

Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-41-47>

В настоящее время происходит обострение проблем развития угольной промышленности России. На пике роста производственных мощностей и производительности труда, объемов добычи, переработки и экспорта угля, приоритетного обеспечения технической оснащённости и безопасности ведения горных работ угледобывающие предприятия сталкиваются с новыми вызовами, начиная от декарбонизации до санкционных ограничений по инвестированию, технологическому обеспечению, импорту и транспортировке российского угля. Простая переориентация экспорта угля на восток в заявляемых объемах не представляется оптимальной, так как в данном направлении идет экспорт и иной продукции с высоким маржинальным доходом, что существенно ограничивает перевозку углей. Это требует переориентации угольной промышленности на внутреннее потребление и экспорт товаров с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки углей. В статье рассмотрены подходы к обеспечению развития углехимии с акцентом на технологическое развитие подземной газификации с учетом низкоуглеродного развития регионов и выполнения ESG-критериев.

Ключевые слова: угольная промышленность, подземная газификация угля, декарбонизация, устойчивое развитие, геоэкология, ESG-принципы, арктическая зона, Дальний Восток, социальное развитие, экономическое обоснование, программа долгосрочного развития.

Для цитирования: Петров И.В., Уткин И.И., Джайянт В.Б. Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей // Уголь. 2022. № 9. С. 41-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.



ПЕТРОВ И.В.

Горный инженер-экономист, доктор экон. наук, профессор, профессор департамента отраслевых рынков, первый заместитель декана факультета экономики и бизнеса Финансового университета при Правительстве РФ, 125993, Москва, Россия, e-mail: lvVPetrov@fa.ru



УТКИН И.И.

Горный инженер, заместитель генерального директора АО «ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского», генеральный директор ООО «Специальные Инструменты Горного дела – ПГУ» (ООО «СИГД-ПГУ»), 140004, г. Люберцы, Московская область, Россия, e-mail: utkin-ivani@yandex.ru



ДЖАЙЯНТ В.Б.

Инженер, предприниматель, президент ООО «Кавери Наптол» 400018, г. Мумбаи, Индия, e-mail: director@kaverinapthol.com

* Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На Международном геологическом форуме МИН-ГЕО – 2022 (24-26 мая 2022 г., Красноярск) заместитель генерального директора ФГБУ ВИМС Дмитрий Козловский отметил, что угледобывающие компании России к 2025 г. готовы нарастить добычу угля до 571 млн т, но выполнение этих планов находится под угрозой из-за не соответствующей им пропускной способности Восточного полигона [1]. Длительные годы основой развития угольной промышленности был экспорт добываемой продукции, в том числе в западном направлении, который прекращен потребителями в результате санкций. Увеличение логистической нагрузки на восток, на который переориентировалось большинство высокомаржинальных экспортных грузов, ранее направляемых в западном направлении, значительно сокращает экспортные возможности угледобывающих компаний. Следующим фактором, требующим переосмысления развития и адаптации угольной отрасли промышленности, является провозглашенный Парижским соглашением по климату тренд на повсеместное сокращение выбросов CO₂ всеми странами – участниками соглашения, к которым относится и Россия. Россия взяла на себя обязательства и с трудом разрешаемые проблемы декарбонизации, при всей спорности утверждения о значимости антропогенной составляющей «парникового эффекта» [2].

Все это, а также наложенные вне рыночные санкционные ограничения по инвестированию, технологическому обеспечению, импортированию и транспортировке российского угля требуют переориентации российской угольной промышленности на внутреннее потребление и экспорт товаров с высокой добавленной стоимостью на основе углехимии. Можно констатировать, что, несмотря на значительные организационно-экономические и производственно-технологические достижения, угольная промышленность страны в совокупности с основными отраслями – потребителями угля (энергетика, ЖКХ и металлургия) в ее существующем на сегодняшний день виде весьма уязвима в современных экономических условиях.

Ориентация отрасли только на экспорт (более 50% производства) – это значительный риск, из-за волатильности цен. Стратегический путь устойчивого развития угольной промышленности – это обеспечение роста внутреннего спроса за счет диверсификации выпускаемой продукции.

Говоря о внутреннем спросе, необходимо отдельно рассматривать территории, которые в связи с низкой транспортной доступностью могут использовать в качестве ресурсной основы тепло- и энергоснабжения угля местных месторождений. Этот подход позволит значительно снизить затраты на доставку топлива или газификацию территорий при получении газовых фракций из местных углей. Использовать источники невозполнимых ресурсов исключительно для энергетических целей представляется крайне нерациональным еще со времен Дмитрия Ивановича Менделеева, который писал, что использовать нефть для сжигания – все равно, что топить печь ассигнациями [3]. Это в полной мере можно отнести и к углю. Есть основания утверждать, что будущее угольной промышленности – за глубокой переработкой угля с целью создания

продукции с высокой добавленной стоимостью путем газификации, что позволяет решить ряд сопутствующих проблем, таких как нарушение окружающей среды от традиционных методов добычи, значительные затраты на транспортировку конечного продукта и др.

Все вышеизложенное требует в рамках обновляемой программы долгосрочного развития угольной промышленности дополнить комплекс соответствующих мер, направленных на изменение существующего механизма использования ресурсов отрасли с учетом требований декарбонизации угольной промышленности и обеспечения устойчивого развития обособленных регионов на основе глубокой переработки углей, в том числе подземной газификации углей как на вновь осваиваемых месторождениях, так и при доработке низкорентабельных запасов.

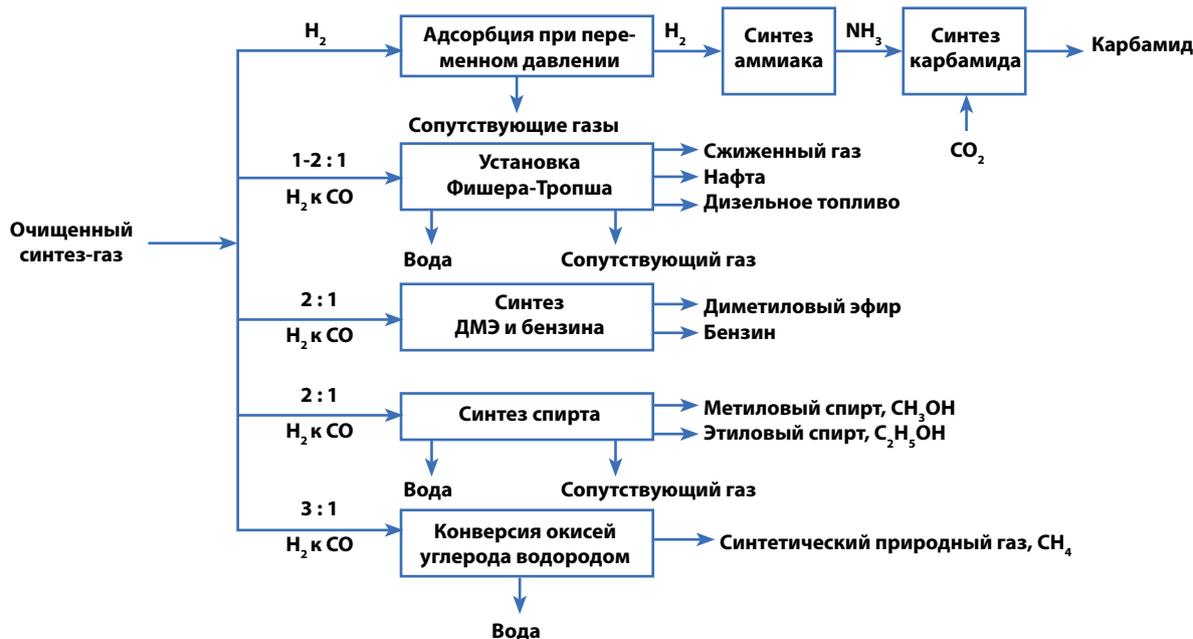
ОПЫТ И НАПРАВЛЕНИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ

В Советском Союзе уделялось значительное внимание проблемам углехимии, и действовала широкая сеть научно-технологических структур, обеспечивающих развитие в данном направлении. Можно привести пример уникального по своим возможностям и поставленным перед ним задачам Института горючих ископаемых (ИГИ), чей творческий и научный потенциал обеспечил решение проблем переработки угля, опередив свое время на несколько десятилетий. Трудно найти направление в углехимии, в котором ученые ИГИ не имели бы серьезных наработок, практически готовых к внедрению. В ИГИ особое внимание уделялось исследованиям в области изучения углей как сырья для производства продукции с новыми потребительскими свойствами, а также разработке процессов получения синтетических жидких топлив и химических продуктов из не нефтяного сырья гидрогенизационной переработкой и газификацией углей. Наиболее интересны исследования по вопросам получения композиционных топлив (водоугольные суспензии, водомазутные эмульсии), повышения качества угольной продукции (термическое обогащение по влаге, механическое обогащение по золе, производство топливных брикетов, в том числе термобрикетов), а также производства продуктов и материалов нетопливного назначения (сорбенты, гуминовые удобрения, строительные материалы). При этом не малое внимание в ИГИ, совместно с ЦНИЭИУголь, уделялось экономической оценке новых технологий переработки и комплексного использования минеральной части углей, а также отходов добычи и обогащения [4, 5].

На *рисунке* представлен весь номенклатурный спектр продукции, который можно получить путем газификации угля.

По данным международной аналитической компании ZION Market Research, так называемый совокупный ежегодный темп роста CAGR для газификации угля в 2018-2026 гг. составит 10,8%. В 2017 г. в общей массе продукта, производимого путем газификации угля, доля удобрений – в первую очередь карбамида – составила 40% [6].

США – мировой лидер в газификации угля является пользователем 85% общего продукта, производимого посредством этой технологии, но при этом производи-



Номенклатурный спектр продукции по процессам и этапам газификации угля [8]

мый синтез-газ идет преимущественно на энергетические цели. А вот в производстве удобрений, синтетического жидкого топлива и сырья для химической промышленности лидируют страны Азиатско-Тихоокеанского региона, в первую очередь Индия, Южная Корея, Китай, Малайзия, Япония и др. Так, в Индии к 2030 г. по личному распоряжению премьер-министра Нарендры Моди должно быть газифицировано не менее 100 млн т добытого угля. При этом особое внимание уделяется снижению зависимости страны от ввоза удобрений, что подтверждается словами министра профсоюзов Индии, произнесенными на форуме «Газификация Индии» в ноябре 2021 г. [7]. По его утверждению, уголь, добываемый на 40 процентах мало-рентабельных угольных шахт Индии, будет полностью газифицироваться для получения карбамида.

Например, по проекту Талчер в городе Одиша (Индия) завершается строительство завода по производству карбамида из угля мощностью 1,27 млн т в год. Индонезия не отстает: 2,3 млрд дол. США вложено в проект завода по ежегодной переработке 6 млн т угля низкого качества в диметилэфир, чтобы уменьшить необходимость ввоза в страну природного газа. Китай же вообще получает свыше 90% всего производимого в стране аммиака путем газификации угля, что составляет примерно 30% мирового производства [9].

Говоря об отношении к данной тематике в России, следует рассмотреть проект Караканского угле-энергетического кластера, в основу которого положен принцип регионализации. Основой данного подхода является повышение доли использования угля в непосредственной близости от места добычи для энергогенерации и получения широкого спектра продукции углехимии с высокой добавленной стоимостью (дизельное топливо, бензин, битум этилен, метанол, минеральные удобрения и другие продукты) посредством газификации добытого низкосортного угля [10,11]. К сожалению, по не зависящим от собственника причинам этот проект не был доведен до конца.

Безусловно, технология газификации угля, как и любая другая, имеет свои проблемные места. Среди них можно выделить основные:

- весь спектр проблем, характерных для добычи угля подземным или открытым способом;
- высокие капитальные затраты на оборудование по газификации и, следовательно, высокая цена конечной продукции, в состав которой весьма значительной статьей входит стоимость добытого угля;
- зависимость конкурентоспособности выпускаемой продукции газификации углей от цен на нефть и газ;
- эмиссия парниковых газов (в CO₂ эквиваленте), при всей спорности утверждения о значимости антропогенной составляющей влияния на так называемый «парниковый эффект», ограничивающая развитие всей угольной отрасли в связи с курсом на декарбонизацию;
- значительный расход воды, например, для производства карбамида – 8 куб. м на 1 т готового продукта.

Если с уровнем капитальных затрат можно бороться путем совершенствования технологии и оптимизации мощности предприятия в зависимости от спроса и местных факторов, то с решением остальных задач перспективы представляются несколько туманными.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДЗЕМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ УГЛЯ

В связи с выявленными проблемами газификации угля нельзя не вспомнить, что в Советском Союзе, а позднее и в Российской Федерации, была разработана и успешно применялась технология подземной газификации угля (ПГУ). Подземная газификация угольных пластов с целью выработки электроэнергии непосредственно на месторождении успешно реализовывалась в СССР с 1933 г. Значительных результатов в этом направлении достигла научная школа Московского горного института. Еще в середине 1980-х годов в МГИ под руководством легендарного академика В.В. Ржевского реализо-

ван проект «Углегаз» с проведением экспериментов по подземному сжиганию углей на площадках Кураховского шахтоуправления (Донбасс) и шахте «Киреевская» (Тулауголь) [12]. Данные исследования продолжили ученики Владимира Васильевича, в том числе на основе анализа результатов работы Южно-Абинской станции «Подземгаз», на которой предлагалась технология ПГУ-ПСУ (подземная газификация и подземное сжигание угля). В итоге исследователи вышли на результаты, позволившие осуществить более полное и рациональное использование энергии подземного очага горения при недопущении миграции продуктов горения на дневную поверхность [13, 14].

Значительный вклад в совершенствование различных научно-технических решений внес научный коллектив, работавший во ВНИИ «Газпром-Промгаз» под руководством Е.В. Крейнина. Выполняемые исследования позволили доказать и защитить соответствующими патентами технологии, обеспечивающие в процессе подземной газификации угля получение водорода и извлечение редких металлов из золошлаковых масс, в том числе с утилизацией диоксида углерода [15, 16, 17, 18].

В настоящее время значительное развитие получила научная школа подземной газификации углей, сформировавшаяся в Дальневосточном федеральном университете, ученые которой в том числе обращают внимание на необходимость разработки и применения критериев оценки горнотехнических условий угольных месторождений относительно степени их пригодности для подземной газификации угля [19, 20].

Трудно переоценить вклад доктора техн. наук С.Н. Лазаренко в развитие и популяризацию идей ПГУ применительно к условиям Кузбасса. Произведенные им технико-экономические расчеты и предложения по совершенствованию технологии не могут не послужить основой для внедрения ПГУ и глубокой переработки угля на угольных месторождениях как Российской Федерации, так и зарубежных.

Использование этих технологических решений позволяет найти решения проблемам, присущих традиционной газификации угля:

- затраты на добычу или закупку угля как сырья выпадают из структуры себестоимости, что ведет к снижению конечной цены продукции углепереработки и рисков, сопутствующих процессу добычи угля;

- снижение выбросов парниковых газов за счет отсутствия процесса добычи угля и разрабатываемых решений по захоронению углекислого газа в полостях, остающихся после выгорания угля или использования CO₂ в процессах повышения качества исходящего синтез-газа;

- снижение забора воды из внешних источников посредством использования шахтных вод осушения подземного газогенератора угольного месторождения.

Из предварительных расчетов, проведенных канадской компанией «Эрго Эксерджи» («Ergo Exergy Technologies, Inc.») специально для условий Индии, следует, что отношение стоимости конечного продукта при наземной и подземной газификации составляет: для бензина – 3,71 к 1; метанола – 3,2 к 1, дизельного топлива – 2,3 к 1, карбамида – 1,87 к 1 и электроэнергии –

3,7 к 1 [8]. Подземную газификацию в Индии рассматривают как новый, экологически чистый метод использования угля [21, 22]. Широочайшие перспективы технологии ПГУ во всем мире подтверждаются отчетами международных аналитических компаний «Nester Research» и ZION, проводивших соответствующие маркетинговые исследования на период до 2028 г.

Наглядным примером эффективности еще советской технологии ПГУ является положительный опыт более чем пятидесятилетней успешной эксплуатации станции Подземгаз в Ангрене (Узбекистан), на которой получаемый синтез-газ используется исключительно в качестве энергоносителя.

Разумеется, условия Индии и других стран, интенсивно развивающих газификацию, не сопоставимы с условиями Российской Федерации, которая обладает значительными запасами природного газа, что, казалось бы, делает газификацию угля неконкурентоспособной по сравнению с получением такой же продукции из высококалорийного газа. Но, если рассматривать проблему более широко, обнаруживается наличие факторов, которые меняют положение вещей и которые требуют соответствующего финансово-экономического обоснования.

Так, значительное количество регионов России не имеет местных нефтегазовых месторождений, газификация и доставка топлива в связи с осложненной сезонной логистикой очень дорогостоящи. При этом само горное производство сопровождается потреблением значительных объемов дизельного топлива, доставка которого в отдаленные районы значительно удорожает его и негативно влияет на экологическую ситуацию. Зато во многих регионах есть угольные месторождения и малорентабельные угледобывающие предприятия. Создание на этой основе рентабельных производств с механизмом частно-государственной поддержки для получения продукции углепереработки с высокой добавленной стоимостью, в том числе синтетического топлива, может решить проблемы экономического, социального и экологического характера.

Если же рассматривать создание предприятий по газификации угля, в том числе подземной, по дуге Северного морского пути в Арктике и на Дальнем Востоке на базе как осваиваемых месторождений, так и угледобывающих предприятий с затухающей угледобычей, то отчетливо вырисовывается комплексное решение значительной части проблем, связанных не только с «северным завозом» и социально-экономическим развитием территорий, но и со стратегически важными вопросами использования специально получаемых топлив для бункеровки судов, топливо- и энергоснабжения опорных пунктов, имеющих оборонное значение для нашей страны [23, 24]. Конечно, при подземной газификации необходимо моделирование изменения состояния вечномёрзлых грунтов, исходя из глубины размещения газогенераторов и горно-геологических условий месторождения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время идет процесс восстановления научно-технологического потенциала Института горючих ископаемых с консолидацией усилий профильных для углехимии

отраслевых, университетских и академических центров. При Минэнерго России на постоянной основе начинает функционировать рабочая группа по вопросам развития глубокой переработки угля в Российской Федерации.

Отдельные группы энтузиастов продолжают вести работу по обобщению опыта и созданию новых схем ПГУ, применимых в настоящее время. Так, специалистами ООО «СИГД-ПГУ» при Инновационном центре Сколково разработан проект создания опытно-промышленного предприятия ПГУ и ведется работа по его совершенствованию, защите интеллектуальной собственности и внедрению. Предлагаемые подходы намечены к реализации на основе точных расчетов с использованием цифровых двойников месторождений и подземных газогенераторов как элементов цифровой трансформации производственных процессов горного предприятия [25]. Эти технологии при правильном выборе участков месторождений, решении вопросов недопущения неконтролируемых фенольных сбросов и цифровом сопровождении всех процессов являются более эффективными по отношению к классическим и могут рассматриваться в качестве перспективных как в информационно-технических справочниках наилучших доступных технологий, так и в региональных экологических стандартах угледобывающих регионов [26].

Если учесть, что по самым пессимистическим оценкам, для отработки методом ПГУ пригодны 28% существующих месторождений угля, то усилия в данном направлении представляются весьма перспективными. Проектирование и создание опытно-промышленных предприятий по газификации угля, в том числе подземной, на базе закрытых, оставленных и малоперспективных для подземной разработки предприятий с дальнейшей переработкой получаемого синтез-газа в синтетическое жидкое топливо, метанол, диметилэфир, ценные удобрения (карбамид) и другие ценные химические материалы для условий изолированных регионов представляются весьма своевременными.

Список литературы

1. Мингео Сибирь – 2022. [Электронный ресурс]. URL: <https://2022.mingeforum.ru/programma/novosti-i-anonsy/yubilejnyj-xv-gorno-geologicheskij-forum-mingeo-sibir> (дата обращения: 15.08.2022).
2. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Парижское соглашение как фактор ускорения «энергетического перехода»: меры по адаптации угольной отрасли к новым вызовам // Уголь. 2021. № 10. С. 19-23. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
3. Менделеев Д.И. Будущая сила, покоящаяся на берегах Донца // Северный Вестник. 1888. №№ 8-12.
4. Горлов Е.Г. Состояние и перспективы комплексного использования твердых горючих ископаемых. М.: Издательство НТК «Трек», 2011. 376 с.
5. Горлов Е.Г., Шумовский А.В. Синтетические жидкие топлива – новые возможности и перспективы // Neftegaz.RU. 2019. № 9.
6. ZION Market Research. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zionmarketresearch.com/report/gasification-market> (дата обращения: 15.08.2022).
7. Форум «Газификация Индии – 2021». [Электронный ресурс]. URL: <https://gasification2021.missionenergy.org> (дата обращения: 15.08.2022).
8. Blinderman M.S., Klimenko A.Y. Underground Coal Gasification and Combustion. Woodhead Publishing, 2018.
9. Nester Research. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchnester.com/reports/underground-coal-gasification-market/894> (дата обращения: 15.08.2022).
10. Краснянский Г.Л., Кияница С.В. Создание в Кемеровской области энерготехнологического комплекса на базе разреза «Караканский-Западный» // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. Т. 24. № 3. С. 293-301.
11. Краснянский Г.Л. Формирование энергоугольных кластеров – инновационный этап технологической реструктуризации угольной промышленности Российской Федерации. В статье: Научный симпозиум «НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА 2011» // Уголь. 2011. № 4. С. 42-46. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/042011/pdf> (дата обращения: 15.08.2022).
12. В.В. Ржевский. Воспоминания / Ю.Г. Агафонов, Г.В. Афанасенко, Ю.Б. Борин и др. М.: Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2019. 288 с.
13. Загоршменный И.М., Кубрин С.С., Янченко Г.А. Расчет показателей материального баланса процесса сжигания угля в подземных условиях при дефиците необходимых исходных данных // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2018. № 3. С. 90-99.
14. Загоршменный И.М., Каркашадзе М.В. Параметры комбинированной технологии подземной газификации и сжигания угля Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2006. № 6. С. 238-244.
15. Крейнин Е.В., Сушенцова Б.Ю. Способ утилизации диоксида углерода (CO₂) из газа подземной газификации угля (ПГУ) Патент на изобретение RU 2513947 C2, 20.04.2014. Заявка № 2012109067/03 от 12.03.2012.
16. Крейнин Е.В. Способ извлечения редких металлов из золошлаковых масс отработанного подземного газогенератора. Патент на изобретение RU 2443788 C1, 27.02.2012. Заявка № 2010150506/02 от 10.12.2010.
17. Крейнин Е.В., Цыплухин К.П. Способ производства водорода при подземной газификации угля. Патент на изобретение RU 2443857 C1, 27.02.2012. Заявка № 2010135065/03 от 24.08.2010.
18. Газ подземной газификации углей – альтернативный вид энергетического сырья / А.Ю. Зоря, Е.В. Крейнин, С.Н. Лазаренко и др. // Промышленная энергетика. 2011. № 5. С. 57-59.
19. Подземная газификация угля как перспективная геотехнология развития угольной промышленности / А.А. Фаткулин, А.В. Белов, И.В. Гребенюк и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № S4-2. С. 3-8.
20. Белов А.В., Селиванова Т.В. Анализ условий отработки угольных месторождений приморского края способом подземной газификации для формирования сырьевой базы водородной энергетики. Владивосток, 2021.
21. National Energy Technology Laboratory. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification-plant-databases> (дата обращения: 15.08.2022).
22. Anil Khadse, Sanjay Madhusudan Mahajani, Preeti Aghalayam. Underground coal gasification: A new clean coal utilization technique for India // Energy. 2007. № 32. P. 2061-2071.
23. Обоснование и механизм реализации проекта газификации угля в Российской Арктике / Н. Даваахуу, И.М. Потравный, В.Г. Милославский и др. // Уголь. 2019. № 9. С.88-93. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-9-88-93.

24. Роль энергетических и горнопромышленных арктических проектов в повышении инвестиционной привлекательности Северного морского пути. М.: КНОРУС, 2021. 354 с.
25. Digital Twins and Modeling of the Transporting-Technological Processes for On-Line Dispatch Control in Open Pit Mining / I.O. Temkin, S.A. Deryabin, U.A. Rzazade et al. // Eurasian Mining. 2020. No 2. P. 55-58.
26. Панов А.А., Мекуш Г.Е. Экологический стандарт для угольного региона: методика и механизмы внедрения // Уголь. 2021. № 9. С. 4-8. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-4-8.

Original Paper

UDC 622.278:661.582 © I.V. Petrov, I.I. Utkin, V.B. Jayant, 2022
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 9, pp. 41-47
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-41-47>

Title
PROPOSALS FOR DECARBONIZATION OF THE COAL INDUSTRY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ISOLATED REGIONS BASED ON UNDERGROUND COAL GASIFICATION

Authors

Petrov I.V.¹ Utkin I.I.^{2,3}, Jayant V.B.⁴

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation

²Skochinskiy's Institute of Mining (SIM), JSC, Lyubertsy, Moscow region, 140004, Russian Federation

³Special Instruments of Mining –UCG LLC (SIM-UCG LLC), Lyubertsy, Moscow region, 140004, Russian Federation

⁴Kaveri Naptol LLC, Mumbai, 400 018, India

Authors Information

Petrov I.V., Mining engineer-economist, Doctor of Economics Sciences, Professor, Professor of the Department of Industry Markets, First Deputy Dean of the Faculty of Economics and Business, e-mail: IvPetrov@fa.ru

Utkin I.I., Deputy General Director, General Director, e-mail: utkin-ivani@yandex.ru

Jayant V.B., engineer, entrepreneur, President, email: director@kaverinaptol.com

Abstract

Currently, the problems of the development of the coal industry in Russia are becoming more acute. At the peak of the growth of production capacity and labor productivity, the volume of coal production, processing and export, priority provision of technical equipment and safety of mining operations, coal mining enterprises face new challenges, ranging from decarbonization to sanctions restrictions on investment, technological support, import and transportation of Russian coal. A simple reorientation of coal exports to the east in the claimed volumes does not seem optimal, since other products with high margin income are exported in this direction, which significantly limits the transportation of coal. This requires a reorientation of the coal industry to domestic consumption and export of goods with high added value based on deep processing of coal. The article discusses approaches to ensuring the development of coal chemistry with an emphasis on underground gasification technology, taking into account the low-carbon development of regions and the implementation of ESG criteria.

Keywords

Coal industry, Underground coal gasification, Decarbonization, Sustainable development, Geoecology, ESG principles, Arctic zone, Far East, Social development, Economic justification, Long-term development program.

References

- Mingeo Siberia – 2022. [Electronic resource]. Available at: <https://2022.mingeoforum.ru/programma/novosti-i-anonsy/yubilejnyj-xv-gorno-geologicheskij-forum-mingeo-sibir> (accessed 15.08.2022). (In Russ.).
- Plakitkin Yu.A. & Plakitkina L.S. Paris Agreement on Climate Change as a driver to accelerate energy transition: measures to adapt the coal sector to new challenges. *Ugol'*, 2021, (10), pp. 19-23. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-10-19-23.
- Mendelev D.I. The future force resting on the banks of the Donets River. *Severnoy Vestnik*, 1888, (8-12). (In Russ.).
- Gorlov E.G. The state and prospects of integrated use of solid combustible minerals. Moscow, Publishing house: NTC "Track", 2011, 376 p. (In Russ.).
- Gorlov E.G. & Shumovsky A.V. Synthetic liquid fuels – new opportunities and prospects. *Neftegaz.RU*, 2019, (9). (In Russ.).
- ZION Market Research. [Electronic resource]. Available at: <https://www.zionmarketresearch.com/report/gasification-market> (accessed 15.08.2022).

- Forum "Gasification of India – 2021". [Electronic resource]. Available at: <https://gasification2021.missionenergy.org> (accessed 15.08.2022).
- Blinderman M.S., Klimenko A.Y. Underground Coal Gasification and Combustion. Woodhead Publishing, 2018.
- Nester Research. [Electronic resource]. Available at: <https://www.research-nester.com/reports/underground-coal-gasification-market/894> (accessed 15.08.2022).
- Krasniansky G.L., Kiyanitsa S.V. Creation of an energy technology complex in the Kemerovo region on the basis of the Karakansky-Zapadny section. *Khimiya v interesakh ustojchivogo razvitiya*, 2016, Vol. 24, (3), pp. 293-301. (In Russ.).
- Krasniansky G.L. Formation of energy coal clusters – an innovative stage of technological restructuring of the coal industry of the Russian Federation. *Ugol'*, 2011, (4), pp. 42-46. Available at: URL: <http://www.ugolino.ru/Free/042011/pdf> (accessed 15.08.2022). (In Russ.).
- V.V. Rzhvesky. *Memoirs / Yu.G. Agafonov, G.V. Afanasenko, Yu.B. Borin et al.* Moscow, Ed. House of NUST MISIS Publ., 2019, 288 p. (In Russ.).
- Zakorshmeny I.M., Kubrin S.S. & Yanchenko G.A. Calculation of indicators of the material balance of the coal burning process in underground conditions with a shortage of the necessary initial data. *Izvestia of higher educational institutions. Gornyy zhurnal*, 2018, (3), pp. 90-99. (In Russ.).
- Zakorshmeny I.M. & Karkashadze M.V. Parameters of the combined technology of underground gasification and coal combustion. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2006, (6), pp. 238-244. (In Russ.).
- Kreinin E.V., Sushentsova B.Yu. Method of carbon dioxide (CO₂) utilization from underground coal gasification gas (CCGT). Patent for invention RU 2513947 C2, 04/20/2014. Application No. 2012109067/03 dated 12.03.2012. (In Russ.).
- Kreinin E.V. Method for extracting rare metals from ash and slag masses of a spent underground gas generator Patent for invention RU 2443788 C1, 27.02.2012. Application No. 2010150506/02 dated 10.12.2010. (In Russ.).
- Kreinin E.V. & Tsyplukhin K.P. Method of hydrogen production during underground coal gasification. Patent for invention RU 2443857 C1, 02/27/2012. Application no. 2010135065/03 dated 24.08.2010. (In Russ.).
- Zorya A.Yu., Kreinin E.V., Lazarenko S.N. & Trizno S.K. Underground coal gasification gas is an alternative type of energy raw material. *Promyshlennaya energetika*, 2011, (5), pp. 57-59. (In Russ.).
- Fatkulin A.A., Belov A.V., Grebenyuk I.V. & Larionov M.V. Underground coal gasification as a promising geotechnology for the development of the coal industry. *Gornyy informatsionno-analiticheskij bulletin*, 2014, (S4-2), pp. 3-8. (In Russ.).
- Belov A.V. & Selivanova T.V. Analysis of the conditions for mining coal deposits of Primorsky Krai by underground gasification method for the formation of the raw material base of hydrogen energy. Vladivostok, 2021. (In Russ.).
- Nashional Energy Technology Laboratory. [Electronic resource]. Available at: <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasification-plant-databases> (accessed 15.08.2022).

22. Anil Khadse, Sanjay Madhusudan Mahajani & Preeti Aghalayam. Underground coal gasification: A new clean coal utilization technique for India. *Energy*, 2007, (32), pp. 2061-2071.
23. Davaahuu N., Potravny I.M., Miloslavsky V.G. & Utkin I.I. Rationale and mechanism for the implementation of the project of coal gasification in the Russian Arctic. *Ugol'*, 2019, (9), pp.88-93. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-9-88-93.
24. The role of energy and mining Arctic projects in increasing the investment attractiveness of the Northern Sea Route, Moscow, KNORUS Publ., 2021, 354 p. (In Russ.).
25. Temkin I.O., Deryabin S.A., Rzazade U.A. & Myaskov A.V. Digital Twins and Modeling of the Transporting-Technological Processes for On-Line Dispatch Control in Open Pit Mining. *Eurasian Mining*, 2020, (2), pp. 55-58.
26. Panov A.A. & Mekush G.E. Environmental standard for the coal region: methods and mechanisms of implementation. *Ugol'*, 2021, (9), pp. 4-8. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-9-4-8.

Acknowledgements

The article was prepared based on the results of research carried out at the expense of budgetary funds under the state assignment of the Financial University.

For citation

Petrov I.V., Utkin I.I. & Jayant V.B. Proposals for decarbonization of the coal industry and sustainable development of isolated regions based on underground coal gasification. *Ugol'*, 2022, (9), pp. 41-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.

Paper info

Received July 11, 2022

Reviewed July 25, 2022

Accepted August 25, 2022

Оригинальная статья

УДК 658.155:622.33.013 © А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов, Н.В. Титова, Т.В. Мезина, 2022

Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-9-47-52>

В статье рассматриваются вопросы использования цифровых технологий для повышения эффективности всех рабочих процессов в угольной промышленности. Современные цифровые технологии позволят использовать трехмерное моделирование, создавать цифровые двойники, применять удаленное автоматизированное диспетчерское и дистанционное управление для оборудования. Технологии цифровизации могут быть использованы для видеонаблюдения и видеоаналитики, проведения геологической разведки, моделирования работы целого угольного месторождения. В статье приводятся выводы о том, что использование цифровых технологий, технологий искусственного интеллекта повышает эффективность добычи на угольных предприятиях, позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, а также повысить уровень безопасности персонала на предприятиях.

Ключевые слова: автоматизация, нейросеть, угольная промышленность, цифровая трансформация, цифровизация, эффективность.

Для цитирования: Эффективность использования цифровых технологий в производственных процессах угольной промышленности / А.В. Зозуля, П.В. Зозуля, С.А. Титов и др. // Уголь. 2022. № 9. С. 47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-47-52.

ВВЕДЕНИЕ

По прогнозам ООН, к 2025 г. численность населения планеты должна составить 8,1 млрд чел., а уже к середине века достигнет 9,6 млрд чел. С ростом народонаселения планеты будет расти и урбанизация насе-

ЗОЗУЛЯ А.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: zozula2004@mail.ru

ЗОЗУЛЯ П.В.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент кафедры управления проектом
ФГБОУ ВО «Государственный
университет управления»,
109542, г. Москва, Россия,
e-mail: docent2002@mail.ru

ТИТОВ С.А.

Канд. экон. наук, доцент,
доцент Департамента
менеджмента и инноваций
ФГБОУ ВО «Финансовый университет»
при Правительстве
Российской Федерации,
125167, г. Москва, Россия,
e-mail: satitov@fa.ru

* Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета при Правительстве Российской Федерации.