов» от наземных гравитационных систем представляется перспективным решением, однако в кратко- и среднесрочной перспективе (3–5 лет) широкое промышленное внедрение подобных схем остаётся ограниченным по техническим и экономическим причинам.

Следует отметить, что, по данным Министерства иностранных дел Турции [17], за последние два десятилетия в стране наблюдается наиболее высокий темп роста потребления энергии среди государств-членов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). За тот же период Турция заняла второе место в мире после КНР по динамике увеличения спроса на электроэнергию и природный газ.

Значимым шагом в направлении интеграции национальной энергетической системы с общеевропейским рынком стало подписание 15 апреля 2015 года долгосрочного соглашения между Турецкой компанией по передаче электроэнергии (TEİAŞ) и Европейской сетью операторов систем передачи электроэнергии (ENTSO-E). Данное соглашение обеспечило физическую и рыночную интеграцию энергосистемы Турции с континентальной электроэнергетической системой Европы, что позволило создать устойчивую основу для участия Турции в общеевропейском энергетическом пространстве.

Не менее важным представляется заявление министра энергетики Азербайджана Пярвиза Шахбазова от 24 октября 2025 года [18], в котором был анонсирован запуск среднесрочной программы по формированию интегрированной инфраструктуры для транспортировки возобновляемой энергии из Центральной Азии и Азербайджана в направлении Турции и Европы. Проект предусматривает прокладку подводных энергетических кабелей по дну Каспийского моря с поэтапным началом реализации в 2032 году. Следует отметить, что еще в 2022 году Азербайджан, Грузия, Румыния и Венгрия подписали соглашение о стратегическом партнёрстве по строительству подводного электрического кабеля *Black Sea Energy*, к которому в 2023 году присоединилась Болгария.

Авторам представляется целесообразным рассмотреть формирование широкого консорциума для поставки электроэнергии в страны бассейна Средиземного моря, опирающегося на возможности Донбасса, ПАТЭС, судов-электровозов, ГНЭ, подводных и наземных линий электропередач.

Таким образом, комплексное развитие энергетического потенциала Донбасса на основе сочетания кабельной, аккумуляторной и гравитационной энергетики при международном партнёрстве может стать реалистичной стратегией интеграции региона в современную энергетику Евразии и Северной Африки, обеспечивая его технологическое обновление, экспортную привлекательность и экологическую устойчивость.

Обобщение результатов анализа и предложения

В целях систематизации и оценки факторов, влияющих на реализацию стратегии комплексного использования энергетического потенциала Донбасса, проведён SWOT-анализ, позволяющий выявить сильные и слабые стороны региона, а также определить внешние возможности и угрозы, формирующие стратегическую среду его развития. Такой подход обеспечивает комплексное понимание текущего состояния энергетического сектора, его потенциала и рисков, а также служит основой для выработки практических предложений по эффективному использованию природных, инфраструктурных и человеческих ресурсов.

Результаты анализа представлены в табл. 2, отражающей ключевые направления стратегического развития энергетики Донбасса.

Таблица 2. SWOT-анализ перспектив комплексного использования энергетического потенциала Донбасса

Table 2. SWOT-analysis of the prospects for the integrated utilization of the Donbas energy potential

Сильные стороны	Слабые стороны
<ul style="list-style-type: none"> - Крупные запасы угля и развитая минерально-сырьевая база - Сформированные трудовые и инженерные кадры - Наличие энергетической инфраструктуры (ТЭС, шахты, линии электропередач) - Интеграция с энергосистемой России - Близость к морским портам и экспортным маршрутам 	<ul style="list-style-type: none"> - Изношенность производственных фондов - Ограниченный доступ к инвестициям и зарубежным технологиям - Экологическая деградация территории (терриконы, затопленные шахты) - Логистические сложности и высокая себестоимость угля - Зависимость от внешнего спроса и экспортных каналов
Возможности	Угрозы
<ul style="list-style-type: none"> - Создание интегрированной энергетической модели нового типа - Экспорт электроэнергии вместо угля (в том числе по подводному кабелю в Турцию) - Использование гравитационных накопителей энергии на базе терриконов и шахт - Партнёрство с КНР в области технологий и инвестиций - Возможность решения экологических проблем через энергетические проекты - Социально-экономическая стабилизация региона 	<ul style="list-style-type: none"> - Военные и инфраструктурные риски - Мировая тенденция к отказу от угля - Технологическое отставание при недостатке инвестиций - Финансовые риски капиталоемких проектов - Потенциальные экологические и техногенные аварии

Для повышения эффективности использования энергетического потенциала Донбасса необходимо:

- использовать сильные стороны – имеющуюся минерально-сырьевую и кадровую базу региона;

– минимизировать слабые стороны через модернизацию и государственную поддержку;

– реализовать возможности экспорта электроэнергии и внедрения инновационных энергетических технологий;

– предотвратить угрозы путём технологического обновления, экологического контроля и привлечения партнёров из дружественных стран.

Комплексное использование энергетического потенциала Донбасса обладает высокой стратегической значимостью и потенциалом технологического прорыва при условии государственной поддержки, международного партнёрства и внедрения инновационных решений – прежде всего ГНЭ и экспортных схем передачи электроэнергии.

Ключевым направлением развития следует считать интеграцию угледобычи, генерации и аккумуляции энергии в единую систему, обеспечивающую ресурсную эффективность, экологическую устойчивость и социальную стабильность региона.

На основе результатов проведённого анализа и выявленных стратегических направлений развития энергетического комплекса Донбасса авторами предложен вариант дорожной карты мероприятий, направленных на практическую реализацию предложенных организационно-технических решений. Представленные в таблице мероприятия сгруппированы с учётом приоритетности, ресурсной обеспеченности и ожидаемого социально-экономического эффекта.

Перечень основных мероприятий приведён в табл. 3.

Таблица 3. Вариант дорожной карты мероприятий по комплексному использованию энергетического потенциала Донбасса

Table 3. Proposed roadmap for the integrated utilization of the Donbas energy potential

№ п/п	Наименование мероприятия	Ожидаемый результат реализации
1	Комплексная оценка энергетических и минеральных ресурсов Донбасса с учетом текущего состояния шахт и инфраструктуры	Формирование актуальной ресурсно-энергетической базы региона; определение приоритетных направлений инвестиций
2	Разработка и реализация программы модернизации действующих угольных шахт и восстановления рентабельных закрытых	Повышение производительности, снижение себестоимости добычи, сохранение рабочих мест, рост налоговых поступлений
3	Создание технопарков и инженерных центров для внедрения инноваций в угольной и энергетической промышленности Донбасса	Ускорение технологического обновления, формирование научно-инженерного ядра региона
4	Разработка и внедрение проектов по глубокой переработке угля и производству ВОТ	Повышение добавленной стоимости угледобычи, снижение экологической нагрузки, диверсификация энергетики
5	Создание и апробация гравитационных накопителей энергии на основе терриконов и шахтных стволов	Повышение устойчивости энергосистемы, снижение себестоимости электроэнергии, рациональное использование техногенных объектов
6	Организация пилотного проекта по строительству энергетического кабеля Крым – Турция для экспорта электроэнергии	Увеличение экспортного потенциала региона, укрепление энергетического сотрудничества с зарубежными партнерами
7	Разработка НИОКР по применению судов-«энерговозов» для транспортировки электроэнергии	Формирование научно-технического задела для перспективного экспортного направления с использованием передовых технологий хранения энергии
8	Программа утилизации и рекультивации терриконов с извлечением полезных компонентов	Улучшение экологической ситуации, вовлечение вторичных ресурсов в хозяйственный оборот
9	Создание региональной системы гравитационных и аккумуляторных хранилищ энергии для сглаживания пиков потребления	Оптимизация энергетических нагрузок, повышение энергоэффективности генерации и сетевой устойчивости
10	Привлечение частных инвестиций на основе механизмов «краудмайнинга» и «краудфандинга» в проекты энергетической модернизации	Расширение финансовой базы развития, вовлечение населения и бизнеса в процессы восстановления Донбасса
11	Организация экспорта электроэнергии вместо сырьевого угля с опорой на модернизированные ТЭС	Рост валютных поступлений, повышение эффективности использования угольных ресурсов
12	Реализация программ профессиональной переподготовки кадров в области энергетики, экологии и цифровых технологий	Подготовка квалифицированных специалистов, снижение уровня безработицы, социальная стабилизация региона
13	Интеграция проектов развития Донбасса в федеральные и международные энергетические инициативы России	Укрепление позиций России на глобальном энергетическом рынке, повышение инвестиционной привлекательности региона
13	Создание системы мониторинга и аналитики эффективности энергетических проектов Донбасса	Повышение управляемости проектов, контроль экономических и экологических показателей, обеспечение прозрачности инвестиций

Реализация представленной дорожной карты позволит не только обеспечить эффективное и экологически сбалансированное использование энергетического потенциала Донбасса, но и сформировать основу для долгосрочного социально-экономического развития региона и его интеграции в единую энергетическую систему Российской Федерации.

Заключение

Резюмируя изложенное, следует подчеркнуть, что развитие угольной добычи на Донбассе представляет собой не только экономическую, но и стратегическую задачу государственного уровня, поскольку от стабильности угольной отрасли напрямую зависит занятость населения, уровень социального благополучия и энергетическая безопасность юга Российской Федерации.

Создание условий для устойчивой и высокоэффективной добычи угля, наряду с обеспечением достойного уровня оплаты труда работников отрасли, требует формирования замкнутого производственно-энергетического цикла, при котором уголь используется преимущественно в качестве топлива для локальной генерации электроэнергии, а не сырья для экспорта. Такой подход отвечает принципам ресурсосбережения и энергетического суверенитета.

Проведённый анализ показывает, что прямая экспортная продажа энергетических углей не является экономически оптимальной. Существенно более эффективным направлением является экспорт электроэнергии, произведённой с применением современных технологий генерации и аккумулирования энергии.

Использование ГНЭ позволяет снизить себестоимость вырабатываемой электроэнергии не менее чем на 20% за счёт выравнивания суточных нагрузок и повышения коэффициента использования установленной мощности ТЭС. При этом применение терриконов и шахтных стволов в качестве конструктивных элементов накопителей электроэнергии обеспечивает значительное снижение капитальных затрат и позволяет эффективно использовать существующую горнотехническую инфраструктуру.

Особую перспективу имеет комплексное совмещение процессов энергетического аккумулирования с переработкой пород терриконов, что не только создаёт дополнительные источники прибыли, но и способствует решению острых экологических проблем региона, связанных с загрязнением почв, водных ресурсов и атмосферного воздуха.

Таким образом, реализация представленных в работе направлений – развитие угольной добычи на инновационной основе, организация экспорта электроэнергии с применением передовых технологий передачи и хранения энергии, а также использование ГНЭ в сочетании с рекультивацией техногенных территорий – позволит превратить Донбасс в образцовый энергоиндустриальный кластер нового поколения, интегрированный в энергетическую систему Российской Федерации и евразийского пространства.

Данную статью авторы рассматривают как приглашение к научному и профессиональному диалогу, адресованное отечественным и зарубежным специалистам в области энергетики, экономики и промышленной экологии. Целью предлагаемой дискуссии является выработка концептуальных и практических подходов к комплексному использованию энергетического потенциала Донбасса, в том числе посредством внедрения современных форм коллективного участия – таких как механизмы «краудмайнинга» и «краудфандинга». Первые шаги в этом направлении сделали весной 2025 года ученые БГТУ «ВОЕНМЕХ» им Д.Ф. Устинова [19].

Мы обращаемся с этим предложением со страниц журнала «Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова», авторский коллектив, редакция и читатели которого традиционно отличаются высокой научной культурой, креативностью, профессиональной компетентностью и активной гражданской позицией.

Список источников

1. Пленарное заседание Международного форума «Российская энергетическая неделя». Сайт Администрации Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/speeches/78233> (режим доступа: 20.10.2025).
2. Жданова В.А. Донбасс: оценка угольного наследия и перспективы инновационного развития отрасли // Инновационные перспективы Донбасса: материалы 10-й Международной научно-практической конференции. Донецк, 2024. С. 91-95.
3. Танатаров В.Ф. Состояние энергетики в странах Западной Европы // Российская наука в современном мире: сборник статей IV международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 88-90.
4. Попов С.М., Попова Э.А., Тумоян И.Г. Экономическая оценка минерально-сырьевой базы Донбасса: состояние и перспективы // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2022. №5. С. 94-100. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-94-100>.
5. Тараш Л.И., Голоднюк Р.А. О структурных изменениях в промышленности Донецкой Народной Республики // Механизм реализации стратегии социально-экономического развития государства: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2024. С. 422-425.
6. Пеньков О.В., Полковниченко Д.В., Ткаченко С.Н. Исторические этапы развития энергетики Донбасса // Наше недавнее прошлое: современные направления советской истории и историческая память. Ставрополь, 2023. С. 187-195.
7. Зеленцова С.И. Обзор котлоагрегатов с циркулирующим кипящим слоем // Энергия Арктики – 2023: сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции. Архангельск, 2024. С. 105-108.
8. Баранова М.П. Современные технологии энергетики // Научно-практические аспекты развития АПК: материалы Всероссийской (Национальной) научной конференции. Красноярск, 2024. С. 124-128.

9. Development of a virtual environment for monitoring underwater electrical cables by an autonomous underwater vehicle based on fuzzy cellular automata / Tymochko O., Sotnikov O., Zazirnyi A., Kolodiaznyi O., Dudchenko S., Makarchuk D. // *Problems of the Regional Energetics*. 2024. № 3 (63). С. 130-145.
10. Успенский М.И. Гравитационное хранилище электроэнергии // *Актуальные проблемы, направления и механизмы развития производительных сил Севера – 2024: сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием)*. В 2-х ч. Воронеж, 2024. С. 199-205.
11. Григорьев М.Н. Концепция «умный город» и ее производные как основа развития государства в условиях роста неопределённости внешней среды // *Современные парадигмы устойчивого развития региональных социально-экономических систем в условиях роста неопределенности внешней среды: материалы Международной научно-практической конференции*. Гатчина, 2023. С. 43-48.
12. Юшкова А.Е. Типология терриконов Донецка // *Проблемы развития социально-экономических систем: материалы VIII Международной научной конференции молодых учёных и студентов*. Донецк, 2024. С. 186-188.
13. Чебан А.Ю. Ресурсосберегающая технология формирования отвалов с использованием модернизированного отвалообразователя // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2024. Т. 22. №2. С. 14-21. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-14-21>.
14. Самойлик В.Г., Онищенко А.С. Разработка технических решений по переработке терриконов // *Проблемы горного дела: сборник научных трудов IV форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков*. Донецк, 2024. С. 210-213.
15. Повышение эффективности работы подъемных машин, эксплуатируемых на больших глубинах проходки стволов и при добыче полезных ископаемых / Курочкин А.И., Габбасов Б.М., Подболотов С.В., Усов И.Г., Пикалов В.А., Гавришев С.Е. // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2024. Т. 22. №2. С. 33-40. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-33-40>.
16. Славиковская Ю.О. Экономическая оценка эффективности освоения месторождения с учетом использования техногенных пустот недр // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2024. Т. 22. №3. С. 13-21. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-3-13-21>.
17. Международная энергетическая стратегия Турции. Сайт Министерства иностранных дел Турецкой Республики. URL: <https://www.mfa.gov.tr/turkiyes-energy-strategy.ru.mfa> (режим доступа: 20.10.2025).
18. Зелёный мост – Транскаспийский коридор готовится к запуску. Сайт E²nergy. URL: <https://eenergy.media/news/32322> (режим доступа: 20.10.2025).
19. Григорьев М.Н., Ващенко А.Н., Пикалов Г.Е. Комплексный подход к восстановлению и развитию энергетики Донбасса // *Актуальные вопросы современной экономики: материалы VI Международной научно-практической конференции*. Санкт-Петербург, 2025. С. 41-43.

References

1. Plenary session of the International Forum “Russian Energy Week”. *Sayt Administratsii Prezidenta Rossii* [Website of the Presidential Administration of Russia]. Available at: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/speeches/78233> (Accessed on October 20, 2025) (In Russ.)
2. Zhdanova V.A. Donbas: Assessment of the coal heritage and prospects for innovative development of the industry. *Innovatsionnye perspektivy Donbassa. Materialy 10-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Donetsk* [Innovative Prospects of Donbas. Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference. Donetsk]. 2024:91-95. (In Russ.)
3. Tanatarov V.F. The state of the energy sector in Western European countries. *Rossiyskaya nauka v sovremennom mire. Sbornik statey IV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Moskva* [Russian Science in the Modern World. Collection of Articles of the 4th International Scientific and Practical Conference. Moscow]. 2023:88-90. (In Russ.)
4. Popov S.M., Popova E.A., Tumoyan I.G. Economic estimation of the mineral resource base of Donbass: state and prospects. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* [Proceedings of higher educational institutions. Geology and Exploration]. 2022;(5):94-100. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-5-94-100>. (In Russ.)
5. Tarash L.I., Golodnyuk R.A. On structural changes in the industry of the Donetsk People’s Republic. *Mekhanizm realizatsii strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya gosudarstva. Sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Makhachkala* [Mechanism for Implementing the Strategy of Socio-Economic Development of the State. Proceedings of the 16th International Scientific and Practical Conference. Makhachkala]. 2024:422-425. (In Russ.)
6. Penkov O.V., Polkovnichenko D.V., Tkachenko S.N. Historical stages of the development of the Donbas energy sector. *Nashe nedavnee proshloe: sovremennye napravleniya sovetskoy istorii i istoricheskaya pamyat* [Our Recent Past: Modern Directions in Soviet History and Historical Memory]. 2023:187-195. (In Russ.)
7. Zelentsova S.I. Overview of boilers with circulating fluidized bed. *Energiya Arktiki-2023. Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii. Arhangel'sk* [Energy of the Arctic-2023. Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference. Arkhangelsk]. 2024:105-108. (In Russ.)
8. Baranova M.P. Modern energy technologies. *Nauchno-prakticheskie aspekty razvitiya APK. Materialy Vserossiyskoy (Natsionalnoy) nauchnoy konferentsii. Krasnoyarsk* [Scientific and Practical Aspects of Agro-Industrial Complex Development. Proceedings of the All-Russian (National) Scientific Conference. Krasnoyarsk]. 2024:124-128. (In Russ.)
9. Tymochko O., Sotnikov O., Zazirnyi A., Kolodiaznyi O., Dudchenko S., Makarchuk D. Development of a virtual environment for monitoring underwater electrical cables by an autonomous underwater vehicle based on fuzzy cel-

- lular automata. Problems of the Regional Energetics. 2024;(3(63)):130-145.
10. Uspensky M.I. Gravitational energy storage. Aktualnye problemy, napravleniya i mekhanizmy razvitiya proizvoditelnykh sil Severa-2024. Sbornik statey IX Vserossiiskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem). V 2-h chastyakh. Voronezh [Current Problems, Directions, and Mechanisms for the Development of the Productive Forces of the North-2024. Proceedings of the 9th All-Russian Scientific and Practical Conference (with International Participation). In Two Parts. Voronezh]. 2024:199-205. (In Russ.)
 11. Grigoriev M.N. The «Smart City» concept and its derivatives as a basis for state development under increasing environmental uncertainty. *Sovremennye paradigmy ustoychivogo razvitiya regionalnyh sotsialno-ekonomicheskikh sistem v usloviyah rosta neopredelennosti vneshney sredy. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Paradigms of Sustainable Development of Regional Socio-Economic Systems Under Growing Environmental Uncertainty. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]. 2023:43-48. (In Russ.)
 12. Yushkova A.E. Typology of Donetsk waste heaps. Problemy razvitiya sotsialno-ekonomicheskikh sistem. Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchonykh i studentov. Donetsk [Problems of the Development of Socio-Economic Systems. Proceedings of the 8th International Scientific Conference of Young Scientists and Students. Donetsk]. 2024:186-188. (In Russ.)
 13. Cheban A.Yu. Resource-saving technology for the formation of dumps using a modernized dump former. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024;(22(2)):14-21. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-14-21>. (In Russ.)
 14. Samoylik V.G., Onishchenko A.S. Development of technical solutions for waste heap processing. *Problemy gor-nogo dela. Sbornik nauchnykh trudov IV foruma studentov, aspirantov i molodykh uchenykh-gornyakov. Donetsk* [Problems of Mining. Collection of Scientific Papers of the 4th Forum of Students, Postgraduates, and Young Mining Scientists. Donetsk]. 2024:210-213. (In Russ.)
 15. Kurochkin A.I., Gabbasov B.M., Podbolotov S.V., Usov I.G., Pikalov V.A., Gavrishev S.E. Improving the efficiency of hoisting machines operated at great shaft-drilling depths and in mineral extraction. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024;(22(2)):33-40. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-2-33-40>. (In Russ.)
 16. Slavikovskaya Yu.O. Economic assessment of the efficiency of field development considering the use of technogenic subsurface cavities. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024;(22(3)):13-21. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-3-13-21>. (In Russ.)
 17. International Energy Strategy of Turkey. *Sayt Ministerstva inostrannykh del Turetskoy respubliki* [Website of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Turkey]. Available at: <https://www.mfa.gov.tr/turkiyes-energy-strategy.ru.mfa> (Accessed on October 20, 2025) (In Russ.)
 18. Green bridge – The Trans-Caspian corridor is preparing for launch. *Sayt E²energy* [E²energy website]. Available at: <https://eenergy.media/news/32322> (Accessed on October 20, 2025) (In Russ.)
 19. Grigoriev M.N., Vashchenko A.N., Pikalov G.E. An integrated approach to the restoration and development of Donbass energy sector. *Aktualnye voprosy sovremennoy ekonomiki. Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Sankt-Peterburg* [Topical Issues of the Modern Economy. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg]. 2025:41-43 (In Russ.)

Поступила 07.11.2025; принята к публикации 02.12.2025; опубликована 30.06.2026
Submitted 07/11/2025; revised 02/12/2025; published 30/06/2026

Григорьев Михаил Николаевич – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры экономики, организации и управления промышленным производством, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия.
Email: grigorievmn@ya.ru. ORCID 0000-0002-9286-9875

Щеглов Дмитрий Константинович – кандидат технических наук, доцент, научный руководитель, АО «Научно-производственное объединение «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз – Антей» – Обуховский завод»; Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия.
Email: _dk@bk.ru. ORCID 0000-0003-2459-7684

Michael N. Grigoriev – PhD (Eng.), Professor, Professor of the Department of Economics, Organization and Industrial Production Management, Baltic State Technical University VOENMEH named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia.
Email: grigorievmn@ya.ru. ORCID 0000-0002-9286-9875

Dmitry K. Shcheglov – PhD (Eng.), Associate Professor, Scientific Supervisor, JSC Scientific and production association North-West Regional Center of the Concern VKO Almaz – Antey – Obukhov Plant; Baltic State Technical University VOENMEH named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia.
Email: _dk@bk.ru. ORCID 0000-0003-2459-7684