

Перспективы углеводородной энергетики в России в условиях санкционного давления*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-43-47>

Рассмотрены современные тенденции выбора энергоносителей. Отмечена разнонаправленность действий зарубежных стран с точки зрения изменения углеродного следа в энергетике. Современная внешнеэкономическая обстановка, технологический и природный потенциал России позволяют вырабатывать с использованием возобновляемых источников энергии как экологически чистое топливо водород, так и добывать традиционное топливо, такое как уголь. Представлено сравнение наиболее перспективных для энергетики видов топлива. Отмечена перспектива производства водорода в России. Показано преимущество угля, как топлива для энергетики в современных условиях.

Ключевые слова: тепловые энергоносители, генерация водорода, углеводородное топливо, уголь.

Для цитирования: Афанасьев В.Я., Краев В.М., Тихонов А.И. Перспективы углеводородной энергетики в России в условиях санкционного давления // Уголь. 2023. № 6. С. 43-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-43-47.

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы энергетики становятся в ряд самых актуальных в последние годы. Наблюдается столкновение двух принципиально различных подходов, один из которых направлен на снижение выбросов CO₂ и NO_x и переход к возобновляемым источникам энергии, а другой – возврат к традиционным видам энергетики ввиду существенного роста цен на альтернативные виды топлива.

В большинстве стран Европы борьба за экологию приобрела статус государственной политики и закреплена на законодательном уровне. В то же время стремительный рост цен на энергоресурсы в Европе доказывает ошибочность такого подхода.

Россия обладает уникальными природными, технологическими и трудовыми ресурсами, которые позволяют выступать для внешнего рынка как в качестве поставщика готовой высокотехнологичной продукции, так и в качестве поставщика различных энергоресурсов. Такой потенциал позволяет сформировать устойчивый энергетический сектор, отвечающий внутренним и внешним потребностям и при правильно выбранной стратегии может влиять на мировой рынок энергоносителей.

Учитывая тенденцию последних лет на изменение экологических требований к выработке энергии, Россия может стать ведущим поставщиком любого вида энергии в зависимости от требований потребителя.

Рассмотрена возможность производства водорода на базе возобновляемых источников энергии в РФ и приведены неоспоримые преимущества России при использовании угля и водорода. В рабо-

АФАНАСЬЕВ В.Я.

Доктор экон. наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления в топливно-энергетическом комплексе Государственного университета управления, 109542, Москва, Россия, e-mail: vy_afanasyev@guu.ru

КРАЕВ В.М.

Доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры управления персоналом Московского авиационного института, 125080, Москва, Россия, e-mail: kraevvm@mail.ru

ТИХОНОВ А.И.

Канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой управления персоналом Московского авиационного института, 125080, Москва, Россия, e-mail: mai512hr@mail.ru

* Исследование проведено авторским коллективом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный университет управления» в рамках исполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №075-03-2022-156/6 от 21.09.2022 на выполнение проекта по теме: «Развитие экономического и промышленного потенциала российского государства в условиях технологической блокады и санкций Запада: советский опыт и современные решения».

те проводится анализ различных способов генерации тепловой энергии. Выполнено сравнение наиболее привлекательных с экономической точки зрения источников генерации энергии.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Обзор европейской политики в энергетической сфере приведен в [1, 2], где авторы указывают на существенную стоимость реформ в энергетической сфере.

Состоявшаяся в 2021 г. конференция ООН по климату (COP26), с учетом современных условий, пришла к выводу о необходимости смягчения формулировки итогового соглашения, в том числе по углю. Финальный документ фиксирует договоренность «поэтапно сокращать», а не «прекращать», как было обозначено ранее, потребление угля [3].

Несмотря на усиление климатической повестки, некоторые европейские страны в 2021-2022 гг. стали снижать темпы декарбонизации своей экономики. Такое явление имеет несколько причин. Во-первых, в последние годы зафиксирован существенный рост цен на углеводородное топливо с низкими выбросами оксидов углерода – природный газ. Во-вторых, проявились принципиальные особенности возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) – сильная зависимость от нестабильных погодных условий. Согласно международной классификации, ВИЭ считаются такие источники энергии, процесс природного восстановления которых короче продолжительности жизни человека. Источниками такой энергии являются солнечная энергия, энергия ветра, энергия рек, морей и океанов, энергия преобразования биомассы и геотермальная энергия. Таким образом, ВИЭ создают поток упорядоченной энергии, полученный из естественных природных процессов, при этом негативное влияние на окружающую среду минимально. Как видим, загрязнение окружающей среды не равно нулю, а минимально. Причиной невозможности снизить до нуля воздействие на окружающую среду являются затраты на создание инфраструктуры, технологических процессов, оборудования, которые наносят определенный ущерб окружающей среде.

Несмотря на сложные внешние политические условия, угольной отрасли России удалось даже увеличить объемы добычи в 2022 г. на 0,3% [4].

Российская угольная отрасль находится под сильным санкционным давлением со стороны ЕС с 2022 г. «Соллидарную» с ЕС политику проводит ряд стран АТР: Япония, Южная Корея и Тайвань. Такие условия не могли не сказаться на объемах российского экспорта, который в 2022 г. сократился на 7,6%. Очевидно, что российским поставщикам нужно искать как новые рынки сбыта, так и адаптироваться к современным условиям. Поиск новых или расширение существующих рынков был успешен. Так, например, в 2022 г. в Индию было отгружено угля в 3,6 раза больше, чем в 2021 г. [5].

Демонстрацией снижения темпов декарбонизации экономик являются решения Германии, Франции, Нидерландов, Италии и Австрии использовать угольные электростанции для компенсации дефицита природного газа в выработке электроэнергии. Также в Чехии не будут закрыты, как планировалось ранее, угольные электростанции [6]. О таком «развороте» свидетельствует также заяв-

ление Польши о пересмотре в ЕС темпов энергоперехода. В планах у Индии увеличение добычи угля в ближайшие 2–3 года за счет возобновления работы ранее закрытых шахт. В Китае снижены до нуля пошлины на импорт угля для снижения рисков энергодефицита.

Существенным недостатком в существующем процессе «разворота» на восток экспорта угля из России является необходимость весомого (на 50%) дисконтирования, что наталкивает на мысль поиска иных путей экспорта энергоносителей. Причем этот подход должен учитывать современные требования по снижению выбросов CO₂ и NO_x.

Уголь является уникальным энергоресурсом среди природных ископаемых. По удельной теплоте сгорания (Дж/кг) уголь как готовое к использованию топливо уступает лишь природному газу, который на 70–98% состоит из метана. Но, в отличие от природного газа, уголь обладает неоспоримыми преимуществами. Первое из них заключается в относительной простоте и дешевизне добычи и транспортировки. Второе – хранение угля не требует существенных затрат по сравнению с газовыми хранилищами. Третье, вытекающее из его физических свойств, – высокая теплота сгорания и относительно высокая плотность – возможность использования угля как эффективного аккумулятора энергии. Аккумуляция энергии в современном мире является важной характеристикой топлива. Так, например, некоторые установки ВИЭ на солнечной энергии и энергии ветра ограничены в объемах хранения вырабатываемой энергии, которая не может быть использована. Это связано с тем, что требуются аккумуляторные системы большой емкости. То есть сама европейская идея ВИЭ уже теряет былую привлекательность. Угольная энергетика избавлена от такой проблемы, так как сам уголь является хорошим аккумулятором энергии, и переработка угля в тепловую энергию производится исходя из нужд потребителя энергии.

Ранее был проведен анализ тенденций европейской системы ВИЭ [7]. Такой анализ показал уязвимость с экономической точки зрения европейского подхода к ВИЭ и возможность отечественной энергетике занять новую нишу на мировом энергетическом рынке. Однако в этом исследовании не был проведен анализ возможностей отечественной угольной отрасли как конкурента ВИЭ.

В последние 20 лет на стоимость тепловых электростанций на угольном топливе наибольшее влияние оказывали ужесточившиеся требования к удалению газообразных, жидких и твердых отходов. Энергогенерирующим компаниям приходится тратить до 40% капитальных затрат и 35% эксплуатационных расходов на системы очистки выбросов. Это, в свою очередь, повышает стоимость вырабатываемой энергии. Однако, как мы уже отметили выше, угольная энергогенерация остается надежным резервным источником энергии в Европе. Основной принцип угольной энергетике – выработка энергии «здесь и сейчас», так как только угольная энергетика способна обеспечить экономический рост в сжатые сроки там, где есть дешевый и доступный энергетический уголь. Именно поэтому уголь является основным источником электроэнергии в Китае, Индии, странах Юго-Восточной Азии – там, где отмечен бурный экономический рост.

В последний год ситуация с энергоресурсами в Европе претерпевает существенные изменения. В прошлом году французская энергетическая группа EDF сообщила о крупнейшем убытке в своей истории, который составил 17,9 млрд евро. Причиной плачевного состояния являются массовые проблемы с атомными электростанциями. В то же время немецкая энергетическая компания Uniper накопила убыток 19,1 млрд евро в 2022 г. Причина кроется в невозможности диверсификации структуры энергетического сектора из-за ограничительных мер в отношении России [8].

Эксперты консалтинговой компании Deloitte Sustainability & Climate говорят об астрономических суммах инвестиций для наращивания производства и транспортировки «зеленого» водорода до 2050 г. Однако те же эксперты говорят о чрезвычайной прибыльности формирующегося рынка водорода – доход до 285 млрд дол. США в год [9, 10, 11].

Компромисс между федеральными властями и энергетической компанией Германии RWE об ограничении добычи угля приносит пользу климату, заявил министр окружающей среды Северного Рейна-Вестфалия Оливер Кришер. В результате под землей осталось 280 млн т. угля [12].

Как видно на примере Германии, одной из ведущих экономик Европы, на энергетическом рынке наблюдается высокая турбулентность даже не в ближнесрочной перспективе, а в стратегической. С одной стороны, эксперты заявляют о высоком потенциале рынка ВИЭ на примере водорода, а с другой, происходит сильное падение энергетического рынка, которое приводит к необходимости восстанавливать хорошо зарекомендовавшие себя угольные станции.

Среди добываемых природных энергетических ресурсов природный газ, несмотря на то, что формально является невозобновляемым источником энергии, считают самым экологичным видом энергии, так как выбросы CO₂ при его добыче и использовании минимальны. Более того, ЕС приходится корректировать свою стратегию по снижению углеродных выбросов [13] и отказываться от принципа «загрязнитель платит».

В предыдущей работе [7] мы отмечали возможность для ЕС соблюсти требования экологической стратегии по внедрению ВИЭ и не допустить существенного роста цен на вырабатываемую энергию. Речь шла о производстве путем электролиза водорода на базе резервов мощностей ГЭС России. Полученный водород можно считать произведенным ВИЭ. Для его транспортировки оптимально использовать существующие газотранспортные системы путем добавления к природному газу водорода. Такое решение не требует существенной перенастройки оборудования и является экономически малозатратным. Несколько лет назад европей-

ские энергетические компании начали активно не только осваивать технологии производства водорода, но и применять водород в рамках существующей инфраструктуры. Так, например, компания Avason (Германия) проводит работы по возможности добавления водорода в природный газ [14]. Причем доля водорода достаточно высока. Avason стала замещать до 20% природного газа водородом [15]. Такого же подхода придерживаются и в Великобритании [16].

В начале 2022 г. компания Shell приняла решение о строительстве крупнейшего в Европе завода по производству «зеленого» водорода в Нидерландах, который будет иметь мощность для производства до 60 тыс. кг водорода в день, когда проект будет завершен в 2025 г. [17].

Стоимость водорода напрямую зависит от технологии его производства. Например, водород, выработанный электролизом из солнечной и ветровой энергии в 5-10 раз дороже, чем водород полученный «конверсионным» способом из природного газа. Также стоимость процесса электролиза зависит от источника энергии.

Детально стоимость производства электроэнергии как основного источника энергии для производства экологически чистого водорода была рассмотрена в [7]. Резюмируя расчеты, скажем, что самая дорогостоящая электроэнергия вырабатывается на тепловых станциях (ТЭС/ГРЭС), самая дешевая – на ГЭС. Причем отличие достигает 50 раз по стоимости отпускной электроэнергии.

Авторы [18] провели анализ затрат на производство водорода и сделали вывод о том, что при электролитической технологии выработки водорода на 1 кг водорода потребуется около 60 кВт/ч электроэнергии. Водород, полученный электролизом с ГЭС, будет до 50 раз дешевле.

Далее рассмотрим стоимость тепловой энергии, произведенной различными технологиями. В таблице приведены результаты расчетов стоимости 1 МДж тепловой энергии, полученной при сгорании различного топлива. Обращаем внимание, что данные расчеты носят оценочный характер и не учитывают капитальных вложений в объекты генерации, а также затраты на транспортировку.

Приведенный в таблице оценочный расчет показывает неоспоримое преимущество ГЭС как способа генерации электроэнергии для выработки водорода. Однако у чистого водорода существует проблема его транспортировки. Поэтому оптимальным способом считается его добавление к магистральному природному газу. Тем самым снижается стоимость 1 МДж/кг при сгорании смеси.

Интересно сравнение результатов расчета стоимости тепловой энергии, полученной смеси водорода с природным газом и угля (см. рисунок).

Сравнение стоимости тепловой энергии в зависимости от технологий выработки энергоносителей

Comparison of the thermal energy costs depending on the energy source production technologies

Энергоноситель	Удельная теплота сгорания топлива, МДж/кг	Стоимость 1 кг топлива, руб.	Стоимость 1 МДж при сгорании топлива, руб.
Уголь каменный	29	2,5-3,5	0,09-0,12
Уголь бурый	19	1-1,5	0,053-0,08
Водород (ГЭС-генерация)	119,83	1,2-2,1	0,01-0,0175
Водород 20% + природный газ 80%, (ГЭС-генерация)	59,8	13,2-14,2	0,22-0,24
Природный газ	45	16	0,355

При современном уровне цен на энергоносители использование угля в качестве топлива для получения тепловой энергии наиболее целесообразно. Снижение вредных выбросов при сжигании угля также является перспективным научным направлением. В 2005-2007 гг. работы по разработке форсунок для тонкого распыления жидкости (70-100 мкм) в системах фильтрации дизельных энергоустановок в интересах японской компании проводились в Московском авиационном институте.

ВЫВОДЫ

В исследовательской работе проведен анализ современной ситуации на рынке энергоносителей в условиях санкционного давления. Отмечено, что международный топливный рынок быстро реагирует на внешнеполитические условия. В западноевропейских странах происходит если не разворот от экологически чистых видов топлива, таких как водород, то, как минимум, существенное замедление процесса декарбонизации энергетического сектора. Рассмотрены перспективы генерации водорода в России на базе резерва мощностей ГЭС, достоинства и недостатки такого вида энергии. Приводится сравнительный стоимостный анализ генерации тепловой энергии различных видов топлива – уголь, природный газ и водород. Показано, что из рассмотренных топлив самым экономически выгодным является водород, выработанный путем электролиза от электроэнергии, выработанной на ГЭС. Однако транспортировка и хранение чистого водорода представляют собой дорогостоящий технологический процесс. Наиболее целесообразно использовать водород в виде смеси 20% водорода и 80% природного газа. Выявлено, что уголь является обоснованным конкурентом водородного топлива и обладает не только низкой стоимостью производства, но и удобствами транспортировки и хранения.

Список литературы

- Исаева Е.А. Эволюция энергетической политики Европейского Союза // Инновации и инвестиции. 2019. № 9. С. 113-120.
- Кавешников Н.Ю. Политика Европейского Союза в области энергосбережения / Европейские проблемы на VIII Конвенте ПАМИ. 2021. С. 109-115.
- Glasgow Climate Pact Decision. 2021. [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%20decision.pdf (дата обращения: 15.05.2023).
- Новак А. Процесс диверсификации поставок угля в страны Азии будет ускорен. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/news/46755/> (дата обращения: 15.05.2023).
- CoalMint. SteelMint. Region India. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.coalmint.com/india> (дата обращения: 15.05.2023).
- Новак А. Угольная промышленность XXI века: закат или ренессанс. Энергетическая политика. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://energypolicy.ru/ugolnaya-promyshlennost-xxi-veka-zakat-ili-renessans/> (дата обращения: 15.05.2023).
- Krayev V.M., Tikhonov A.I., Kuzmina-Merlino I. Perspectives for the Use of Hydrogen Energy in European Countries // Nature Environment and Pollution Technology. 2022. No 21. P. 1439-1444.



Стоимость 1 МДж тепловой энергии в зависимости от природы топлива
 Cost of 1 MJ of thermal energy depending on the nature of fuel

- Энергетическая группа EDF понесла убытки чуть менее 18 миллиардов евро. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvVilSjc8RPU89NcCvtIFcJ (дата обращения: 15.05.2023).
- Поворотный момент. Исследование. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/global-turning-point.html> (дата обращения: 15.05.2023).
- Трауфеттер Д. Как зеленый водород меняет соотношение сил на мировых энергетических рынках. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.spiegel.de/wirtschaft/wie-gruener-wasserstoff-die-machtverhaeltnisse-auf-den-globalen-energiemaerkten-verschiebt-a-33f21e4c-4770-4eb6-9b38-6b73cfe51533?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvVilSjc8RPU89NcCvtIFcJ (дата обращения: 15.05.2023).
- Винтер Ш. Кречмер о бунте, Зеленые тоже. 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvVilSjc8RPU89NcCvtIFcJ (дата обращения: 15.05.2023).
- Кеппе Ю. Нужен уголь – или нет? 2023. [Электронный ресурс]. URL: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSvVilSjc8RPU89NcCvtIFcJ (дата обращения: 15.05.2023).
- Тенденции в области добычи и потребления российского угля марки Д в условиях санкций Запада: советский опыт и перспективы для российского экспорта / Д.А. Панков, С.В. Чуев, В.Я. Афанасьев и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 49-53. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-49-53.
- E.ON, Avacon and DVGW Announce 20 Percent Hydrogen in the German Gas Network for the First Time. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://hydrogen-central.com/eon-avacon-dvgw-20-percent-hydrogen-german-gas-network/> (дата обращения: 15.05.2023).
- H₂Global Advisory GmbH Report. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://h2-global.de/wp-content/uploads/2021/09/Fact-Sheet-H2Global-Sep.-2021-EN.pdf> (дата обращения: 15.05.2023).

16. UK – Hydrogen to be Added to Britain's Gas Supply by 2025. 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://hydrogen-central.com/uk-hydrogen-added-britains-gas-supply-2025/> (дата обращения: 15.05.2023).
17. Shell Is Betting on Green Hydrogen to Replace Upstream Loss. 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://hydrogen-central.com/shell-betting-green-hydrogen-replace-upstream-loss/> (дата обращения: 15.05.2023).
18. Сняк Ю.В., Петров В.Ю. Прогнозные оценки стоимости водорода и его централизованного производства // Проблемы прогнозирования. 2008. № 3. С. 35-46.

FUEL AND ENERGY COMPLEX OUTLOOK

Original Paper

UDC 338.97:552.57 © V.Ya. Afanasiev, V.M. Kraev, A.I. Tikhonov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 43-47
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-43-47>

Title

PROSPECTS FOR HYDROCARBON ENERGY IN RUSSIA UNDER SANCTIONS PRESSURE

Authors

Afanasiev V.Ya.¹, Kraev V.M.², Tikhonov A.I.²

¹ State University of Management, Moscow, 109542, Russian Federation

² Moscow Aviation Institute, Moscow, 125080, Russian Federation

Authors Information

Afanasiev V.Ya., Doctor of Economic State, Professor, Head of the Department of Economics and Management in the Fuel and Energy Sector, e-mail: vy_afanasiev@guu.ru

Kraev V.M., Doctor of Engineering State, Associate Professor, Professor of the Human Resources Management Department, e-mail: kraevvm@mail.ru

Tikhonov A.I., PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Human Resources Management Department, e-mail: mai512hr@mail.ru

Abstract

The article discusses current trends in selection of the energy sources. The versatile nature of actions is noted by foreign countries in terms of changes in the carbon footprint in the energy sector. The current international economic situation, technological as well as natural potential of the Russian Federation allow it to both produce environmentally friendly fuel, i.e. hydrogen, using renewable energy sources, and to mine traditional fuels, such as coal. A comparison of the most promising types of fuel for the power generation industry is presented. The prospects of hydrogen production in Russia are indicated. The paper will also discuss the advantages of coal as a fuel source for power generation in modern conditions.

Keywords

Thermal energy, Hydrogen generation, Hydrocarbon fuel, Coal.

References

- Isaeva E.A. Evolution of the European Union energy policy. *Innovatsii i investitsii*, 2019, (9), pp. 113-120. (In Russ.).
- Kaveshnikov N.Yu. European Union Energy Saving Policy. European Challenges at the 14th Russian International Studies Association (RISA) Convention, 2021, pp. 109-115. (In Russ.).
- Glasgow Climate Pact Decision. 2021. [Electronic resource]. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%20decision.pdf (accessed 15.05.2023).
- Novak A. The process of coal supply diversification to Asian countries will be accelerated, 2022. [Electronic resource]. Available at: <http://government.ru/news/46755/> (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- CoalMint. SteelMint. Region India. [Electronic resource]. Available at: <https://www.coalmint.com/india> (accessed 15.05.2023).
- Novak A. Coal Industry of XXI Century: demise or renaissance. *Energy Policy*, 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://energypolicy.ru/ugolnaya-promyshlennost-xxi-veka-zakat-ili-renessans/> (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- Krayev V.M., Tikhonov A.I. & Kuzmina-Merlino I. Perspectives for the Use of Hydrogen Energy in European Countries. *Nature Environment and Pollution Technology*, 2022, (21), pp. 1439–1444.
- EDF Energy suffers a loss of just under 18 billion Euros, 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- A turning point. Research, 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/global-turning-point.html> (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- Traufetter D. How the green hydrogen is changing the balance of power in global energy markets, 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/wie-gruener-wasserstoff-die-machtverhaeltnisse-auf-den-globalen-energiemaerkten-verschiebt-a-33f21e4c-4770-4eb6-9b38-6b73cfe51533?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- Winter S. Kretschmer is talking of rebellion, the Greens, too, 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- Köppe J. Do we need coal or not? 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).
- Pankov D.A., Chuev S.V., Afanasiev V.Ya., Baikova O.V. & Mitrofanova E.A. The production and consumption trends of Russian D-grade coal under Western sanctions: Soviet experience and prospects for Russian exports. *Ugol'*, 2022, (12), pp. 49-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-49-53.
- E.ON, Avacon and DVGW Announce 20 Percent Hydrogen in the German Gas Network for the First Time. 2021. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/eon-avacon-dvgw-20-percent-hydrogen-german-gas-network/> (accessed 15.05.2023).
- H₂Global Advisory GmbH Report. 2021. [Electronic resource]. Available at: <https://h2-global.de/wp-content/uploads/2021/09/Fact-Sheet-H2Global-Sep-2021-EN.pdf> (accessed 15.05.2023).
- UK – Hydrogen to be Added to Britain's Gas Supply by 2025. 2023. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/uk-hydrogen-added-britains-gas-supply-2025/> (accessed 15.05.2023).
- Shell Is Betting On Green Hydrogen To Replace Upstream Loss. 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/shell-betting-green-hydrogen-replace-upstream-loss/> (accessed 15.05.2023).
- Sinyak Yu.V. & Petrov V.Yu. Forecast cost estimates of hydrogen and its centralized production. *Problemy prognozirovaniya*, 2008, (3), pp. 35-46. (In Russ.).

spiegel.de/wirtschaft/wie-gruener-wasserstoff-die-machtverhaeltnisse-auf-den-globalen-energiemaerkten-verschiebt-a-33f21e4c-4770-4eb6-9b38-6b73cfe51533?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).

11. Winter S. Kretschmer is talking of rebellion, the Greens, too, 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).

12. Köppe J. Do we need coal or not? 2023. [Electronic resource]. Available at: https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/edf-franzoesischer-energiekonzern-macht-knapp-18-milliarden-euro-verlust-a-8c6ff5bb-d2cd-4ead-81df-8d8368670655?sara_ecid=soci_upd_wbMbjhOSv-ViISjc8RPU89NcCvtlFCJ (accessed 15.05.2023). (In Russ.).

13. Pankov D.A., Chuev S.V., Afanasiev V.Ya., Baikova O.V. & Mitrofanova E.A. The production and consumption trends of Russian D-grade coal under Western sanctions: Soviet experience and prospects for Russian exports. *Ugol'*, 2022, (12), pp. 49-53. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-49-53.

14. E.ON, Avacon and DVGW Announce 20 Percent Hydrogen in the German Gas Network for the First Time. 2021. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/eon-avacon-dvgw-20-percent-hydrogen-german-gas-network/> (accessed 15.05.2023).

15. H₂Global Advisory GmbH Report. 2021. [Electronic resource]. Available at: <https://h2-global.de/wp-content/uploads/2021/09/Fact-Sheet-H2Global-Sep-2021-EN.pdf> (accessed 15.05.2023).

16. UK – Hydrogen to be Added to Britain's Gas Supply by 2025. 2023. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/uk-hydrogen-added-britains-gas-supply-2025/> (accessed 15.05.2023).

17. Shell Is Betting On Green Hydrogen To Replace Upstream Loss. 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://hydrogen-central.com/shell-betting-green-hydrogen-replace-upstream-loss/> (accessed 15.05.2023).

18. Sinyak Yu.V. & Petrov V.Yu. Forecast cost estimates of hydrogen and its centralized production. *Problemy prognozirovaniya*, 2008, (3), pp. 35-46. (In Russ.).

Acknowledgements

The research was conducted by the team of authors of the Federal State budgetary educational institution of Higher Education "State University of Management" within the framework of the execution of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-03-2022-156/6 dated 09/21/2022 for the implementation of the project on the topic: "Development of the economic and industrial potential of the Russian state in the conditions of technological blockade and sanctions of the West: Soviet experience and modern solutions".

For citation

Afanasiev V.Ya., Kraev V.M. & Tikhonov A.I. Prospects for hydrocarbon energy in Russia under sanctions pressure. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 43-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-43-47.

Paper info

Received April 24, 2023

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023